

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ»
імені Т.Г. ШЕВЧЕНКА**

ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ
«ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»**



Чернігів НУЧК 2023

Укладачі:

Городиська Олена Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії, технологій та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка

Лапицька Надія Василівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри хімії, технологій та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка

Бакалов Валерій Григорович, кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії, технологій та фармації Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка

Городиська О.В., Лапицька Н.В., Бакалов В.Г.

I73 Обладнання харчових виробництв. Методичні вказівки до лабораторних робіт і самостійної роботи з дисципліни “Обладнання харчових виробництв” / укладачі: Городиська О.В., Лапицька Н.В., Бакалов В.Г. Чернігів: НУЧК, 2023, 203 с.

Затверджено вченою радою природничо-математичного факультету Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, протокол №3 від 30.10.2023 р.

Рецензенти:

доктор педагогічних наук, директор ННІ професійної освіти та технологій Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, професор **Торубара Олексій Миколайович**

кандидат педагогічних наук, професор кафедри зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка», професор **Кайдаш Михайло Дмитрович**

Методичні рекомендації складено для здобувачів освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою Харчові технології першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Розглянуто основні конструкції машин та обладнання для переробки харчової продукції, їх конструкції і особливості використання. Надані відомості дозволяють студентам закріпити і поглибити одержані теоретичні знання і набути практичних навичок при виконанні експериментальної частини лабораторних робіт. Лабораторних робіт запропоновано відповідно до змісту ОП Харчові технології, що дозволить забезпечити організацію ефективної індивідуальної роботи студентів.

© О.В. Городиська, 2023

© Н.В. Лапицька, 2023

© В.Г. Бакалов, 2023

ЗМІСТ

	C.
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ОБЛАДНАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	6
<i>Лабораторна робота №1. Обладнання для зберігання і транспортування борошна</i>	<i>6</i>
<i>Лабораторна робота №2. Зберігання борошна в силосах і бункерах</i>	<i>11</i>
<i>Лабораторна робота №3. Живильники для борошна</i>	<i>15</i>
<i>Лабораторна робота №4. Обладнання для підготовки борошна до виробництва</i>	<i>18</i>
<i>Лабораторна робота №5. Обладнання для приготування розчинів цукру, жиру і заварки</i>	<i>24</i>
<i>Лабораторна робота №6. Обладнання для дозування сировини</i>	<i>27</i>
<i>Лабораторна робота №7. Тістомісильні машини періодичної дії</i>	<i>35</i>
<i>Лабораторна робота №8. Тістомісильні машини безперервної дії</i>	<i>39</i>
<i>Лабораторна робота №9. Тістоготувальні агрегати</i>	<i>42</i>
<i>Лабораторна робота №10. Тістоподільні машини</i>	<i>49</i>
<i>Лабораторна робота №11. Тістоформувальні машини</i>	<i>56</i>
<i>Лабораторна робота №12. Хлібопекарські печі</i>	<i>64</i>
<i>Лабораторна робота №13. Обладнання для охолодження хлібобулочних виробів</i>	<i>76</i>
РОЗДІЛ 2. ОБЛАДНАННЯ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ	78
<i>Лабораторна робота №14. Розрахунок пневматичної солодоростильної установки</i>	<i>78</i>
<i>Лабораторна робота №15. Розрахунок обладнання для сушіння солоду</i>	<i>85</i>
<i>Лабораторна робота №16. Розрахунок обладнання для подрібнення солоду і несоложених матеріалів</i>	<i>94</i>
<i>Лабораторна робота №17. Розрахунок і проектування заторних апаратів</i>	<i>97</i>
<i>Лабораторна робота №18. Розрахунок обладнання для фільтрації пивного затору</i>	<i>103</i>
<i>Лабораторна робота №19. Розрахунок обладнання для кип'ятіння пивного сусла</i>	<i>107</i>
<i>Лабораторна робота №20. Розрахунок обладнання для освітлення пивного сусла</i>	<i>111</i>
<i>Лабораторна робота №21. Розрахунок обладнання для бродіння пива</i>	<i>115</i>
<i>Лабораторна робота №22. Розрахунок обладнання для розварювання сировини спиртового виробництва</i>	<i>122</i>
<i>Лабораторна робота №23. Обладнання для охолодження та оцукрювання заторів</i>	<i>128</i>
<i>Лабораторна робота №24. Розрахунок бродильного апарату спиртового виробництва</i>	<i>135</i>
<i>Лабораторна робота №25. Визначення матеріального і теплового балансу брагоперегінного апарату</i>	<i>138</i>
<i>Лабораторна робота №26. Розрахунок обладнання для кондиціонування води</i>	<i>142</i>

<i>Лабораторна робота №27. Розрахунок апаратів для приготування купажного сиропу</i>	146
<i>Лабораторна робота №28. Розрахунок екстракційного апарату</i>	152
РОЗДІЛ 3. МАШИНИ БОРОШНЯНОГО І КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА	156
<i>Лабораторна робота №29. Машини для видалення домішок із зерна основної культури</i>	156
<i>Лабораторна робота №30. Машини для сухої обробки поверхні зерна ..</i>	160
<i>Лабораторна робота №31. Машини для обробки зерна водою. Гідротермічна обробка зерна</i>	166
<i>Лабораторна робота №32. Машини та обладнання для подрібнення зерна</i>	172
<i>Лабораторна робота №33. Машини для сортування продуктів подрібнювання зерна</i>	176
РОЗДІЛ 4. КОНСЕРВНЕ ВИРОБНИЦТВО	180
<i>Лабораторна робота №34. Обладнання сокового виробництва</i>	180
<i>Лабораторна робота №35. Обладнання для герметизації тари</i>	186
<i>Лабораторна робота №36. Вивчення конструкції, принцип дії та тепловий розрахунок автоклаву</i>	194
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	203

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Обладнання харчових виробництв» одна із основних дисциплін підготовки фахівців в сфері харчових технологій. Навчальний курс спрямований на вивчення основного обладнання, яке використовується у харчовій промисловості.

Наведене у методичних вказівках обладнання застосовується у виробництві: хлібопекарському; бродильному; борошна; круп; консервному та інше.

Враховуючи, що обладнання харчових виробництв різноманітне і у більшості випадків має великі розміри, то обладнати їм лабораторію університету неможливо. Тому, частина лабораторних робіт присвячена вивченню конструкцій обладнання харчових виробництв, а також розрахунку технологічних параметрів проведення в них процесів.

Методичні вказівки розроблені на основі підручників, які вказані в списку використаних джерел.

Кожний параграф є окремою лабораторною роботою. Викладач самостійно обирає, які лабораторні роботи пропонуються здобувачам вищої освіти для самостійної роботи.

РОЗДІЛ 1. ОБЛАДНАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Лабораторна робота №1

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ БОРОШНА

Мета роботи: Ознайомитися з основним обладнанням зберігання і транспортування борошна із складів в цех виробництва, принципом дії і характеристиками.

1.1 Теоретичні відомості

Склади для зберігання поділяють на тарні, в яких борошно зберігається в мішках та безтарні, де борошно зберігається насипом в спеціальних місткостях.

На переважній більшості хлібопекарських підприємств борошно зберігається в складах безтарного зберігання борошна, які можуть бути відкритого та закритого типу. При використанні складів відкритого типу зменшуються капіталовкладення на будівництво.

Використання тарних складів для борошна допускається лише на підприємствах малої продуктивності. Доставлені мішки з борошном вивантажують вручну, а для їх подавання на склад, використовують різноманітні механізми і пристрої: підйомники, спуски (гвинтові, похилі), ланцюгові й стрічкові транспортери, візки авто- та електрозавантажувачі, для їх пересування передбачається певна ширина проїздів. Борошно в мішках по 50...70 кг штабелюють трійниками на стелажах (піддонах) розмірами 1500x1000 мм або п'ятиками на стелажах 1500x1800 мм, висота стелажа 200 мм.

Переваги безтарного способу зберігання борошна і цукру:

- відпадає необхідність у тарі (мішках), її транспортуванні і ремонті;
- з'являється можливість повної механізації й автоматизації вантажно - розвантажувальних і складських робіт (ВРСР);
- покращуються санітарно-гігієнічні умови транспортування і зберігання сировини;
- зменшуються втрати сировини під час транспортування;
- можливість використання трубопроводів довільної конфігурації;
- зменшуються виробничі площі під складські приміщення.

Установки для зберігання і внутрішнього транспортування класифікують на установки безтарного і тарного зберігання сировини.

Установки для безтарного зберігання поділяють на установки з: бункерним і контейнерним зберіганням.

Бункерні схеми установок можуть мати механічний, пневматичний, аерозольний і змішаний транспорт.

Широко використовується останнім часом транспортування борошна гнучкими спіральними транспортерами (спіроматиками).

Борошно на підприємства з безтарним зберіганням привозиться на

автоборошновозах або у вагонах - борошновозах. Завантажують його гравітаційним транспортом, а розвантажують аерозольним за допомогою компресорних установок, змонтованих на транспортних засобах.

Місткість автоборошновозів відповідно 7000, 7000, 7000 і 12500 кг, а вагона - борошновоза - 50000 кг.

В складах безтарного зберігання борошна для його транспортування широко використовується пневмотранспорт. Його використання ґрунтується на властивості сипких та пилоподібних матеріалів рухатися в потоці повітря.

По величині створюваного тиску в системі пневмотранспорт поділяється на установки низького тиску (0.005 МПа), середнього (0.01 МПа), високого тиску (0.05-0.25 МПа) або аерозольтранспорт.

Пневмотранспорт в залежності від способу утворення перепаду тиску поділяється на: всмоктувальний, нагнітальний та змішаний.

На хлібопекарських підприємствах найбільшого застосування отримав нагнітальний пневмотранспорт високого тиску і з високою масовою концентрацією суміші.

Суть даного способу транспортування полягає в тому, що матеріалу надаються властивості, які наближають його до властивостей рідини. Це досягається шляхом насичення пилоподібного матеріалу повітрям, що призводить до зменшення коефіцієнта тертя та насипної густини і створюється можливість легко транспортувати в трубопроводі. При застосуванні пневмотранспорту низького середнього тиску, борошно транспортується в зваженому стані.

Співвідношення кількості борошна та повітря характеризується показником що називається масовою концентрацією борошна і показує кількість кілограм борошна, що переноситься 1 кг стисненого повітря (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Порівняльна характеристика аерозольтранспорту

Показники	Пневмотранспорт низького тиску	Пневмотранспорт високого тиску (аерозольтранспорт)
Масова концентрація борошна, кг/кг	0.5-5	70-200
Швидкість повітря, м/с	16-25	7-14
Діаметр трубопроводу, мм	100-200 до 400	38-100
Тиск, МПа	0.002-0.005	0.1-0,3
Питома витрата електроенергії, кВт/год	2.0	1.0-2.5

Переваги аерозольтранспорту в порівнянні з пневмотранспортом низького і середнього тиску:

- ✓ можливість транспортування по складних трасах в будь-якому напрямку на великі відстані та піднімати на висоту до 100 м;
- ✓ відносно менша витрата повітря;
- ✓ більша масова концентрація борошна;
- ✓ менший діаметр трубопроводу, менша металоємність траси.

До недоліків слід віднести потребу в складних спонукачах руху повітря-

компресорах.

Матеріалопроводи аерозольтранспортних установок виготовляються із холоднотягнутих або гарячекатаних сталевих труб.

Перемикачі призначені для зміни напрямку потоку борошна з магістрального напрямку на розгалуження, які ведуть до силосів, бункерів і т.п.

Вони бувають дво-, трьох- і шести позиційні з ручним, пневматичним або електромеханічним приводом пробки.

Експлуатуючи аерозольтранспортні установки, слід дотримуватися таких правил:

- усі рухомі деталі установок мають бути огорожені для захисту від попадання одягу і частин тіла людини;

- установки і їх частина, до яких підводиться електричний струм, повинні мати заземлення відповідно до правил експлуатації обладнання і електроустановок - споживачів;

- компресори, ресивери, масляні й повітряні фільтри, які працюють під підвищеним тиском, мають відповідати правилам експлуатації компресорів, а також ємностей, які працюють під тиском, тобто мати відповідні манометри та запобіжні клапани, проходити внутрішній огляд і гідравлічні випробування під підвищеним тиском;

- забороняється робота установок при несправних манометрах і запобіжних клапанах, під час зростання тиску понад установлені норми.

На рис. 1.1 наведена машино-апаратна схема складу безтарного зберігання борошна з аерозольтранспортною установкою.

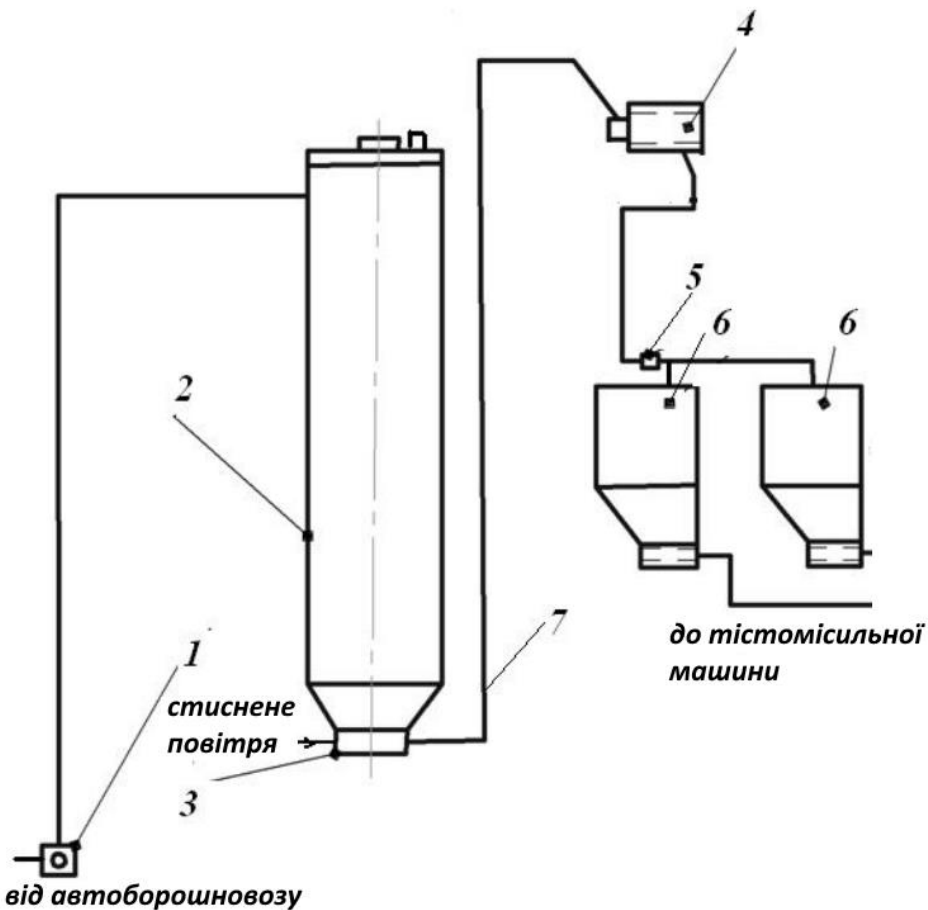
Борошно доставляється автоборошновозом і вивантажується в силос складу безтарного зберігання, як правило компресором, що встановлений на автоборошновозі. На силосі встановлені тензодатчики для обліку кількості борошна. Із силосу борошно вивантажується за допомогою роторного живильника, який утворює борошняно-повітряну суміш, по трубопроводу до просіювача. У випадку використання пневматичного просіювача повітряно-борошняна суміш після просіювання рухається далі по трубопроводу.

Якщо встановлені просіювачі з механічним просіюванням, перед просіювачем встановлюється бункер з фільтром для відділення повітря. Після просіювання для подальшого транспортування борошна по трубопроводу аерозольтранспортом встановлюється живильник. Схема представлена на рис. 1.2.

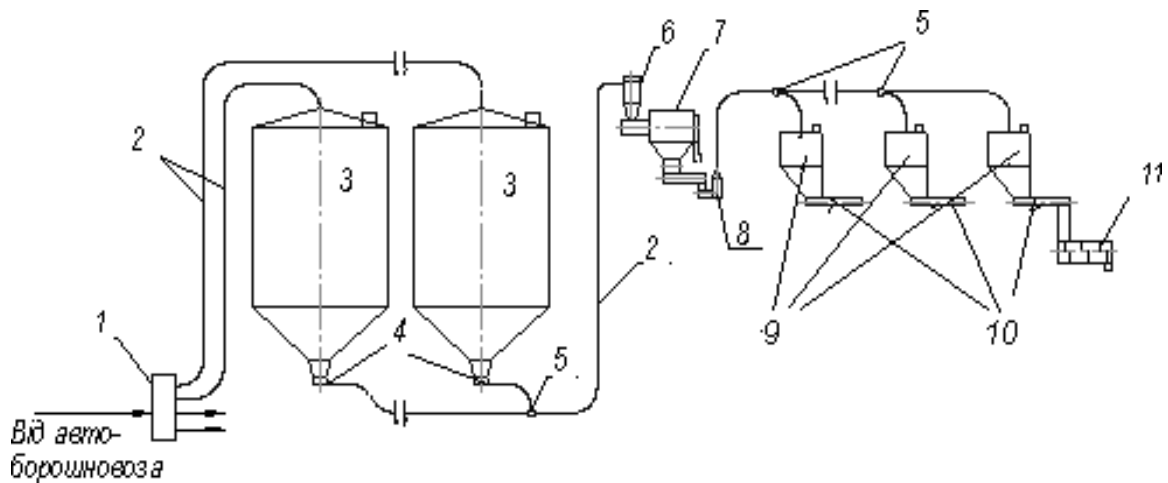
На середніх і малих підприємствах, а також на підприємствах з кондитерськими цехами доцільно використовувати пружинні системи, або їх ще називають спіроматиками (рис. 1.3).

Головним елементом транспортної системи є гнучкі спіральні шнеки, виготовлені із пружної сталі і труби із харчового поліхлорвінілу діаметром 76, 90, 125 мм. Спіраль приводиться в обертовий рух від мотор-редуктора.

Переваги спіральних систем транспортування: незначні габарити, низька енергоємність, відсутність пилу, простота монтажу та ремонту, відпадає потреба в компресорних станціях. Системи найбільш ефективні на трасах довжиною до 100 м і продуктивністю 3.5 т/год.



1- щиток приймальний; 2 - силос; 3 - роторний живильник; 4- пневматичний просіювач; 5 - перемикач; 6 - виробничий силос; 7 - трубопровід
 Рис. 1.1 - Машино-апаратна схема аерозольтранспорту



1 - приймальний щиток; 2 - трубопровід; 3 - силос у складі БЗБ; 4 - роторний (шлюзовий) живильник; 5 - перемикач; 6 - бункер; 7 - просіювач; 8 - шнековий живильник; 9 - виробничий силос; 10 - шнек; 11 - тістомісильна машина
 Рис. 1.2 - Схема аерозольтранспорту

До недоліків слід віднести ускладнене транспортування на вертикальних ділянках та втрата потужності на таких ділянках, необхідно щоб кут виходу спіралі був не більше 60° , швидке зношення спіралі, залишки борошна в спіралі після закінчення транспортування.

ЗБЕРІГАННЯ БОРОШНА В СИЛОСАХ І БУНКЕРАХ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкцією, принципом роботи і призначенням силосів і бункерів.

2.1 Теоретичні відомості

Для приймання і безтварного зберігання борошна використовуються силоси і бункери. Місткості виготовляють із листової сталі, монолітного або збірною залізобетону, пластичних матеріалів, алюмінію, покритої алюмінієм сталі.

По формі місткості можуть бути циліндро-конічними, або прямокутними з пірамідальним дном. Місткості, в яких відношення висоти (без конусної частини) до діаметру або меншого розміру поперечного перерізу більше або дорівнює 1,5 називаються силосами, а якщо менше - бункерами.

Найбільш широко для приймання і зберігання борошна використовуються силоси ХЕ-160А та ХЕ-233.

Силос ХЕ-160 (рис. 2.1) - це циліндро-конічна ємкість, виготовлена із листової сталі, конічна частина має кут нахилу 60° . Силос має люки для очищення, ремонту і огляду, які герметично закриваються.

Для попередження утворення та руйнування склепінь в нижній частині корпусу передбачено вісім продувних труб (чотири спрямовані вгору, дві – вниз), рівномірно розміщених по колу і з'єднаних колектором з патрубками для стисненого повітря. Повітря подається імпульсами.

Під стійками силосу встановлюються тензометричні датчики. Зовнішній діаметр силоса 2500 мм, випускається трьох типорозмірів: 48.8; 52.9; 55 м³.

Недоліком силосу є те, що він не вписується в сітку колон.

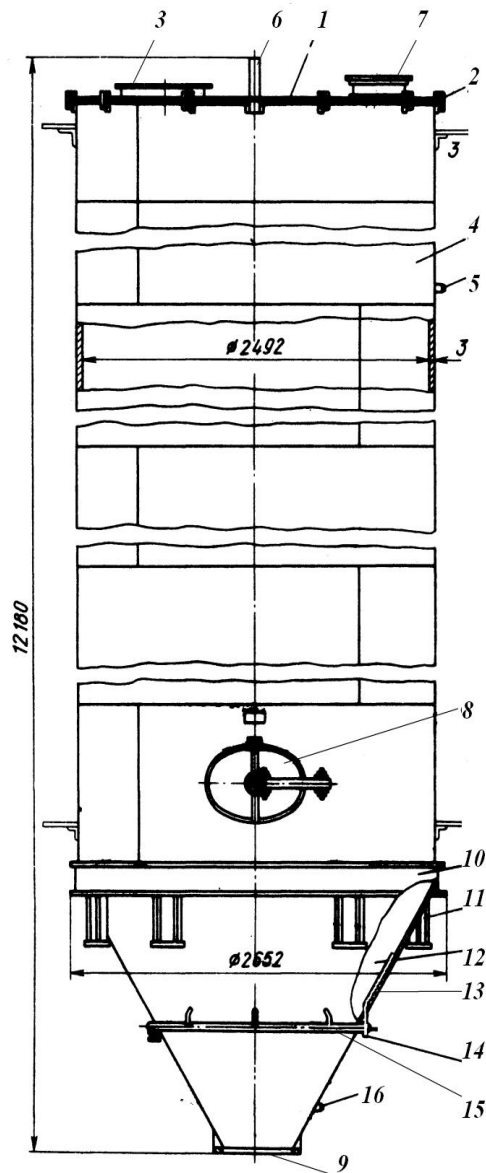
Силос ХЕ-233 відрізняється габаритними розмірами. Силос встановлено на 4 опорах і обладнано тензометричними датчиками. Завдяки зовнішньому діаметру 5000 мм він вписується в шестиметрову сітку колон, але значне співвідношення діаметрів силосу та вихідного отвору розвантаження викликає деякі труднощі.

Для зберігання борошна використовуються бункери М-118 (рис. 2.2) місткістю 57.8 м³ (з додатковою секцією 68.9 м³), М-111 (рис. 2.3) місткістю 28.1 м³, (з додатковою секцією 34.1 м³), які складаються із днища з двома аерожолобами та нижньою, середньою, верхньою секціями та кришкою.

Аерожолоби розміщені під кутом 12° до горизонту і складаються із керамічних пористих плит, покритих зверху бельтингом. Під керамічні плити подається повітря для плинності борошна під час розвантаження.

Бункер М-111 аналогічний по конструкції, але він односторонній, меншої місткості і випускний патрубок розміщений збоку.

Під час експлуатації силосів необхідно один раз на місяць повністю розвантажувати, очищати і дезінфікувати його внутрішню поверхню, очищення проводять також під час переходу з сорту на сорт.

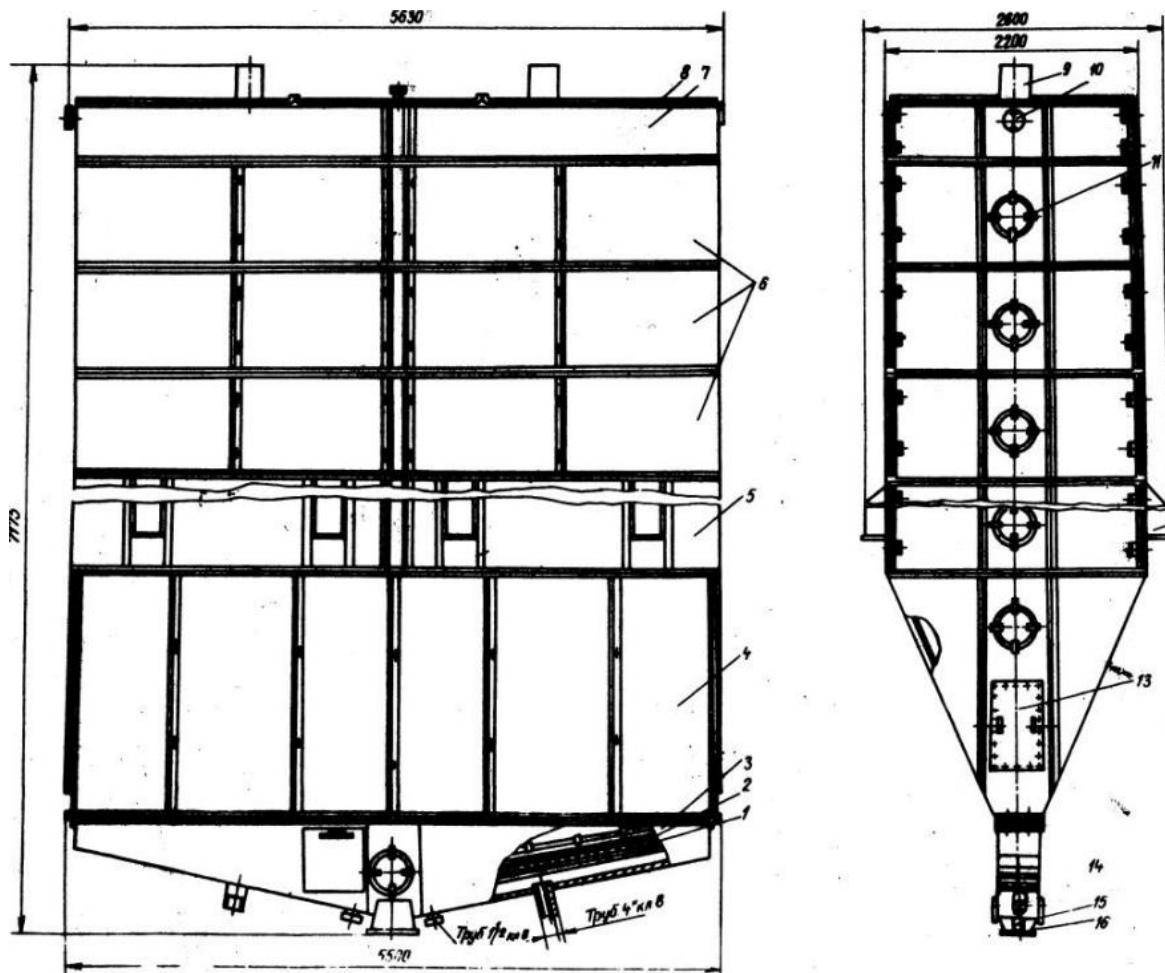


- 1 - кришка; 2 - кріплення кришки; 3 - люк; 4 - циліндрична частина;
 5, 16 - датчики рівня; 6 - завантажувальний патрубок; 7 - отвір для фільтра;
 8 - люк; 9 - розвантажувальний отвір; 10 - швелерне кільце; 11 - стійкі;
 12- конусна основа; 13 - продувні труби; 14 - колектор; 15 - патрубки
 колектора

Рис. 2.1 - Силос для борошна ХЕ- 160А

Перспективним напрямом в складах безтарного зберігання борошна є використання силосів (біг-бегів) із міцного синтетичного матеріалу (склопластик, тканина) різноманітної конфігурації місткістю 0.5...40 т, бувають з завантажувальними та розвантажувальними клапанами, різноманітні по висоті і ширині (рис. 2.4).

Густина тканини підбирається в залежності від навантаження. Вивантаження за допомогою пневмотранспорту або спіроматиками.



- 1 - керамічні пористі плити; 2 - бельтингові покриття; 3 - днище; 4 - нижня секція; 5 - опорна секція; 6 - середня секція; 7 - верхня секція; 8 - кришка; 9 - світильники; 10 - завантажувальні патрубки; 11 - оглядові вікна; 12 - опори; 13 - люк; 14 - патрубки стисненого повітря; 15 - патрубок конденсату; 16 - вивантажувальний патрубок

Рис. 2.2 - Бункер для борошна М-118

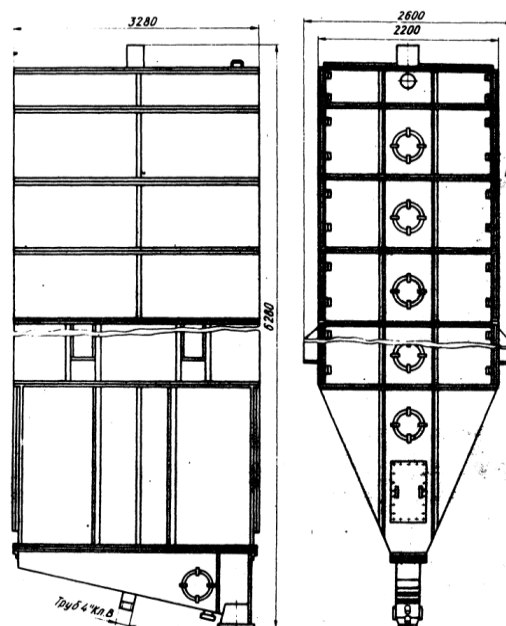
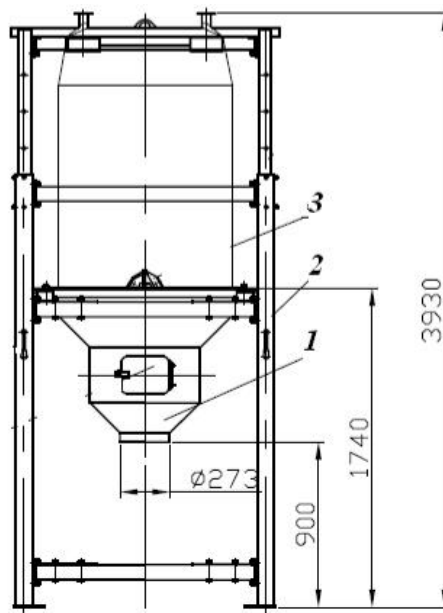


Рис. 2.3 - Бункер для борошна М-111 з аерованим днищем



1 - розвантажувач; 2 - стійка; 3 - м'який контейнер

Рис. 2.4 - Силосна установка із біг- бегом

2.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис бункерів зберігання борошна (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які вибере викладач:

1. Які пристрої використовуються для безтарного зберігання борошна?

2. Із яких матеріалів виготовляють місткості для безтарного зберігання борошна?

3. Що таке склепінь?

4. Навіщо у силосі встановлені в нижній частині продувні труби?

5. Навіщо під стійками силосу встановлюються тензометричні датчики?

6. Який недолік силоса?

7. В чому різниця між силосом і бункером?

8. Що таке біг-бег і для чого його використовують?

9. Як вивантажується борошно із бункерів?

10. Для чого на бункері встановлюють аерожолоб?

ЖИВИЛЬНИКИ ДЛЯ БОРОШНА

Мета роботи: Ознайомитися з живильниками борошна, які використовують на хлібопекарських виробництва, принципом їх дії.

3.1 Теоретичні відомості

Для вивантаження борошна із місткостей в системі аерозольтранспорту використовуються живильники, які створюють певну концентрацію борошна зі стиснутим повітрям і подають її в борошнопровід.

Живильники бувають безперервної дії: барабанні (роторні, шлюзові) і шнекові, та періодичної дії – камерні.

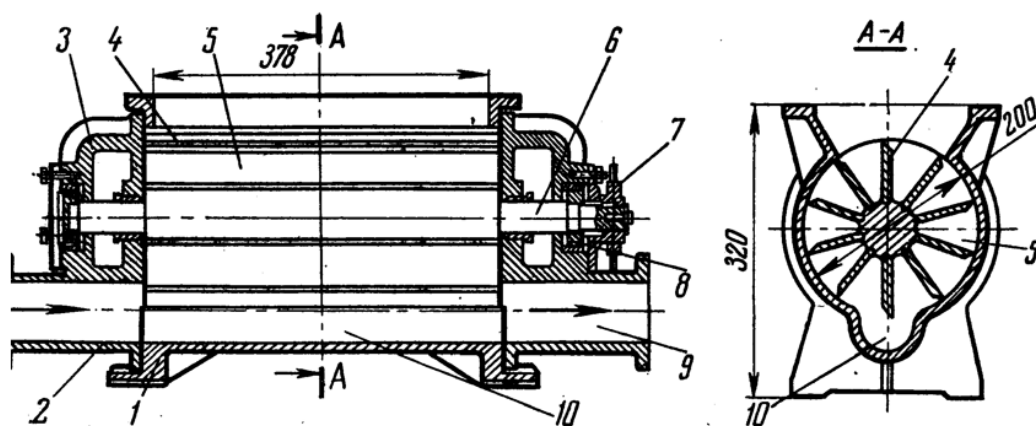
Роторний живильник М-122 призначений для створення борошняно-повітряної суміші і подавання в борошнопровід аерозольтранспорту (рис. 3.1).

Основним елементом є циліндричний ротор діаметром 200 мм, по твірній якого виконано десять поздовжніх відсіків-комірок для транспортування матеріалу. Розподільчі ребра розміщені під кутом 7-10° до осі ротора. Живильник оснащений пневматичним пристроєм для підведення стисненого повітря до нижньої частини корпусу.

Борошно через верхній отвір корпусу заповнює відсіки, які з поворотом ротора переміщуються вниз і з'єднуються з пневмоканалом. Стиснене повітря подається через патрубок, змішується з борошном, надходить через протилежний патрубок і подається в трубопровід.

Продуктивність роторного живильника 2 – 7.5 т/год, питома витрата електроенергії на 1 т за даними випробувань 0.6 кВт на год.

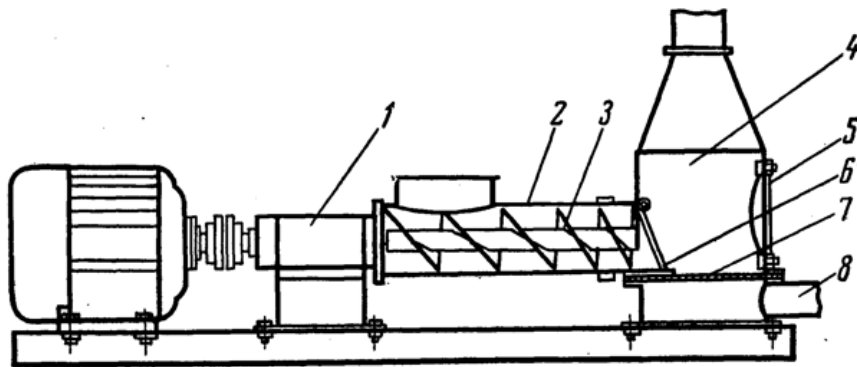
До недоліків роторного живильника слід віднести високі втрати повітря до 80%.



- 1 - чавунний корпус; 2 - патрубок для стисненого повітря; 3 - бокова кришка;
4 - поздовжні перегородки; 5 - ротор; 6 - вал ротора; 7 - привідна зірочка;
8 - опорні шарикопідшипники; 9 - патрубок борошняно-повітряної суміші;
10 - пневмоканал

Рис. 3.1 - Роторний живильник

При необхідності подавання борошна на висоту більше 30 м і довжину 100 м. використовують шнекові живильники (рис. 3.2).



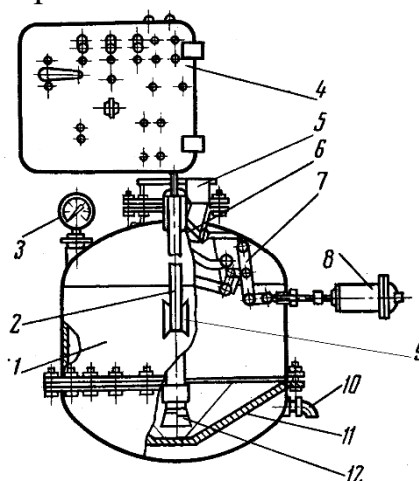
1 - корпус підшипника; 2 - корпус шнекової камери; 3 - шнек; 4 - аераційна камера; 5 - кришка; 6 - клапан; 7 - бельтингова перегородка; 8 - патрубок для стисненого повітря

Рис. 3.2 - Шнековий живильник

Борошно подається через завантажувальний патрубок, захоплюється шнеком і транспортується в бік аерокамери, в зв'язку зі зменшенням кроку шнека дещо ущільнюється при вході в аерокамеру, утворюючи пробку, яка перешкоджає проникненню повітря в корпус шнека. Для цієї ж мети служить шарнірно встановлений клапан перед входом в аерокамеру. Борошно в верхній частині аерокамери підхоплюється повітрям, яке подається через патрубок під бельтингові перегородку і утворена борошняно-повітряна суміш подається в борошнопровід.

Продуктивність шнекового живильника 4.9-7.2 т/год, при частоті обертання шнека 700-1400 об/хв. Питомі витрати енергії складають 4.5-20 кВт. В шнекових живильниках в порівнянні з барабанными значно вищий коефіцієнт використання повітря, втрати повітря становлять до 20%.

Камерні живильники періодичної дії (рис. 3.3) забезпечують велику продуктивність при відсутності втрат повітря і ефективно використовуються на довгих трасах з великим опором.



1 - циліндричний корпус; 2 - тяга; 3 - контактний манометр; 4 - ваговий пристрій; 5 - приймальний патрубок; 6 - конусний клапан; 7 - система ричагів; 8 - пневматичний виконавчий механізм; 9 - лапа; 10 - патрубок подачі стисненого повітря; 11 - пориста перегородка; 12 - труба для вивантаження борошна

Рис. 3.3 - Камерний живильник

Борошно через приймальний патрубок заповнює корпус, і, коли вага живильника з борошном досягне встановленої величини, електроконтакт на коромислі замикається та вмикається електромагнітний прилад виконавчого механізму, який через систему важелів закриває приймальний клапан і перекриває надходження борошна в корпус. Одночасно відкривається електромагнітний вентиль і стиснене повітря проходить через пористу перегородку, змішується з борошном і при досягненні відповідного тиску витискається в продуктопровід.

Після звільнення від борошна живильника і повітропроводу тиск падає, контактний манометр надсилає сигнал на перекриття подачі повітря під днище, відкривається приймальний патрубок і цикл повторюється.

Для безперервного транспортування встановлюють по два камерних живильники, які працюють синхронно.

3.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис живильників борошна (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які вибере викладач:

1. Для чого використовують живильники?
2. Якого типу бувають живильники?
3. Для чого призначений роторний живильник?
4. Яка конструкція роторного живильника?
5. Яким чином працює роторний живильник?
6. Які недоліки роторного живильника?
7. В яких випадках використовують шнековий живильник?
8. Яка конструкція шнекового живильника приводить до утворення пробки борошна при вході в аерокамеру?
9. У якого живильника більше продуктивність?
10. В яких випадках використовують живильник періодичної дії?
11. Який принцип дії живильника періодичної дії?
12. Як забезпечується безперервна робота транспортування живильником періодичної дії?

Лабораторна робота №4

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БОРОШНА ДО ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: Ознайомитися з живильниками борошна, які використовують на хлібопекарських виробництва, принципом їх дії.

4.1 Теоретичні відомості

Просіювання - механічний поділ на дві фракції: прохід – частки, що пройшли крізь отвори сита, та схід – залишок на ситі. Для цього використовують металоткані, шовкові, поліамідні й капронові сита. Для просіювання пшеничного борошна використовують сита №1.0 ... 1.6, для житнього 2.0 ... 2.5, що відповідає розміру вічка в мм.

Пропускна здатність сита характеризується його живим перерізом:

$$\varphi = \frac{F_0}{F} 100\% \quad (4.1)$$

де F_0 – площа отворів сита;

F – площа всього сита.

Для штампованих сит живий переріз не перевищує 50 %, для плетених – 70%.

В просіювальних машинах використовуються механічні спонукачі руху: лопаті, біла, щітки.

Сита поділяються за формою: плоскі; хвилясті, циліндричні, конічні, призматичні, пірамідальні. За розташуванням сита бувають горизонтальні і вертикальні; нерухомі, з коливальним, вібраційним, обертовим і маятниковим рухом.

На хлібопекарських підприємствах для просіювання борошна використовують машини:

- з коливальним і вібраційним рухом;
- з нерухомими барабанными ситами;
- барабанні сита з обертовим рухом.

В машинах першої групи плоскі сита здійснюють зворотньо- поступальний рух в горизонтальній площині або коливальний рух в вертикальній з амплітудою 0.3...1 мм і частотою 50 с⁻¹. Перевагою просіювачів з плоскими ситами є висока продуктивність до 8 т/год з 1 м² площі поверхні сита. На підприємствах великої потужності можуть використовуватися просіювальні машини з плоскими ситами, які виконують плоско – паралельні обертальні рухи (розсів). Ці машини використовують в зернопереробній промисловості.

Машини з барабанными ситами поділяють на машини з ситами, які обертаються навколо горизонтальної осі; вертикальної осі, і машини з нерухомими ситами.

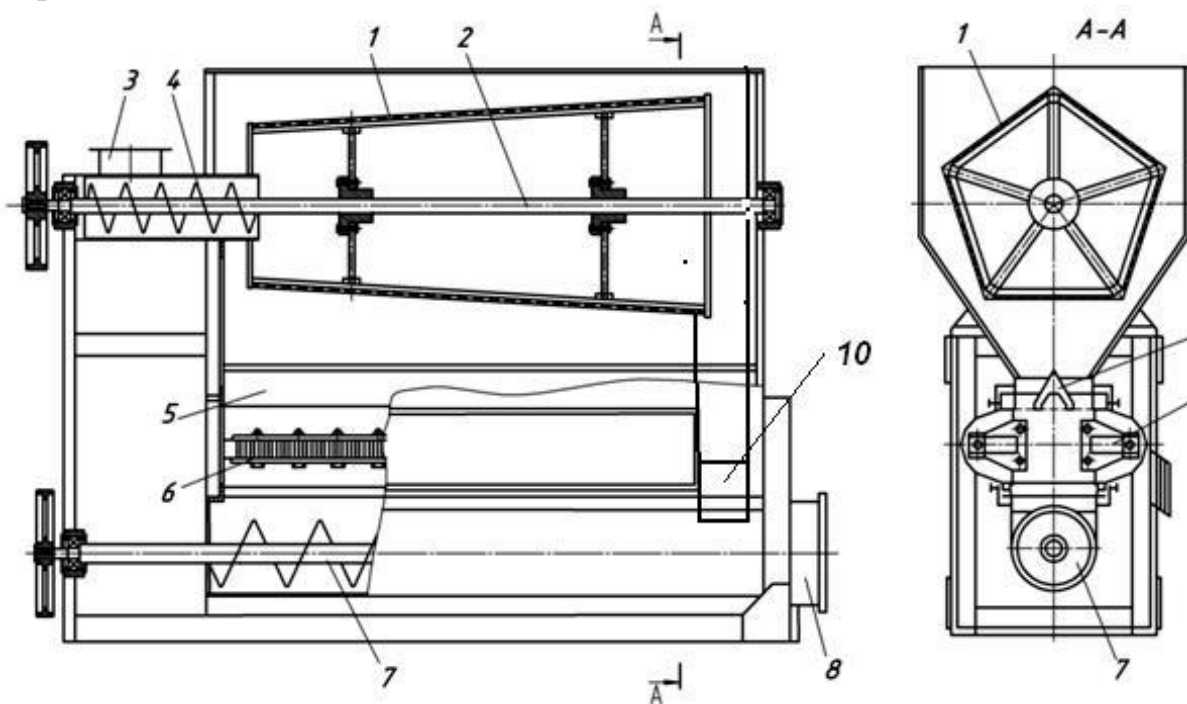
Машини з обертовими барабанними ситами

До цієї групи належать бурати – машини з циліндричними, конічними, призматичними або пірамідальними ситами, що обертаються навколо горизонтальної осі, найпоширеніші пірамідальні бурати, просіювачі Ш2-ХМВ, БР-1, ХБЛ, ПБ, і машини з барабанами, що обертаються навколо вертикальної осі: просіювачі П-5, А2-ХПВ, А2-ХПГ.

Пірамідальний бурат ПБ-1.5 (рис. 4.1) виконується з ситовим п'яти- або шестигранним барабаном («ліхтарем») і, відповідно, з п'ятьма або шістьма змінними ситовими рамками, закріпленими на каркасі барабана болтами. Барабан закріплений шпичками на горизонтальному валові.

Борошно надходить через приймальний патрубок і транспортується коротким шнеком всередину ситового барабана.

Борошно, що поступає на просіювання, при обертанні барабана піднімається разом із ситом на деяку висоту, але при повертанні сита на кут, більший кута природного укосу борошна, воно сковзає донизу і просіюється. Таким чином, у буратах робочою є лише 1/4 - 1/6 частина всієї поверхні сита, що визначає низьку питому продуктивність буратів від 1 до 1.5 т/(м²·год), отже, і їх значні габарити. Інші недоліки буратів: попадання борошна в схід під час перевантаження та забивання сита.

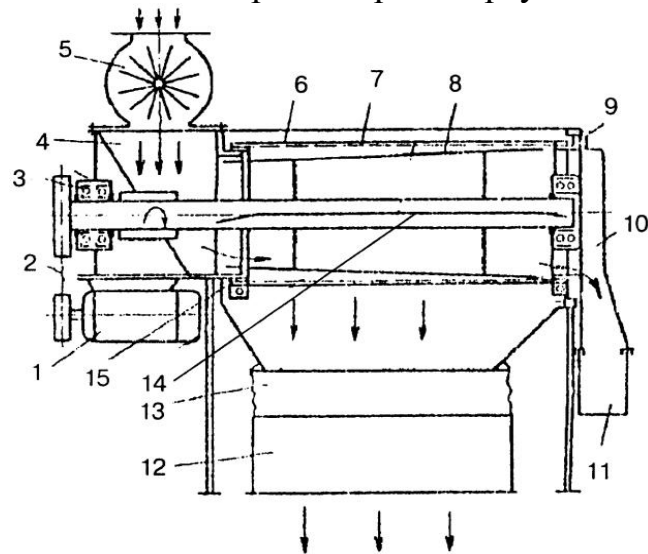


- 1 - ситовий барабан; 2 - вал; 3 - приймальний патрубок; 4 - живильний шнек;
5 - щиток-розсікач; 6 - магнітний сепаратор; 7 - шнек розвантажувальний;
8 - вихідний патрубок; 9 - корпус металевий; 10 - канал для сходу

Рис. 4.1 - Пірамідальний бурат

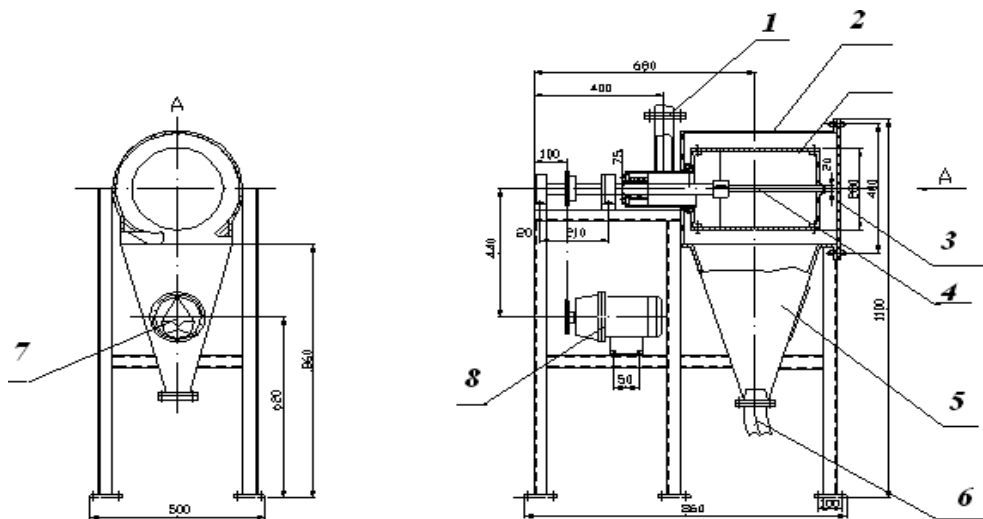
Просіювач Ш2-ХМВ (рис. 4.2). Безперервної дії, малогабаритний. Випускається у двох виконаннях: зі шлюзовим затвором і циклоном – для ліній з пневматичним транспортом (Ш2-ХМВ) і без них – для ліній з механічним транспортом (Ш2-ХМВ-01).

Пневмопросіювач (рис. 4.3) призначений для контрольного просіювання борошна та очищення його від металевих домішок, інших сторонніх часток. Борошнопросіювач може експлуатуватись на кондитерських, макаронних, хлібопекарних підприємствах в складах безтарного зберігання борошна і борошнопросіювальних лініях з аерозольтранспортуванням.



1 - двигун; 2 - клинопасова передача; 3 - підшипниковий вузол; 4 - корпус;
 5 - шлюзовий завантажувальний патрубок; 6 - каркас сита; 7 - ситовий барабан; 8 - гонки; 9 - кришка ситового барабану; 10 - кришка збірника відходів; 11 - збірник відходів; 12 - магнітні уловлювачі; 13 - гнучкий патрубок; 14 - вал; 15 - кільце для сита

Рис. 4.2 - Просіювач Ш2-ХМВ



1 - патрубок подавання борошна; 2 - корпус; 3 - кришка; 4 - вал; 5 - патрубок для просіяного борошна; 6 - трубопровід; 7 - магнітні уловлювачі;
 8 - циліндричне сито

Рис. 4.3 - Пневмопросіювач

Борошнопросіювач складається з корпусу, вала з прикріпленим до нього знімним ситом, переднього фланця для чищення та заміни сита, магнітного вловлювача.

Корпус борошнопросіювача являє собою зварну конструкцію, на якій

змонтовані основні вузли борошнопросіювача. Корпус своєю основою кріпиться до зварної рами. В корпусі встановлений розсікач потоку борошна для направлення його на магнітні уловлювачі.

Вал з прикріпленим знімним ситом встановлений на підшипниках. Кріплення сита до валу виконано за допомогою шпонкового з'єднання та спиць.

Консольна частина валу підтримується бронзовим підшипником ковзання в передньому фланці корпусу.

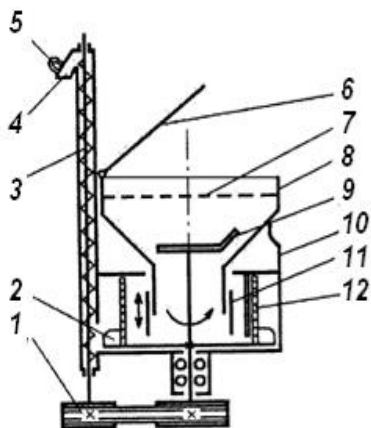
Корпус вала являє собою циліндричну конструкцію з грандбуксою та врізним патрубком для подавання борошна.

Всередині корпусу встановлені два магнітних уловлювача. На кожному уловлювачі змонтовано по 10 постійних магнітів. Магніти закріплені на дерев'яному тримачі яка фіксується всередині корпусу просіювача і через фланець знімається для очищення феродомішків.

На рамі борошнопросіювача кріпиться електродвигун – редуктор, який за допомогою ланцюгової передачі приводить в дію вал з ситом.

Просіювач А2-ХПВ (рис. 4.4) - просіювач з циліндричним ситовим барабаном, ситом, який обертається навколо вертикальної осі, використовується на малих хлібопекарських та кондитерських підприємствах для просіювання борошна та інших сипких матеріалів.

Борошно засипають через запобіжну решітку у приймальний бункер, в якому встановлено зворушувач для руйнування склепінь, і далі на суцільне дно ситового барабану. Під дією відцентрових сил борошно проходить через зазор між патрубком і дном і відкидається на внутрішню поверхню ситового барабану, просіюється крізь сито, захоплюється лопатками і подається до вивантажувального шнеку, який просіане борошно подає у вивантажувальний патрубок, який обладнаний постійним магнітним уловлювачем.



1 - привід з клинопасовою передачею; 2 - подавальні лопаті; 3 - вивантажувальний шнек; 4 - вивантажувальний патрубок; 5 - магнітний уловлювач; 6 - кришка бункера; 7 - запобіжна решітка; 8 - приймальний бункер; 9 - зворушувач; 10 - корпус; 11 - телескопічний патрубок; 12 - циліндричний ситовий барабан

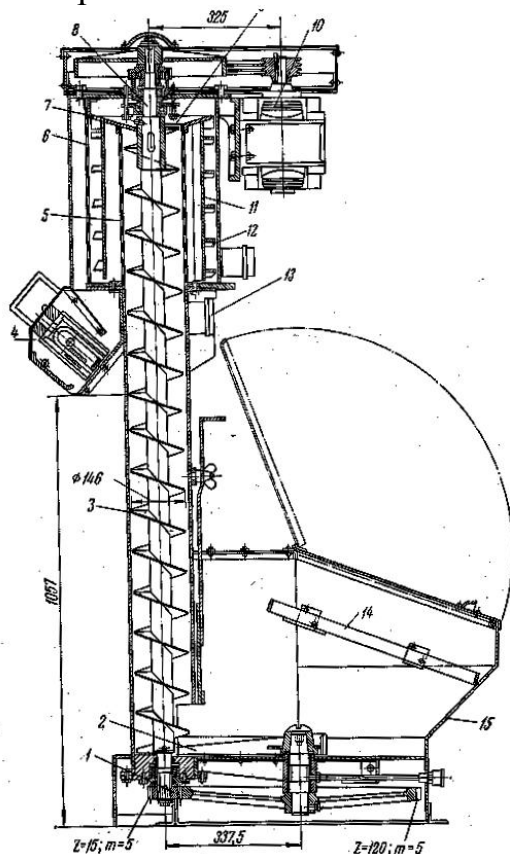
Рис. 4.4 - Схема просіювача А2-ХПВ

Просіювач А2-ХПВ забезпечує якісне просіювання борошна, виключає перетирання сторонніх часток крізь сито.

Машини з нерухомими барабанними ситами.

У просіювачів з нерухомими барабанними ситами на відміну від буратів для просіювання використовується вся поверхня сита, отже їх габарити значно менші, а продуктивність набагато більша, ніж буратів.

Просіювач ПП (рис. 4.5) призначений для просіювання борошна і цукру-піску та вилучення з них феродомішок. У просіювачі є два циліндричних сита: внутрішнє – з отворами діаметром 1.5 мм по всій циліндричній поверхні, і зовнішнє – з меншими отворами лише на змінній напівциліндричній поверхні.



1 - зубчата передача; 2 - спіральна лопать; 3 - шнек; 4 - постійні магніти; 5 - сито внутрішнє; 6 - сито зовнішнє напівциліндричне; 7 - обертовий конус; 8 - вал; 9 - отвір в конусі; 10 - привід; 11 - пластини; 12 - лопатка; 13 - збірник відходів; 14 - запобіжна решітка; 15 - завантажувальний бункер

Рис. 4.5 - Просіювач ПП

Борошно засипається у приймальний бункер, звідки спіральними лопатями, а потім вертикальним шнеком подається у просіювальну голівку. Під дією відцентрової сили борошно просіюється двічі: спочатку через внутрішнє, а потім через зовнішнє, дрібніше сито.

Для безпечного обслуговування просіювача передбачене електроблокування, яке через систему важелів і кінцевого вимикача розмикає електричне коло привода при зніманні захисних ґрат або сита.

Шнек просіювача обертається зі швидкістю 360 хв^{-1} , а спіральні лопаті на дні бункера – 43 хв^{-1} .

При малих габаритних розмірах просіювач має високу продуктивність. Недоліки: ручне завантаження бункера, незручне очищення магнітів і сит,

забивання сит борошном, не виключена можливість дробіння і проходження разом з борошном різних домішок внаслідок протирання борошна через сита.

4.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис просіювачів борошна (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Який живий переріз штампованих і плетених сит?
2. Які механічні спонукачі використовуються у просіювальних машинах?
3. Як сита поділяються за формою?
4. Як сита поділяються за розташуванням?
5. Які машини для просіювання використовуються на хлібопекарських підприємствах?
6. Якого типу існують машини с обертовими барабанами для просіювання борошна?
7. Яка конструкція машини під назвою пірамідальний бурат?
8. Які пристрої входять в просіювач Ш2-ХМВ?
9. Із яких пристроїв складається конструкція турбопросіювача «Хефеле»?
10. Який принцип дії пневмопросіювача?
11. Де використовують просіювач А2-ХПВ?

Лабораторна робота №5

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ ЦУКРУ, ЖИРУ І ЗАВАРКИ

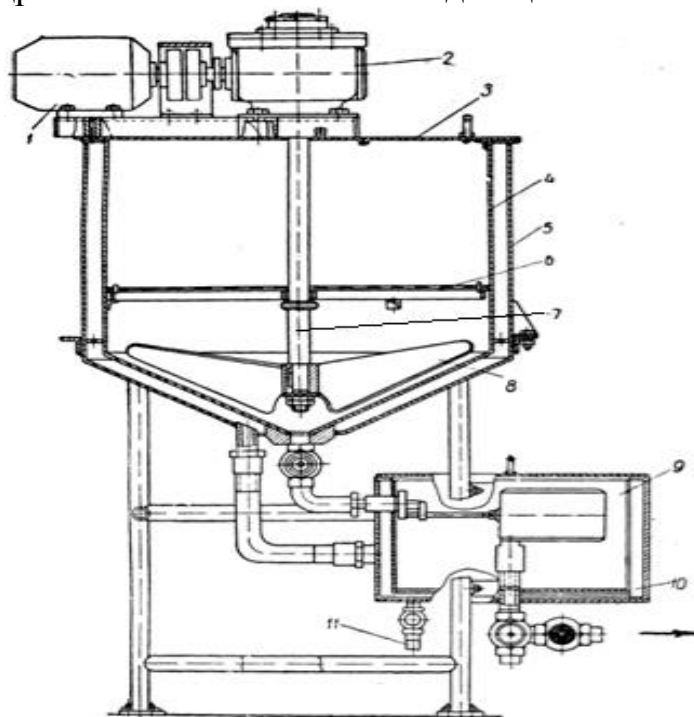
Мета роботи: Ознайомитися з обладнанням приготування розчину цукру, жиру і розведення пресованих дріжджів, які використовують на хлібопекарських виробництва, принципом їх дії.

5.1 Теоретичні відомості

Апарати для розчинення цукру, плавлення жиру і розведення дріжджів виготовляються у вигляді циліндричних вертикальних баків, обладнаних пропелерними мішалками різної форми або барботерами, в які подається вода. Для прискорення розчинення цукру і для плавлення жиру баки оснащуються водяними сорочками, в які подається вода заданої температури. Ємність баків машин коливається у межах 100...200 л.

Цукророзчинник Х-14 застосовується для розчинення цукру й дріжджів. Ця мішалка складається з бака циліндричної форми. У середині бака розташований вертикальний вал, на нижньому кінці якого закріплена двостороння лопать, що обертається зі швидкістю 48 об/хв. Завантаження цукру й подача води здійснюється через верхню кришку. Вивантаження готового розчину - через пробковий кран і фільтр.

Жиророзчинник Х-15 (рис. 5.1) призначений для розплавлення жирів, використовується для розчинення цукру та розведення дріжджів. Складається зі станини, циліндричної ємності з конічним днищем.



- 1 - двигун; 2 - редуктор; 3 - відкидна кришка; 4 - бак; 5 - водяна сорочка;
6 - решітка; 7 - вал; 8 - конусні лопаті; 9 - бачок постійного рівня з поплавковим пристроєм; 10 - водяна сорочка.

Рис. 5.1 - Апарат Х-15 для розтоплення жиру

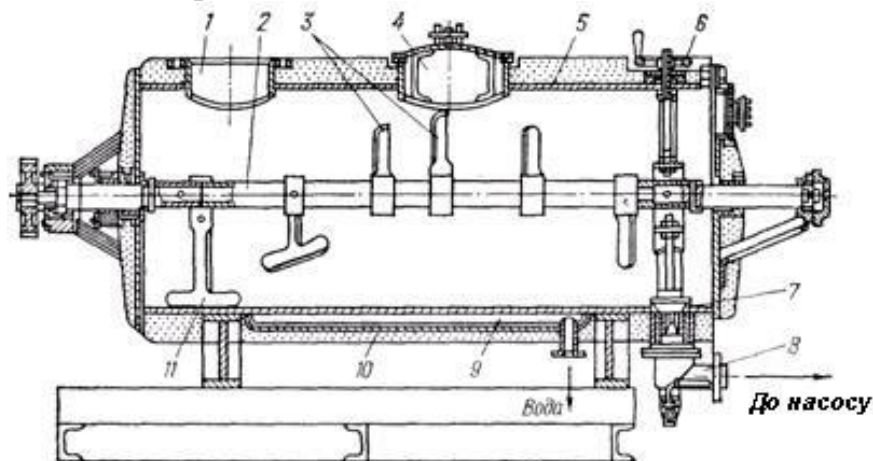
Ємність оснащена теплообмінною сорочкою й пропелерною мішалкою, яка закріплена на вертикальному валу. Привод мішалки закріплений на кришці ємності. У нижній частині ємності встановлені патрубки зливу розтопленого жиру й води з теплообмінної сорочки.

Жир у змішувач подається порціями, розтоплюється й проходить через сітчастий фільтр, і постійно перемішується мішалкою для запобігання розшаруванню.

Розтоплений жир надходить в бачок постійного рівня з поплавковим пристроєм, який оснащений водяною сорочкою. Із бачка постійного рівня розплавлений жир подається на виробництво.

Для готування емульсії застосовується **змішувач-емульгатор ШС** (рис. 5.2).

В циліндричному горизонтальному корпусі встановлено вал, на якому укріплено дві лопаті Т-подібної форми й чотири - прямокутної, вони повернені до осі валу на 30-40°. У циліндрі є патрубок для завантаження сировини й оглядовий люк. Для підтримки необхідної температури суміші циліндр обладнаний водяною сорочкою.



- 1 - завантажувальний люк; 2 - горизонтальний вал; 3 - плоскі лопаті;
 4 - оглядовий люк; 5 - циліндрична камера; 6 - гвинтовий привод клапана;
 7 - кінцевий випускний клапан; 8 - зливальний патрубок; 9 - водяна сорочка; 10 - теплоізоляція; 11 - Т-подібна лопать.

Рис. 5.2 - Горизонтальний лопатевий змішувач ШС

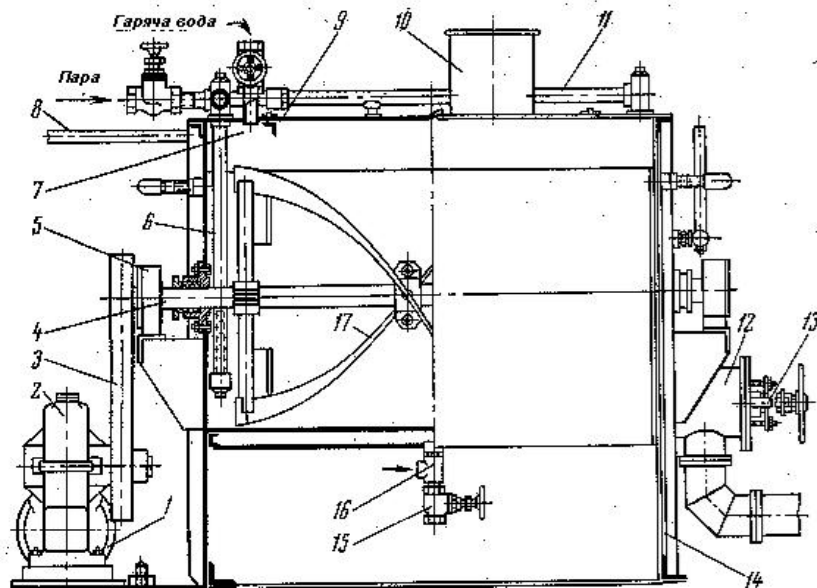
Установки для приготування заварки

Для приготування деяких сортів житнього (бородинського, заварного, любительського та ін.) і пшеничного з борошна 1-го сорту (ризького, мінського та ін.) хліба використовують заварку, яку отримують нагріванням борошняного розчину до 65...70 °С з наступним витримуванням для оцукрювання та охолодження. Заварюють звичайно 10...15% від всієї кількості борошна житнього або 5...10% пшеничного борошна з додаванням 3...8% солоду відповідно червоного або білого.

Заварки покращують фізичні властивості тіста і смакові якості хліба завдяки кращій життєдіяльності дріжджів і молочнокислих бактерій. Солод замочують у воді за температури 45...50 °С протягом 30...40 хв (співвідношення 1:1.5). До

нього додають воду й борошно і заварюють паром протягом 10...15 хв з наступними витримкою і охолодженням протягом 50...90 хв.

Заварку готують у найпоширенішій заварювальній машині ХЗМ-300 (або ХЗМ-600 (рис. 5.3).



1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - ланцюгова передача; 4 - горизонтальний вал; 5 - підшипники; 6 - барботер пари; 7 - ємкість; 8 - труба виходу води; 9 - відкидна кришка; 10 - патрубок борошна і солоду; 11 - труба подавання гарячої води; 12 - патрубок готової заварки; 13 - затвор; 14 - стійки.

Рис. 5.3 - Заварювальна машина ХЗМ-300

Заварювальна машина має горизонтальний циліндричний бак з водяною сорочкою, в якій розміщено ротор з лопатями для замішування заварки. Ще є патрубки для подачу в сорочку холодної і виведення з неї нагрітої води. Привод ротора машини здійснюється від електродвигуна через пружну муфту, черв'ячний редуктор і ланцюгову передачу. Крім вказаних машин, розроблені установки для отримання заварки електроконтактним способом, в яких заварювання здійснюється за рахунок не пари, а змінного струму. Він проходить крізь розчин, розташований між пластинковими електродами на ізолюючих стінках бака, в якому розміщено й лопатевий ротор.

5.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис просіювачів борошна (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Чому баки для розчину цукру, плавлення жиру оснащуються водяними сорочками?

2. Скільки лопатей у змішувача-емульгатора?

3. Яким способом нагрівається заварка у заварювальних машинах?

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ СИРОВИНИ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями, принципом роботи дозаторів сировини.

6.1 Теоретичні відомості

Дозування – одна із важливих операцій виробництва хлібобулочних виробів. Основною вимогою є точність дозування сировини від якої залежить відповідність рецептури та якість готових виробів.

Розрізняють обладнання для дозування: сипкої сировини (борошна); води та рідких компонентів; опар та заквасок.

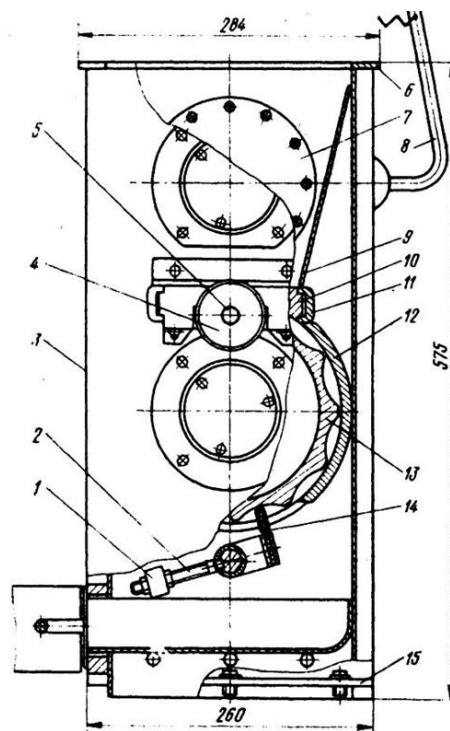
6.1.1 Обладнання для дозування сипкої сировини

В хлібопекарській та кондитерській промисловості для дозування сипкої сировини використовують дозатори періодичної та безперервної дії, які працюють як за ваговим так і за об'ємним принципом.

Об'ємні дозатори в залежності від виду робочого органу поділяються на роторні, стрічкові, шнекові і тарілчасті. Вагові бувають стрічкові і роторні. В хлібопекарській промисловості найчастіше використовуються роторні.

Шнековий дозатор складається з корпусу і дозувального шнека. Продуктивність дозатора регулюється зміною кутової швидкості обертання шнека завдяки використанню храпового механізму або варіатора.

Роторний дозатор ХАТ (рис. 6.1) застосовується в тістомісильних машинах безперервної дії.



1 - вантаж; 2 - ричаг; 3 - корпус; 4 - штурвал; 5 - гвинт; 6 - верхній фланець; 7 - зворушувач; 8 - механічний вібратор; 9 - напрямна площина; 10 – шиббер; 11 - напрямні; 12 - барабан; 13 - ротор; 14 - скребок; 15 - нижній фланець

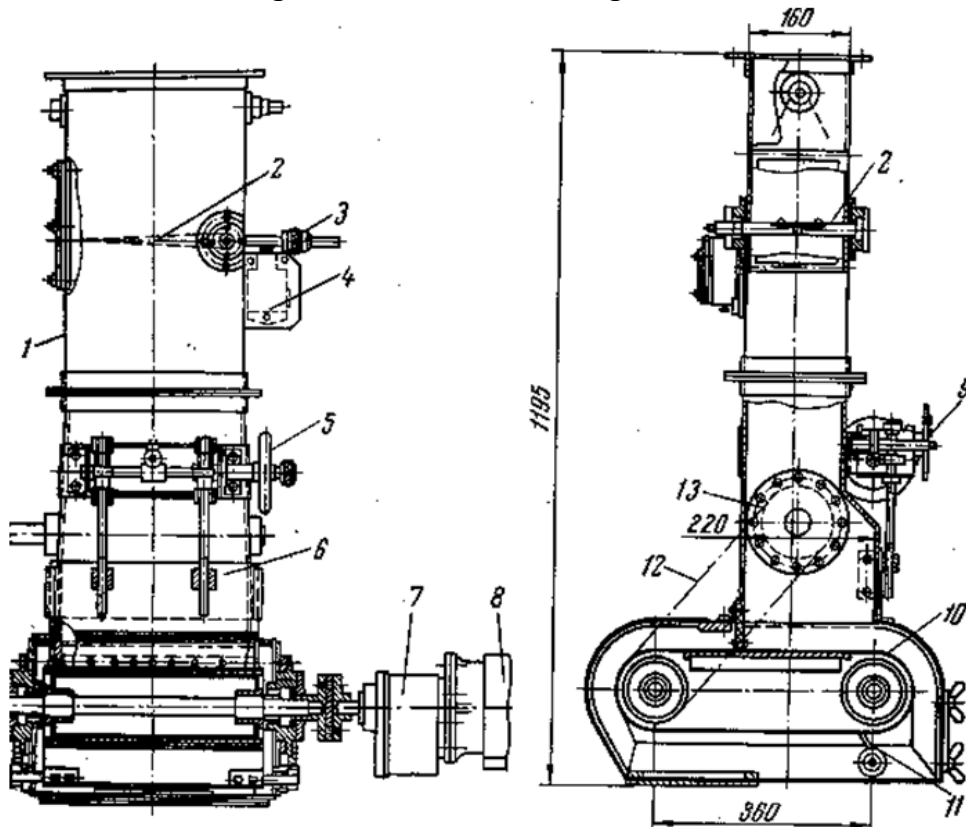
Рис. 6.1 - Роторний дозатор

Борошно із приймального патрубкa потрапляє на зворушувач і далі по напрямній площині через верхнє вікно барабану заповнює жолобки ротора. Після повертання ротора на 180° борошно із жолобків потрапляє в тістомісильну машину, залишки борошна видаляються скребком.

Продуктивність дозатора регулюється шляхом перекривання робочої поверхні ротора шибером, який рухається за допомогою штурвалу. Продуктивність регулюється в межах від 0 до 0.0093 кг/с.

Привід ротора і зворушувача здійснюється від валу тістомісильної машини.

Стрічковий дозатор борошна (рис. 6.2). Дозувальним елементом є стрічковий транспортер, який розміщений під вертикальним бункером прямокутного перерізу. Транспортерна стрічка шириною 350 мм, яка є дном бункера, рухається безперервно з постійною швидкістю 0.05 м/с. Борошно, цукор або інший сипкий продукт із приймальної воронки забирається стрічкою і подається у машину. Продуктивність дозатора регулюється зміною товщини шару продукту на стрічці за рахунок зміни проміжку між заслінкою і стрічкою. Для повного очищення стрічки встановлено скребок.



1 - бункер; 2 - регулювальний щиток; 3 - вантаж для повернення щитка в горизонтальне положення; 4 - кінцевий вимикач; 5 - штурвал; 6 - вертикальна заслінка; 7 -редуктор; 8 - електродвигун; 9- штурвал; 10 - стрічковий транспортер; 11 - підпружинений скребок; 12 - ланцюгова передача

Рис. 6.2 - Стрічковий дозатор сипких матеріалів

Для підвищення точності дозування і підтримання постійного рівня борошна над стрічкою в верхній частині бункера встановлено регулювальний щиток. Якщо рівень борошна підніметься вище щитка, то він опускається і розмикає контакти для подавання матеріалу в бункер.

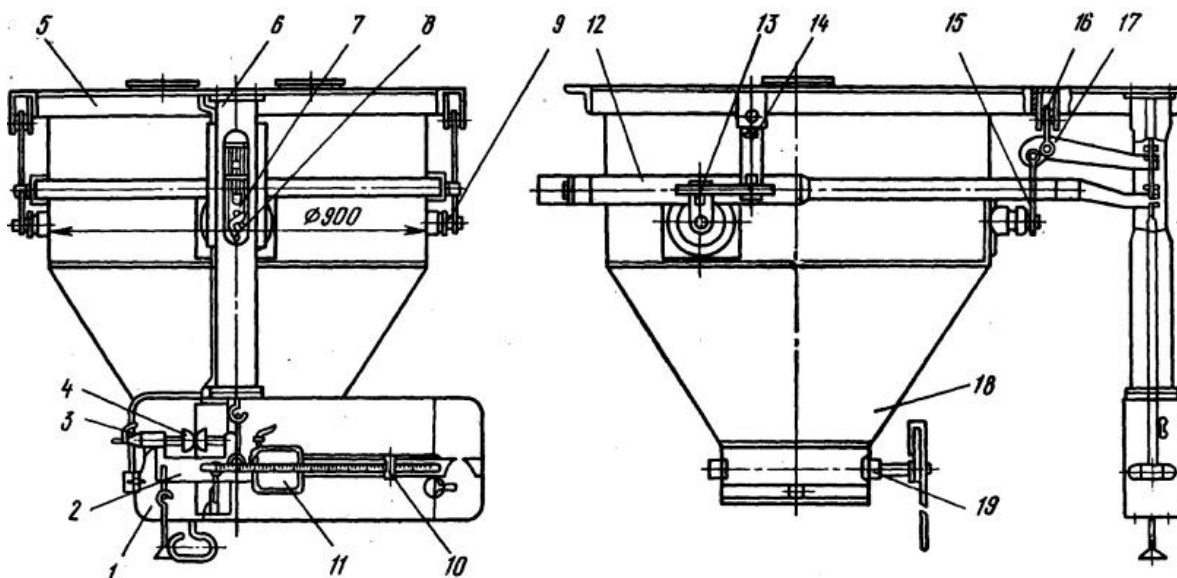
Для попередження утворення склепін в нижній частині бункера встановлено зворушувач типу «білкового колеса».

Продуктивність дозатора регулюється в межах від 1 до 8 кг/хв., точність дозування $\pm 1.5\%$.

6.1.2 Дозатори борошна періодичної дії

До цієї групи відносяться бункерні дозатори борошна МД-100 і МД- 200 (автоборошноміри) які відрізняються місткістю бункера (100 і 200 кг).

Це фактично товарні ваги, в яких замість платформи встановлено бункер (рис. 6.3). Ваговий важіль в них зв'язаний з коромислом. Пересувна гиря встановлюється на потрібну поділку коромисла, яке зв'язане з кінцевим вимикачем, вмикає електричне коло. Натисканням кнопки вмикається магнітний пускач двигуна живильного шнеку і борошно починає надходити з виробничого силоса в бункер. При досягненні заданої кількості борошна, кінцевий вимикач вимикає живлення двигуна і подача борошна в бункер припиняється. Борошно висипається з бункера вручну, шляхом відкривання шибера і борошно через рукав висипається в діжу. Точність дозування $\pm 2\%$.



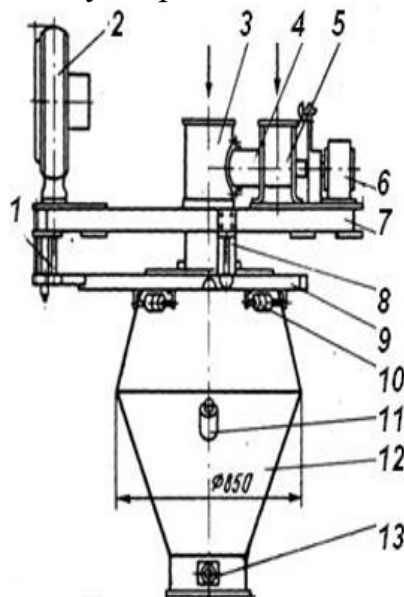
- 1 - кожух; 2 - вагове коромисло; 3 - ртутний переривач; 4 - балансна гиря;
 5 - рама; 7 - подвійна підвіска; 8 - тяга; 9 - призми; 10 - гиря додаткової шкали;
 6, 13, 14, 15, 16 - підвіска; 11 - рухома гиря; 12 - ричаг; 17 - малий ричаг;
 18 - бункер; 19 - заслінка; 20 - електродвигун; 21 - редуктор; 22 - силос;
 23 - живильний шнек; 24 - виконавчий механізм відкривання заслінки

Рис. 6.3 - Бункерний дозатор борошна МД-100 (МД-200)

Напівавтоматичний дозатор борошна Ш2-ХДА (рис. 6.4). Він працює за ваговим принципом з тістомісильними машинами періодичної дії. Основна маса борошна потрапляє в бункер шнековим живильником із виробничого силоса. Для підвищення точності дозування служить досипний пристрій, яким подається 5-10% дозованого матеріалу при зменшеній у 3-4 рази продуктивності живильника.

Бункер підвішується до важеля вагової системи за допомогою діаметрально розміщених опор.

Дозатор працює таким чином: на циферблатному показчику встановлюється доза борошна на 5-10% менше заданої. Після засипки основної маси в бункер основної маси борошна автоматично включається привід шнекового досипного пристрою, який доводить дозу борошна до заданого значення. Вивантаження відбувається шляхом відкривання заслінки. Заповнення бункера 5 хв, звільнення від борошна 3 хв. Для забезпечення повного видалення борошна з бункера встановлений вібратор.



1 - тяга; 2 - циферблатний показник; 3 - патрубок подавання борошна в бункер; 4 - шнековий досипний пристрій; 5 - патрубок досипного пристрою; 6 - привід досипного пристрою; 7 - рама; 8 - підвіски; 9 - ваговий ричаг; 10 - тарні вантажі; 11 вібратор; 12 - бункер; 13 - заслінка

Рис. 6.4 - Напівавтоматичний дозатор борошна Ш2-ХДА

Для повного видалення борошна з бункера під час відкривання заслінки включається вібратор і відключається після закривання заслінки.

Межі зважування 20-100 кг, точність дозування 1%.

6.2 Обладнання для дозування води та рідких компонентів

Основною вимогою, яка висувається до дозаторів, незалежно від конструкції є точність дозування. На хлібопекарських підприємствах використовується велика кількість дозаторів різної конструкції, але їх всі можна розділити на дві групи: порційні дозатори періодичної дії та порційні дозатори безперервної дії.

За принципом дозування дозатори обох груп поділяються на дозатори об'ємного типу та вагового.

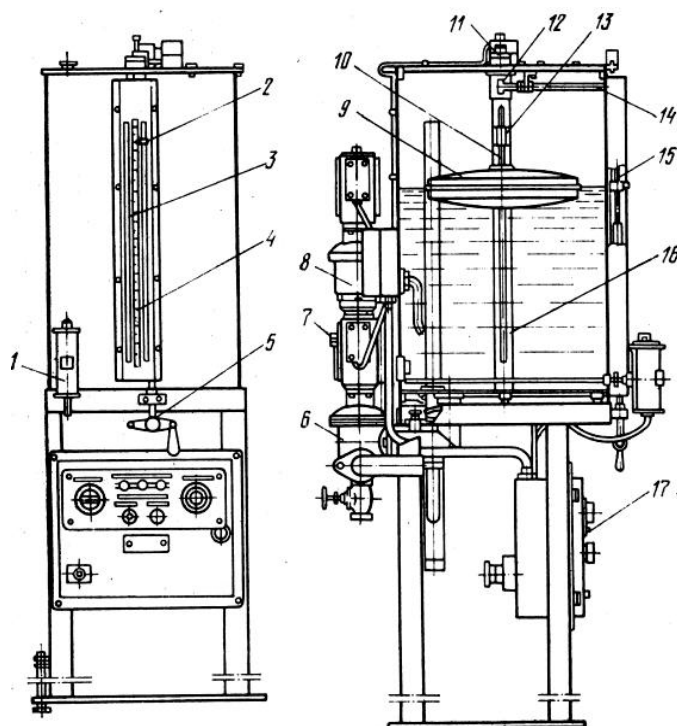
Дозатори об'ємного типу поділяються на візуальні, поплавкові, камерні, кондуктометричні, поршневі, стаканчикові.

Для регулювання температури води в дозаторах застосовується дилатометричний регулятор.

6.2.1 Порційні дозатори періодичної дії

Автоматичний водомірний бачок АВБ-100М призначений для

автоматичного регулювання температури суміші в межах 20-60°C з одночасним відмірюванням заданої порції води (рис. 6.5).



1 - дилатометричний терморегулятор; 2 - вказівник; 3 - водомірне скло;
4 - шкала; 5 - рукоятка; 6, 7, 8 - електромагнітні клапани; 9 - поплавок;
10 - гайка; 11 кінцевий вимикач; 12, 18 - гвинтові шестерні; 13 - ходовий
гвинт; 14 - передавальний валок; 15 - установлювальний гвинт;
16 - напрямна труба; 17 - панель керування

Рис. 6.5 - Автоводомірний бачок АБВ -100

Дозування відбувається за допомогою поплавкового пристрою.

Бачок виконаний у вигляді прямокутної форми, в середині якої розміщений поплавок, який вільно посаджений на направляючу трубу. Всередині труби – ходовий гвинт.

На лицьовій стороні бачка змонтовані водомірне скло, шкала і терморегулятор.

Електромагнітний клапан включає подавання гарячої води. Влив гарячої води на чутливий елемент дилатометра призводить до замикання його контактів і відкривається подавання холодної води, яка подається до тих пір, поки температура води в бачку не понизиться нижче заданого рівня, після чого виключається подавання холодної води і включається подавання гарячої води.

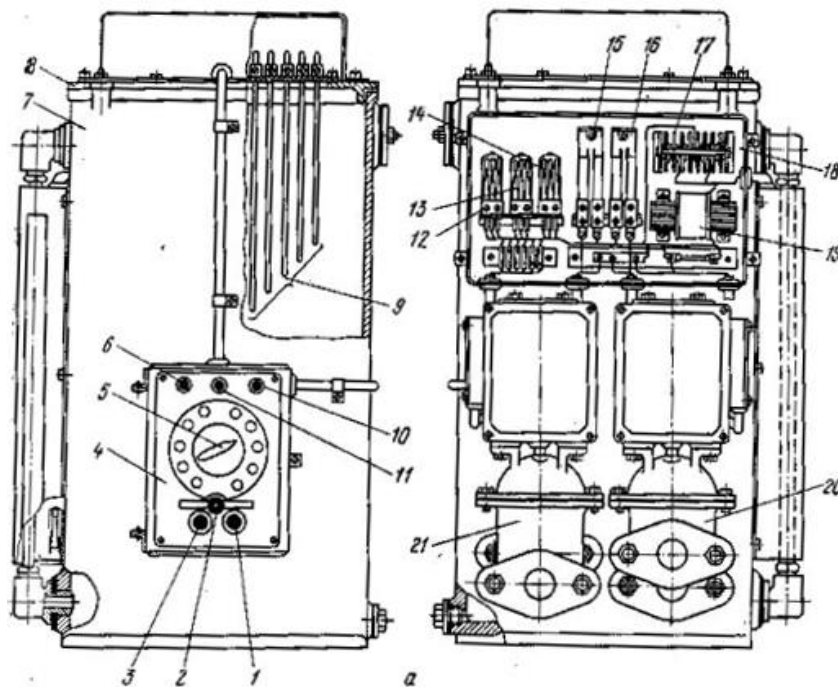
Гаряча і холодна вода подається по чергово до тих пір поки поплавок не досягне гайки і ходовий гвинт не замкне контакт кінцевого вимикача.

Використовується дві модифікації бачків МВБ-100 (місткістю 100 л) і МВБ-200 (місткістю 200 л).

Для дозування розчину солі найбільш широко застосовується **дозатор АСБ-20 кондуктометричної дії** (рис. 6.6) в межах від 1 до 20 л.

Дозатор складається з чавунного бачка прямокутної форми, всередині якого розміщено 13 електродів, виконаних із нержавіючої сталі, закріплених на

кришці, 10 електродів - робочі, 2 - зливні, 1 -запобіжний.



1, 3 - кнопки заповнення і зливання розчину; 2 - тумблер перемикання меж дозування; 4 - пускова коробка; 5 - перемикач контактів; 6, 10, 11 – сигнальні лампочки; 7 - чавунний бачок прямокутної форми; 8 - верхня кришка; 9 - електроди; 12, 13, 14, 15, 16 - реле; 17 - випрямник; 18 – коробка; 19 - трансформатор; 20, 21 - електромагнітні клапани

Рис. 6.6 - Дозатор АСБ - 20

При встановленні необхідної дози розчину солі включається в електричне коло відповідний електрод. Електромагнітний клапан відкриває подачу розчину солі в бачок. При заповненні бачка рівень сольового розчину, досягнувши кінця електроду, замикає електричне коло та розмикається клапан, перекривається подача розчину в бачок.

Перший зливний електрод використовується при дозуванні від 1 до 10 л, другий – від 11 до 20 л.

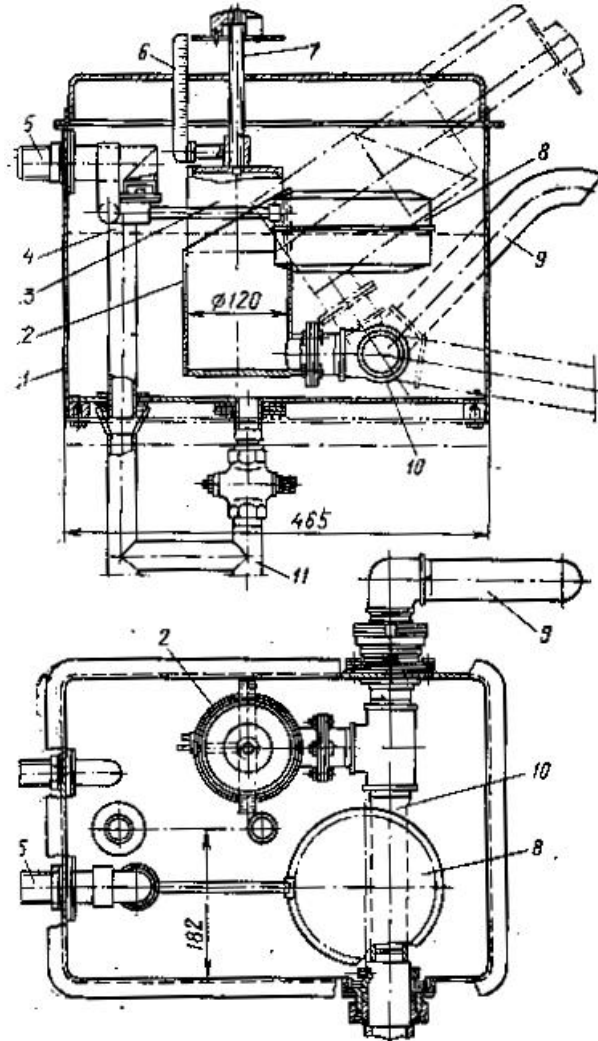
6.2.2 Порційні дозатори безперервної дії

Дозатор черпакового типу (рис. 6.7) застосовується для дозування рідин або розчинених пресованих дріжджів в тістоготувальних агрегатах. Дозатор складається з баку, всередині якого розміщений мірний стакан з поршнем. Стакан закріплений на пустотілому валу, на якому встановлена зливна труба під кутом 45° до горизонту.

Рідина надходить в бак через патрубков і поплавковий клапан, який підтримує рівень. Пустотілий вал здійснює коливальні рухи з поворотом на 55°, при цьому мірний стакан заповнюється рідким компонентом. При повороті валу за годинниковою стрілкою рідина виливається із мірного стакану через пустотілий вал та зливну трубу. При наступних коливаннях валу процес повторюється.

Продуктивність регулюється поршнем, зміною об'єму мірного стакану. Максимальний об'єм 2 л. Точність дозування $\pm 1.5...2\%$.

Стаканчиковий дозатор (рис. 6.8) призначений для дозування розчину солі, цукру, дріжджів, жиру в тістоготувальних агрегатах ХТР. Межі дозування від 0.1 до 1.5 л/хв. для розчинів солі, цукру, жиру і від 0.1 до 5 л/хв. для рідких дріжджів.



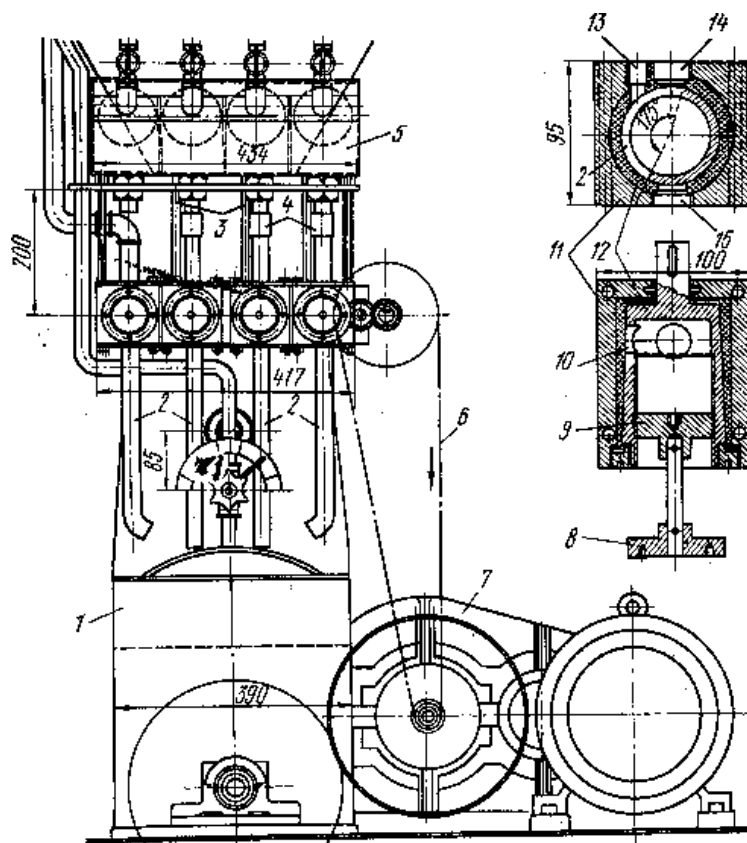
1 - бак; 2 - мірний стакан; поплавок; 3 - поршень витискач; 4 - переливна труба під кутом 45°; 5 - патрубок подавання рідини; 6 - шкала; 7 - регулювальний гвинт; 8 - поплачковий клапан; 9 - зливна труба; 10 - пустотілий вал; 11 - патрубок для зливання рідини підчас промивання

Рис. 6.7 - Дозатор черпакового типу

Головні елементи – мірний циліндричний стакан з прямокутним прорізом, з отворами для подачі компонента, зливання відміреної дози та видалення повітря.

Рідина надходить всередину стакану з бачка постійного рівня через проріз, при цьому повітря виходить через інший проріз. При обертанні стакану при суміщенні прорізу з відхідним отвором рідина виливається зі стакану в ємність. Наладка дозатора відбувається шляхом переміщення поршня.

В корпусі дозатора паралельно встановлено чотири мірних стакани, які приводяться в дію від валу редуктора тістомісильної машини.



- 1 - ємкість; 2 - труба зливання відміряної порції; 3 - труба виходу повітря; 4 - труба для подавання рідини; 5 - бачок постійного рівня; 6 - ланцюгова передача; 7 - редуктор; 8 - штурвал; 9 - поршень регулювання об'єму; 10 – прямокутний проріз; 11 - корпус; 12 - мірний циліндричний стакан; 13 - канал для повітря; 14 - канал для рідини; 15 - отвір виходу рідини

Рис. 6.8 - Стаканчиковий дозатор

6.3 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис дозаторів для сипкої і рідкої сировини (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Який принцип дії дозаторів сипкої сировини в хлібопекарській та кондитерських підприємствах?

2. Де використовують роторний дозатор?

3. Як регулюється продуктивність роторного дозатора?

4. Як регулюється продуктивність стрічкового дозатора?

5. Який дозатор роторний або стрічковий має меншу похибку дозування?

6. На якому принципі працює дозатор борошна періодичної дії?

7. Навіщо у напівавтоматичного дозатора борошна вібратор?

8. Як враховується температура рідини в автоматичному водомірному бачку АВБ-100М?

9. Як дозується рідина в стаканчиковому дозаторі?

ТІСТОМІСИЛЬНІ МАШИНИ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями, принципом роботи тістомісильних машин періодичної дії.

7.1 Теоретичні відомості

Тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами широко використовується в хлібопекарській промисловості, на підприємствах середньої та малої потужності. Призначені для замішування опари та тіста з пшеничного та житнього борошна.

Тістомісильна машина «Стандарт» - застарілої конструкція, яка ще використовується на хлібопекарських підприємствах, конструкція машини багато разів піддавалася модернізації (рис. 7.1).

Машина складається із станини, закріпленої на фундаментній плиті. В середині станини розміщений привід. Зовні розміщений черв'ячний вал для обертання діжі. Діжа змонтована на трьохколісній каретці і має зубчастий вінець. Зверху діжа закривається кришкою.

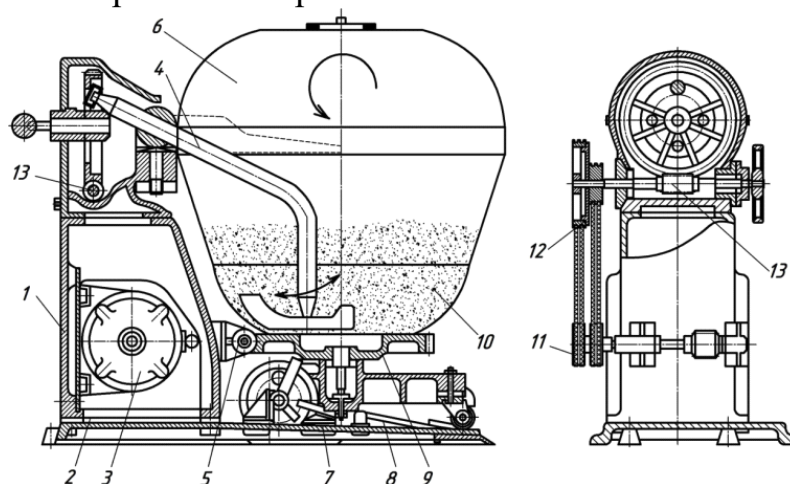


Рис. 7.1 - Тістомісильна машина «Стандарт»

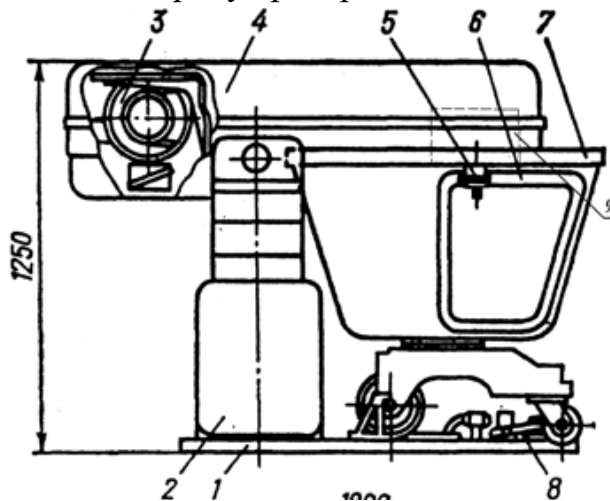
Місильний орган має на кінці лопать.

Верхній кінець місильного ричагу за допомогою підшипника шарнірно з'єднаний з колесом черв'ячного редуктора та за формою проміжної шарової опори здійснює поступальний обертальний рух. Тривалість замішування 6-12 хв.

На машині не можливо інтенсифікувати вплив робочого органу, внаслідок викидання тіста з діжі.

Тістомісильна машина А2-ХТБ (рис. 7.2) випускається Смілянським машинобудівним заводом і призначена для замішування опари і тіста в нерухомих діжах. Робочий орган виготовлений у вигляді рамки або спіралі і здійснює планетарний рух навколо своєї висі і висі діжі. Виведення робочого органу із діжі відбувається включенням другого електродвигуна та траверси. Об'єм діжі - 330л.

Тістомісильна машина А2-ХТМ випускається Смілянським машинобудівним заводом, широко використовується на малих пекарнях. Об'єм діжі – 140 л, діжа нерухома. Механізм повороту траверси складається із електродвигуна



1 - фундаментна плита; 2 - станина; 3 - електродвигун; 4 - траверса;
5 - шпindelь; 6 - місильна лопать; 7 - кришка; 8 - фіксатор

Рис. 7.2 - Тістомісильна машина А2-ХТБ

клинорасової передачі і гвинтової передачі. Привід місильного органу складається із електродвигуна, клинорасової передачі і планетарного редуктора. Місильний орган здійснює обертовий рух навколо своєї осі, та планетарний навколо осі діжі. Тривалість замішування регулює реле часу.

Смілянський машинобудівний завод випускає аналогічні тістомісильні машини різних модифікацій з інтенсивним замішуванням тіста за допомогою двошвидкісного електродвигуна.

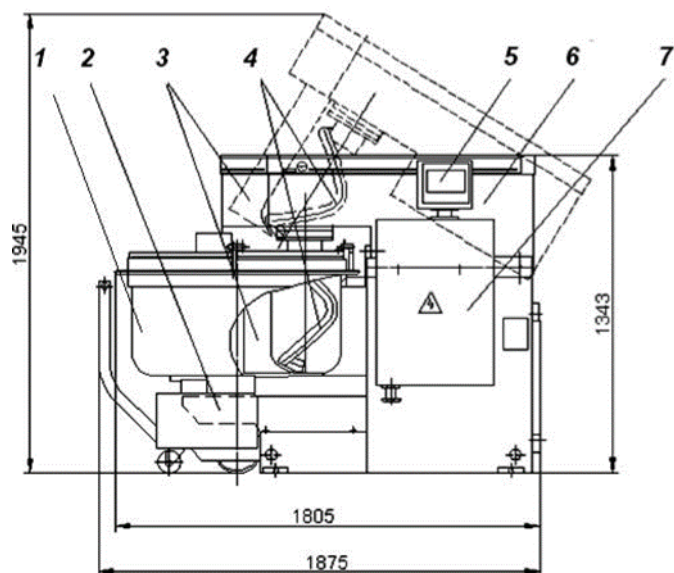
В промисловості широко представлені **періодичні тістомісильні машини інтенсивної дії** («Прима», «Діосна» та інші), на яких встановлено двошвидкісні електродвигуни та спіральні робочі органи, які здійснюють обертовий чи планетарний рух. Такі машини використовуються при прискорених способах тістоготування, за рахунок інтенсивного механічного впливу під час замішування тістові напівфабрикати тісто не потребує тривалого бродіння.

Тістомісильна машина Прима (рис. 7.3) – машина з інтенсивним замішування тіста, з підкатними діжами широко використовується для тіста із пшеничного і житнього сортів борошна. Двошвидкісна зі спіральним тістомісильним органом, центральним відсікачем, підкатною діжею, з нержавіючої сталі, випускаються об'ємом 100, 300, 375 л. Зовнішній вигляд тістомісильної машини «ПРИМА– 300» показано на рис. 7.4.

Машина оснащена двома робочими органами: нерухомим відсікачем та спіраллю (у «Прими-375» - дві спіралі).

Завдяки оптимальним швидкостям обертання місильного органу і діжі інтенсивний заміс на дає змогу покращити якість випеченої продукції, збільшити об'єм виробів, м'якушка – більш еластична, пористість – рівномірною, і дрібною, шкоринка хліба – більш інтенсивно забарвленою, сповільнюється черствіння хліба і булочних виробів.

Температура тіста під час замішування підвищується на 1-2 °С/хв.



1 - діжа; 2 - вузол фіксації діжі; 3 - відсікач; 4 - спіральний місильний робочий орган; 5 - сенсорна панель; 6 - кришка; 7 панель управління

Рис. 7.3 - Тістомісильна машина «Прима»



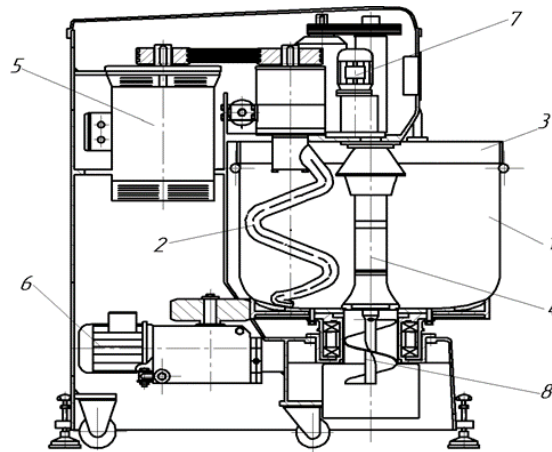
Рис. 7.4 - Зовнішній вигляд тістомісильної машини «ПРИМА– 300»

Тістомісильна машина Діосна має багато модифікацій різного об'єму діжі. Для механізації процесу вивантаження тіста після замішування представлена машина з нижнім вивантаженням (рис. 7.5).

Тістомісильна машина ТМ-63М (рис. 7.6) - машина зі стаціонарною робочою камерою, призначена для замішування спеціального крутого тіста для бубличних і деяких булочних виробів, тихохідна машина з Z-подібними лопатями.

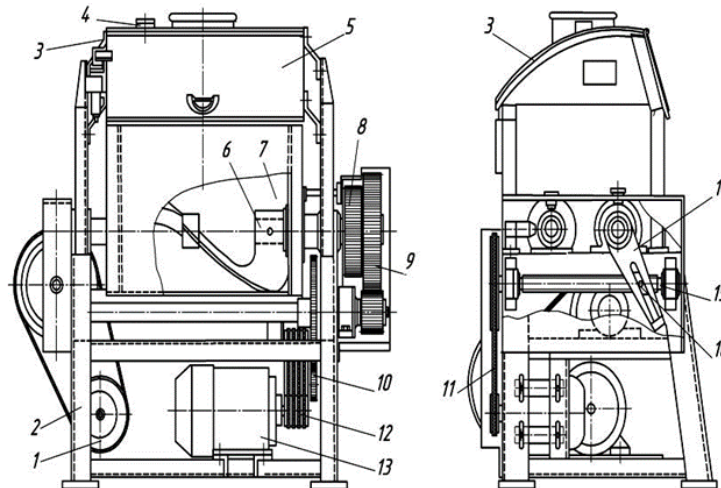
Тістомісильна машина складається із місильної камери виконано із двох напівциліндричних днищ з нарощеними боковими стінками, Z- подібні лопаті приводяться в дію від електродвигуна за допомогою клинопасової, ланцюгової та зубчатої передач.

Після закінчення замішування діжа перевертається і тісто під дією власної ваги вивантажується.



1 - діжа; 2 - спіральний робочий орган; 3 - кришка; 4 - нерухомий робочий орган; 5 - привід піднімання кришки; 6 - привід обертання діжі; 7 - привід перекривання вивантажувального патрубку і шнека; 8 - вивантажувальний шнек.

Рис. 7.5 - Тістомісильна машина «Діосна» з нижнім вивантаженням тіста



1 - електродвигун; 2 - станина; 3 - кришка; 4 - патрубок для рідини; 5 - дверцята кришки; 6 - місильна лопать; 7 - робоча камера; 8, 9 - шестерні; 10, 11 – ланцюгова передача; 12 - клинопасова передача; 13 - електродвигун; 14 - поводок; 15 - ходовий гвинт; 16 - гайка

Рис.7.6 - Тістомісильна машина ТМ-63М

7.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис тістомісильних машини періодичної дії (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Які пристрої обертаються у тістомісильної машини «Стандарт»?

2. В чому різниця тістомісильної машини «Стандарт» і А2-ХТБ?

3. Який рух здійснює місильний орган у тістомісильної машини А2-ХТБ?

4. Яку форму має місильний орган у тістомісильній машині ТМ-63М?

ТІСТОМІСИЛЬНІ МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями, принципом роботи тістомісильних машин безперервної дії.

8.1 Теоретичні відомості

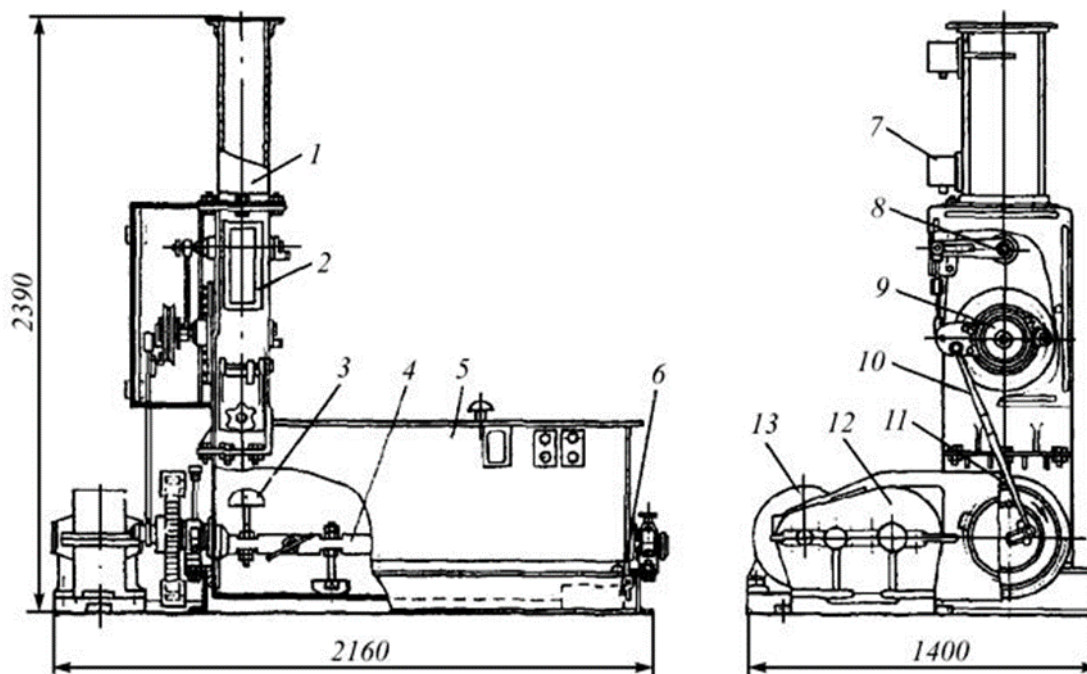
Тістомісильна машина Х-12Д (рис. 8.1) – тихохідна однокамерна машина, призначена для замішування пшеничного і житнього тіста. Широке розповсюдження отримала в силу простоти конструкції та обслуговування.

Машина складається з напівциліндричної місильної ємкості, в центрі якої встановлено місильний вал з 8 лопатями, які розміщені по гвинтовій лінії. Кожна лопать повернута відносно осі валу на кут 30° . Вал робочого органу здійснює 50 об/хв.

Зверху машина накривається відкидною кришкою. Борошно дозується роторним живильником який приводиться в дію кривошипно – шатунним механізмом.

Для замішування тіста в ємкість безперервно подається борошно, вода і інші рідкі компоненти. Тістові напівфабрикати замішуються і транспортуються вздовж ємкості.

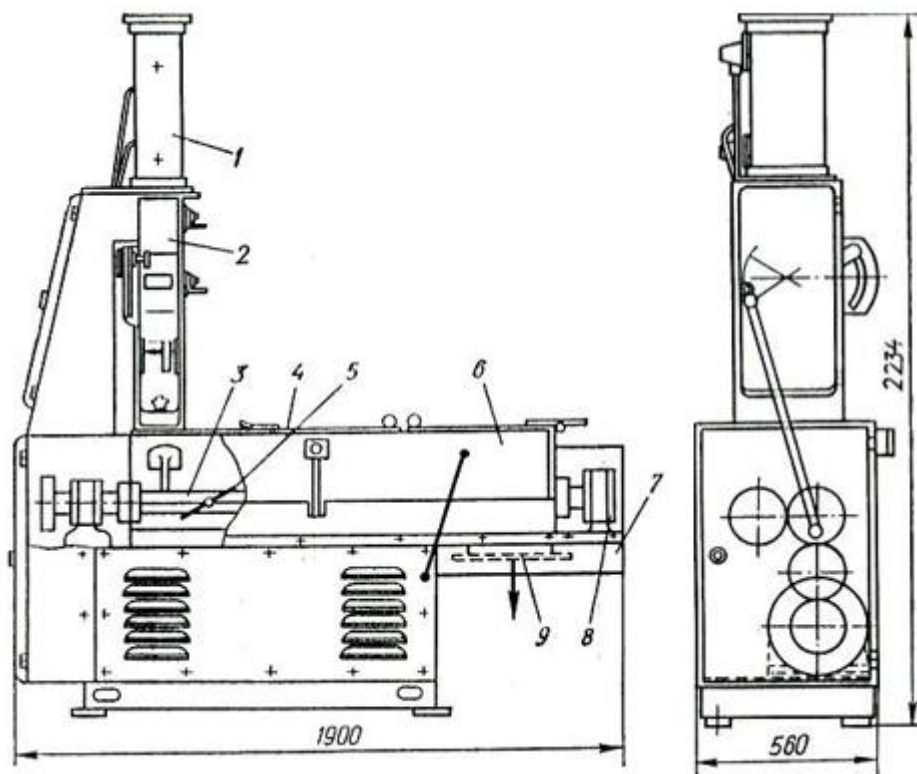
Для попередження перетікання рідини вздовж ємкості всередині останньої встановлена перегородка. Готове тісто виходить безперервним потоком через вивантажувальний патрубок.



1 - патрубок борошна; роторний дозатор борошна; 3 - місильна лопать;
4 - місильний вал; 5 - робоча камера; 6 - станина; 7 - датчик рівня; 8 - зворушувач; 9 - храповик; 10 - кривошипно-шатунний механізм; 11 - зубчаста передача, 12 - редуктор; 13 - електродвигун.

Рис. 8.1 - Тістомісильна машина Х-12Д

Машина для замішування тіста 18-ХТА-12/1 (рис. 8.2) призначена для замішування опари, тіста з пшеничного і житнього борошна, однокамерна тістомісильна машина з двома паралельними валами і Т- подібними місильними лопатями, розміщеними в суміжних напівциліндричних камерах так, що лопаті одного валу заходять в простір між лопатями іншого. У машинах 18-ХТА-12/1 з двома паралельними валами виконується більш інтенсивний вплив на тісто під час замішування в порівнянні з одновальними машинами.



- 1 - патрубок подачі борошна, 2 - дозатор борошна, 3 - місильні вали;
 4 - кришка; 5 - місильна лопать; 6 - місильне корито; 7 - станина,
 8 - підшипник; 9 - випускний патрубок.

Рис. 8.2 - Тістомісильна машини 18-ХТА-12/1

На станині розташоване місильне корито, яке складається з двох напівциліндричних жолобів. У ньому встановлено два місильних вали, які обертаються назустріч один одному за допомогою зубчастої передачі. Всередині корита є перегородки, патрубок для подавання опари та рідких компонентів, патрубок для підключення дозатора борошна кришки з електроблокувальним пристроєм.

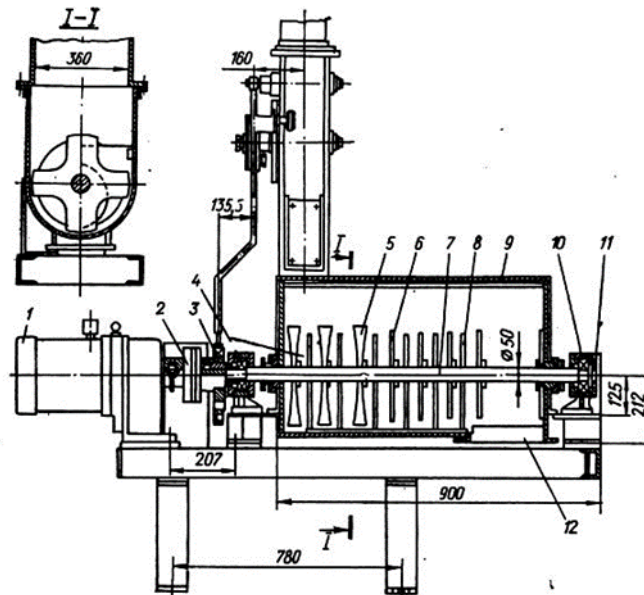
Вивантаження готового тіста здійснюються через випускний патрубок. На кожному валу закріплено по одинадцять місильних лопатей, які встановлюють під різними кутами.

Машина має двошвидкісний привід або варіатор швидкості, за допомогою якого можна змінювати частоту обертання місильних валів.

Тістомісильна машина А2-ХТТ – дискова одновальна однокамерна машина призначена для замішування виключно пшеничного тіста (рис. 8.3). Замішування проходить послідовно в двох секціях камери для замішування. В

першій перемішування ведеться чотирилопатовими дисками, а в другій плоскими дисками та гальмівними сегментами.

Борошно та рідкі і компоненти поступають у змішувальну камеру, де ретельно перемішуються чотирилопатовими дисками, далі тісто обробляється в щілині між диском та гальмівним сегментом.



- 1 - двигун-редуктор; 2 - з'єднувач; 3 - ексцентрик; 4 - робоча камера; 5 - чотирилопатові диски; 6 - плоскі диски; 7 - вал; 8 - гальмівні лопаті; 9 - кришка; 10 - підшипник; 11 - станина; 12 - розвантажувальний патрубок

Рис. 8.3 - Тістомісильна машина А2-ХТТ

8.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис тістомісильних машин безперервної дії (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Переваги та недоліки тістомісильних машин безперервної дії. Будова та робота тістомісильної машини Х-12.

2. Тістомісильна машина А2-ХТТ, конструкція, принцип дії.

3. В чому переваги тістомісильної машини 18-ХТА-12/1?

ТІСТОГОТУВАЛЬНІ АГРЕГАТИ

Мета роботи: Ознайомитися з тістоготувальними апаратами, принципом їх дії і характеристиками.

9.1 Теоретичні відомості

Процес бродіння тіста і опари займає 70% тривалості виробничого циклу приготування хліба і супроводжується рядом фізичних, колоїдних, біохімічних та інших процесів, в результаті яких тісто визріває, формується його структура, проходить накопичення ароматичних та смакових речовин, змінюється склад та стан окремих компонентів.

Тісто готується двома способами: безопарним та опарним.

Опарний спосіб приготування тіста характеризується більшою тривалістю бродіння, а тому в тісті накопичується більше смакових та ароматичних продуктів, більш глибокій обробці піддаються складові частини борошна, що призводить до підвищення еластичності м'якучки і покращенню збереженні його свіжості.

В процесі бродіння накопичується вуглекислий газ, змінюється густина тіста. Вуглекислота, спирт, молочна кислота, надають тісту специфічний смак та аромат.

Інтенсивність бродіння залежить від температури, складу, властивостей, концентрації живильного середовища і функціонального стану бродильної мікрофлори. Найбільший вплив має температура, оптимальна 30-32 °С. При підвищенні температури до 35-40 °С бродіння спочатку проходить інтенсивно, але в подальшому уповільнюється. При температурі 25 °С інтенсивність бродіння знижується.

При роботі на рідких опарах є можливість управління шляхом регулювання температури в широких межах використовуючи найпростіші теплообмінники та сорочки. При роботі з густим тістом здійснити терморегулювання майже неможливо із за низької теплопровідності тіста, високої його в'язкості.

Під час бродіння опари і тіста об'єм збільшується більш як в два рази, я білки піддаються дії протеолітичних ферментів – протеолізу, гідролітичному розчепленню, окисленню та пептизації.

Крохмальні зерна під дією амілолітичних ферментів частково перетворюються в цукри з накопиченням мальтози, котра використовується на живлення і розмноження дріжджів.

Житнє тісто має більш стабільну структуру, більш високу кислотність.

Таким чином, готове або дозріле тісто повинно мати необхідні для даного сорту кислотність і фізичні властивості: пружність, формо- та газо стримувальну здатність, котрі б забезпечували під час вистоювання максимальний об'єм заготовки.

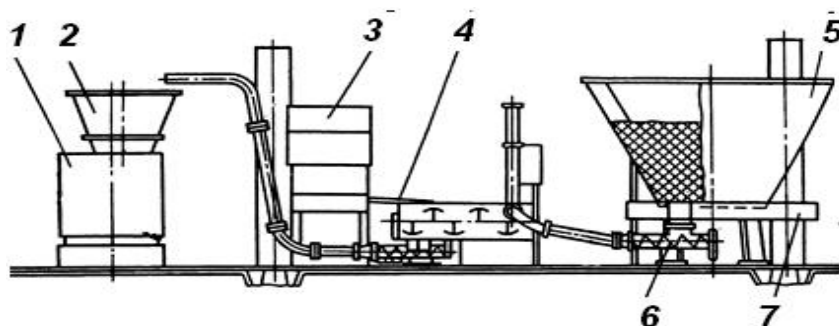
Агрегати безперервного приготування тіста складаються із комплексу машин і апаратів, в яких відбувається послідовний процес дозування інгредієнтів, замішування тіста і бродіння опари та тіста.

В залежності від характеру приготування тіста існуючі агрегати поділяються на дві групи: агрегати для порційного приготування опари та тіста і агрегати для поточного приготування опари та тіста.

В агрегатах для порційного приготування опари і тіста замішування опари (закваски) і тіста проводиться окремими порціями або безперервно, а бродіння відбувається окремими порціями в ємностях, встановлених стаціонарно на жорсткому кільцевому конвеєрі, або закріплених шарнірно на ланцюгах конвеєра.

Тістоготувальні конструкції Н.Ф. Гатіліна, И8-ХАГ-6, Л4-ХАТ-13, РМК-17 використовуються при двофазному приготуванні житнього та пшеничного тіста.

Агрегат И8-ХАГ-6 (рис. 9.1) укомплектований двома тістомісильними машинами Х-26.



1 - тістоподільна машина; 2 - бункер тістоподільної машини; 3 - дозувальна станція; 4 - тістомісильна машина; 5 - шестисекційний бункер для опари; 6 - шнековий дозатор опари; 7 - днище

Рис. 9.1 - Агрегат И8-ХАГ-6

Замішана опара подається в шестисекційний бункер по трубі за допомогою шнекового дозатора. Виброджена опара через забірне вікно надходить в дозатор опари, а потім по трубі в тістомісильну машину, в яку дозуються борошно та рідкі компоненти за допомогою дозувальної станції ВНИХП-0-6. Для дозування рідких компонентів в опару використовується така ж станція. Бункер для бродіння встановлено на нерухомих опорах, спільно з якими змонтовано нерухоме дно з отворами для завантаження і вивантаження опари.

За допомогою пазового ущільнення дно з'єднано з рухомим бункером. Привід бункера від електродвигуна.

В якості бродильної ємності – бункер конічної форми, розділений радіальними перегородками на шість секцій.

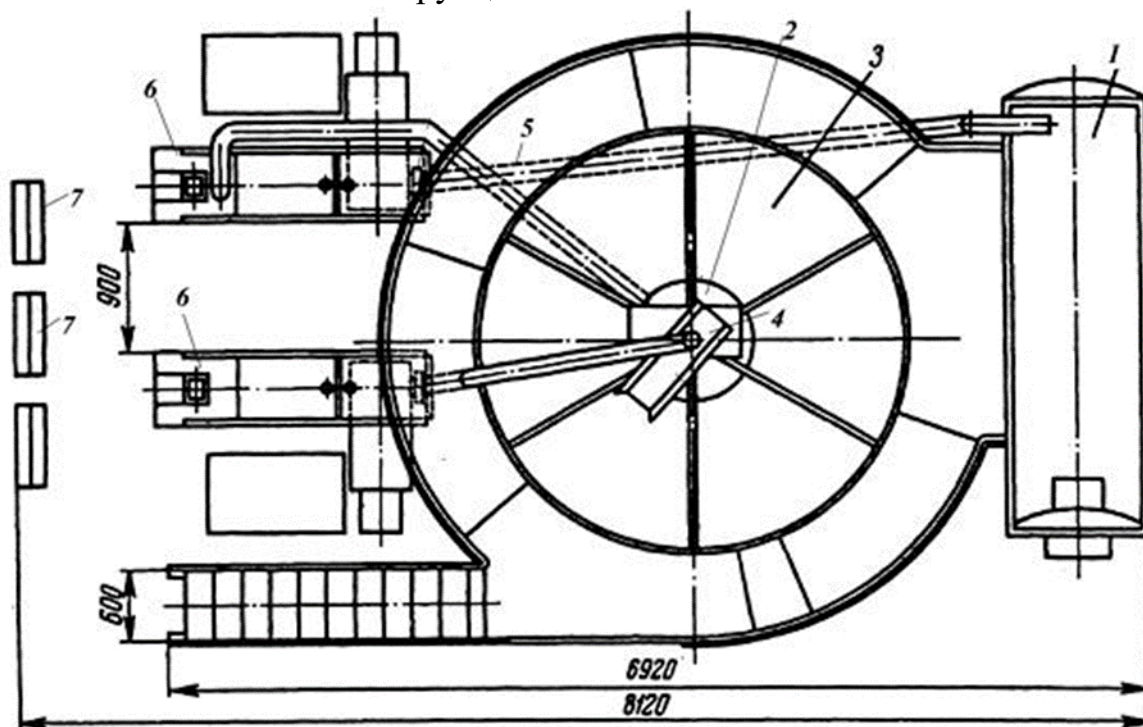
При роботі апарату спочатку заповнюється перша секція бункера, після чого, він повертається на 60° і під завантаження встановлюється наступна секція. Коли всі секції завантажені, то паралельно проводять відбір з останньої секції спілої опари через вікно.

Агрегат И8-ХАГ-13 має аналогічну будову, використовується в лініях зі скороченою тривалістю бродіння тіста, продуктивністю 1300 кг/год, місткістю бункера 13 м³.

Ємність для бродіння має циліндро-конічну форму і опирається на три ролики. Конічна частина опирається на нерухоме дно.

До недоліків слід віднести незручність зачищення та миття бункерів.

Тістоготувальні агрегати И8-ХТА-6, И8-ХТА-12 (рис. 9.2) – ємність бункера 6 і 12 м³ – аналогічні за конструкцією.



1 - коритоподібна ємність; 2 - привід лотка розподільника; 3 - шестисекційний бункер; 4 - поворотний лоток; 5 - трубопровід тіста; 6 - тістомісильна машина; 7 - пульт управління

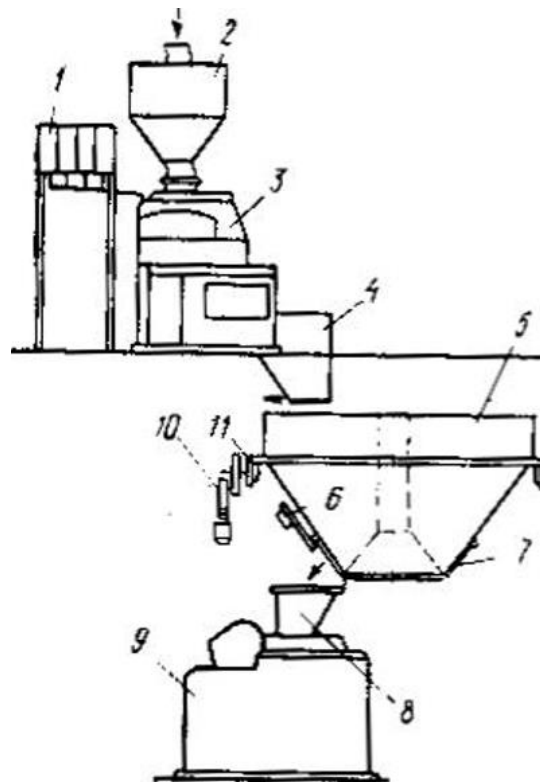
Рис. 9.2 - Тістоготувальний агрегат И8-ХТА-6

Приготування тіста в таких агрегатах ведеться наступним чином: для замішування опари в тістомісильну машину подається барабанним дозатором борошно, вода і дріжджі із дозувальної станції ВНХП-0-6. Замішана опара лопатевим нагнітачем опари по тістопроводу подається на поворотний похилий лоток, з якого надходить в одну із станцій бункера, який встановлений стаціонарно на шести опорах. Через визначений час лоток періодично повертається, почергово заповнюючи кожен секцію опарою, де вона бродить. Повний оборот лотка відповідає часу бродіння опари.

Обертання лотка відбувається сумісно з дисковим шибером, який встановлено в днищі бункера. Вісь лотка зміщена відносно осі шибера на 60° і направлена в напрямку в протилежному обертанню шибера. При повороті лотка на 1/6 частину отвір шибера суміщається з отвором секції бункера і виброджена опара поступав в бункер вивантаження, звідки лопатевим нагнітачем опари подається в тістомісильну машину, в яку барабанним дозатором дозується борошно, інші компоненти для замішування тіста.

Готове тісто нагнітачем подається в коритоподібну встановлену похило на 8-9° ємність, де тісто бродить 30-40 хв., після чого через патрубок з регульованою заслінкою подається в бункер тістоподільної машини.

Однобункерний агрегат (рис. 9.3) застосовується для пшеничного тіста. Ємність 3-6 м³.



1 - дозувальна станція; 2 - автоборошномір; 3 - тістомісильна машина періодичної дії; 4 - тістоспуск; 5 - бункер; 6 - механізм для відкриття шибера; 7 – шибер; 8 - воронка тістоподільника; 9 - тістоподільник; 10 - привід; 11 - ролики

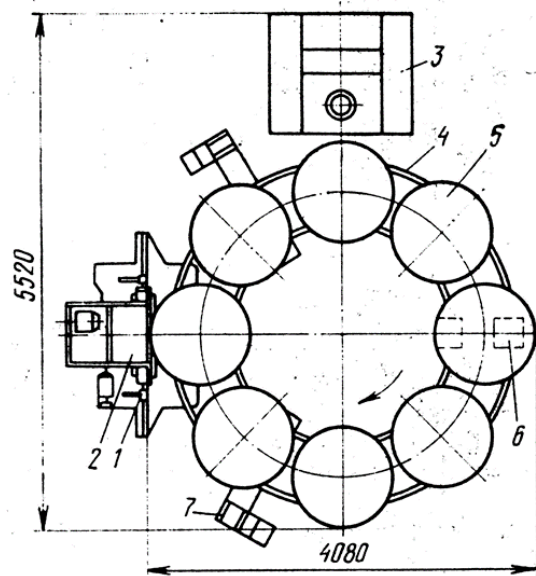
Рис. 9.3 - Однобункерний агрегат

Бункер періодично обертається, має від 4 до 10 секцій, спирається на три ролики. Після повороту бункера на 9/10 кола механізм відкриває шибер і виброджене тісто надходить в воронку тісто подільної машини.

Кільцевий діжовий агрегат Ш2-ХБВ (рис. 9.4) складається із жорсткого кільцевого транспортера на якому встановлено 8 діжей ємністю 330 л, тістомісильна машина періодичної дії і діжепідійомник. При цьому на діжепідійомнику є спеціальний вилковий захоплювач для знімання діж.

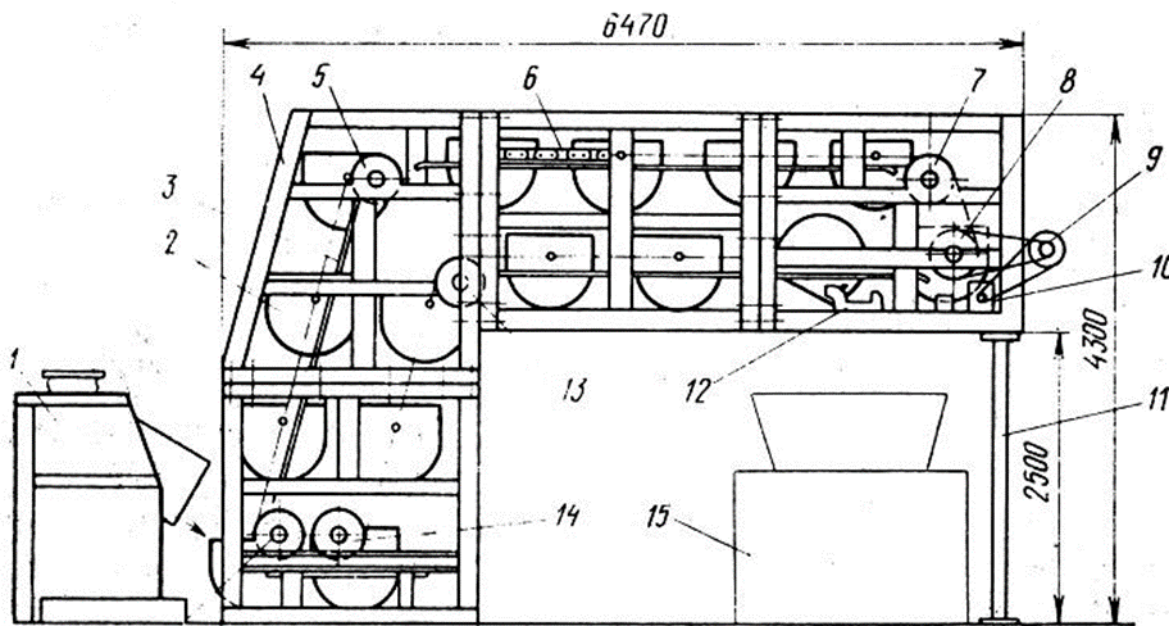
В тістомісильну машину подається борошно і рідкі компоненти, замішане тісто вивантажується в діжу, після чого транспортер повертається на один крок. При цьому діжа переміщується для бродіння, а біля тістомісильної машини встановлюється інша. Після переміщення діжі по колу від тістомісильної машини до підійомника тісто виброджує, діжа знімається з кільця транспортеру для звільнення від тіста. Тривалість бродіння 30 – 70 хв. продуктивність 900 кг/год.

Ковшовий ланцюговий конвеєр Ш2-ХББ (рис. 9.5) призначений для бродіння пшеничного тіста. Конвеєр складається із чотирьох пар зірочок, які вільно обертаються на пальцях (1 пара – приводна), на зірочки натягнені два ланцюги з кроком 140 мм, які рухаються по напрямним. До ланцюгів шарнірно прикріплено 15 ємностей місткістю 0.33 м³. Конвеєр змонтовано на каркасі Г-подібної форми, який складається із 4-ох секцій. Замішане тісто вивантажується в ємність і переміщується на бродіння, а виброджене поступав в воронку тістоподільника.



1 - вилковий захоплювач; 2 - діже перекидач; 3 - тістомісильна машина періодичної дії; 4 - кільцевий транспортер; 5 - діжі; 6 - опорні ролики; 7 - ведучі ролики

Рис. 9.4 - Кільцевий діжовий агрегат Ш2-ХБВ



1 - тістомісильна машина; 2 - ємкості; 3 - напрямні, 4 - каркас; 5, 7, 13, 16 - зірочки; 6 - втулково-роликові ланцюги; 8 - привідна пара зірочок; 9 - проміжний вал; 10 - черв'ячний редуктор; 11 - стійкі; 12 - механізм для повороту ємкості; 14 - натяжна пара зірочок; 15 - тістоподільник.

Рис. 9.5 - Ковшовий ланцюговий конвеєр Ш2-ХБВ

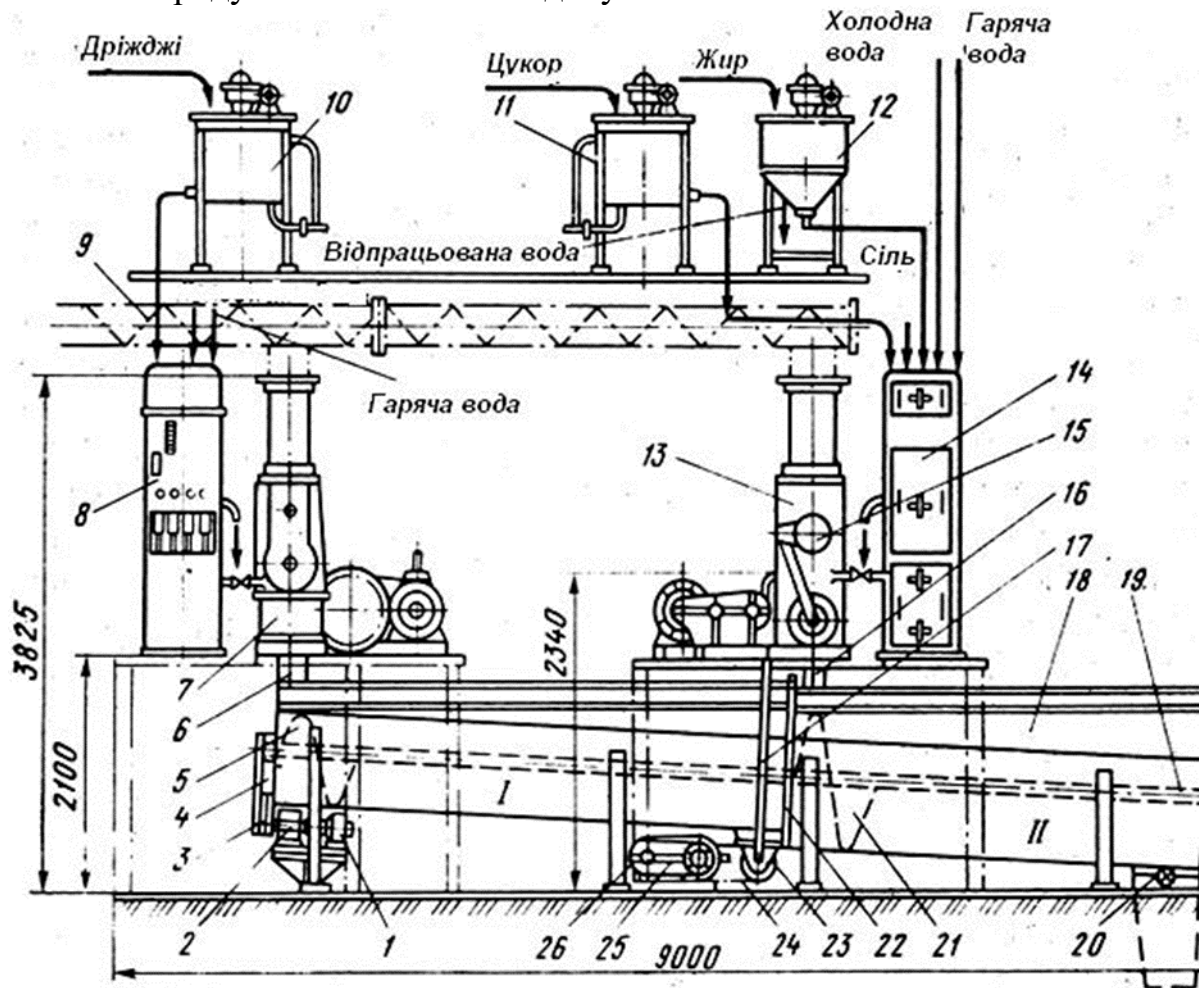
Тривалість бродіння 90-100 хв., продуктивність 900 кг/год.

Агрегати для поточного приготування тіста: заміс опари ті тіста і бродіння відбувається в стаціонарних ємностях з одночасним переміщенням опари чи тіста безперервним потоком.

Тістоготувальний агрегат ХТР (рис. 9.6) існує в двох варіантах: з коритоподібною ємністю для безопарного приготування тіста, із

коритоподібною ємкістю з двома відсіками для приготування тіста двофазним способом.

Перший варіант призначений для замішування тіста безопарним способом із пшеничного і житнього борошна на рідких пресованих дріжджах, або рідких заквасках і продуктивністю 15-17 т/добу.



1 - електродвигун; 2 - циліндричний редуктор; 3 - кривошип; 4 - храповий механізм, 5, 21- шнекові витки; 6, 16 - труби для перекачування опари та тіста; 7, 13 - тістомісильні машини безперервної дії Х-12Д; 8, 14 - дозувальні станції; 9 - шнек для подачі борошна; 10, 11, 12 - апарати для приготування дріжджів, розчину цукру та жиру марки Х-14 і Х-15Д; 15 - дозатор борошна; 17 - трубопровід; 18 - бродильне корито; 19 - вал; 20 - шибер; 22 - перегородка; 23 - шнековий дозатор опари; 24 - ланцюгова передача; 25 - варіатор швидкості; 26 - електродвигун шнекового дозатора.

Рис. 9.6 - Тістоготувальний агрегат ХТР

В тістомісильну машину дозаторами безперервно дозуються борошно і всі рідкі компоненти. Замішане тісто подається в коритоподібну ємкість для бродіння. Бродильне корито складається з двох секцій, встановлених похило під кутом 3° до горизонту. Вздовж ємкості встановлено вал на трьох опорах, на якому закріплено два витка шнека. Вал періодично обертається. Бродіння відбувається під час руху опари вздовж ємкості до випускного патрубку.

Виброджена опара в кінці секції вивантажується через отвір в ємкості і далі шнековим дозатором подається в тістомісильну машину для змішування тіста.

Замішане тісто подається в другу секцію корита, захоплюється витком шнеку і транспортується вздовж корита, під час руху виброджує. Готове тісто через отвір в днищі, який регулюється шибером, подається в бункер тісто подільної машини.

Продуктивність агрегату до 20 т/добу, загальний об'єм бродильного корита 5060 л, першої секції 2350 л, другої 2710 л.

9.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис тістоготувальних апаратів (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Які є способи приготування тіста?
2. На які групи поділяються апарати для приготування тіста?
3. На скільки секцій поділений бункер агрегату И8-ХАГ-6?
4. Скільки секцій має однобункерний агрегат?
5. Які особливості тістоготувального агрегату ХТР?

Лабораторна робота №10

ТІСТОПОДІЛЬНІ МАШИНИ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями тістоподільних машин хлібопекарських підприємств, принципом їх дії і характеристиками.

10.1 Теоретичні відомості

В промисловості використовуються тістоподільні машини різноманітних конструкцій. Усі машини ділять тісто на шматки за об'ємом принципом.

За час робочого циклу в тістоподільній машині здійснюються такі операції: заповнення робочої камери тістом, стискання тіста до робочого тиску, переміщення тіста в робочій камері, заповнення мірної камери, стабілізація тиску, видача відміряної заготовки, повернення надлишку тіста в приймальну воронку. Перераховані операції можуть в різних тістоподільних машинах зовсім виключатись, або змінювати свій порядок. Сукупність перерахованих операцій і складає робочий процес тістоподільної машини.

За способом відмірюванням об'єму шматків тістоподільні машини поділяються на три групи:

- машини, які відділяють куски тіста від тістового джгута при виході його з постійною швидкістю;

- машини, які відділяють куски тіста від загальної маси порціями;

- машини, які штампують із загальної маси тіста куски заданого об'єму.

Однієї із основних вимог, які пред'являються до всіх тістоподільних машин, є точність поділу, тобто сталість встановленої маси кожного окремого шматка тіста. Точність поділу при виробництві хлібобулочних виробів повинна бути не нижча $\pm 2.5\%$ встановленої маси. Точність поділу залежить в першу чергу від сталості густини тіста перед діленням його на шматки, рівномірного заповнення мірних карманів тістом або постійної швидкості випресування тістового джгута.

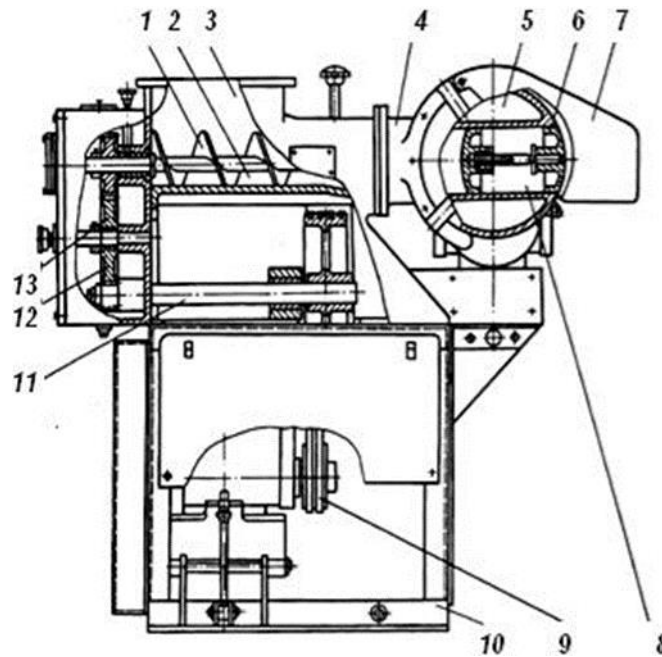
В залежності від способу попереднього стиснення і нагнітання тіста в подільну головку тістоподільники бувають зі шнековим, поршневым, лопатевим, валковим і пневматичним нагнітанням.

Залежно від кінематичного зв'язку подільного механізму з загальним приводом всі тістоподільні машини діляться на дві групи: машини з фіксованим і нефіксованим ритмом відділення кусків. В машинах першої групи кінематичні ланки подільного механізму жорстко зв'язані з кінематичними ланками всієї машини. В машинах другої групи подільний механізм не зв'язаний з загальним механізмом машини і включається в роботу тільки при досягненні куском тіста заданого об'єму.

Машини зі шнековим нагнітанням тіста застосовуються для поділу на шматки тіста із житнього, житньо-пшеничного, пшеничного обойного борошна та з борошна II гатунку.

Тістоподільна машина ХДФ-М2 (рис. 10.1) призначена для поділу житнього та житньо-пшеничного тіста масою 0.8-1.25 кг.

Тістоподільник ХДФ-М2 – має два нагнітальні шнеки.



1 - нагнітальні шнеки; 2 - робоча камера; 3 - приймальний бункер; 4 - горловина; 5 - подільна головка; 6 - поршень; 7 - захисний щиток; 8 - циліндрична проточка головки; 9 - клинопасова передача; 10 - станина; 11 - проміжний вал; 12,13 - шестерні

Рис. 10.1 - Тістоподільна машина ХДФ-М2

Тістомісильні машини зі поршнеvim нагнітанням тіста призначені для ділення тіста із пшеничного борошна вищого, 1 і 2 гатунків, дозволяють отримати тістові заготовки невеликої маси (0.03-0.15 кг). У цих тістоподільних машин стискання відбувається внаслідок зворотньо- поступального руху нагнітального поршня та заслінки. Продуктивність таких машин обмежена 20-ма циклами на хвилину.

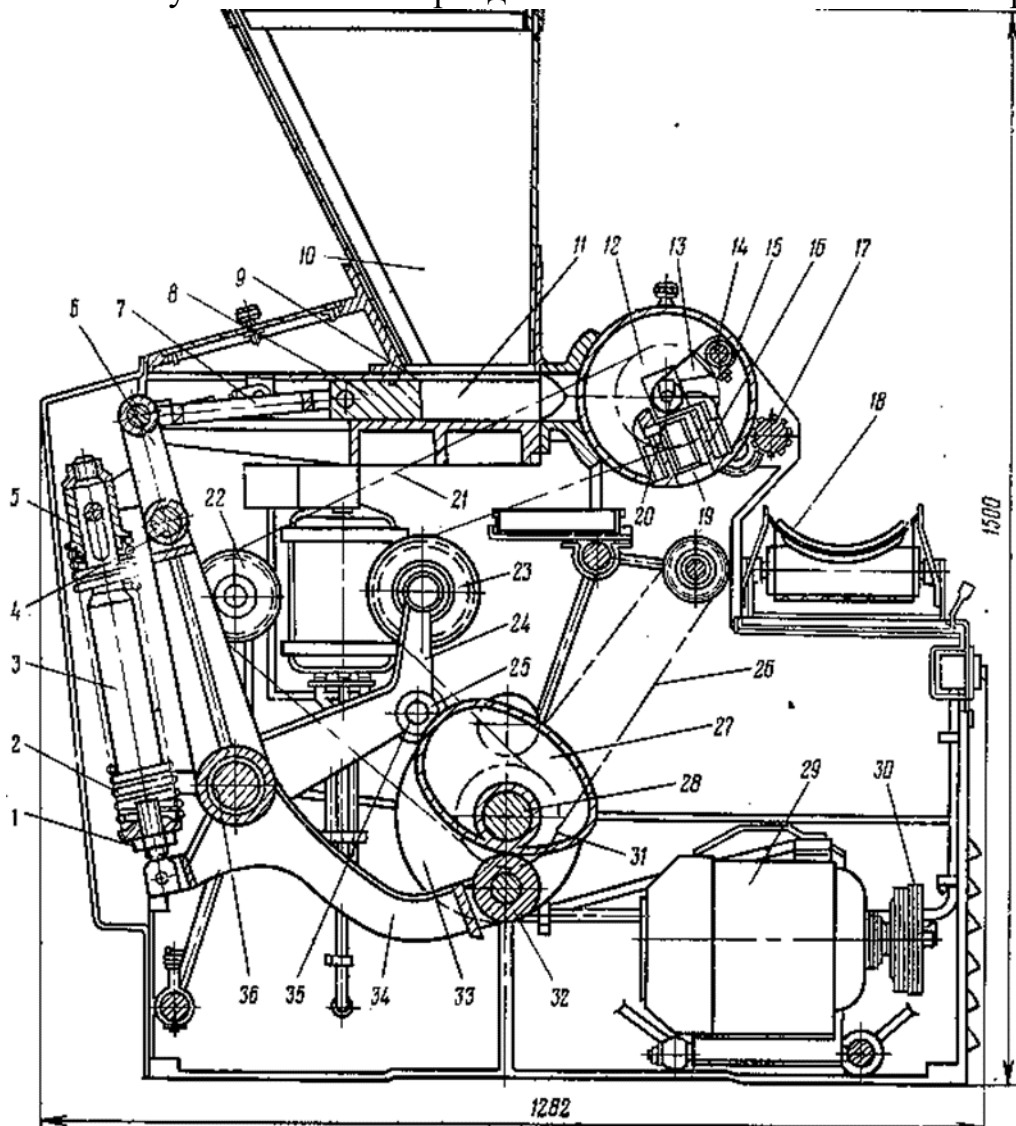
Тістоподільна машина РМК-60 (рис. 10.2) має дві змінні головки: двокишенькову для заготовок масою 0.11-0.275 кг (продуктивність 44 шт/хв) і чотирикишенькову для заготовок масою 0.055 - 0.11 кг (продуктивність 85 шт/хв).

Тістоподільна головка безперервно обертається зі змінною швидкістю.

Коли заслінка і поршень рухаються вліво тісто під дією сил тяжіння і вакууму надходить в камеру. Потім поршень і заслінка починають одночасно рухатись вправо, витісняючи частину тіста з камери. Заслінка випереджає рух поршня і перекриває камеру. Поршень, продовжуючи рух, нагнітає тісто в мірні кишені тістоподільної головки, яка при цьому сповільнює рух.

Під тиском тіста мірні поршні рухаються в глибину кишені і через ролики відводять ричажки, які закріплені на валику. Після заповнення тістом мірних карманів, подільна головка обертається, ролик накочується на нерухомий кулачок і ричажок повертає валок в зворотньому напрямку, поршні виштовхують тісто із мірних карманів. Рифлений валок відкидає шматки на транспортер.

За кожного повороту головки цикл повторюється. Для стабілізації тиску під час ущільнення тіста і запобіганню перевантажень встановлена пружина, регулювання тиску в тістовій камері здійснюються зміною стискання пружини.



- 1 - регулювальна гайка; 2 - пружина; 3 - качалка; 4 - шарнір; 5 - обойма;
 6 - ричаг; 7 - тяга; 8 - нагнітальний поршень; 9 - заслінка; 10 - приймальна воронка; 11- тістова камера; 12, 22, 23, 31 - зірочки; 13 - ричажки; 14 - валок;
 15 - подільна головка; 16 - мірний поршень; 17 - рифлений валок; 18 - стрічковий транспортер; 19 - мірні кармани; 20 - ролики; 21 - ланцюгова передача;
 24 - ричаг; 25 - ролик; 26 - ланцюгова передача; 27 - кулачок; 28 - головний вал; 29 - електродвигун; 30 - клинопасова передача; 32 - ролик; 33 - кулачок;
 34 - ричаг; 35, 36 - вісь

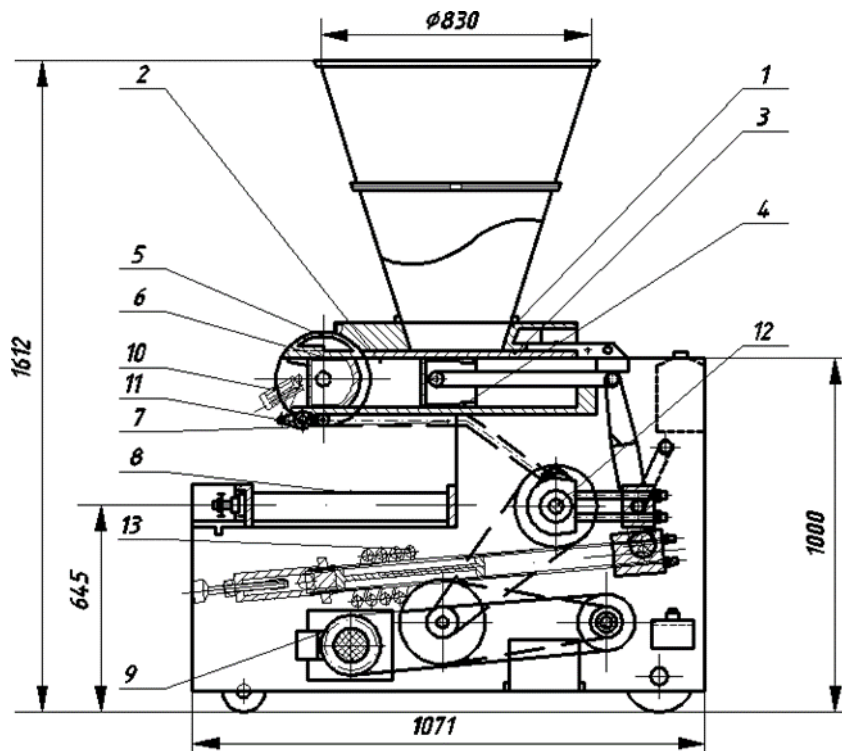
Рис. 10.2 - Тістоподільна машина РМК

Регулювання маси відбувається без зупинки машини за допомогою гвинта.

Тістоподільна машина «Pasta U2» (Німеччина) (рис. 10.3) відноситься до машин поршневого типу, використовується для формування заготовок для дрібноштучних виробів із пшеничного тіста. Для поділу тіста використовується 2-ох кишенькова головка з плаваючими поршнями та механічним всмоктуванням тістових заготовок. Продуктивність – 1850 шматків тіста за

годину, діапазон маси тістових заготовок – 110...250 г, точність поділу $\pm 2\%$ від маси заготовок.

Машина змонтована на двох литих станин, які закріплені між собою валами. Вали працюють на підшипниках, які вставлені в отвори литих станин. На станині зверху розташована воронка бункера, а над бункером – живильна воронка. Тісто потрапляє в живильну воронку, а потім у бункер.



1 - воронка бункера; 2 - всмоктувальна камера; 3 - ніж; 4 - нагнітальний поршень; 5-заслінка тістоподільної головки; 6 - мірний поршень; 7 - важіль подільної головки; 8 - транспортер; 9 - привід; 10 - регулятор маси; 11 - виштовхувачі тістових заготовок; 12 - колінчатий вал; 13 - пружинний демпфер

Рис. 10.3 - Тістоподільна машина Paeta

Камера стиснення розташована під воронкою бункера і кріпиться до станини болтами, тісто потрапляє за рахунок перепаду тиску.

В камері знаходиться нагнітальний поршень та заслінка, які за допомогою важелів здійснюють зворотньо-поступальний рух у камері стиснення.

За допомогою пружинного демпфера здійснюються збільшення або зменшення ходу нагнітального поршня.

Нагнітальний поршень подає тісто до подільної головки, де відсічний ніж відсікає його шматки. Цей рух здійснюється за допомогою колінчатого валу.

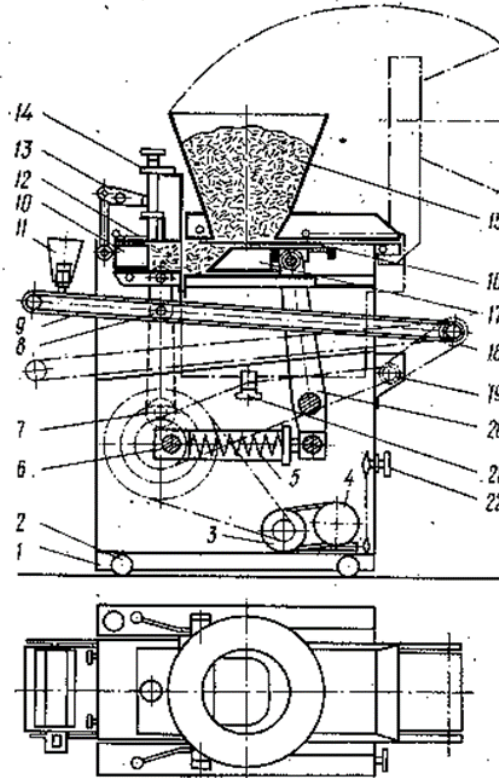
До камери стиснення примикає подільна головка, в якій знаходяться два мірних поршні і ніж для точного ділення шматків тіста вагою від 110 до 1250 грамів. За їх допомогою шматки тіста подаються на транспортер, який рухається зі швидкістю у 6 раз меншою ніж швидкість основного транспортера.

Швидкість руху основного транспортера синхронізується із кількістю заготовок.

Виштовхувачі тістових заготовок слугують також як упори для мірних поршнів під час нагнітання тіста із камери.

Привід подільної головки забезпечує зниження швидкості обертання при заповненні мірної кишені тістом, механізм регулювання маси заготовок дозволяє здійснювати цю операцію під час руху машини.

Тістоподільна машина «Кооператор» (рис. 10.4) призначена для поділу пшеничного тіста із борошна вищого і 1 гатунку, житньо-пшеничного і житнього тіста.



1 - станина; 2 - ролики; 3 - редуктор; 4 - двигун; 5 - пружинний демпфер; 6 – головний вал; 7 - диски з ексцентричними пальцями; 8 - шатун; 9 - стрічковий транспортер; 10 - прямокутні поршні; 11 - посипач борошна; 12 - подільна головка; 13 - виштовхувальний ричаг; 14 - механізм регулювання маси заготовки; 15 - приймальна воронка; 16 - заслінка; 17 - нагнітальний поршень; 18 - ланцюг; 19 - зірочка; 20 - ричаг; 21 - масляний насос; 22 - маховик регулювання частоти двигуна

Рис. 10.4 - Тістоподільна машина «Кооператор»

Нагнітальний поршень і заслінка здійснює зворотно-поступальний рух в горизонтальній площині, а поршень тістоподільної головки зворотно-поступальний в вертикальній площині.

Нагнітальний поршень і заслінка (з випередженням) рухаючись в ліво нагнітає тісто в тістову камеру. При цьому поршень головки знаходиться зверху і мірна камера тістоподільної головки співпадає з тістовою камерою. Поршень переміщуючись вліво в кармані відводить ричаг через ролик. По закінченню заповнення подільна головка разом з кінцем транспортера переміщується вниз, поршень під дією ричага з роликом переміщується і виштовхує тісто з карману.

Всмоктувальний поршень засмоктує тісто з воронки в камеру для тіста при зворотньому русі (рух засмоктування). Ніж для тіста при цьому повністю висувається, отвір між воронкою та камерою для тіста відчинений повністю.

Кількість тіста, що засмоктується, залежить від тривалості зворотнього руху всмоктувального поршня, довжини ходу, яку можна встановити на 3-хрізних рівнях.

Коли хід всмоктування завершений, шматок відрізається ножем, а отвір в воронці закривається. За прямого руху всмоктувальний поршень проштовхує тісто в мірну камеру, тісто виштовхує мірний поршень, який доходить до упору та зупиняється, щоб отримати потрібний об'єм тіста. Всмоктувальний поршень продовжує рух, поки мірна камера не заповниться повністю.

Мірна камера опускається і, коли досягає самого нижнього положення, мірний поршень виштовхує відміряну кількість тіста на конвеєрну стрічку. Мірна камера піднімається, щоб розпочати новий цикл, всмоктувальний поршень вже втягнув нову порцію тіста, процес продовжується.

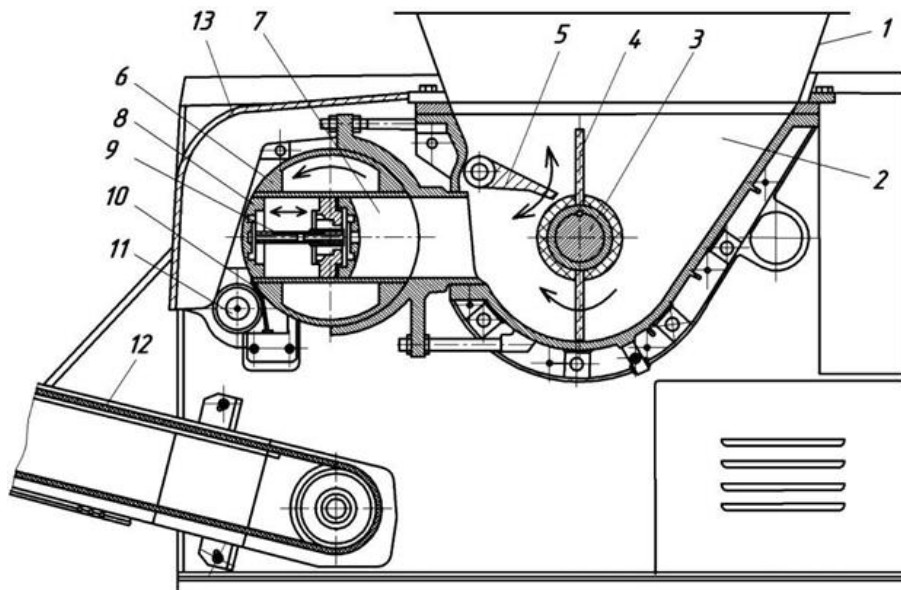
В машині передбачений пружинний стабілізатор тиску.

В комплект входить сім різних поршнів, що дозволяє змінювати масу заготовки від 0.05 до 2.2 кг.

Машини з лопатевим нагнітанням

Тістоподільна машина А2-ХТН (рис. 10.5) призначена для поділу пшеничного тіста масою 0.22-1.2 кг.

Поділ тіста відбувається голівкою, яка безперервно обертається з наскрізною кишенею, в котру встановлений двосторонній поршень.



1 - приймальна воронка; 2 - робоча тістова камера; 3 - вал; 4 - лопать; 5 - заслінка; 6 - подільна голівка; 7 - мірна камера; 8 - плаваючий поршень; 9 - втулка з різьбою; 10 - ніж; 11 - валок; 12 - стрічковий транспортер; 13 - захисний кожух

Рис. 10.5 - Тістоподільна машина А2-ХТН

Тісто із приймальної воронки захоплюється лопаттю і подається в робочу камеру, де стискається до необхідного тиску (0.18 МПа) і подається в мірну камеру. Під дією тіста мірний поршень рухається вліво, звільняючи мірну камеру, і одночасно виштовхує відміряний раніше шматок тіста.

Коли тісто нагнітається в тістову камеру, заслінка стабілізатора тиску закрита, якщо тиск перевищує тиск пружини, заслінка відкривається і надлишок

тіста виходить в тістову. Регулювання маси тістових заготовок відбувається зміною об'єму мірної камери шляхом зближення або розведення половинок мірного поршня за допомогою втулки з правою і лівою різьбою на кінцях.

Точність поділу – 1.5%.

10.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис тістоподільних машин (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. За яким принципом ділять тісто в тістоподільних машинах?

2. Які операції здійснюються в тістоподільних машинах?

3. На які групи поділяються тістоподільні машини за способом відмірювання об'єму?

4. Які механізми використовують у тістоподільних машинах для стиснення і нагнітання тіста?

5. Як поділяються тістоподільні машини в залежності від кінематичного зв'язку?

6. Скільки шнеків має тістоподільна машина ХДФ-М2?

7. Машини зі шнековим нагнітанням застосовуються для поділу тіста із борошна якого гатунку?

8. Машини зі поршнеvim нагнітанням застосовуються для поділу тіста із борошна якого гатунку?

9. Для яких виробів використовується тістоподільна машина «Parta U2»?

10. Як працює тістоподільна машина «Parta U2»?

11. Для якого тіста призначена тістоподільна машина «Кооператор»?

12. Як працює тістоподільна машина «Кооператор»?

13. Який принцип роботи тістоподільних машин з лопатевим нагнітанням?

ТІСТОФОРМУВАЛЬНІ МАШИНИ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями тістоформувальних машин хлібопекарських підприємств, принципом їх дії і характеристиками.

11.1 Теоретичні відомості

Призначені для надання шматкам тіста відповідної форми.

Форма тістової заготовки визначається видом готового виробу: куляста, сигароподібна або циліндрична. Формування може відбуватись двома способами: обробленням шматків тіста робочими органами, що рухаються і штампуванням.

Перший спосіб включає три операції округлювання кусків, їх попереднє вистоювання і кінцеве оброблення з наданням форми.

Округлювання необхідно для згладжування нерівностей і створення плівки, яка перешкоджає виходу газів, що сприяє збільшенню об'єму і формуванню рівномірної пористості.

Для запобігання прилипання тіста до робочих органів вони обдуваються повітрям, посипаються борошном, покриваються полімерами.

Округлення та закатування шматків тіста досягається тим, що вони прокатуються між двома робочими поверхнями, піддаючись одночасно певному тиску.

Формування округленням відбувається під впливом двох робочих поверхонь, що перебувають у взаємному відносному переміщенні, що впливають на тістову заготовку і забезпечують її переміщення в двох взаємно перпендикулярних площинах, що необхідно для надання тістовій заготовці круглої форми.

Як правило, одна з формувальних поверхонь машини – транспортувальна, переміщує заготовку в одному напрямку; інша - формувальна, встановлена під кутом до несучої, змінює напрям переміщення заготовки. Зусилля деформації, форма і час округлення залежить від кута нахилу і конфігурації формувальної поверхні.

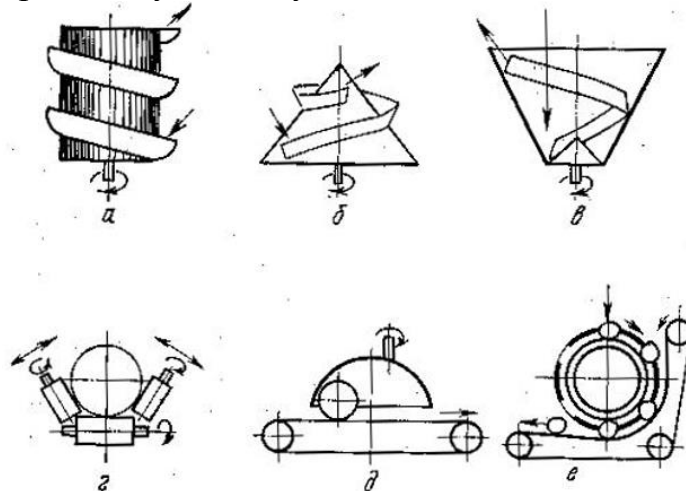
На рис. 11.1 наведено найпоширеніші способи округлення тістових заготовок.

Машини з циліндричною несучою і спіральною формувальною поверхнями використовуються для формування заготовок масою 0,8...2,0 кг з пшеничного тіста. Округлювачі цього типу мають порівняно з іншими найбільшу формувальну ділянку. Довжина шляху, яким прокочується заготовка, досягає 4,5 метрів. Тісто подається в машину знизу, тістова заготовка виходить вгору.

До недоліків машини потрібно віднести відхилення заготовки від сферичної форми внаслідок її недостатнього обертання навколо горизонтальної осі, яке здійснюється за рахунок вертикального переміщення її по циліндричній поверхні.

Ступінь округлення регулюється за рахунок зміни довжини шляху, який проходить заготовка. Для цього змінюється початкове місце, в яке подається заготовка.

Машини з конічними рухомою і зовнішньою спіральною формувальною поверхнями використовуються для формування заготовок масою 0.4...1.8 кг з пшеничного тіста. Машини можуть мати дві і більше формувальні спіралі по яких послідовно проходить заготовка. Довжина шляху округлення регулюється так само, як у попередньому випадку.



a - з циліндричною несучою і спіральною формувальною поверхнями; *б* - з конічними рухомою і зовнішньою спіральною формуючою поверхнями; *в* - з конічною рухомою і внутрішньою спіральною формувальною поверхнями; *г* - з горизонтальним стрічковим несучим органом і двома нахиленими стрічковими формуючими органами; *д* - з горизонтальним стрічковим несучим органом і сферичним формуючим органом; *е* - з несучим органом у вигляді барабана і формуючим у вигляді стрічкового транспортера

Рис. 11.1 - Схеми тістоокруглювальних машин

В машинах з горизонтальним стрічковим несучим органом і двома похилими стрічковими формувальними органами функції несучого і формувального органів виконують стрічкові транспортери з гнучкою стрічкою. Для забезпечення якісного округлення всі транспортери приводяться в рух з різними швидкостями і в різних напрямках. Заготовка, яка рухається між ними, обертається у всіх площинах, пройдений нею сумарний шлях у кілька разів перевищує довжину робочої ділянки машини.

Внаслідок такого впливу поверхня заготовки отримує інтенсивний механічний вплив, але форма її трохи відрізняється від сферичної.

Машина з горизонтальним стрічковим несучим органом і сферичним формувальним органом призначена для округлення заготовок дрібноштучних виробів, до яких відносять булочки масою 0.05... 0.15 кг. Попереднє формування заготовок для таких виробів здійснюється на багаторядних машинах і відбувається шляхом валкового нагнітання і утворення стрічки тіста з подальшим її розрізання обертовим ножом.

Несучий транспортер рухається періодично, довжина одного пробігу дорівнює кроку між тістовими заготовками по довжині. Сферична формувальна

поверхня - чаша з вертикальною віссю обертання, яка не збігається з геометричною віссю чаші, періодично опускається на шматок тіста, здійснює обертово-поступальні рухи, а потім піднімається. Таких чаш на шляху заготовки розташовано 4...6, тому округлення відбувається багато разів.

Конструктивно такий округлювач komponується в один блок з поділильною машиною, оскільки вони працюють узгоджено.

Інтенсивність механічного оброблення заготовки можна регулювати шляхом зміни відстані між сферою і транспортером, а довжину регулюють, змінюючи кількість рядів сфер на формувальній плиті.

Багаторазове оброблення заготовок призводить до того, що форма їх близька до ідеального кулі.

Формувальною поверхнею машин з несучим органом у вигляді барабану і формувальним у вигляді стрічкового транспортера є транспортерна стрічка, що огинає барабан. Барабан має комірки, в які потрапляють тістові заготовки. Під ним всередині знаходиться циліндричний піддон, на які заготовки спираються. Транспортерна стрічка утримує шматки тіста у комірках, а також повертає їх навколо горизонтальної осі за рахунок різниці швидкостей несучого барабана і стрічкового транспортера.

Такі округлювачі, як і попередня модель, є багаторядними і розраховані на тістові заготовки з пшеничного тіста масою 0.04...0.12 кг. Конструктивно вони об'єднані з подільним механізмом в один агрегат. Регулювання впливу на тісто відбувається шляхом зміни зазору між барабаном і стрічкою транспортера, а також набором змінних барабанів.

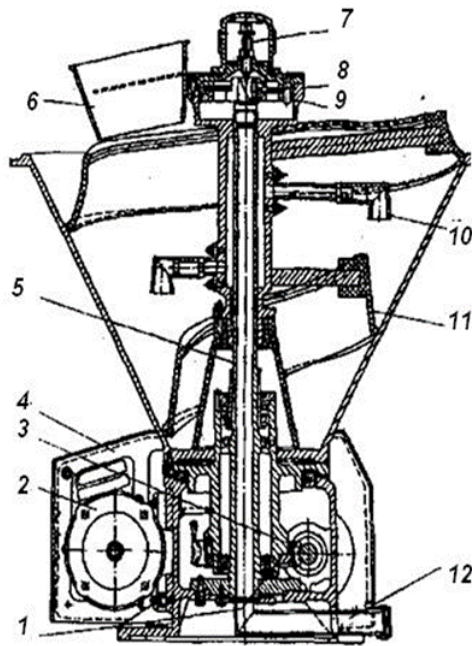
Тістоокруглювач Т1-ХТН (рис. 11.2) призначений для округлення тістових заготовок із пшеничного тіста масою 0.2...1.0 кг. Відноситься до машин з конічною несучою і внутрішньою конічною формувальною поверхнями. За таким принципом створено багато машин, що пояснюється простотою і компактністю конструкції.

Всередині корпусу розміщені приводний електродвигун, двоступенева клинопасова передача та черв'ячний редуктор. Вал черв'яка всередині порожній, крізь нього проходить вал, на якому закріплені формувальна спіраль і повітряподавальні патрубки, які призначені для обдування тістових заготовок з метою запобігання прилипання тіста до металу.

Повітря для обдування подається через трубу з централізованої заводської магістралі.

Внутрішню спіраль можна повертати і фіксувати в певному положенні за допомогою диска з отворами і пальцями. для точного напрямку подальшої траєкторії готової заготовки, яка випадає з машини. Для регулювання відстані між стінкою чаші і формувальною спіраллю призначений гвинт.

Заготовки подаються в нижню частину округлювача через приймальну воронку. Клинопасова передача має два типорозміри шківів. Це дозволяє поступово змінювати частоту обертання чаші.

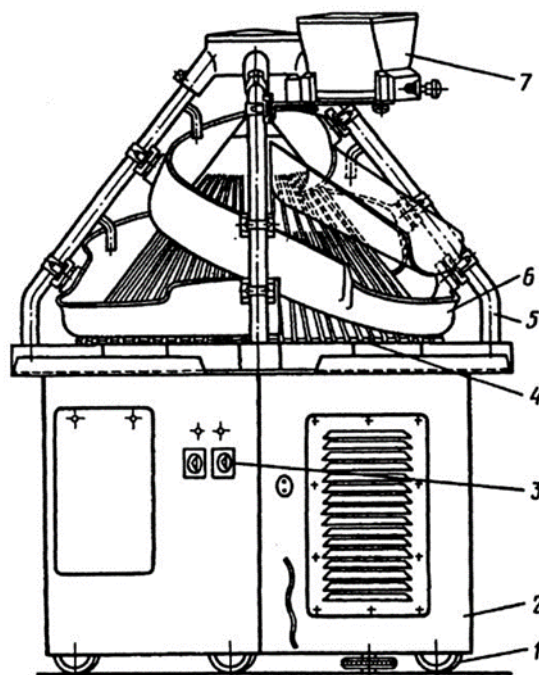


1 - вал черв'яка ; 2 - електродвигун; 3 -редуктор; 4 - корпус; 5 - вал, на якому закріплена спіраль; 6 - приймальна воронка; 7 - гвинт; 8 - диск; 9 - пальці; 10 - патрубки; 11 - формувальна спіраль; 12 - труба

Рис. 11.2 - Тістоокруглювач Т1- ХТН

Тістоокруглювальна машина «Гостол» з конічною зовнішньою несучою поверхнею (рис. 11.3).

Несучий корпус має рифлену поверхню, формувальна спіраль складної форми, що забезпечує розміщення двох витків, що дозволяє значно подовжити оброблення заготовок. На спіраль нанесено тефлонове покриття, яке має низьку адгезійну здатність.



1 - ролики; 2 - станина; 3 - пульт управління; 4 - несучий конус; 5 - стояки; 6 - формувальна спіраль; 7 - борошносипач

Рис. 11.3 - Тістоокруглювальна машина «Гостол»

Тістоокруглювачі зі стрічковими несучими і формувальними поверхнями (рис. 11.4) призначені в основному для формування заготовок масою 0.5—2.5 кг з житнього і житньо-пшеничного тіста.

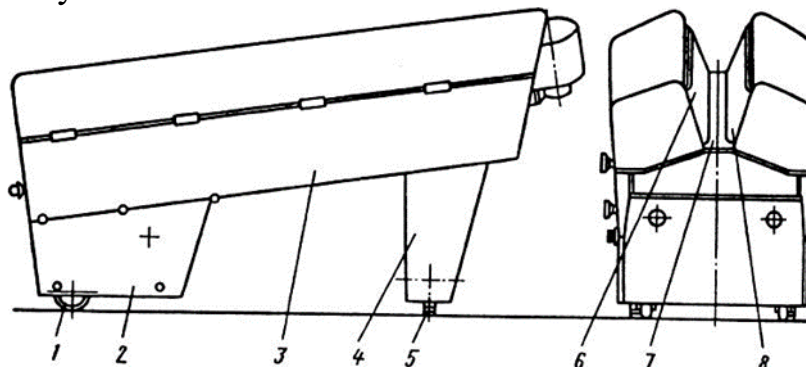
Найпоширеніші округлювачі фірм "Вернер унд Пфляйдерер" (Германія) і "Ельгеп" (Угорщина).

Стрічковий округлювач достатньо добре обробляє тістову заготовку, однак при виході з машини вона не має строго кулястої форми. Остання вимога не грає суттєвої ролі при виробленні циліндричних, сигароподібних і круглих подових виробів, оскільки вони після округлювача проходять ще додаткове формування в закатних машинах і вічках відстійних камер.

Округлювач змонтований на похилій станині, розташований на тумбах.

Передня тумба лежить на двох роликах, задня - на двох штифтах. Роль несучих поверхонь виконують два транспортери, що рухаються в протилежних напрямках. Роль формувальної поверхні виконують самі транспортери і нерухома поверхня між ними.

Привод, який складається з електродвигуна і черв'ячного редуктора, розташований в тумбі.



1 - ролики; 2, 4 - тумби; 3 - станина; 5 - штифти; 6, 8 - транспортери;
7 -нерухома поверхня.

Рис. 11.4 - Стрічкова тістоокруглювальна машина

Привод здійснюється від редуктора через шарнір Гука до валика ведучого барабана. На транспортерній стрічці привулканізований виступ у вигляді клинового паса, який утримує стрічку транспортера від збігання по шківу. Валики барабана встановлені в двох підшипниках на кронштейнах з можливістю переміщення. Конструкція привода дозволяє регулювати кут нахилу барабанів і відстань між ними в залежності від маси і властивостей тістової заготовки.

Тістозакочувальні машини призначені для надання тістовим заготовкам видовженої форми.

Процес заковчування складається із трьох операцій: розкачування в млинець, закручування в рулон і прокачування рулону.

Спочатку заготовка розкачується в млинець за допомогою двох пар валків потім скачується в рулон за допомогою панцирної сітки, рифленого валка, потім прокачується між транспортером і формувальною плитою.

Формування заковчуванням тістової заготовки відбувається під впливом на заготовку двох робочих поверхонь, що перебувають у взаємному відносному

переміщенні, що забезпечують надання тістовій заготівці циліндричної або сигароподібної форми.

Одна з працюючих поверхонь рухома і переміщує тістову заготовку в напрямку потоку. Інша може бути нерухомою або рухається в протилежному напрямку з меншою швидкістю, що забезпечує більш тривалу обкатку.

Тістова заготівка проходить більш тривалий шлях при обкатці на меншій довше формуючого ділянки.

Робочі поверхні можуть бути виконані у вигляді стрічкових транспортерів, плоских або профільованих нерухомих площин або у вигляді обертових барабанів.

Тістові заготовки з пшеничного тіста, мають великою пружність і еластичність піддаються в тістозакочувальних машинах інтенсивній обробці для забезпечення рівномірної пористості м'якушки.

На рис. 11.5 представлені схеми заочування тістових заготовок.

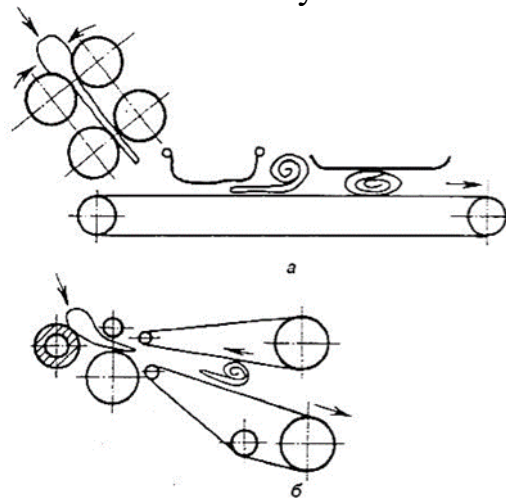


Рис. 11.5 - Схеми заочування тістових заготовок

Машина для булочних виробів середньої маси (рис. 11.5,а) використовується в основному для формування заготовок батоноподібних виробів масою 0.2...0.5 кг. Тістова заготівка, потрапляючи в машину, спочатку розкочується в млинець двома парами валків, які обертаються назустріч один одному. Потім заготівка потрапляє на стрічковий транспортер, взаємодіє з металевою сіткою, згортається в рулон і прокочується під формувальною плитою. Після такого оброблення заготівка добре утримує форму на всіх подальших технологічних операціях.

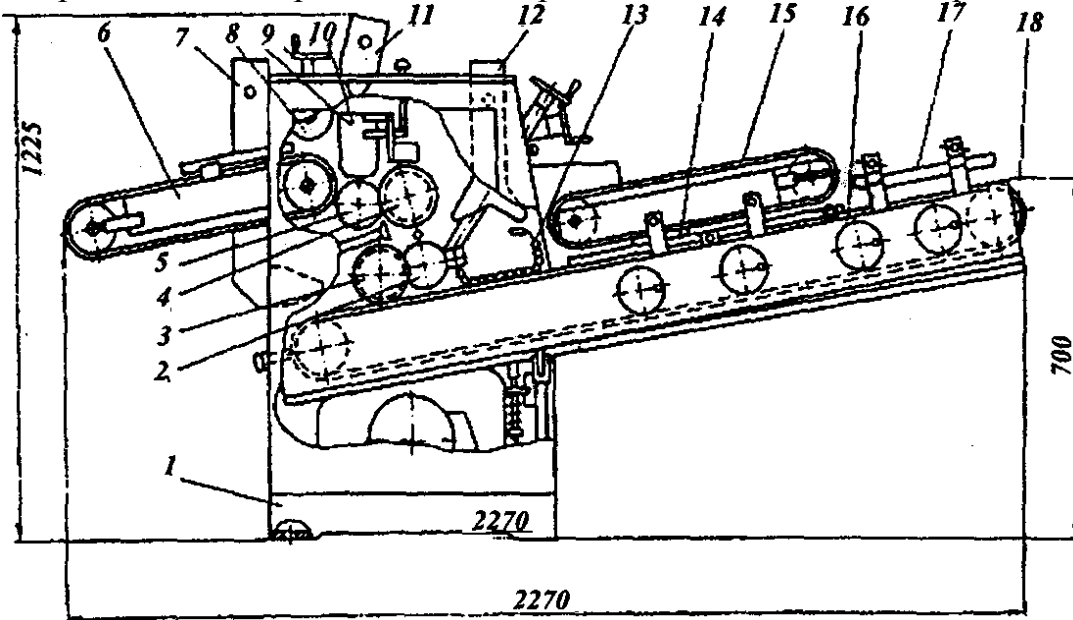
Машина для булочних виробів малої маси при виробництві рогаликів (рис. 11.5,б). Вона має подавальний валок, який направляє заготівку між парою розкатувальних валків, потім направляється до двох транспортерів, які рухаються назустріч один одному з різними швидкостями. Між ними вона згортається в рулон і прокручується, ущільнюючи поверхню. При цьому досягається достатня прокатка рулону на порівняно коротких стрічках.

Тістозакатувальна машина Т1-ХТЗ-2-3 (рис. 11.6) складається з транспортерів, станини з приводом, розкатувальних валків, решітки, напрямних, несучого транспортера, формувальної дошки, центрувального

пристрою, з механізмом регулювання, формувального транспортера, насадок для обдування робочих органів повітрям.

Відстань між валками регулюється переміщенням валків.

Тістові заготовки переносяться подавальним транспортером і частково розплющуються валком, а потім через пристрій для центрування направляються в проміжок між парами валків. Послідовно проходячи між ними,



- 1,13 - транспортери; 2 - формувальна дошка; 3 - несучий транспортер; 4 - формувальний транспортер; 5 - напрямні; 6 - решітка; 7, 11, 12 -насадки для обдування робочих органів повітрям; 8 - валок; 9 -центрувальний пристрій; 10 - механізм регулювання; 14, 15, - розкатувальні валки, 16 - транспортер; 17 - формувальна дошка; 18 - станина з приводом
- Рис. 11.6 - Тістозакатувальна машина Т1-ХТЗ-2-3

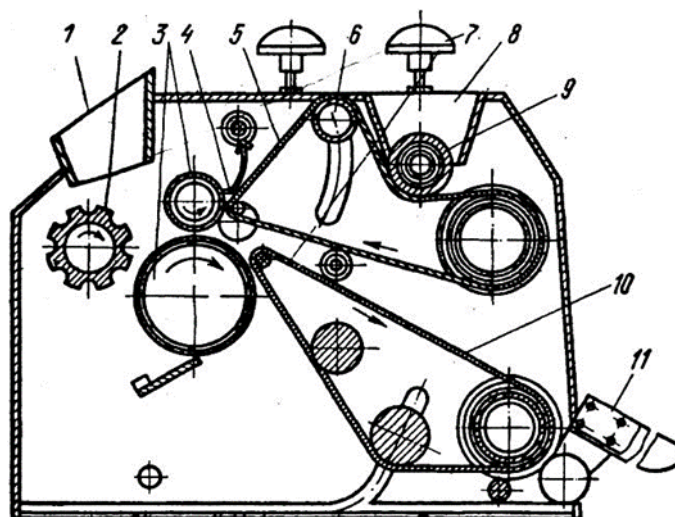
заготовки набувають форму млинця і падають на стрічку транспортера. Решітка захоплює край тіста та згортає млинець в рулон, який рухається до несучого і формувального транспортерів, між ними ущільнюється і видовжується. Кінці заготовки згладжуються напрямними. Остаточну форму і розміри заготовка отримує під формувальною дошкою.

Продуктивність - до 100 шт/хв.

Машина для формування рогаликів С-500 (рис. 11.7) належить до спеціалізованих машин для формування рогаликів.

З приймальної воронки заготовки потрапляють на рифлений валок, а потім на розкочувальні валки, які очищаються ножами від залишків тіста. Під дією двох транспортерів, які утворюють клиноподібну робочу зону, заготовка згортається в рулон і прокочується.

Ця машина знайшла широке застосування в булочних цехах і пекарнях.



1 - приймальна лійка; 2 - рифлений валик; 3 - розкочувальні валки; 4 - ножі;
5, 10 - стрічки транспортера; 6,7- валки; 8 - борошнопосипач; 9 - рифлений валок.

Рис. 11.7 - Машина для формування рогаликів С- 500

11.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис тістоформувальних машин (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Чим визначається форма тістової заготовки?

2. Які існують способи формування тістової заготовки?

3. Які операції здійснюються при обробленні шматків тіста що рухаються?

4. Що застосовують для запобігання прилипання тіста до робочих органів?

5. Як здійснюється формування округлень шматків тіста?

6. Як рухається шматок тіста в машині при формуванні округлень?

7. Як регулюється інтенсивність механічного оброблення шматка тіста при формуванні округлень?

8. Чим змінюється частота обертання чаші машини тістоокруглювача Т1-ХТН?

9. За рахунок чого тісто не прилипає до робочих органів машини тістоокруглювача «Гостоль»?

10. Чи можна обробляти шматки тіста різної ваги на машинах округлювачах фірм із Германії і Угорщини і як це здійснюється?

11. Якій принцип роботи тістозакочувальних машин?

12. Які особливості роботи тістозакатувальної машини Т1-ХТЗ-2-3?

13. Якій принцип роботи машини для формування рогаликів С-500?

Лабораторна робота №12

ХЛІБОПЕКАРСЬКІ ПЕЧІ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями хлібопекарських печей, принципом їх дії і характеристиками.

Теоретичні відомості

12.1 Класифікація хлібопекарських печей

В основу класифікації хлібопекарських печей покладені наступні ознаки:

- технологічна (призначення пічного агрегату);
- площа поду (продуктивність);
- теплотехнічна (спосіб обігріву пекарної камери);
- тип (конфігурація) пекарної камери;
- конструкція транспортуючого пристрою.

За технологічною ознакою хлібопекарські печі можна розділити на групи:

- універсальні печі, в яких можна випікати хлібобулочні і борошняні кондитерські вироби широкого асортименту - печі ХР, ФТЛ-2;
- печі для випічки широкого асортименту виробів - велика частина печей, що використовуються промисловістю;
- спеціалізовані печі для випічки певного виду виробів - ШБП - для випічки печива, для випічки солодкої соломки і пряників, тандир;
- для випічки національних виробів.

По площі поду, як основному параметру печі поділяються відповідно на печі з площею (м²): 10, 16, 25, (40), 50, 80, 100, 125.

Умовно їх поділяють на:

- печі малої продуктивності з площею поду менше 10 м²;
- печі середньої продуктивності з площею поду від 10 до 50 м²;
- печі великої продуктивності з площею поду 50 м² і більше.

За теплотехнічною ознакою печі діляться на:

- регенеративні (жарові) печі;
- каналні печі;
- печі з циклотермічним обігрівом (рециркуляцією продуктів згоряння);
- печі с пароводяним і змішаним обігрівом;
- печі з конвективним обігрівом;
- печі з внутрішньокамерного спалюванням газу (газові печі);
- печі з електрообігрівом.

За типом пекарної камери печі бувають двох типів: тупикові і наскрізні (прохідні).

В тупикових печах посадка тестових заготовок на под печі і вивантаження готової продукції здійснюється через одне і теж вікно. Така конфігурація пекарної камери застосовується в печах малої і середньої продуктивності зі стаціонарним, висувним і реверсивним сітчастим подом, в печах з конвективним обігрівом при випічці на багатоярусних візках, а також в печах люлечно-подиковим конвеєром.

Перевагою таких печей є те, що всі гілки конвеєра ефективно використовуються, так як холоста гілка відсутня. Однак тупикова пекарна камера створює труднощі в організації потокового механізованого виробництва.

В сучасних конструкціях печей з сітчастим або пластинчастим конвеєром пекарна камера наскрізна має форму довгого тунелю. Наскрізний тип пекарної камери сприяє організації прямої технологічної лінії.

По конструкції транспортуючого пристрою розрізняють печі:

- із стаціонарним подом;
- висувним, карусельним подом;
- конвеєрним подом.

Печі з конвеєрним подом це найпоширеніший тип сучасних печей. Конвеєрні поди бувають наступних типів:

- ланцюговий люлечно-подиковий (ФТЛ - 2, ХВП);
- стрічковий сітчастий (БН), суцільний (для пряників);
- ланцюговий пластинчастий (Маммут, ХПЛ, ХНН);
- ланцюговий сітчастий (ПХК, РЗ-ХПУ);
- кільцевий суцільний (Марсакова).

12.2 Тупикові печі

До складу **вистійно-пічного агрегату П6-ХРМ** (рис. 12.1) входять: піч П6-ХРМ 11, вистійна шафа 7 із загальним люлечно-подиковим ланцюговим конвеєром 8, приводом 5, тістоподільником-укладальником тістових заготовок 6, транспортером готової продукції 9.

Конвеєр агрегату складається з двох паралельних ланцюгів згинаючих приводні, натяжні та поворотні зірочки. Люльки підвішені в шарнірах ланцюгів з кроком 280 мм. До підвісок полиць приварені копіри, які взаємодіють з механізмом перекидання польок для вивантаження хліба з форм на транспортер готової продукції.

Поділ тіста на заготовки та посадка їх у форми на люльці шафи вистоювання здійснюється подільником-укладальником Ш-33-ХТЗ-У, пристосованим для роботи з уривчастим рухом люлечного конвеєра агрегату. Привід агрегату здійснюється електродвигуном потужністю 8.8 кВт, через черв'ячний редуктор і пасову передачу.

Необхідний режим середовища пекарної камери шафи вистою автоматично підтримується подачею пара від парового зволожувача. Конвеєр агрегату рухається перервно, його ритм роботи регулюється за допомогою реле часу в залежності від виду продукції.

Регулювання співвідношення часу вистоювання і випічки здійснюється за допомогою регулювальної каретки, шляхом перерозподілу порожніх і заповнених тістом кошиків конвеєра.

Продуктивність печі по формовому хлібі становить 750 кг/год. Загальна кількість кошиків 119 штук. Габарити агрегату 12100×4980×4000 мм.

До складу агрегату входять вистійна камера з люлечним ланцюговим конвеєром і подільник-укладальник заготовок у форми, транспортер готової продукції, механізм перекидання колісок для вивантаження випеченого хліба.

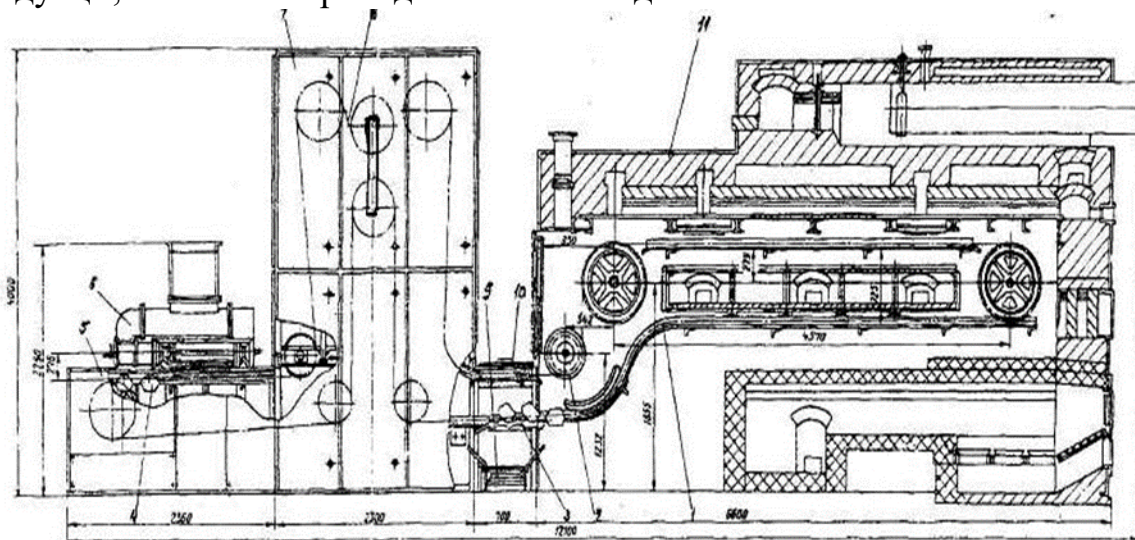


Рис. 12.1 - Вистійно-пічний агрегат П6-ХРМ

Вистійна шафа і піч мають загальний люлечний конвеєр.

Регулювання часу вистоювання здійснюється за допомогою зміни співвідношення заповнених і холостих колісок.

Кількість колісок 89 - 119, з них у печі 47 і шафі 22-47, холостих 20- 34. На кожній люльці розміщується 16 форм. Продуктивність по формовому хлібі 750 кг/год.

Для заміни печі ФТЛ - 2 розроблено тупикові печі Г4-ХПЛ з площею поду 16 і 25м², з каналною системою обігріву.

Піч Г4-ХПЛ має більшу продуктивність, менші витрати палива, власні парогенератори для парозволоження, створена більш ефективна система гіротермічної обробки тістових заготовок.

Піч Г4-ХПЛ-16 має двохниточний конвеєр, піч Г4-ХПЛ-25 - чотирьохниточний (рис. 12.2).

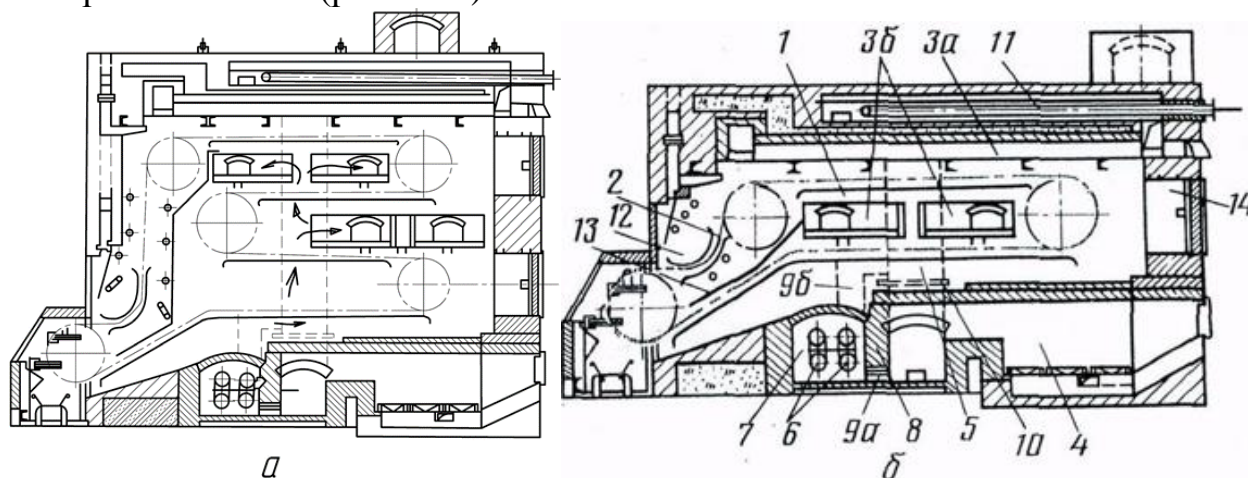


Рис. 12.2 - Схеми печей Г4-ХПЛ-16 (а) та Г4-ХПЛ-25 (б)

Печі Г4-ХПЛ мають пекарну камеру, в якій розміщений ланцюговий люлечний конвеєр. Обігрів печі здійснюється гріючими каналами 3 за рахунок

тепла димових газів, що надходять з топки 4. Після обігріву пекарної камери газу направляються для обігріву теплоутилізаторів 11.

Регулювання руху димових газів здійснюється за допомогою шиберів, встановлених в каналах на виході газів з печі. В кінці топки в каналі 7 встановлені парогенератори 6. Гострі топкові газу подаються до парогенераторів через перепускні канали 9. Після обігріву парогенератора газу з'єднуються з димовими газами в бічних вертикальних каналах

Зниження температури димових газів за рахунок відбору тепла, витраченого на обігрів парогенераторів, дозволяє збільшити термін роботи радіаторних коробок.

Продуктивність парогенераторів регулюється з допомогою шиберів 10, розміщених з боків печі. Зона зволоження печі 12 відокремлена від пекарної камери екраном 13 для підтримки в цій зоні температури середовища 100-120 °С та створення оптимальних умов для гіротермічної обробки тістових заготовок.

Продуктивність печі по формовому хлібі печі Г4-ХПЛ-25 21 т/добу, печі Г4-ХПЛ-16 15.2 т/добу.

12.3 Канальні печі з рециркуляцією продуктів згоряння

Сучасним найбільш перспективним способом обігріву печей є обігрів їх сумішшю продуктів згоряння і рециркуляційних газів. Перевагою печей з рециркуляцією продуктів згоряння є низька теплова інерція, що дозволяє ефективно використовувати системи автоматичного регулювання теплового режиму печі, здійснити перехід на дво- і однозмінну роботу підприємств.

Тривалість розігріву таких печей в багато разів менше, ніж печей з цегляною обмурівкою.

Завдяки конструкції пекарної камери тунельного типу можлива установка печей в потокових лініях. Використання в конструкції печі простих і легких матеріалів дозволяє встановлювати їх на будь-якому поверсі будівлі.

Одним з важливих переваг таких печей є можливість регулювання теплового режиму незалежно в кожній зоні обігріву по ходу процесу випічки з урахуванням особливостей асортименту виробів.

Сутність рециркуляції димових газів полягає в тому, що димові газу після обігріву пекарної камери з низькою температурою, близько 250-300 °С повертаються в камеру змушування, куди надходять газу з високою температурою 1000-1200 °С з камери згоряння.

В результаті змушування обох потоків виходить суміш з більш низькою температурою; тому можливо застосування малоінерційних каналів з малим термічним опором, виготовлених із сталевих листів або тонкостінних сталевих труб.

Печі БН фірми «Спеціаль» (Німеччина) тунельні, з циклотермічним обігрівом, з сітчастими стрічковими конвеєрами, площею поду 25, 40 і 50 м².

Піч БН-25 (рис. 12.3) має вісім секцій довжиною 1.5 м кожна, тунельну пекарну камеру 8 заввишки 200 мм, довжиною 12 м і шириною 2.2 м.

Нижня металева стінка камери товщиною 3 мм передає теплоту від нижнього нагрівального каналу 12, по ній переміщається металева сітка конвеєра 4 шириною 2.1 м, який є робочим подом печі. Верхня та бокові стінки камери є металевими аркушами товщиною 1.5 мм. Над верхньою стінкою пекарної камери проходить верхній нагрівальний канал 10.

Під приводним барабаном 3 з боку розвантаження знаходиться циліндрична щітка 2 для очищення конвеєра і автоматичний важільно-вантажний натяжний

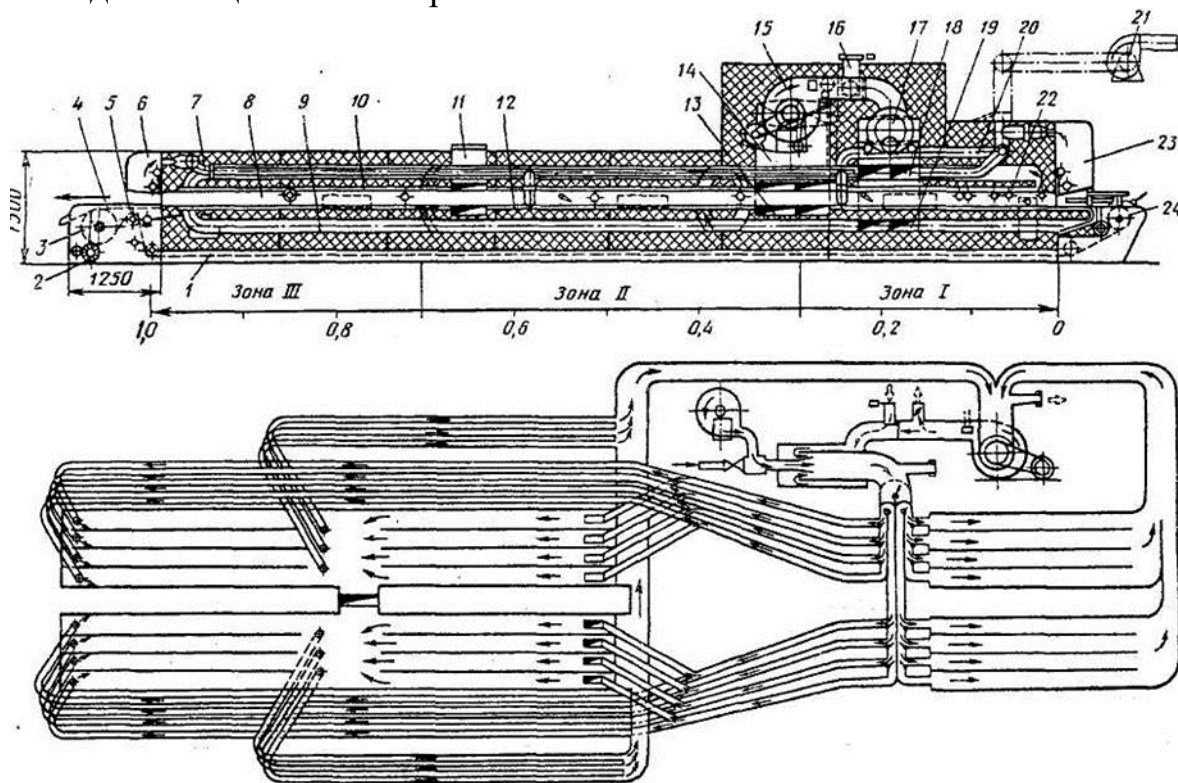


Рис. 12.3 - Схема печі БН-25 і системи її обігріву

пристрій 5. Холоста гілка конвеєра 1 проходить під піччю. Натяжний барабан конвеєра 24 розташований у посадочній частині печі, для усунення перекосу сітки існує спеціальний механізм, який дозволяє натягувати будь-яку сторону натяжної барабана.

Димові гази з циліндричної камери згоряння 17 надходять в камеру змішування, де змішуються з відпрацьованими газами, які подаються рециркуляційним вентилятором 15. Камера змішування з'єднана з бічним каналом та розподільними коробами 18 і 19, в яких за допомогою шиберів гази розподіляються по паралельних каналах і трубах 9 по ширині пекарної камери. Регулювання розрідження в топці відбувається за допомогою шибера в каналі, що сполучає систему з витяжною димовою трубою 16. Відпрацьовані в каналах димові гази збираються в збірні короби 13, сполучені з боковим збірним каналом 14, який приєднаний до всмоктуючого патрубку рециркуляційного вентилятора (димососа). Таким чином частина димових газів згідно з коефіцієнтом рециркуляції повертається в камеру змішування на рециркуляцію, а частина - викидається в димову трубу. Система каналів має спеціальні вибухові патрубки 11 з клапанами, які закриті шаром азбестокартону, що запобігає руйнуванню конструкції печі.

Парозволожувальний пристрій 22 має шість перфорованих горизонтальних труб, закритих ковпаком. Відведення надлишку пари і випарів відбувається примусово з допомогою вентилятора 21 і системи вентиляційних труб 7 і 20, сполучених з витяжними зонтами 6, 23 і пекарної камери печі патрубками з поворотними шиберами. Пекарна камера обладнана оглядовими вікнами і датчиками температури середовища по довжині пекарної камери.

Привід конвеєра печі складається з редуктора, варіатора швидкості і трьохшвидкісного електродвигуна потужністю 1.0; 0.8; 0.6 кВт.

Управління тепловим режимом печі здійснюється автоматично з допомогою двопозиційного регулятора температури гріючих газів, розташованого в місці виходу їх з камери змішування.

Піч БН-50 має аналогічну конструкцію з двома автономними топками, п'ятьма зонами обігріву, довжиною пекарної камери 24 м.

Піч ППП (Чехія) з циклотермічним обігрівом призначена для випічки хліба з різних сортів борошна хлібобулочних і кондитерських виробів.

У печах в якості палива використовують природний газ і рідке паливо. Загальна конструкція печі складається з елементів системи обігріву, які після складання утворюють пекарну камеру у вигляді тунелю, через який проходить верхня гілка транспортерної стрічки. Піч (рис. 12.4) складається з вентилятора рециркуляції, приводу; вентилятора відведення пароповітряної суміші, пристрою для гіротермічної обробки тістових заготовок, камери згорання, камери змішування, гріючих каналів, теплоізоляції, пульта управління.

Печі ППП випускаються в широкому діапазоні технічних показників: ширина стрічки – 1.0; 2.1; 3.8 м, площа поду - від 8 до 108 м², максимальна продуктивність з 1 м² площі пода - 18 кг/(м²·год) (для хліба 1.5 кг). Швидкість руху конвеєра, тобто тривалість випікання виробів, плавно регулюється від 10 до 100 хвилин з допомогою частотного перетворювача.

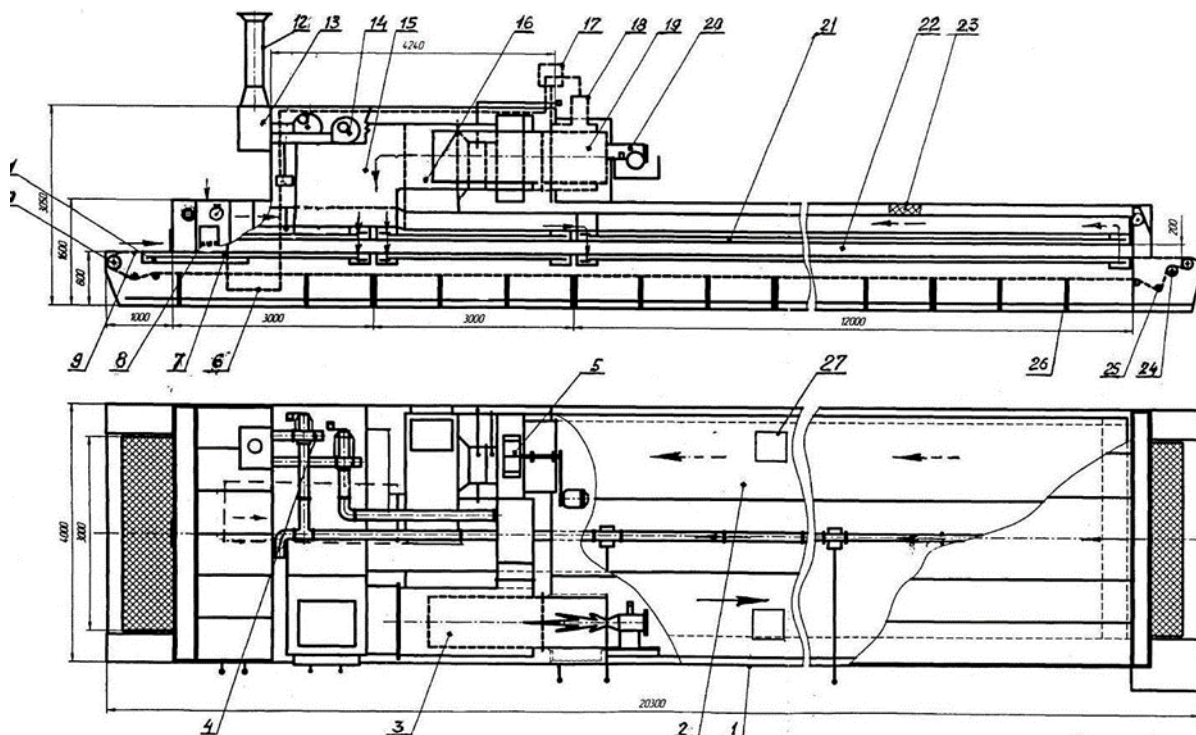
Регулювання температури продуктів згорання забезпечує автоматичне налаштування пальника в залежності від встановленої необхідної температури димових газів на виході з каналів. Обігрівальна циклотермічна система утворює закрите коло циркуляції продуктів згорання, відокремлене від пічного простору пекарної камери та виробничого приміщення.

Циркуляційний вентилятор, разом з вентилятором примусового відведення надлишкових продуктів згорання, підтримує систему обігріву під постійним розрідженням.

Перша тепла зона на вході печі оснащена вбудованим пристроєм для гіротермічної обробки тістових заготовок водяною парою. Пристрій забезпечує рівномірне і оптимальне розподілення пари по всій ширині стрічкового конвеєра.

Пекарна камера по всій довжині розділена на температурні зони. Їх довжина відлічується від входу до виходу продуктів згорання в канали. Найчастіше довжина зони збігається з довжиною секції (3 м). Але в деяких моделях е температурні зони, які охоплюють дві секції (6 м), особливо у другій частині пекарної камери, коли необхідно організувати "падаючий" температурний режим. Іноді піч закінчується 1-2 секціями без каналів.

Кожна зона оснащена самостійними шиберами для регулювання верхнього і нижнього обігріву. Таким чином можна встановити будь-яку температурну криву випічки і бажаний режим випічки, як житнього, так і пшеничного хліба.



1 - зовнішній кожух печі; 2 - збірний канал відпрацьованих газів; 3 - топковий циліндр; 4 - витяжний вентилятор пари; 5 - вентилятор рециркуляції димових газів; 6 - паропровід; 7, 21 - гріючі канали; 8 - парозволожувальний пристрій; 9 - сітчастий конвеєр; 10 - натяжна станція; 11 - канал попереднього нагріву конвеєра; 12 - витяжна труба; 13 - конденсаційна ємність; 14 - допоміжний витяжний вентилятор димових газів; 15 - розподільна камера; 16 - камера змушування; 17 - колектор; 18 - безнапірний пароутворювач; 19 - камера згоряння; 20 - палик; 22 - пекарна камера; 23 - теплоізоляція; 24 - приводний блок; 25 - натяжний валок; 26 - каркас; 27 - запобіжний клапан

Рис. 12.4 - Піч ППП

12.4 Печі з конвективним обігрівом

Особливістю роботи печей з конвективним обігрівом є випічка виробів не за рахунок теплоти, переданої гріючими поверхнями, а шляхом інтенсивного конвективного теплообміну між виробами і середовищем пекарної камери.

Конвективні печі економічні в експлуатації, в 2-3 рази ефективніше використовують виробничі площі, забезпечують рівномірне фарбування поверхні хліба, скорочуючи час випічки до 10-15%, забезпечують швидкий розігрів печі за 20-30 хвилин.

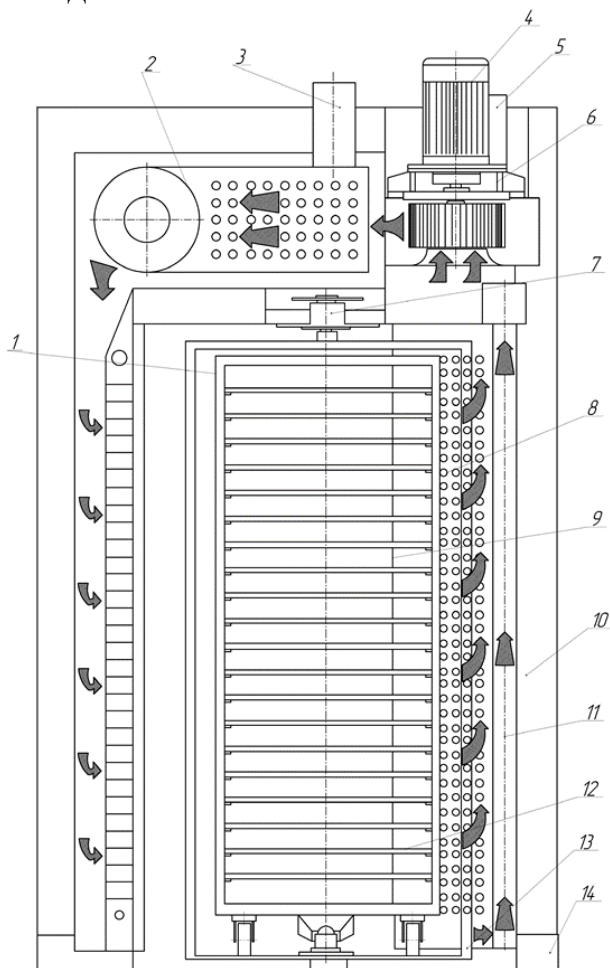
Печі з конвективним обігрівом, як правило, невеликої продуктивності періодичної дії, з тупикової пекарної камери шафового типу, використовуються на малих підприємствах для випічки булочних і кондитерських виробів невеликої маси.

До недоліків цих печей можна віднести збільшене упікання і використання ручної праці при обслуговуванні.

Конвективні печі складаються з пекарної камери, калорифера, системи циркуляції середовища пекарної камери, включаючи вентилятор, генератора теплоти. Випічка виробів здійснюється на багатоярусних візках, які для рівномірного обігріву обертаються під час випічки. Обігрів виробів після завантаження печі здійснюється нагрітим середовищем пекарної камери, яке безперервно циркулює в замкнутому контурі калорифер-пекарна камера.

Ротаційна піч «Міве» (рис. 12.5) з конвективною системою обігріву має металевий каркас обшитий листовим металом з теплоізоляційним наповненням.

Піч обладнана топкою, яка розміщена над піччю, що дозволяє зменшити площу печі. Піч має два теплообмінних нагрівальних пристрої з розвиненою системою обігріву. Перший високотемпературний трубчатий контур виконаний з жаростійкої сталі, який працює при температурі топкових газів близько 1000 °С. Інший - низькотемпературний, працює на відпрацьованих газах. Циркуляція середовища пекарної камери здійснюється вентилятором спочатку через низкотемпературний теплообмінник, а потім через високотемпературний, що дозволяє знизити температуру відпрацьованих газів, значно скоротити час розігріву печі після посадки заготовок.



- 1 - етажерка; 2 - трубчатий калорифер; 3-димова труба; 4 - двигун; 5 - привід рами вагонетки; 7 - каркас печі; 8 - вікна розподільники гарячого повітря; 9 - пекарна камера; 10 - теплоізоляція; 11 - теплообмінний канал для підігріву повітря; 12 - лотки з виробами; 13 - підвісна рама для вагонетки

Рис. 12.5 - Ротаційна піч фірми «Міве»

Печі «Міве» виготовляють з площею поду: 5; 7; 10 і 12 м².

Піч обладнана системою парозволоження середовища пекарної камери.

У деяких сучасних хлібопекарських печах великої продуктивності з тунельної камерою використовуються комбінація каналного обігріву з рециркуляцією димових газів в гріючих каналах і конвективного обігріву за рахунок циркуляції пароповітряної суміші пекарної камери з метою інтенсифікації процесу випічки (печі А2-ХНН, А2-ХПК та ін).

УкрНИИПродмашем розроблені печі серіє А2-ХПК з площею поду 12, 25 і 50 м² тунельного типу з каналним обігрівом, системою рециркуляції продуктів згоряння і системою рециркуляції пароповітряної суміші для інтенсифікації конвективного теплообміну.

Вони призначені для виробництва широкого асортименту хлібобулочних виробів.

Піч А2-ХПК-25 (рис. 12.6) має камерну топку для спалювання газоподібного палива, камеру змішування продуктів згоряння з рециркуляційними газами, систему каналів для обігріву пекарної камери, сітчастого конвеєрного пода і парозволожувального пристрою.

Топка і камера змішування знаходяться під розрідженням, яке створюється димососом і регулюється двома заслінками, встановленими одна на витяжній трубі, інша на нагнітальному патрубку вентилятора, що веде до топки.

Пекарна камера складається з чотирьох секцій (теплових зон): секції парозволоження, секції конвективного обігріву і двох секцій радіаційно-конвективного обігріву гріючими каналами

На початку пекарної камери розміщена зона гіротермічної обробки тістових заготовок, яка зволожується паром, який подається системою перфорованих трубок.

Зона конвективного обігріву складається з топкового блоку і блоку рециркуляції пароповітряної суміші. Робота останнього полягає в наступному: вентилятор засмоктує пароповітряну суміш з пекарної камери і направляє її в калорифер для підігріву і потім через систему сопел, розташованих поперек конвеєра, спрямовується на тестові заготовки.

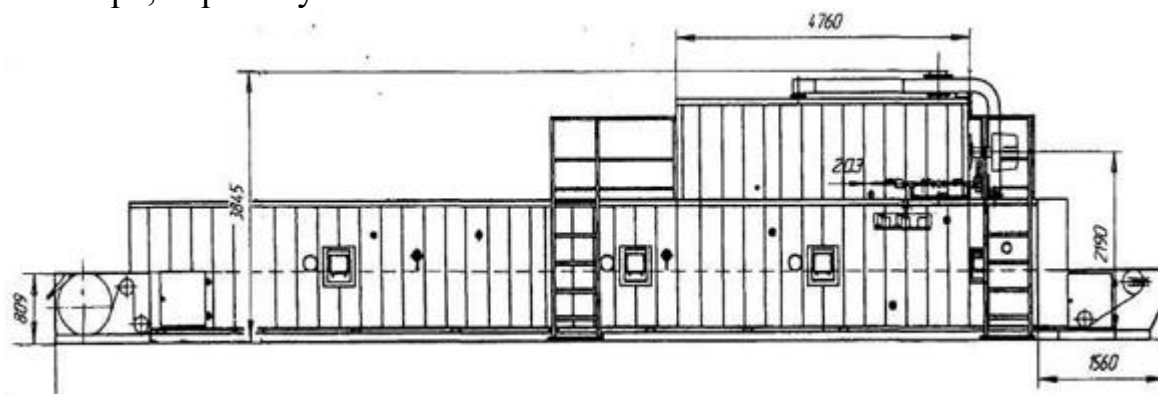


Рис. 12.6 - Піч А2-ХПК-25

Для регулювання температури середовища по ширині пекарної камери на каналах відбору пароповітряної суміші встановлені шибери. Кількість пароповітряної суміші, що відбирається з пекарної камери, забезпечується

заслінкою на всмоктуючому патрубку вентилятора. Гріючі канали мають висоту 50 мм, розділені на чотири частини для регулювання теплопідводу за допомогою шиберів.

Розроблені варіанти печей дозволяють з блочних модульних секцій набрати конструкції печей з площею поду 16, 25 і 50 м².

12.5 Печі з електричним обігрівом

Сучасні печі з електричним обігрівом отримали широке поширення в промисловості.

За способом обігріву і типу електронагрівачів електричні печі діляться на чотири групи:

- з елементами опору зі спіралями з дроту високого електричного опору;
- з інфрачервоними випромінювачами у вигляді лампових або кварцових трубчастих ІЧ-випромінювачів;
- з мікрохвильовим обігрівом випромінювачами в сантиметровому діапазоні довжин хвиль;
- контактним способом нагріву, коли тістова заготовка є елементом електроопору;
- з комбінованим обігріванням.

В хлібопекарській та кондитерській промисловості отримали найбільше поширення печі з елементами опору ТЕНами.

Електричні печі мають ряд переваг:

- простота і легкість конструкції при відсутності топкових пристроїв в і громіздких систем обігріву;
- невелика теплова інерційність робить піч гнучкою щодо налагодження теплового режиму і легкокерованою по зонах випічки;
- можливість установки на будь-якому поверсі, враховуючи невелику масу печі і питому навантаження на міжповерхове покриття;
- високий коефіцієнт корисної дії пічної установки;
- екологічна чистота і поліпшення умов роботи обслуговуючого персоналу.

Як і печі з іншими способами обігріву, електричні печі можуть бути універсальними або спеціальними, тунельними або тупиковими, періодичного або безперервного режиму роботи, різними по потужності і конфігурації пекарної камери.

Набули поширення електропечі тунельні з шириною поду 2100 мм БН-25(е), БН-50(е), Г4-ХПС-25, Г4-ХПС-40, ХПС-100, А2-ХПЯ-25, А2- ХПЯ-50, А2-ХПЭ-16, 25, 50.

Кондитерські печі ШБ-2П, ШК-8, А2-ШПЯ, з шириною поду від 600 до 900 мм призначені для випічки борошняних кондитерських виробів невеликої маси.

Блочно-каркасні печі з люлечно-подиковим ланцюговим конвеєром, тупикової пекарної камерою це П-119, П-104, Ш2-ХПА-10, Ш2-ХПА-25.

Широко використовуються на підприємствах малої потужності хлібопекарської та кондитерської промисловості багатоярусні електропечі та електрошафи: ЕШ-3М, ПХЭС, РЗ-ХПГ, ШПСМ-3, ЛІДЕГ, ХПЭ-4, ШК- 2А, 2А-ХПС, та ін.

Піч БН-25(е) тунельного типу призначена для вироблення хліба і булочних виробів широкого асортименту.

Піч включає пекарню камеру 7 (рис. 12.7) приводну 9 і натяжну 1 станції, стрічковий сітчастий конвеєр 8, зволожувальний пристрій 3, систему контрольно-вимірювальних приладів і автоматики. Піч складається з 8 секцій і розбита на 4 теплові зони.

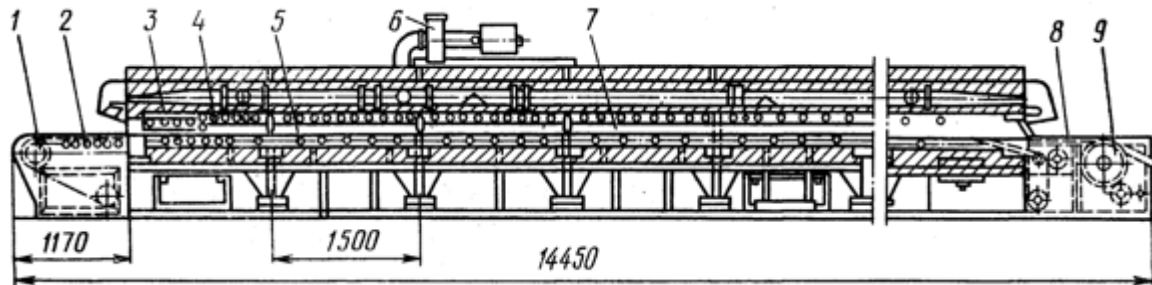


Рис. 12.7 - Піч БН-25 з електрообігрівом

Перша тепла зона потужністю 54 кВт обігривається вісімнадцятьма верхніми 4 і дванадцятьма нижніми 5 електронагрівачами; друга потужністю 43.2 кВт - п'ятнадцятьма верхніми і дев'ятьма нижніми електронагрівачами; третя - потужністю 32.4 кВт - дванадцятьма верхніми і шістьма нижніми електронагрівачами; четверта потужністю 21.6 кВт - шістьма верхніми і шістьма нижніми електронагрівачами. Для попереднього обігріву поду під сіткою з боку посадки встановлено 2 електронагрівача.

Зволожувальний пристрій 3 розміщено на початку печі, він складається з чотирьох перфорованих труб з отворами діаметром 2,5 мм для подачі пара в пекарню камеру. Труби встановлені під конвеєрним подом кроком 130 мм на висоті 130 мм від поверхні поду.

Зона зволоження відокремлена поворотними шиберами. Для видалення пароповітряної середовища пекарної камери, над піччю встановлена вентиляційна система 6.

Приводна і натяжна станції, сітчастий під печі аналогічні печам з обігрівом рециркуляційними газами.

Піч ПК-8 (рис. 12.8) призначена для випічки булочних і борошняних кондитерських виробів, являє собою металеву конструкцію з двох секцій по 5м. Піч складається з пекарної камери 3 тунельного типу, пристрою гіротермічної обробки тістових заготовок 9, приводної 1 і натяжної станції 6, витяжної системи 7, сітчастого конвеєра 10 шириною 850мм і системи контрольно-вимірювальних приладів і автоматики.

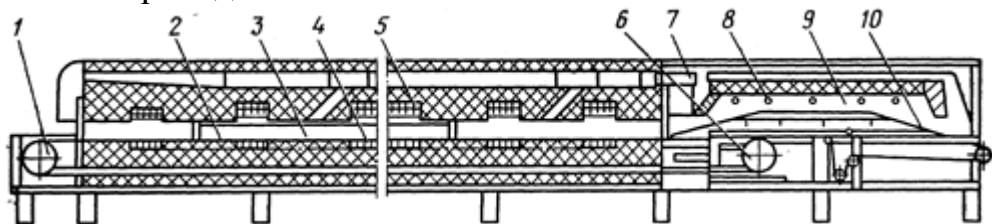


Рис. 12.8 - Піч ПК 8

В пекарній камері розташовані блоки нагрівачів (ТЕНів): 4 під конвеєрним сітчастим подом 2 і кварцові інфрачервоні випромінювачі 5 над подом. Для збільшення відбивної здатності стінки пекарної камери пофарбовані у сріблястий колір алюмінієвою фарбою.

Застосування інфрачервоного випромінювання, що має проникаючі властивості в товщу матеріалу, дозволяє скоротити на 20-50% час випічки залежно від маси і форми виробів, знизити втрати від упікання.

Привід конвеєра здійснюється від електродвигуна потужністю 2.2 кВт через редуктор і варіатор швидкості. Пристрій для гіротермічної обробки тістових заготовок 9 являє собою окрему секцію з камерою, виконаною у вигляді ковпака над конвеєром, куди подається пара. Вироби, випікається в печі ПІК-8 високої якості має глясову рівномірно пофарбовану поверхню і хороший обсяг.

12.6 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис хлібопекарських печей (призначення, будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Дайте кваліфікацію хлібопекарських печей.

2. Якій будова і принцип дії тупикової печі?

3. Якій будова і принцип дії тунельної печі?

4. Якій будова і принцип дії конвективної печі?

5. Які процеси відбуваються під час випікання?

6. Якій спосіб існує для регулювання упікання?

7. Які параметри процесу Парозволоження тістових заготовок?

8. Які раціональні режими випікання?

9. Як здійснюється рециркуляція гріючих газів?

Лабораторна робота №13

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Мета роботи: Ознайомитися з конструкціями обладнання для охолодження хлібобулочних виробів, принципом їх дії і характеристиками.

13.1 Теоретичні відомості

Охолодження хлібних виробів виконують на завершальному етапі виробництва для забезпечення нормальних умов під час різання і пакування. Набули поширення три способи охолодження: природній, кондиціонованим повітрям і вакуумний.

Природне охолодження – найбільш дешевий спосіб, але тривалий (відбувається черствіння хліба) і вимагає значних виробничих площ.

Використання кондиціонованого повітря значно скорочує процес.

Подача повітря відбувається за рециркуляційною схемою.

Гаряче повітря, що відбирається в верхній зоні охолодження, зволожується і охолоджується в кондиціонері і повертається в охолоджувач спочатку через зону найбільш охолодженого хліба, або двома потоками в зону з гарячим хлібом і в зону зниженої температури, що покращує інтенсивність і зменшує усихання.

Оптимальними параметрами повітряного середовища для охолодження є температура 15-18 °С і відносна вологість 90-95%.

Вакуумне охолодження ґрунтується на різкому зниженні температури кипіння за відповідного розрідження, тривалість охолодження скорочується, але 1.5-2 рази збільшується усихання, доцільно використовувати для охолодження сухарних виробів, частково поєднавши з сушінням.

Пасивне охолодження природним способом відбувається на конвеєрних стрічках, розміщених над виробничими ділянками.

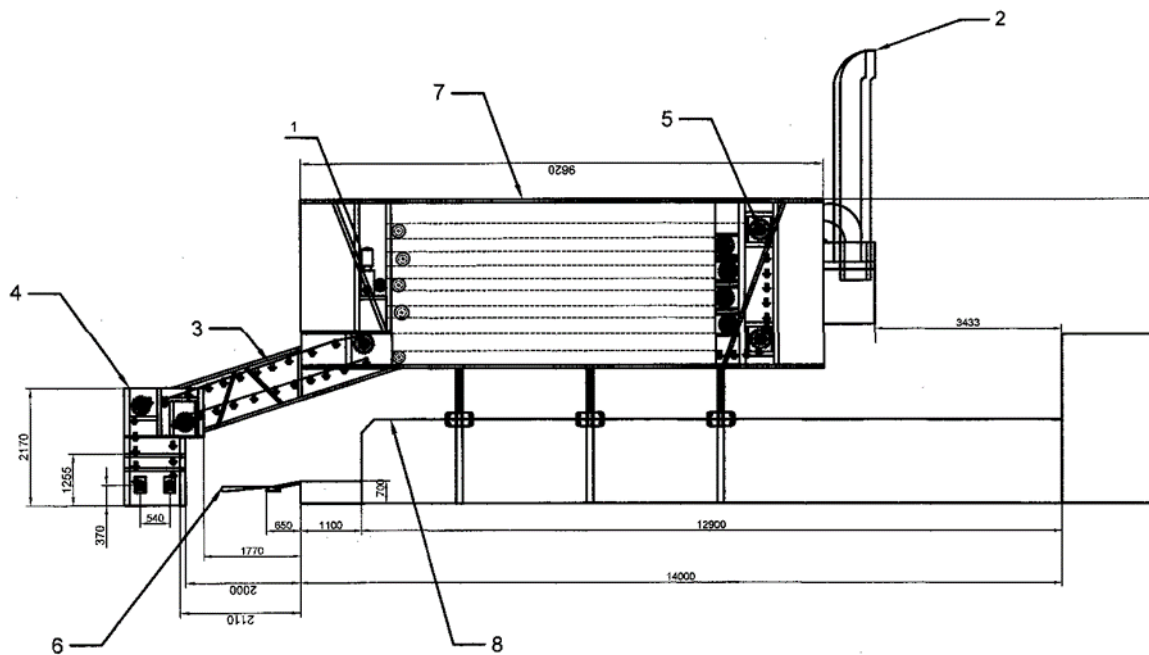
Найбільшого поширення набули конвеєрні охолоджувачі, оснащені системами кондиціонування і припливно-витяжною вентиляцією.

Колисковий кулер є рамною конструкцією типу шафи (рис. 13.1), в якій організована робота колискового конвеєра за принципом роботи ви стійної шафи.

Гарячі вироби укладаються на колиски гребінчасто-гратчастого типу.

Спіральні кулери мають різну конфігурацію залежно від місця завантаження і розвантаження. Продукт рухається по спіральній кривій і вивантажується на конвеєр або зісковзує.

Використання кулерів в технологічній схемі виробництва хлібобулочних виробів дозволяє забезпечити рівномірність охолодження виробів, які подаються на нарізання та пакування; зняти ризик порушення санітарно-гігієнічних вимог; раціонального використання виробничих площ; автоматизувати заключні стадії виробничого процесу; підвищити культуру виробництва.



1 - вентилятор; 2 - витяжна труба; 3 - колиска; 4 - завантажувально-розвантажувальний транспортер; 5 - привідний вал; 6 - перевантажувальний транспортер; 7 - камера охолодження; 8 - тунельна піч; 9 - натяжний вал

Рис. 13.1 - Колисковий кулер для охолодження

13.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1 Вказати назву лабораторної роботи і її мету.

2 Навести короткий опис обладнання для охолодження готових хлібопекарських виробів (будова, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Які існують способи охолодження хлібобулочних виробів, вкажіть їх переваги та недоліки?

2. В чому полягає особливість вакуумного охолодження?

3. Як здійснюється природне охолодження готових виробів?

4. Назвіть типи обладнання для охолодження?

5. Як здійснюється охолодження у колисковому кулері?

6. Як здійснюється охолодження у спіральному кулері?

РОЗДІЛ 2. ОБЛАДНАННЯ БРОДИЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВ

Лабораторна робота №14

РОЗРАХУНОК ПНЕВМАТИЧНОЇ СОЛОДОРОСТИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Мета заняття: вивчення класифікації обладнання для пророщування ячменю на солод, будови та принципу роботи солодоростильних установок, набуття практичних навичок з розрахунку солодоростильних установок.

14.1. Теоретичні відомості

Технологічною метою солодовирощування є збагачення зерна ферментами, які активно синтезуються в процесі пророщування.

Солодовирощування здійснюють в солодоростильних апаратах протягом 6 ÷ 8 діб, при цьому необхідно забезпечити:

- завантаження і рівномірне розподілення замоченого зерна в солодоростильному апараті;
- кондиціонування повітря;
- підведення повітря для дихання зерна;
- видалення діоксиду вуглецю, який виділяється при диханні зерна;
- відведення теплоти, що виділяється в процесі життєдіяльності зерна;
- підведення вологи для запобігання підв'ялювання зерна;
- періодичне ворущіння зерна, що пророщується;
- вивантаження свіжопрослого солоду з солодоростильного апарату.

Ворущіння зерна в процесі пророщування здійснюють з метою уникнення перетворення сипкої маси зерна на суцільний «моноліт», який може утворюватися за рахунок переплітання солодових паростків, та для поліпшення тепло-і масообміну в шарі зерна.

Ряд задач, таких як підведення кисню і вологи, а також відведення надлишкового тепла і видалення діоксиду вуглецю, вирішуються одночасно за рахунок примусового нагнітання кондиціонованого повітря через шар зерна. При цьому розрахунок систем аерації солодоростильного апарату здійснюють виходячи з теплового балансу, оскільки на забезпечення ефективного теплообміну потрібно істотно більша кількість повітря, ніж для масообміну. Тепловиділення в процесі солодовирощування нерівномірне. Тому витрати повітря, яке нагнітається в солодоростильний апарат, також нерівномірні і залежать від стадії пророщування. Орієнтовно його відносні витрати складають: в першу добу - 30 ... 40% від максимального значення, другу - 60 ... 70%, третю - 80 ... 90%, четверту - 100%, п'яту - 90 ... 95 %, шосту - 80 ... 90% і сьому - 15 ... 30%.

Замочене зерно пророщують в солодоростильних апаратах з дотриманням температурного та вологового режимів, підведенням необхідної кількості кондиціонованого повітря і видаленням діоксиду вуглецю. Зазначені умови

можна створити в приміщеннях або апаратах, ізолюваних від навколишнього середовища.

Солодоростильні апарати класифікують за низкою спеціальних ознак:

- за конструктивною ознакою (ящикові, барабанні, шахтні та ін);
- за формою перерізу (прямокутного, круглого);
- за ступенем герметизації (відкриті і закриті);
- за функціональним призначенням (спеціалізовані, призначені тільки для пророщування зерна, і універсальні - для пророщування, сушіння, а іноді і замочування);
- за наявністю і типом солодозворощувача (без солодозворощувача і з - солодозворощувачем - шнековим, ковшовим та ін.).

Солодоростильні апарати ящикового типу (рис. 14.1) досить поширені в солодових виробництвах. Звичайно їх розміщують групами в загальному приміщенні або в окремих герметизованих камерах.

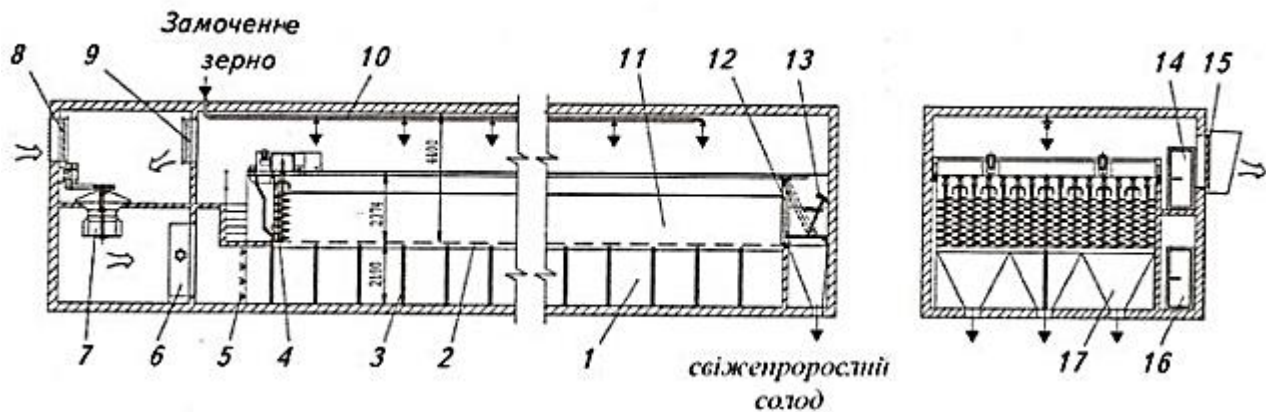


Рис. 14.1 - Солодоростильний апарат ящикового типу

Солодоростильний апарат складається із сітчастого днища 2, закріпленого на опорах 3, утворюючи при цьому підситовий простір 1, куди вентилятором 7 через систему кондиціонування, що включає в себе охолоджувач 6 і зрошувач 5, нагнітають повітря для аерації пророщуваного солоду. Замочене зерно завантажують на сітчасте днище, як правило, гідротранспортом 10. На стінках апарата розташовані напрямні, по яких переміщається шнековий солодозворощувач 4. Повітря, що пройшло через шар 11 зерна, циркулює в апараті через жалюзі 9, змішуючись зі свіжим повітрям, яке підводиться через жалюзі 8. Відпрацьоване повітря видаляється в атмосферу через жалюзі 15. Свіжопророслий солод вивантажують із солодоростильного апарата солодозворощувачем 4 у бункери 17. При цьому стінка 12 апарата відсувається за допомогою механізму 13, дозволяючи солоду зсипатися в бункера 17. Для доступу обслуговуючого персоналу в надситовий й підситовий простір солодоростильного апарату призначені спеціальні герметичні двері 14 і 16.

Кількість солодоростильних апаратів періодичної дії повинна бути кратною числу днів пророщування, щоб щодня одержувати нову порцію свіжопророслого солоду й рівномірно завантажити обладнання солодівні. На старих солодівнях кількість солодоростильних апаратів звичайно кратно 8, а на сучасних - 5 ÷ 6.

Кожний солодоростильний апарат з'єднаний повітропроводами із системою кондиціонування й нагнітання повітря, яка може бути індивідуальною - для кожного апарата, або загальною - для декількох апаратів.

Замочений ячмінь подають у солодоростильні апарати самопливом або гідротранспортом, при цьому вода видаляється через підситовий простір.

Висота заповнення солодоростильних апаратів залежить від кількості ячменю. Максимальна висота шару солоду в сучасних солодівнях досягає 1.5 м.

Кожний солодоростильний апарат ящикового типу періодичної дії оснащений індивідуальним шнековим солодозворошувачем, призначеним для розрівнювання шару замоченого зерна після завантаження в апарат; забезпечення рівномірності тепло- і масообміну й усунення застійних зон у шарі зерна за рахунок його періодичного перемішування; збереження сипкості зерна за рахунок його розпушування й запобігання утворення суцільного «моноліту»; механізованого розвантаження апарата.

14.2. Методика розрахунку

14.2.1. Складання теплового балансу та розрахунок витрат повітря для ящикової пневматичної солодовні

Кількість повітря, необхідного для аерації зерна, що пророщується в пневматичній солодовні, розраховують у відповідності з кількістю теплоти, що виділяється при його пророщуванні.

Схема теплового балансу пневматичної солодовні (рис. 14.2) може бути представлена наступним чином (табл. 14.1).

Таблиця 14.1 - Схема теплового балансу пневматичної солодовні

Прихід теплоти	Витрати теплоти
Теплота, що вноситься в апарат із замоченим зерном, $Q_1 = G_3 \cdot c_3 \cdot t_2$	Теплота, що витрачається із солодом при вивантаженні, $Q_5 = G_c \cdot c_c \cdot t_3$
Теплота, що виділяється при соловирощуванні, $Q_2 = G_{я} \cdot q \cdot S$	Теплота, що втрачається з відпрацьованим повітрям, $Q_6 = I_2 \cdot L$
Теплота, що виділяється самим апаратом при завантаженні ячміння, $Q_3 = G_a \cdot c_a \cdot t_2$	Теплота, що віддається апаратом при вивантаженні солода, $Q_7 = G_a \cdot c_a \cdot t_3$
Теплота, що вноситься до апарату з кондиційованим повітрям, $Q_4 = I_1 \cdot L$	Витрати теплоти в навколишнє середовище, $Q_8 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau_p$

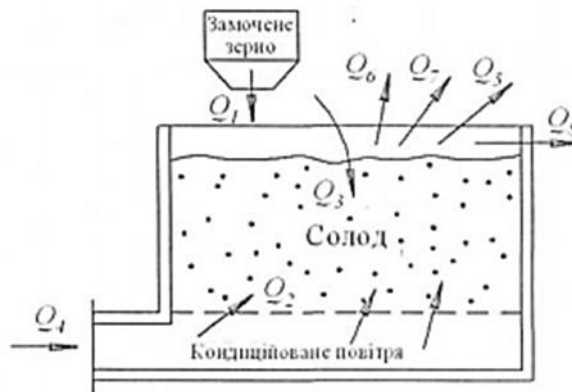


Рис. 14.2 - Схема теплового балансу пневматичної солодовні

В наведених формулах:

$Q_{я}$, Q_3 , Q_c та Q_a - маса відповідно очищеного ячміння, замоченого зерна, свіжопророщеного солода та солода при вивантаженні з апарата, кг;

c_3 , c_c , c_a - питома теплоємність відповідно зерна, солода, матеріалу стінок апарату, кДж/(кг·К);

t_2 та t_3 - температура замоченого зерна при завантаженні та свіжопророщеного солода при вивантаженні, °С;

q - питома кількість теплоти, що виділяється при пророщуванні зерна на 1 кг витрат сухих речовин, кДж/кг $q = 17982$ кДж/кг);

S - витрати сухих речовин при пророщуванні, кг;

I_1 , I_2 - питома ентальпія кондиційованого та відпрацьованого повітря, кДж/кг;

L - витрати повітря на аерацію солода, кг;

α - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні солода навколишньому повітрю ($\alpha = 25,12$ кДж/(м·год·К));

F - площа поверхні апарата, м²;

Δt - різниця температур між середньою температурою та температурою в приміщенні, °С;

τ_p - тривалість солодоращення, год.

Причому при вологості замоченого зерна $W_3 = 45\%$, $G_3 = 1.51 \cdot G_{я}$, $W_c = 43\%$, $G_c = 1.42 \cdot G_{я}$.

Рівняння теплового балансу:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8. \quad (14.1)$$

Оскільки кількість теплоти Q_7 , що витрачається апаратом при вивантаженні солоду, мало відрізняється за величиною від кількості теплоти Q_3 , що виділяється апаратом при завантаженні замоченого ячменя, то рівняння теплового балансу буде мати такий вигляд:

$$Q_1 + Q_2 + I_1 \cdot L = Q_5 + I_1 \cdot L + Q_8, \quad (14.2)$$

звідки витрати повітря (в кг) на аерацію солода:

$$L = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_5 - Q_8}{I_2 - I_1}. \quad (14.3)$$

Витрати повітря залежать від багатьох факторів, у тому числі у значній мірі від витрат сухих речовин S та різниці ентальпій ($I_2 - I_1$). Ентальпія вологого повітря I (в кДж/кг) визначається за діаграмою або розраховується за формулою Мольтє:

$$I = c_{\text{возд}} \cdot t + c_n \cdot t \cdot d \cdot \varphi_1 + r_0 \cdot d \cdot \varphi_2, \quad (14.4)$$

де $c_{\text{возд}}$, c_n - питома теплоємність відповідно абсолютно сухого повітря та водяної пари [$c_{\text{возд}} = 1.005$ кДж/(кг·К); $c_n = 1,88$ кДж/(кг·К)];

t - температура абсолютно сухого повітря, °С;

d - вологовміст повітря, кг/кг;

r_0 - питома теплота випаровування води при 0 °С ($r_0 = 2500$ кДж/кг);

φ_1 - відносна вологість кондиційованого повітря, %;

φ_2 - відносна вологість відпрацьованого повітря, %.

Для підбору вентилятора визначають об'ємні годинні витрати повітря (у м³/год) за формулою

$$V_B = \frac{L \cdot K}{\tau_{\text{пр}} \cdot 24 \cdot \rho_B}, \quad (14.5)$$

де L - загальні витрати повітря за весь цикл пророщування солоду, кг;

K - коефіцієнт нерівномірності (при індивідуальному встановленні вентилятора на кожному ящику $K = 2.3$; при груповому встановленні $K = 1.1$);

$\tau_{\text{пр}}$ - кількість діб аерації ячменя ($\tau_{\text{пр}} = 6.5$ діб);

ρ_B - густина кондиційованого повітря ($\rho_B = 1.29$ кг/м³ при $t = 12^\circ\text{C}$).

Питомі об'ємні витрати повітря $V_{\text{пит}}$ на 1 кг очищеного сухого ячміння, що йде на замочування:

$$V_{\text{пит}} = \frac{V_B}{G_{\text{я}}}. \quad (14.6)$$

14.2.2 Визначення основних параметрів солодівні з «пересувною грядкою»

У розрахунках ящиківих солодівень визначають площу сит, кількість ящиків (апаратів), продуктивність солодовні, параметри солодозворощувачів. Для всіх пневматичних солодівень приймають кількість апаратів, що дорівнюють кількості доби пророщування солоду або кратну цьому числу.

В солодівні з «пересувною грядкою» здійснений поточний спосіб солодовирощування, при якому пророщуємо зерно періодично перекидається солодозворощувачем вздовж апарата від місця його завантаження до місця розвантаження. Підситовий простір кожного апарата розділений в поперечному перерізі перегородками на декілька підситових камер. Таким чином, пророщуємо зерно, що розташоване на ситі, утворює над кожною камерою «грядки».

Характеристика апаратів солодовні наведена в табл. 14.2.

Розмір окремо розміщеного апарата визначають, виходячи з об'єму замоченого ячменя для одноразового завантаження. Об'єм замоченого ячменя:

$$V_{\text{я}} = \frac{1.4 \cdot G_{\text{я}}}{\rho_{\text{я}}} \quad (14.7)$$

де 1.4 - коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму ячменя при замочуванні;
 $G_{я}$ - кількість повітряно-сухого очищеного ячменя, що одноразово завантажується в апарати, кг;
 $\rho_{я}$ - насипна щільність повітряно-сухого ячменя, кг/м³.

Таблиця 14.2 - Характеристика апаратів солодовні

Солодівня	Висота шару замоченого ячменю, м	Кількість ячменю, що перероблюється на 1 м ² площі сита за один цикл солодоращення, кг
Малої місткості	0.60 – 0.75	250 - 320
Великої місткості	0.85 – 1.10	400 - 500
Пересувна грядка	0.50 – 0.80	320 - 360
Статична солодівня, що працює по суміщеному способі «все в одному апараті»	0.80 – 1.20	400 - 500

Площа поверхні сита одного апарата:

$$V_{я} = \frac{1.4 \cdot G_{я}}{\rho_{я} \cdot h}, \quad (14.8)$$

де h — висота шару замоченого ячменя в апараті, м.

У солодовні типу "пересувна грядка" розмір апарата залежить від кількості зерна, що переробляється, ширини солодозворощувача й довжини перекидання солоду. Довжина апарату:

$$L = \tau \cdot n \cdot l, \quad (14.9)$$

де τ - тривалість вирощування солоду, діб (приймають $m = 6 - 8$ діб);

n - число робочих ходів зворощувача або число перемішувань у годину (приймають $n = 1-2$);

l - довжина перекидання солоду зворощувачем, м (довжина перекидання приймається залежно від конструкції зворощувача 1.5; 2.5 і 3.0 м).

Об'єм замоченого ячменя, який щодобово надходить в апарат, розподіляється в ньому шаром висотою h . Отже, можна записати рівність

$$\frac{1.4 \cdot G_{я}}{\rho_{я}} = l \cdot n \cdot b \cdot h \quad (14.10)$$

звідки ширина апарата b :

$$b = \frac{1.4 \cdot G_{я}}{\rho_{я} \cdot l \cdot n \cdot h} \quad (14.11)$$

Якщо прийняти кількість апаратів рівним числу діб пророщування солоду, то загальна площа поверхні сита апарата (у м²) буде:

$$F = L \cdot b = \frac{\tau \cdot n \cdot 1.4 \cdot G_{я}}{\rho_{я} \cdot l \cdot n \cdot h} = \frac{1.4 \cdot G_{я} \cdot \tau}{\rho_{я} \cdot h} \quad (14.12)$$

Знаючи площу поверхні сита апарата з «пересувною грядкою», можна визначити продуктивність апарата солодовні (у кг/год) по переробці повітряно-сухого зерна. Перетворивши отримане продуктивність апарата солодовні:

$$G = \frac{L \cdot b \cdot \rho_{\text{я}} \cdot h}{1.4 \cdot \tau} \quad (14.13)$$

або

$$G_{\text{я}} = \frac{F \cdot \rho_{\text{я}} \cdot h}{1.4 \cdot \tau}. \quad (14.14)$$

14.3 Завдання до розрахунку

Завдання 1

Розрахувати оптимальні витрати повітря для аерації солода в ящиковій пневматичній солодовні, що має 8 апаратів, якщо у кожній апарат завантажується $G_{\text{я}} = 15000$ кг / + 100х № студента в списку групи, кг/ очищеного ячменя, а тривалість аерації ячміння $\tau_{\text{аер}} = 6.5$ діб, пророщення солоду $\tau_{\text{вир}} = 8$ діб. Площа поверхні сита в апараті $F = 52.5$ м². Параметри повітря наступні: кондиційоване повітря при $t'_1 = 12$ °С; $\varphi_1 = 98$ %; $d_1 = 0.0089$ кг/кг та відпрацьоване повітря при $t'_2 = 16$ °С; $\varphi_2 = 86$ %; $d_2 = 0.01159$ кг/кг. Витрати сухих речовин при солодоращенні на 1 кг очищеного ячменя складають $S = 0.045$ кг.

Завдання 2

Розрахувати площу поверхні сит, розміри та кількість апаратів солодовні типу "пересувна грядка", якщо її продуктивність становить 10000 т /+ 1000х№ студента в списку групи, кг/ товарного пивоварного солоду в рік.

Контрольні питання

1. Описати технологічні стадії виробництва пивоварного солоду.
2. Мета пророщування зерна на солод? Описати основні процеси, що відбуваються при пророщуванні зерна.
3. За якими ознаками класифікуються солодоростильні апарати.
4. Солодорастильні апарати ящикового типу. Охарактеризувати їх.
5. Описати будову та принцип роботи шнекового та ковшового солодозворощувачів.
6. Способи завантаження та розвантаження солоду з солодоростильних апаратів.
7. Описати будову та принцип роботи солодоростильного апарату типу «пересувна грядка».

Лабораторна робота №15

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУШІННЯ СОЛОДУ

Мета заняття: вивчення класифікації обладнання для сушіння солоду, будови та принципу дії солодосушарок, набуття практичних навичок з розрахунку солодосушарок періодичної та безперервної дії.

15.1 Теоретичні відомості

Сушіння солоду здійснюється з метою зниження його вологості з $W_{\text{п}}= 43 \dots 45\%$ до $W_{\text{к}}= 3\dots 3.5\%$, при якій стають неможливими його ферментативні зміни. Після теплової обробки в сушильній камері солод набуває специфічний смак, колір і аромат, при цьому частина високомолекулярних білків згортається, що надалі позитивно позначається на процесах освітлення солоду та пива.

Початковий період зневоднення пивоварного солоду до вологості $-10 \div 12\%$ називають підв'ялюванням, а кінцевий - сушінням. Вільна волога добре випаровується, тому виділення води при підв'ялюванні відбувається досить швидко, а при сушінні повільніше, що обумовлено більш міцним зв'язуванням води гідрофільними колоїдами зерна.

Сушіння пивоварного солоду, залежно від процесів, що відбуваються у зерні, проходить через три фази: фізіологічну, ферментативну й хімічну. Сушарки для солоду **класифікують** за наступними ознаками:

- по орієнтації шару солоду, що висушується, (горизонтальні й вертикальні);
- за кількістю ярусів (одно-, дво- і трьохярусні);
- за формою сушильної решітки (прямокутні й круглі);
- за висотою шару солоду (звичайні й високопродуктивні);
- за типом сит сушильних решіток (штамповані або з профільованого дроту);
- за ступенем рухомості сушильних решіток (стаціонарні, перекидні або поворотні);
- за структурою робочого циклу (періодичної, циклічної й безперервної дії);
- по сполученню із суміжними сушарками (одиначні або спарені - об'єднані один з одним енерготехнічним зв'язком);
- за функціональним призначенням (спеціалізовані, призначені тільки для сушіння, і універсальні - ростильно-сушильні апарати статичних солодівень);
- за способом нагрівання сушильного агента (з непрямим нагріванням, при якому повітря нагрівають через поверхню теплообміну, та з прямим нагріванням);
- за видом використовуюваного палива або теплоносія.

На пивоварних заводах країни застосовуються сушарки періодичної й безперервної дії. Використовуються одно-, дво-, трьохярусні вертикальні сушарки періодичної дії, шахтні сушарки безперервної дії типу ЛСГА,

карусельні і статичні солодівні, що працюють за суміщеним способом «все в апараті». У сушарках періодичної дії різних типів (табл. 15.1) основна маса вологи з солоду видаляється на початку сушіння інтенсивним провітрюванням при температурі $t_{c,a} = 40 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблиця 15.1 - Характеристика солодосушарок різних типів

Тип сушарки	Тривалість циклу сушіння, год	Витрати теплоти, кДЖ		Паливо, що використовується	Витрати електроенергії на 100 кг солоду, кВтгод	Продуктивність на 1 м ³ основи сушильних решіток, кг/1 м ³
		на 1 кг сухого солоду	На 1 кг випареної вологи			
1	2	3	4	5	6	7
Одноярусна з обігрівом топковими газами	24	3770÷5020	$(5.4\div 7.1)\cdot 10^3$	Кокс	24 ÷ 36	225 ÷ 250
Одноярусна двохкамерна з калорифером	24	2720	$3.77\cdot 10^3$		24 ÷ 36	225 ÷ 250
Двохярусна з калорифером	24÷28	5230 ÷ 6700	$(7.5\div 9.6)\cdot 10^3$	Місцеве паливо	5 ÷ 7	80 ÷ 140
Трьохярусна з калорифером	36÷72	4200 ÷ 5000	$(5.9\div 7.1)\cdot 10^3$		5 ÷ 7	120 ÷ 150
Вертикальна трьохярусна	36	2300 ÷ 3270	$(3.3\div 4.6)\cdot 10^3$		2.6	200 ÷ 250
Солодосушарка ЛСГА-5	16÷ 18	2490÷ 3780	$(3,5\div 5,4) \cdot 10^3$	Обігрів паром	5.7	690
Солодосушарка ЛСГА-10, 20	16÷ 18	2640÷4000	$(3,8\div 5,6) \cdot 10^3$		4.4	870 ÷ 900
Статична солодівня, що працює за суміщеним способом	24÷36	5000÷7950	$10.5\cdot 10^3$	Газ	-	275 ÷ 400

Наприкінці процесу сушіння кількість залишкової вологи в солоді незначна, але для необхідної його теплової обробки температуру повітря піднімають до $t_{c,a} = 85 \dots 105 \text{ }^\circ\text{C}$ (залежно від типу одержуваного солоду).

У зв'язку з цим такі сушарки для солоду повинні працювати зі змінною кількістю повітря по зонах: в калорифер і нижню зону сушарки подається обмежена кількість повітря, в середній і верхній зонах до повітря, яке пройшло

першу зону, підмішують холодне атмосферне повітря для отримання суміші необхідної температури.

15.2 Методика розрахунку солодосушарок періодичної дії

Рівняння теплового балансу сушарки періодичної дії (рис. 15.1) зі змінною кількістю повітря в зонах має вигляд:

$$L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_0 + G_c \cdot c_c \cdot t_1 + G_b \cdot c_b \cdot t_1 = L \cdot I_2 + G_c \cdot c_c \cdot t_2 + Q_n, \quad (15.1)$$

де L_1, L_2, L - масові витрати повітря відповідно нагріваємого калорифером, що надходить в сушильні камери, минаючи калорифер, і загальна кількість повітря, що проходить через сушарку, кг;

I_0, I_1, I_2 - ентальпія повітря відповідно свіжого (зовнішнього), після калорифера і відпрацьованого, кДж/кг;

G_c, G_b - маса висушеного солоду і маса випаровуємої із солоду води, кг;

c_c, c_b - питомі теплоємності солоду і води, кДж/(кг·К);

t_1, t_2 - початкова і кінцева температури солоду, °С;

$\sum Q_n$ - витрати теплоти у навколишнє середовище, кДж.

Замінивши L_2 різницею $L - L_1$ і розв'язуючи рівняння відносно L_1 , отримаємо:

$$L = \frac{L(I_2 - I_0) + G_c \cdot c_c (t_2 - t_1) - G_b \cdot c_b \cdot t_1 + \sum Q_n}{I_1 - I_0} \quad (15.2)$$

Отримане рівняння показує, що температуру сушіння у нижній зоні можна регулювати зміною витрат повітря L_1 , нагрітого в калорифері, не впливаючи на загальні витрати теплоти.

Тривалість процесу сушіння солоду τ (в год) можна визначати за наближеним рівнянням кривої сушіння:

$$\tau = \frac{\ln(W_n - W_p) - \ln(W_k - W_p)}{K}, \quad (15.3)$$

де W_p - рівноважна вологість солоду, %;

K - коефіцієнт сушіння ($K = 0.11 - 0.56 \text{ год}^{-1}$).

Кількість води (в кг), що видаляється з 1 кг солоду у періодично діючій сушарці з постійною кількістю повітря у зонах:

$$G_{\text{в.пит}} = \frac{W_n - W_k}{100 - W_n}. \quad (15.4)$$

Витрати повітря (в кг) у такій сушарці:

$$L_{\text{пит}} = \frac{G_{\text{в}}}{d_2 - d_0}, \quad (15.5)$$

де $d_0 = d_1$ - вологовміст свіжого (зовнішнього) повітря і повітря після калорифера, кг/кг;

d_2 - вологовміст відпрацьованого повітря, кг/кг.

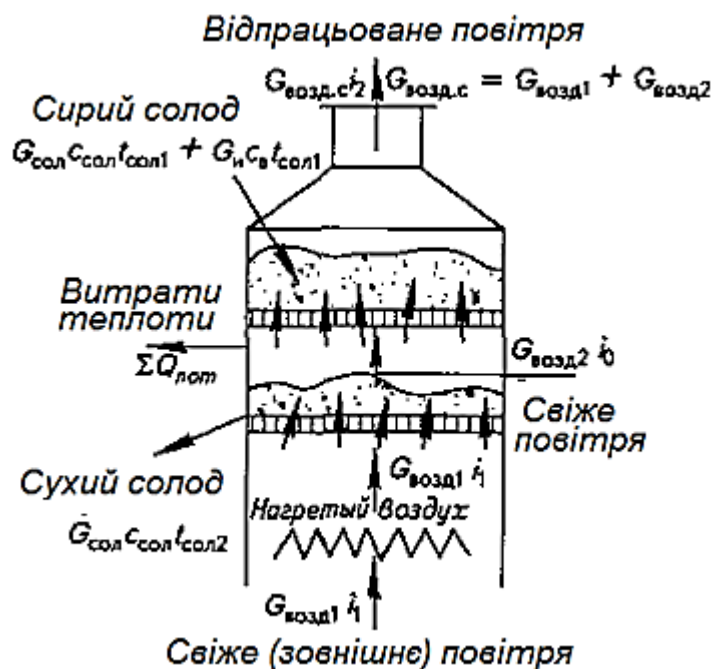


Рис. 15.1 - Схема теплового балансу сушарки періодичної дії

Питомі витрати повітря на 1 кг випареної вологи (у кг):

$$L_{\text{пит}} = \frac{1}{d_2 - d_0}. \quad (15.6)$$

Витрати теплоти (в кДж) на 1 кг вологи, випареної із солоду:

$$Q = \frac{L_{\text{пит}}}{I_2 - I_0}. \quad (15.7)$$

15.3 Розрахунок одноярусної двокамерної сушарки

Одноярусні солодосушарки відрізняються простотою конструкції, компактністю, придатністю для сушіння солоду у високому шарі при значній економії палива і робочої сили. Однак сушіння солоду відбувається нерівномірно, неповно використовується теплота нагрітого повітря. З метою економії витрат теплоти сушарки здвоюють (рис. 15.2), а повітря за допомогою рециркуляції використовують повторно.

Одноярусної двокамерної сушарка типа РЗ-ВСО представляє собою дві однакові камери з перекидними решітками.

Під сушильними решітками в кожній камері розміщені калориферні установки, що складаються з калориферів, вентиляторів і транспортуючих шнеків.

Камери завантажують свіжопророслим солодом не одночасно, а зі зсувом у часі на половину циклу. У результаті відпрацьоване повітря з лівої камери, де солод вже досушився, по каналах направляється на повторне використання в праву камеру зі свіжопророслим солодом.

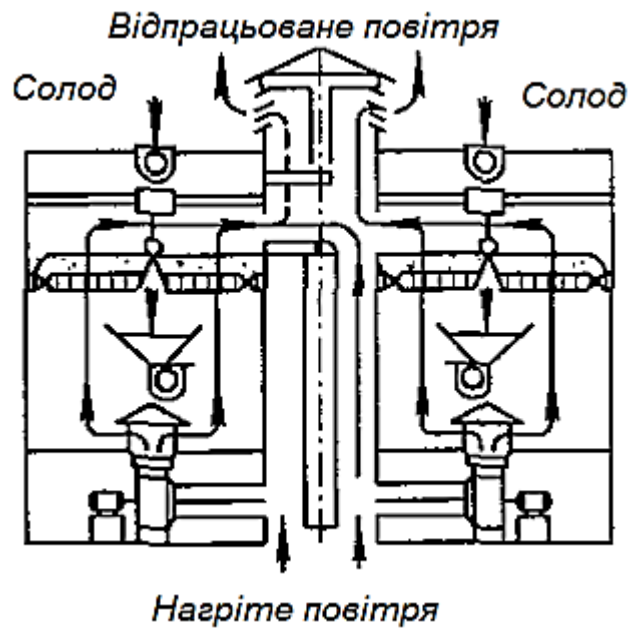


Рис. 15.2 - Схема одноярусної двокамерної сушарки типу РЗ-ВСО

Розрахунок однієї сушильної камери установки по свіжовисушеному солоду (в кг) проводиться згідно із матеріальним балансом сушарки:

$$G_{с.к} = G_{с.н} \frac{100 - W_n}{100 - W_k}, \quad (15.8)$$

у якій початкова маса свіжопророслого солоду на одній решітці (в кг):

$$G_{с.н} = V_c \cdot \rho_c, \quad (15.9)$$

де V_c - об'єм цієї кількості солоду, що знаходиться на решітці,

$$V_c = F \cdot h_c, \quad (15.10)$$

де F - площа однієї сушильної решітки, м свіжопророслого солоду, м.

Маса випареної при сушінні солоду води:

$$G_n = G_{с.н} - G_{с.к}. \quad (15.11)$$

Витрати повітря на сушіння розраховують на літній період, так як вологовміст зовнішнього повітря влітку вище, ніж взимку. Умовно приймають, що кількість води, що надійшла в сушарку разом з солодом і повітрям, дорівнює кількості води, що видаляється з сушарки з відпрацьованим повітрям. Годинні витрати повітря на сушіння солоду (у кг/год):

$$L = \frac{G_n \cdot f}{\tau \cdot (d_2 - d_0)}. \quad (15.12)$$

де f - коефіцієнт, що враховує витрати у навколишнє середовище ($f = 1.2$);

τ - тривалість сушіння, год.

Годинні витрати теплоти (в кДж/год):

$$Q = L \cdot (I_2 - I_0) \cdot f, \quad (15.13)$$

а питомі витрати теплоти на 1 кг свіжовисушеного солоду за 1 год (в кДж/кг):

$$q = \frac{Q \cdot L}{G_{с.к}} \quad (15.14)$$

15.4 Методика розрахунку солодосушарок безперервної дії

Безперервнодіючі солодосушарки позбавлені недоліків, характерних солодосушаркам періодичної дії: тривалість сушіння в них значно менше, що дозволяє отримати солод більш високої якості.

Шахтні солодосушарки безперервної дії ЛСГА (рис. 15.3) складаються з завантажувальних шахт, корпусу з сушильними шахтами, розвантажувальних шахт і розвантажувальних механізмів. Число шахт визначається продуктивністю сушарки.

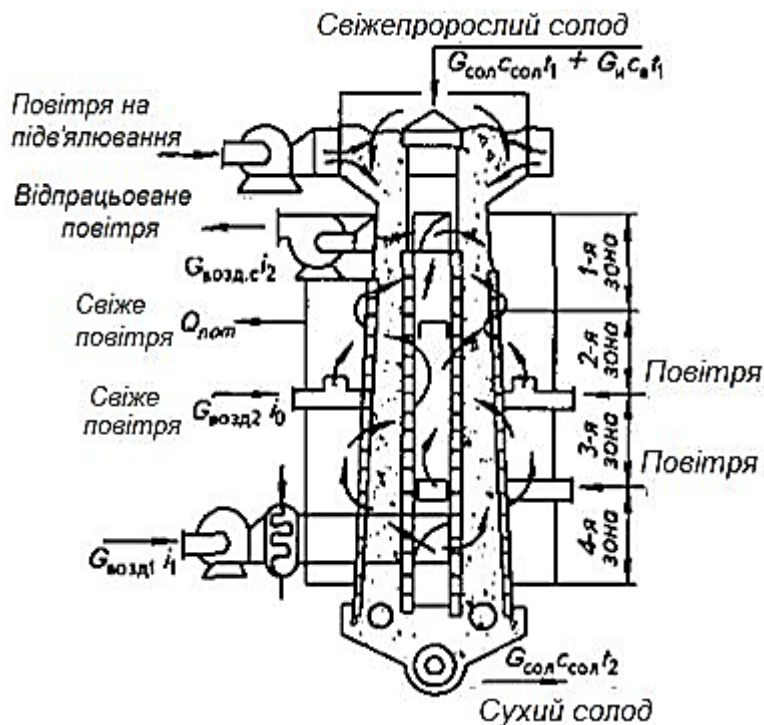


Рис. 15.3 - Схема шахтної сушарки безперервної дії ЛСГА

Свіжопророслий солод надходить в камеру підв'ялювання, звідки направляється в завантажувальну шахту. Бічні стінки сушильних шахт мають сітчасту поверхню. Сушильний агент, нагрітий паровим калорифером, циркулює під дією вентиляторів. Солод рухається під дією сили тяжіння. Розвантаження висушеного солоду здійснюється валками.

Визначення параметрів роботи безперервнодіючої солодосушарки

У процесі конвективного сушіння солоду у сушарках безперервної дії загальна кількість вологи, що видаляється, визначається параметрами сушильного агента (витрати, температура та вологовміст) і пропорційна зниженню вологості висушеного солоду:

$$\frac{dW}{dt} = -K(W - W_p), \quad (15.15)$$

де W - поточна вологість солоду, %.

Для безперервнодіючої вертикальної солодосушарки співвідношення між координатами часу сушіння і висотою сушильної камери (м):

$$h_{\text{кам}} = v \cdot \tau, \quad (15.16)$$

де v - швидкість руху солоду по висоті сушарки, м/с.

Основне рівняння балансу між гарячим повітрям і вологим солодом для безперервного процесу сушіння має вигляд:

$$W \cdot G_{\text{сол}} = G_{\text{сол}}(W + dW) = G_{\text{с.а}} dd_{\text{пов}}. \quad (15.17)$$

або

$$G_{\text{сол}} \cdot dW + G_{\text{с.а}} dd_{\text{пов}} = 0, \quad (15.18)$$

де $G_{\text{сол}}$, $G_{\text{с.а}}$ - відповідно витрати солоду і сушильного агента, кг/год;

$d_{\text{пов}}$ - вологовміст гарячого повітря, кг/кг.

Прийнявши, що кількість теплоти, яка підводиться до солоду, витрачається на нагрівання і випаровування вологи з нього, отримаємо наступне рівняння теплообміну:

$$\alpha \cdot dF(t_1 - t_{\text{сол}}) = G_{\text{сол}}(c_{\text{сол}} + c_{\text{в}}W)dt_{\text{сол}} + G_{\text{сол}}r_0dW, \quad (15.19)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі, кДж/(м²·год·К);

dF - площа поверхні теплообміну в нескінченно малому об'ємі,

$dF = f_{\text{пр}} \cdot \rho_{\text{сол}} \xi \cdot S \cdot dl$, м² (тут $f_{\text{пр}}$ - приведена поверхня солоду, м²/кг; $\rho_{\text{сол}}$ - насипна щільність солоду, кг/м³; ξ - ступінь заповнення сушильної камери солодом, %; S - площа вибраного перерізу, м²; (dl - довжина перерізу, м);

t_1 , $t_{\text{сол}}$ - температура гарячого повітря і солоду, °С;

$c_{\text{сол}}$, $c_{\text{в}}$ - питома теплоємність сухих речовин солоду і води, кДж/(кг·К);

r_0 - питома теплота випаровування води, кДж/кг.

В ідеальній сушарці теплота витрачається на випаровування вологи з солоду, а тепловий баланс у ній по гарячому повітрю можна представити у вигляді:

$$G_{\text{с.а}}i_1 = G_{\text{с.а}}i_2 + G_u r_0, \quad (15.20)$$

де $G_{\text{с.а}}i_1$ - теплота, яка надійшла з абсолютно сухим сушильним агентом, кДж/год;

$G_{\text{с.а}}i_2$ - теплота, видалена з абсолютно сухим сушильним агентом, кДж/год;

$G_u = G_{\text{с.а}}d_{\text{пов}}$ - кількість випаровуваної вологи, кг/год.

Для реальної сушарки наведене вище рівняння теплового балансу можна записати наступним чином:

$$G_{\text{с.а}}di = G_{\text{с.а}}r + \sum Q_{\text{втр}}, \quad (15.21)$$

де $\sum Q_{\text{втр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$, $Q_1 \dots Q_4$ - витрати теплоти відповідно на нагрівання солоду, у навколишнє середовище через стінки сушильної камери, у результаті віднесення з сушильним агентом і його відведення з солодом, кДж/кг.

Не враховуючи втрати Q_2 , Q_3 і Q_4 рівняння теплового балансу можна записати у вигляді:

$$G_{\text{с.а}}di = G_{\text{сол}}(c_{\text{сол}} + c_{\text{в}}W)dt_{\text{сол}} + G_{\text{сол}}r_0dd_{\text{пов}}. \quad (15.22)$$

Вважаючи, що питома ентальпія сушильного агента може бути виражена як

$$i_1 = c_{c.a}t_1 + (r_0 + c_n t_1)d, \quad (15.23)$$

де $c_{c.a}$, c_n - питома теплоємність сушильного агента і пари, кДж/(кг·К); остаточний вигляд рівняння теплового балансу для гарячого повітря:

$$\begin{aligned} G_{c.a}(c_{c.a} + c_T d)dt_1 + G_{c.a}(r_0 + c_n t_1)dd_{пов} = \\ = G_{сол}(c_{сол} + c_B W)dt_{сол} + G_{c.a}r_0 dd_{пов}. \end{aligned} \quad (15.24)$$

При проектуванні режимів безперервної сушки солоду виконують розрахунок основних параметрів процесу: тривалості сушіння, вологості солоду і вологовмісту гарячого повітря, а також температури солоду і гарячого повітря.

Тепловий розрахунок шахтної сушарки безперервної дії ЛСГА

Рівняння теплового балансу для сушарки безперервної дії зі змінною кількістю повітря у зонах має вигляд:

$$L_1 I_1 + L_2 I_0 + G_c c_c t_1 + G_B c_B t_1 = L \cdot I_2 G_c c_c t_2 + Q_n. \quad (15.29)$$

Заміняючи L_2 на різницю $L - L_1$, знаходимо:

$$L_1 = \frac{L(I_2 - I_0) + G_c c_c (t_2 - t_1) - G_B c_B t_1 + Q_n}{I_1 - I_0}, \quad (15.30)$$

де

$$G_B c_B t_1 - G_c c_c (t_2 - t_1) - Q_n = \Delta, \quad (15.31)$$

Тоді

$$L_1 = \frac{L(I_2 - I_0) - \Delta}{I_1 - I_0}. \quad (15.32)$$

Для розрахунку різниці теплоти у дійсній та теоретичній сушарках приймаємо, що у теоретичній сушарці процес сушіння протікає при постійній температурі, солод та елементи конструкції сушарки не нагріваються, витрати теплоти та прихід її ззовні немає. В цьому випадку на $I - d$ -діаграмі процес сушіння зображується лінією постійної ентальпії. Дійсна сушарка працює при безперервному зниженні ентальпії повітря за рахунок нагрівання солоду, витрат теплоти через ентальпію вологи, що випаровується із солода.

15.5 Завдання до розрахунку

Завдання 1

Розрахувати та спроектувати одноярусну двохкамерну сушарку з середньою продуктивністю однієї камери по свіжовисушеному солоду $G_{c.k} = 10000$ кг / + 1000х№ студента в списку групи, кг/ на добу, площею однієї сушильної решітки, $F = 64$ м², висотою шару свіжепророслого солоду $h_c = 1.3$ м. Тривалість перебування солоду на сушильній решітці $\tau = 20$ год. Початкова вологість свіжопророслого солоду $W_n = 45\%$, кінцева вологість свіжовисушеного солоду $W_k = 3\%$.

Завдання 2

Виконати тепловий розрахунок шахтної сушарки ЛСГА безперервної дії продуктивністю $G_{с.к.} = 500$ кг/год / + 25 x № студента в списку групи, кг/ по свіжовисушеному, очищеному від паростків солоду, а також співставити витрати теплоти в дійсній та теоретичній сушарках. Повітря нагрівається паровим калорифером, а сушильні шахти по висоті розподілені на чотири зони. Між зонами 2 та 3 передбачено підсмоктування свіжого атмосферного повітря.

Початкова вологість солоду $W_{п} = 45\%$, кінцева $W_{к} = 3.5 \%$, при переході із зони 2 в зону 3 $W_{23} = 17 \%$.

Тривалість процесу сушки $\tau = 10$ год.

Параметри свіжого повітря: $t_0 = 20$ °С; $\varphi_0 = 60 \%$; $d_0 = 0.009$ кг/кг; ентальпія $I_0 = 42.94$ кДж/кг.

Параметри нагрітого в калорифері повітря: $t'_1 = 85$ °С; $d'_1 = 0.009$ кг/кг; $I_1 = 109.36$ кДж/кг.

Параметри відпрацьованого повітря: $i'_2 = 30$ °С; $\varphi_2 = 80 \%$; $d'_2 = 0.0222$ кг/кг; $I_2 = 86.9$ кДж/кг.

Параметри солода: при завантаженні $t_1 = 18$ °С; при переході з верхніх зон в нижні $t_{12} = 40$ °С; після сушіння $t_2 = 80$ °С.

Контрольні питання

1. Описати будову та принцип роботи одно- та двохярусної солодосушарки періодичної дії.
2. Які основні фази сушки можна виділити при сушці солоду та якими ознаками вони супроводжуються?
3. Навести класифікацію солодосушарок.
4. З якою метою складається матеріальний та тепловий баланси сушарки?
5. На який період року /зимовий чи літній/ визначають витрати повітря на сушіння? Доведіть це.
6. Описати будову та принцип роботи солодосушарки безперервної дії ЛСГА.
7. Яка тривалість сушіння та до якої вологості висушують солод в солодосушарці ЛСГА?
8. Скласти тепловий баланс солодосушарки безперервної дії.

Лабораторна робота №16

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СОЛОДУ І НЕСОЛОЖЕНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета заняття: вивчення будови та принципу роботи дробарок, набуття практичних навичок по визначенню продуктивності та потужності солододробарки.

16.1 Теоретичні відомості

Подрібнення солоду являє собою тонке подрібнення борошнистого ядра солоду для швидкого оцукрювання під час приготування пивного сусла без пошкодження оболонки, які забезпечують пористість шару пивної дробини при фільтрації сусла.

На пивоварних заводах солод подрібнюють на чотири- і шестивалкових дробарках (табл. 16.1). У цих дробарках відбувається тільки роздавлювання (розтирання) зерен солоду. Подрібненню піддають в основному сухий солод, обробляючи його послідовно на двох або трьох парах валків.

Таблиця 16.1 - Порівняльна характеристика солододробарок

Показник	Чотиривалкова БДА-ІМ	Шестивалкові	
		«Миаг»	6УМ-125Р
Продуктивність, кг/ год	1000	2500	5000
Розміри вальців, м:			
довжина	0.5	0,8	1.25
діаметр:			
- верхніх	0.25	0.25	0.25
- середніх	-	0.25	0.25
- нижніх	0.25	0.22	0.25
Потужність електродвигуна, кВт	5.5	9.5	7.5

Основними робочими органами *чотиривалкової дробарки* є дві пари валків та сита (рис. 16.1).

Солод, подрібнений на верхній парі валків, поступає на сита, які направляють на другу пару валків оболонку, а крупку та муку виводять з дробарки. Нижня пара валків має гладку шліфовану поверхню, а верхня - рифлену. Валкі обертаються паралельно один одному з різними швидкостями.

Для подрібнення несоложених матеріалів (рис, кукурудза, пшениця, жито тощо) без збереження оболонки використовують молоткові дробарки і вальцові верстати.

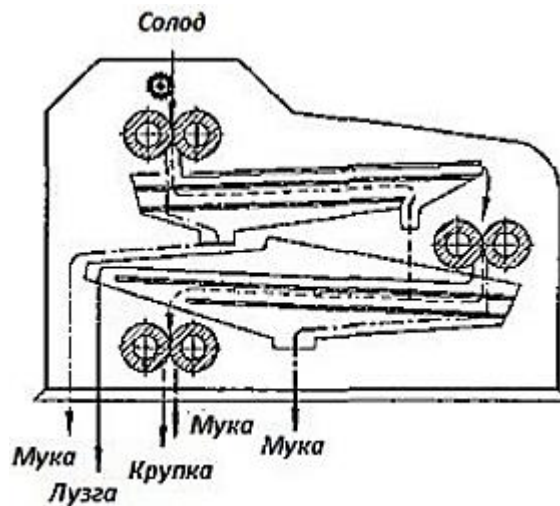


Рис.16.1 - Схема чотиривалкової дробарки

16.2 Методика розрахунку валкових солододробарок

Необхідною умовою того, щоб частинки продукту захоплювалися валками та подрібнювалися, є дотримання нерівності між втягуючим зусиллям F та виштовхуючою силою P , тобто:

$$2 \cdot f \cdot P \cdot \cos \frac{\alpha}{2} > 2 \cdot P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (16.1)$$

де f - динамічний коефіцієнт тертя частинки по поверхні вальців ($f = 0.37$);

α - кут захвату, утворений дотичними до поверхні валків в точках дотику їх з частинками матеріалу ($\alpha_{\max} = 40^\circ$).

Згідно схеми (рис. 16.2) відношення між розмірами валків та частинок поступаючого на подрібнення продукту:

$$\frac{(D_{\text{в}}/2 + l/2)}{(D_{\text{в}}/2 + d/2)} = \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (16.2)$$

де D - діаметр вальців, м;

l - зазор між валками ($l = 0 - 2.5$ мм);

d - середній діаметр поступаючого на подрібнення матеріалу, м.

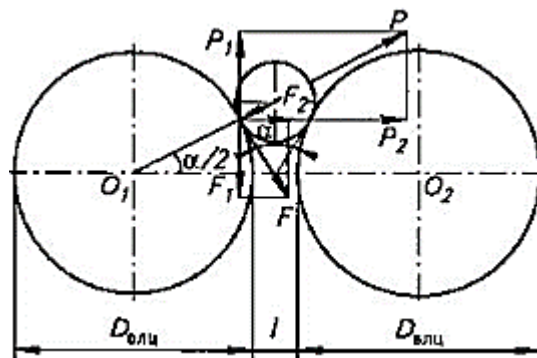


Рис. 16.2 - Розрахункова схема

Об'ємна теоретична продуктивність (в $\text{м}^3/\text{год}$) визначається як добуток площі зазору між валками (або площі поперечного перерізу безперервного потоку продукту, що проходить через цей зазор) на колову швидкість валків (або на швидкість руху продукту):

$$Q = 3600 \cdot \pi \cdot \psi \cdot \rho_c \cdot D_B \cdot n \cdot L_B \cdot l, \quad (16.3)$$

де n - частота обертання валків, c^{-1} ;

L - довжина валків, м.

Масова теоретична продуктивність дробарки (в кг/год):

$$Q_T = V_T \times \rho_c, \quad (16.4)$$

де ρ_c - насипна щільність товарного солода ($\rho = 530 \text{ кг/м}^3$).

Фактична продуктивність (в кг/год) дробарки залежить від коефіцієнта нерівномірності подачі на розмелювання $\psi = 0.5 - 0.7$:

$$Q = \psi \times Q_T. \quad (16.5)$$

Необхідна потужність (N кВт) для обертання валків:

$$N = Q \cdot N_{num}, \quad (16.6)$$

де N_{num} - питома потужність $N_{num} = 0.004 - 0.005$ кВт на кожний кілограм годинної продуктивності дробарки).

Для орієнтовних розрахунків середньої продуктивності дробарок на кожні 0.1 м довжини валків приходить 100 ÷ 150 кг (для двовалкових) та 200 ÷ 300 кг (для чотиривалкових дробарок).

16.3 Завдання до розрахунку

Розрахувати продуктивність та необхідну потужність чотиривалкової дробарки з діаметром валків $D_B = 0.25 \text{ м} / + 0.005 \text{ м}$ студента в списку групи, м/ та довжиною $L_B = 0.5 \text{ м}$, колова швидкість яких становить $v = 1.5 \text{ м/с}$, якщо насипна щільність товарного солода $\rho_c = 530 \text{ кг/м}^3$, зазор між валками коливається в межах $l = 0 \div 0.0025 \text{ м}$, середній діаметр поступаючих на подрібнення частинок солоду $d = 0.003 \text{ м}$, динамічний коефіцієнт тертя частинок солода об поверхню валків $f = 0.37$. Кут захвату складає $\alpha = 10^\circ$, а коефіцієнт нерівномірності подачі на розмелювання $\psi = 0.5$. Питома потужність на кожний кілограм годинної продуктивності $N_{num} = 0.004 \text{ кВт}$.

Контрольні питання

1. Які використовують дробарки для подрібнення солоду та несоложених матеріалів на пивзаводах?
2. Яким чином подрібнюють солод та з якою метою?
3. Навести рівняння умови зтягування частинки на подрібнення.
4. Яким чином визначається об'ємна теоретична продуктивність валкової дробарки?
5. Чому дорівнює фактична продуктивність валкової дробарки?
6. Чому дорівнює кут захвату частинки при подрібненні на валках?

РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ЗАТОРНИХ АПАРАТІВ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії заторних апаратів, набуття практичних навичок по визначенню конструктивних параметрів та теплового розрахунку заторних апаратів.

17.1 Теоретичні відомості

Затирання включає змішування подрібненого солоду і несолодженої зернової сировини з водою, нагрівання і витримання отриманої суміші при певному температурному режимі. Суміш подрібнених зернопродуктів з водою, що піддаються затиранню, називають затором, кількість зернопродуктів, що завантажуються в заторний апарат - засипом, а кількість води, що витрачається на приготування затору - наливом.

Мета затирання полягає в екстрагуванні розчинних речовин солоду й несолодженого зерна та перетворенні під дією ферментів здебільшого нерозчинних речовин в розчинні. Речовини, що перейшли при затиранні в розчин, називають екстрактом.

Заторний апарат (рис. 17.1) представляє собою ємність круглого перерізу з механічним перемішуючим пристроєм. До циліндричного корпусу 1 заторного апарату приварені кришка 8 і днище 14.

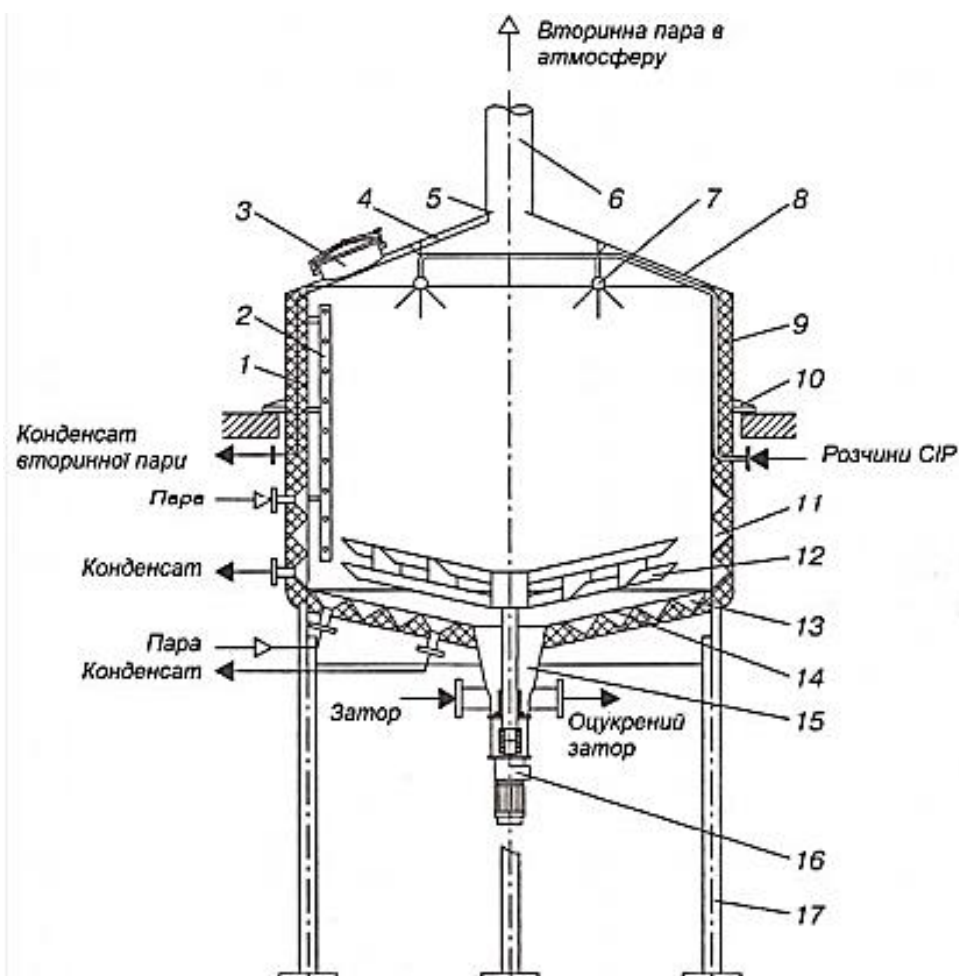


Рис. 17.1 - Заторний апарат

Співвідношення висоти і діаметра циліндричної частини корпусу складає приблизно 1: (1.5-2). Коефіцієнт заповнення заторного апарату - 0.75.

Кришка апарату має конічну форму з кутом біля основи 25° . До неї приєднують вертикальну витяжну трубу 6, діаметр якої становить приблизно 0.1- 0.15 від діаметра апарату. Витяжну трубу приварюють до кришки апарату таким чином, що в місці з'єднання утворюється кільцевий жолоб 5 для збирання конденсату вторинної пари, який стікає вниз по внутрішній поверхні витяжної труби. Конденсат вторинної пари відводять з жолобу по конденсатопроводу 4. На кришці розташовані люк 3, система внутрішнього підсвічування і світлова сигналізація. Кришка люка оснащена системою електроблокування і вбудованим оглядовим вікном.

17.2 Методика розрахунку заторного апарату

17.2.1 Конструктивний розрахунок заторного апарату

Спираючись на значення робочої місткості заторного апарату, здійснюють конструктивні розрахунки, в завдання яких входить визначення основних геометричних розмірів апарату (рис. 17.2).

Повний об'єм (m) заторного апарату:

$$V_{зп} = \frac{V_{зр}}{k_з}, \quad (17.1)$$

де $V_{зр}$ - робочий об'єм заторного апарату, m ;

$k_з$ - коефіцієнт заповнення апарату ($k_з = 0.75$).

Висота конічної кришки заторного апарату:

$$H_к = 0.5 \cdot D \cdot tg\alpha, \quad (17.2)$$

де D - внутрішній діаметр заторного апарату, m ;

α - кут біля основи кришки, град.

Об'єм (m^3) конічної кришки заторного апарату:

$$V_к = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_к}{12}. \quad (17.3)$$

Форма днищ сучасних заторних апаратів може бути різною - конічною, еліптичною та ін.

Якщо днище апарату має конічну форму, то його висоту і місткість розраховують за аналогічними формулами з урахуванням поправки на кут біля основи конічного днища:

$$H_д = 0.5 \cdot D \cdot tg\beta \quad (17.4)$$

$$V_д = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_д}{12}, \quad (17.5)$$

де β - кут біля основи днища, град.

Еліптичні днища стандартизовані та їх основні геометричні параметри - місткість, висота та ін - вибирають з відповідних нормативів ГОСТу 6533-78 залежно від внутрішнього базового діаметру апарату.

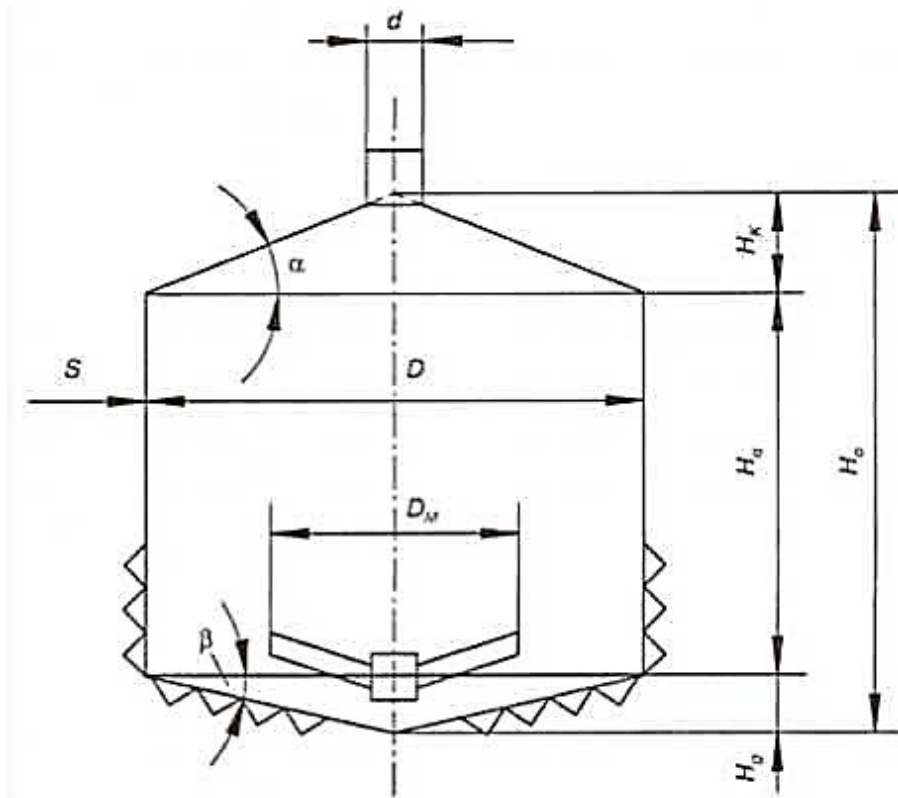


Рис. 17.2 - До конструктивних розрахунків заторного апарату

Оскільки повна місткість заторного апарату складається з місткості циліндричної частини $V_{ц}$, кришки V_k і днища V_d , то місткість (m^3) циліндричної частини заторного апарату становить:

$$V_{ц} = V_{зп} - V_k - V_d. \quad (17.6)$$

Звідси висота (м) циліндричної частини (обичайки) заторного апарату:

$$H_{ц} = \frac{4 \cdot V_{ц}}{\pi \cdot D^2}. \quad (17.7)$$

Розрахунки проводять, задаючись внутрішнім діаметром заторного апарату, вибраного з нормального ряду внутрішніх діаметрів ємностей або апаратів, виготовлених зі сталевих листів або поковок. Розрахувавши висоту циліндричної частини $H_{ц}$, порівнюють її з внутрішнім діаметром апарату. Відповідно до рекомендованих конструктивних вимог співвідношення $H_{ц}/D = 0.5 - 1.0$.

Діаметр (м) витяжної труби заторного апарату становить:

$$d \approx (0.1 - 0.5) D. \quad (17.8)$$

Діаметр мішалок заторних апаратів складає:

$$D_m \approx (0.7 - 0.85) D. \quad (17.9)$$

17.2.2 Теплотехнічні розрахунки

Питому теплоємність солоду (або іншої зернової сировини) розраховують як середньозважену величину питомих теплоємностей сухих речовин зерна c_0 і води c_B :

$$c_c = \frac{c_c(100-w) + c_B \cdot w}{100} \quad (17.10)$$

де c_0 - питома теплоємність сухих речовин зерна (солоду або ячменю), кДж/(кг·К), $c_0 = 1,423$ кДж/(кг·К);

c_B - питома теплоємність води, кДж/(кг·К), $c_B = 4,1868$ кДж/(кг·К);

w - вологість зерна, % мас.

Питома теплоємність заторної маси:

$$c_3 = \frac{M_c c_c + W_B c_B}{G_3} \quad (17.11)$$

де W_B - маса заторної води, кг ($W_B = \rho_B \cdot V_B$; ρ_B - густина води, кг/м³);

G_3 - початкова маса затору, кг ($G_3 = M_c + W_B$).

Необхідна температура води, що подається на затирання:

$$t_{B3} = \frac{(M_c c_c + W_B c_B) t_{3п} - M_c c_c t_c}{W_B c_B} \quad (17.12)$$

де $t_{3п}$ - початкова температура затору, °С;

t_c - температура солоду, що надходить на затирання, °С.

Витрати теплоти (кДж) на підігрівання води для приготування затору:

$$Q_B = W_B c_B (t_{B3} - t_{BВ}). \quad (17.13)$$

де $t_{BВ}$ - вихідна температура води, що надходить на підігрівання, °С.

На практиці воду для затирання з необхідною температурою отримують змішуванням холодної та гарячої технологічної води.

Витрати теплоти (кДж) на нагрівання затору:

$$Q_{H3} = G_3 c_3 (t_{3к} - t_{3п}). \quad (17.14)$$

де G_3 - маса затору, що нагрівається, кг;

c_3 - питома теплоємність заторної маси, кДж/(кг·К);

$t_{3к}$, $t_{3п}$ - відповідно кінцева і початкова температура заторної маси, °С.

При відварочних способах затирання витрати теплоти на нагрівання частини затору (1-а відварка) до температури кипіння визначають аналогічно, з урахуванням зміни деяких параметрів - маси і температур затору:

$$Q_{H31} = q \cdot G_3 c_3 (t_{кип} - t_{3п1}), \quad (17.15)$$

де q - частина затору, що підлягає відварюванню, мас. частка; як правило, відварюють 30% від загальної кількості заторної маси, тобто $q = 0.3$;

$t_{3п1}$ - початкова температура відварюємої частини заторної маси, °С;

$t_{кип}$ - температура кипіння відварюємої частини заторної маси, °С, в розрахунках приймають $t_{кип} = 100$ °С.

Маса (кг) води, що випарюється при нагріванні частини заторної маси:

$$W_{вип} = q \cdot i \cdot G_3, \quad (17.16)$$

де i - випарюєма частина рідкої фази затору, що відварюється, масова частка; при відварюванні випарюють близько 2% води, отже, $i = 0.02$.

Витрати теплоти на кип'ятіння частини затору:

$$Q_{кз1} = W_{и} \cdot r, \quad (17.17)$$

де r - питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Витрати теплоти (кДж) на першу відварку:

$$Q_1 = \frac{Q_{из1} - Q_{кз2}}{\eta}, \quad (17.18)$$

де η - ККД заторного апарату; враховуючи, що витрати теплової енергії в заторному апараті, як правило, не перевищують 5%, приймаємо $\eta = 0.95$.

Температура суміші затору після з'єднання і перемішування відвареної і невідвареної частин:

$$t_{см} = \frac{(1-q)G_3 \cdot t_{зк2} + (q \cdot G_3 - W_{и})t_{кип}}{G_3 - W_{и}}, \quad (17.19)$$

де $(1 - q)G_3$ - маса невідвареної частини затору, кг;

$q \cdot G_3$ - маса частини затору, що відварюється, кг;

$t_{зк2}$ - температура невідвареної частини заторної маси перед змішуванням, °С (зазвичай температура невідвареної частини затору протягом паузи, при якій здійснюється відварювання іншої частини затору, знижується на $2 \div 4$ °С).

Витрати теплоти на 2-у відварку розраховують аналогічно.

Необхідну площу поверхні нагрівання (m^2) заторного апарату розраховують з урахуванням його найбільшого теплового навантаження, що припадає на період нагрівання заторної маси з певною швидкістю:

$$F = \frac{Q_{нз}}{K_{н} \cdot \Delta t \cdot T_{н}}, \quad (17.20)$$

де $K_{н}$ - коефіцієнт теплопередачі при нагріванні заторних маси,

$K_{н} = 0.93 - 1.28$ кВт/(м²·К);

t — середня різниця температур між середовищами теплообміну, °С;

$T_{н}$ — тривалість нагрівання, с.

Для наближених розрахунків поверхні теплообміну заторних апаратів проф. В. І. Попов рекомендує наступні значення коефіцієнтів теплопередачі: при нагріванні затору - для апарату зі сталевим днищем $K_{н} = 0.93 - 1.28$ кВт/(м²·К); с мідним днищем $K_{н} = 1.16 - 1.63$ кВт/(м²·К); при кип'яченні затору - для апарату із сталевим днищем $K_{н} = 1.28 - 1.63$ кВт/(м²·К); с мідним днищем $K_{н} = 1.63 - 2.10$ кВт/(м²·К).

17.3 Завдання до розрахунку

Визначити основні параметри заторного апарату варильної установки для пивоварного виробництва потужністю 0.5 млн / + 100 х № студента в списку групи, Гл/ товарного пива. Кількість варок на добу - 10; кількість робочих днів у році - 323; коефіцієнт виходу товарного пива з гарячого суслу 0.9; масова частка СВ в початковому суслі 11%; вологість зерна $w = 5\%$ мас.; питома теплоємність сухих речовин солоду $c_c = 1,423$ кДж/(кг·К); питома теплоємність води $c_b = 4.1868$ кДж/(кг·К); початкова температура затору $t_{зп} =$

45 °С; температура солоду, що надходить на затирання $t_c = 10$ °С; вихідна температура води, що надходить на підігрівання перед затиранням $t_{\text{вв}} = 12$ °С; спосіб затирання - двовідварний; падіння температури заторної маси під час пауз - на 2 °С.

Контрольні питання

1. Що таке затор? Яка мета процесу затирання?
2. Надати визначення наливу та гідромодулю затору.
3. Описати будову заторного апарату та основні співвідношення геометричних параметрів його конструктивних елементів.
4. Які параметри визначають при конструктивному розрахунку заторного апарату?
5. В чому полягає теплотехнічний розрахунок заторного апарату?

Лабораторна робота №18

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ПИВНОГО ЗАТОРУ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії фільтраційних апаратів, набуття практичних навичок по визначенню розмірів фільтраційних апаратів.

18.1 Теоретичні відомості

По закінченню процесу затирання оцукрений затор являє собою суміш розчинених та нерозчинених у воді речовин.

Технологічною метою фільтрування затору являється відокремлення рідкої фази, що містить розчинні компоненти затираємої сировини, від твердої фази - нерозчинених відходів виробництва. Рідку фазу, що являє собою фільтрат, називають пивним суслом, а тверду фазу - пивною дробиною.

Фільтрування затору включає в себе два етапи:

- відділення першого пивного сусла;
- промивання дробини гарячою водою температурою 78 - 80 °С для більш повного вилучення з неї екстрактивних речовин.

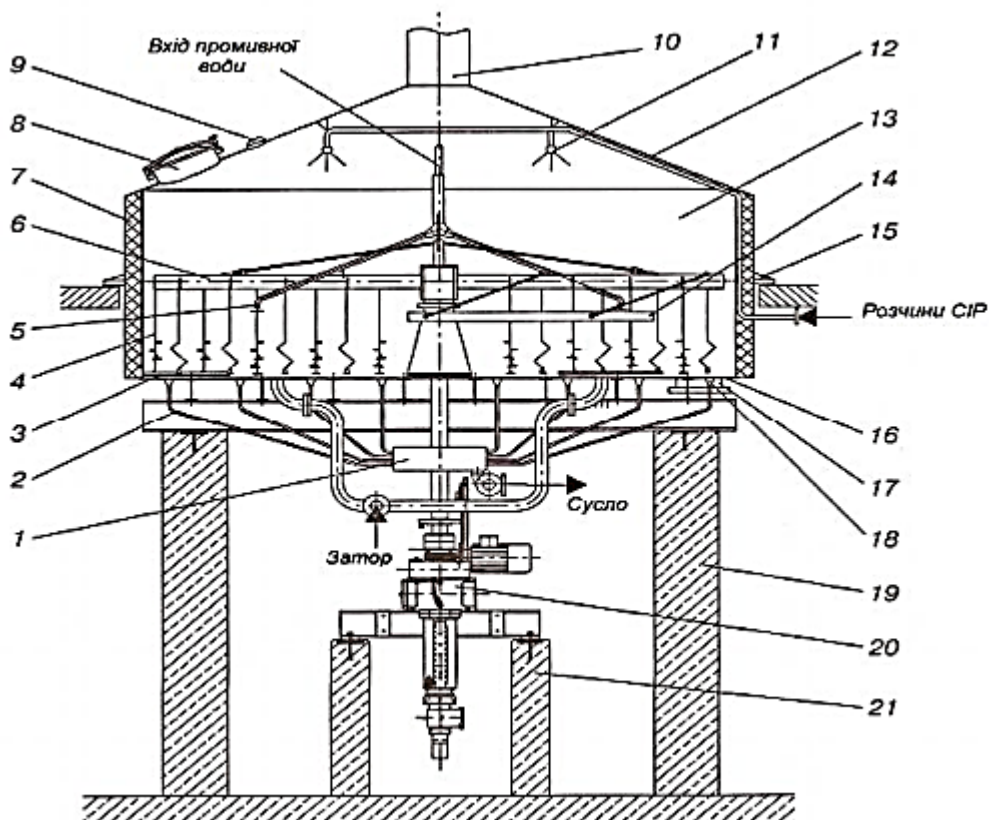
При фільтруванні затору необхідно забезпечити отримання високоякісного сусла за мінімально можливий період часу при мінімальних залишках екстракту в дробині.

На пивоварних підприємствах застосовують два основних типи обладнання для фільтрування затору: фільтраційні апарати і заторні фільтр-преси.

Фільтраційні апарати, які знайшли більш широке використання в промисловості, **класифікують** за наступними ознаками:

- за геометричною формою основних конструктивних елементів;
- за функціональністю (фільтрування, затирання та фільтрування);
- за видом конструкційного матеріалу;
- за ступенем герметизації;
- за конструкцією ситчатого днища (плоске фрезероване, плоске зварне, ситчасті труби);
- за організацією рушійної сили процесу (гідростатичний тиск, надлишковий тиск над шаром, розрідження під шаром);
- за організацією подачі затору в апарат;
- за конструктивним виконанням системи розрихлювання (зі стаціонарними ножами, з поворотними ножами, з прямими ножами, з ломаними ножами);
- за розташуванням привода розрихлювача (з нижнім та верхнім приводом);
- за способом промивання дробини (періодичне та безперервне);
- за способом встановлення апарата;
- за способом миття та дезінфекції (ручна та автоматизована);
- за організацією управління та ін (ручне, напівавтоматичне, автоматичне).

Сучасний фільтраційний апарат (рис. 18.1) являє собою ємність круглого перерізу з конічною кришкою і плоским дном. Апарат виготовлений з корозійно-стійкої нержавіючої сталі.



- 1 - кільцевий колектор сусли; 2 - труба фільтратовідвідна; 4 - ніж; 5 - пристрій для розподілення промивної води; 6 - розпушувач; 7 - ізоляція; 8 - люк; 9 - внутрішнє підсвічування; 10 - труба витяжна; 11 - головка миюча; 12 - кришка; 13 - корпус; 14 - скребок для вивантаження дробини; 15 - кільце декоративне; 16 - подвійне днище; 17 - люк для вивантаження дробини; 18 - воронка для відводу фільтрованого сусли; 19 - опора; 20 - привід і пристрій для підйому розпушувача

Рис. 18.1 - Фільтраційний апарат

Співвідношення висоти і діаметра циліндричної частини корпусу складає приблизно 1:(3÷5). Коефіцієнт заповнення фільтраційного апарату – 0.4 ÷ 0.5 (оскільки внутрішній простір апарата має бути достатнім для вертикального переміщення розпушувача)

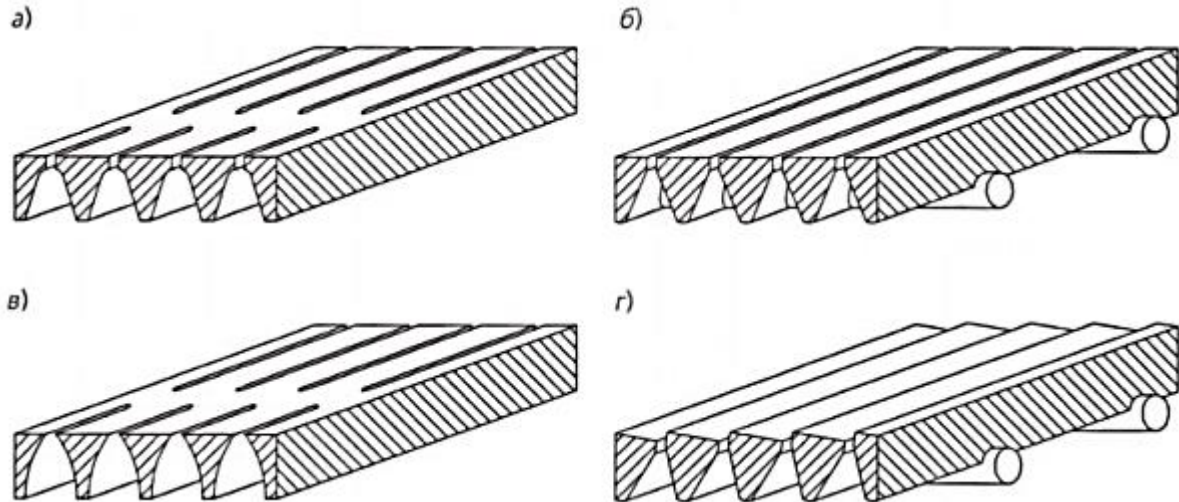
Кришка апарату має конічну форму з кутом біля основи 25°. До неї приєднують вертикальну витяжну трубу, діаметр якої становить 0.1÷0.15 від діаметра апарату. На кришці розміщують люк діаметром 600 мм, систему внутрішнього підсвічування і світлову сигналізацію. Кришка люка оснащена системою електроблокування і вбудованим оглядовим вікном.

На відстані 20 мм від основного днища в фільтраційному апараті розташована друге сітчасте днище, виготовлене з нержавіючої сталі товщиною 5 мм.

Сегменти встановлюють із застосуванням прокладок на основному днищі апарату і фіксують за допомогою спеціальних кріплень.

На поверхні кожного сегмента є щільні радіально орієнтовані фрезеровані отвори розміром 0.7x72 мм. Живий переріз сітчастого днища складає близько 12.65 %.

Крім фрезерованих сітчастих днищ фільтраційних апаратів деякі виробники обладнання застосовують зварні сітчасті днища у вигляді решітки з прутків спеціального профілю (рис. 18.2).



а - фрезероване сито, виготовлене методом подвійного фрезерування,
 б - фрезероване сито, виготовлене методом однократного фрезерування;
 в - зварне сито з плоскою робочою поверхнею; г - зварне сито з неплоскою робочою поверхнею

Рис. 18.2 - Фрагменти основних типів сітчастих днищ

18.2 Методика розрахунку фільтраційного апарату

18.2.1 Технологічні розрахунки

У завдання технологічних розрахунків фільтраційного апарату входить визначення його площі поверхні і об'єму перероблюваної затору.

Об'єм затору визначають за формулою:

$$V_3 = \frac{M_c v_3}{100}, \quad (18.1)$$

де v_3 - питомий об'єм затору, отриманий з 100 кг солода при виробництві пива певної міцності.

Площа поверхні (м) фільтраційного апарату визначають за формулою:

$$F_\phi = \frac{M_c}{q_\phi}, \quad (18.2)$$

де M_c - маса одноразового засипу солоду, кг;

q_ϕ - сітчасте днище фільтраційного апарату, кг/м².

Рекомендоване питоме навантаження на сітчасте днище фільтраційного апарату (залежить від способу подрібнення солоду і кількості варок на добу, які повинен забезпечити фільтраційний апарат, та його конструкції) вибирають з довідкових таблиць, складених на основі експериментальних досліджень.

Площа поверхні для фільтраційного апарату є визначальним конструктивним параметром, оскільки саме вона визначає його продуктивність.

18.2.2 Конструктивні розрахунки

Діаметр фільтраційного апарату (м) круглого перерізу визначають за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Phi}}{\pi}}. \quad (18.3)$$

Зовнішній діаметр фільтраційного апарату (м) кільцеподібного перерізу визначають за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Phi}^2}{\pi}} + d^2, \quad (18.4)$$

де d - внутрішній діаметр кільцеподібного днища, м.

18.3 Завдання до розрахунку

Розрахувати розміри фільтраційного апарату і підібрати з каталогу фільтраційний апарат при затиранні $G_1 = 1000$ кг / + 150 х № студента в списку групи, кг/ зернопродуктів, якщо вихід сирої дробини з 100 кг затираємих зернопродуктів $v_d = 0.18$ м³, а висота шару дробини на фільтраційному ситі $h_{\Phi} = 0.3$ м.

Контрольні питання

1. Яка мета процесу фільтрації пивного затору та що є його рушійною силою?
2. Описати будову фільтраційного апарату.
3. Описати будову фільтр-пресу для затору.
4. Що представляють собою фільтраційні сита?
5. Навести основні конструктивні параметри та характеристики роботи фільтраційного апарату.
6. Які основні параметри визначають при конструктивному розрахунку фільтраційного апарату?

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КИП'ЯТІННЯ ПИВНОГО СУСЛА

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії сушварильного апарату, набуття практичних навичок по визначенню площі поверхні теплопередачі сушварильного апарату.

19.1 Теоретичні відомості

Відфільтроване сусло з додаванням промивної води після вилуговування дробини (повний набір) підлягає кип'ятінню з додаванням хмелю (хмелепродуктів) для його хімічної та мікробіологічної стабілізації та надання йому специфічних органолептичних властивостей. Хміль надає суслу приємне хмелеву гіркоту та характерний аромат. Окрім цього, хміль сприяє осіданню білка в суслі, покращує колір пива та справляє бактерицидну дію.

Тривалість кип'ятіння суслу залежно від технології та обладнання, що використовуються, складає, як правило, від 35 хв до 2 год. Основним завданням кип'ятіння суслу з хмелем є отримання гарячого охмеленого суслу з оптимальними якісними показниками.

При кип'ятінні суслу з хмелем в ньому здійснюються такі процеси і явища:

- випарювання води з суслу;
- коагуляція і осадження білкових речовин;
- екстрагування і ізомеризація гірких речовин хмелю;
- перехід в сусло хмельових ефірних олій;
- ароматизація суслу;
- екстрагування і осадження поліфенолів;
- зниження вмісту в суслі летких речовин;
- утворення редуруючих речовин (редуктонов);
- стерилізація суслу;
- інактивація ферментів;
- зміна фізико-хімічних властивостей суслу.

Кип'ятіння здійснюють в сушварильних апаратах, які можна **класифікувати** за наступними ознаками:

- за функціональним призначенням;
- за геометричною формою основних конструкційних елементів;
- за способом кип'ятіння;
- за способом нагрівання та видом теплового агента;
- за типом нагрівального пристрою;
- за видом конструкційного матеріалу;
- за ступенем герметизації;
- за організацією подачі суслу в апарат.

19.2 Методика розрахунку сусліварильного апарату

19.2.1 Конструктивні розрахунки

У завдання розрахунку входить визначення основних геометричних розмірів апарату.

Повний об'єм сусліварильного апарату:

$$V_{\text{сп}} = \frac{V_{\text{ср}}}{k_3}. \quad (19.1)$$

де $V_{\text{ср}}$ - робочий об'єм сусліварильного апарату, м³ ;

k_3 - коефіцієнт заповнення апарату (для сусліварильних апаратів приймають 0.75).

Висота конічної кришки сусліварильного апарату:

$$H_{\text{к}} = 0.5 \cdot D \cdot \text{tg} \alpha, \quad (19.2)$$

де D - внутрішній діаметр сусліварильних апаратів, м;

α - кут біля основи кришки, град (у сучасних апаратів $\alpha = 25^\circ$, тоді $H_{\text{к}} = 0.23315 \cdot D$).

Об'єм конічної кришки сусліварильного апарату:

$$V_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_{\text{к}}}{12}. \quad (19.3)$$

Форма днищ сучасних сусліварильних апаратів зазвичай має еліптичну форму. Еліптичні днища стандартизовані та їх основні геометричні параметри - об'єм, висоту та ін. - вибирають з відповідних нормативів ГОСТу 6533-78 залежно від внутрішнього базового діаметра апарату.

Оскільки повний об'єм сусліварильного апарату складається з об'ємів циліндричної частини $V_{\text{ц}}$, кришки $V_{\text{к}}$ і днища $V_{\text{дн}}$, то об'єм його циліндричної частини складає:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{сп}} - V_{\text{к}} - V_{\text{дн}}. \quad (19.4)$$

Звідси висота циліндричної частини сусліварильного апарату:

$$H_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ц}}}{\pi \cdot D^2}. \quad (19.5)$$

Розрахунки за формулами (19.2) - (19.5) здійснюють, задаючись внутрішнім діаметром D апарату, вибраного з нормального ряду внутрішніх діаметрів апаратів, виготовлених із сталевих листів або поковок. Розрахувавши висоту циліндричної частини $H_{\text{ц}}$, зіставляють її з внутрішнім діаметром апарату. Відповідно рекомендованих конструктивних вимогам співвідношення $H_{\text{ц}}/D$ має відповідати 1:(1.5÷2).

Діаметр витяжної труби сусліварильного апарату складає:

$$d \approx (0.1 \div 0.15) \cdot D. \quad (19.6)$$

19.2.2 Теплотехнічні розрахунки

Витрати теплоти на нагрівання суслу:

$$Q_{\text{нс}} = G_{\text{с}} c_{\text{с}} (t_{\text{ск}} - t_{\text{сп}}), \quad (19.7)$$

де G_c - маса нагріваємого сусла, кг;

c_c - питома теплоємність сусла, кДж/(кг·К);

t_{ck}, t_{cp} - відповідно кінцева і початкова температура сусла, °С.

Витрати теплоти на кип'ятіння сусла:

$$Q_{kc} = W \cdot r, \quad (19.8)$$

де r - питома теплота пароутворення, кДж/кг.

Кількість води, яку необхідно випаровувати з сусла, визначають з рівняння матеріального балансу, яке складають виходячи з умови, що кількість сухих речовин у суслі до і після випарювання незмінно:

$$\frac{G_c B_{п}}{100} = \frac{(G_c - W) B_k}{100}, \quad (19.9)$$

де G_c - маса сусла до випарювання, кг;

$B_{п}, B_k$ - відповідно початкова і кінцева концентрації сусла, мас. %;

W - маса води, що випарюється, кг.

Маса води, що випарюється:

$$W = G_c \left(1 - \frac{B_{п}}{B_k}\right). \quad (19.10)$$

Необхідну площу поверхні нагрівання (m^2) суслотоварильного апарата розраховують з урахуванням його найбільшого теплового навантаження, яка припадає на період кип'ятіння сусла:

$$F = \frac{Q_{kc}}{K_k \cdot \Delta t \cdot \tau_k}, \quad (19.11)$$

де K_k - коефіцієнт теплопередачі при кип'ятінні сусла, $K_k = 1.28 \div 1.63$ кВт/(м·К);

Δt - середня різниця температур, °С;

τ_k - тривалість кип'ятіння, с.

Для приблизних розрахунків поверхні теплопередачі суслотоварильних апаратів проф. В. І. Попов рекомендує приймати наступні значення коефіцієнтів теплопередачі: при нагріванні сусла – для апарату зі сталевим днищем $K_k = 0.93 \div 1.28$ кВт/($m^2 \cdot K$); з мідним днищем $K_k = 1.16 \div 1.63$ кВт/($m^2 \cdot K$); при кип'ятінні сусла - для апарату зі сталевим днищем $K_k = 1.28 \div 1.63$ кВт/($m^2 \cdot K$); з мідним днищем $K_k = 1.63 \div 2.10$ кВт/($m^2 \cdot K$).

Витрати пари в суслотоварильному апараті обчислюють з рівняння теплового балансу:

$$G_c c_c t_{п} + D \cdot I = (G_c c_c - W \cdot c_v) t_k + W \cdot I_v + D \cdot I_k + Q_{п}, \quad (19.12)$$

де c_c, c_v - питома теплоємність відповідно сусла та води, кДж/кг·К);

$t_{п}, t_k$ - відповідно початкова і кінцева температура сусла, °С;

D - витрати грючої пари, кг;

I, I_v - ентальпія відповідно грючої і вторинної пари, кДж/кг;

I_k - питома ентальпія конденсату, кДж/кг;

$Q_{п}$ - втрати теплоти в навколишнє середовище, кДж.

Витрати грючої пари:

$$D = \frac{G_c c_c (t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) + W(I_{\text{в}} - c_{\text{в}} t_{\text{к}}) + Q_{\text{п}}}{I - I_{\text{к}}} \quad (19.13)$$

Втрати теплоти в навколишнє середовище $Q_{\text{п}}$ при наявності теплової ізоляції у апаратів приймають 5 % загальних витрат.

19.3 Завдання до розрахунку

Розрахувати площу поверхні теплопередачі сушварочному апарату з корисною місткістю $V = 6.5 \text{ м}^3$, / + 50 х № студента в списку групи, дал/ якщо початкова кількість суслу $G_c = 6720 \text{ кг}$ і протягом $\tau = 1.5$ год роботи апарату початкова концентрація сухих речовин суслу $B_{\text{н}} = 8.5\%$ підвищується до $B_{\text{к}} = 10.5\%$. Питома теплоємність сухих речовин суслу $c_0 = 1.42 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ та води $c_{\text{в}} = 4.19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$. Початкова температура суслу $t_{\text{п}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, кінцева $t_{\text{к}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Тиск гріючої пари $P = 0.245 \text{ МПа}$, температура гріючої пари $t_{\text{п}} = 138.2 \text{ }^\circ\text{C}$, питома ентальпія гріючої пари $I_{\text{п}} = 2731.5 \text{ кДж/кг}$, питома ентальпія вторинної пари $I_{\text{вт}} = 2674.5 \text{ кДж/кг}$, питома ентальпія конденсату $I_{\text{к}} = 419 \text{ кДж/кг}$. ККД апарату, що враховує витрати теплоти, $\eta = 0.95$. Коефіцієнт теплопередачі $k = 1860 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, коефіцієнт тепловіддачі $\alpha = 5800 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, питома теплове навантаження $q = 63805 \text{ Вт/м}^2$. Висота стінки $h = 1.5 \text{ м}$, товщина листової сталі $\delta = 0.012 \text{ м}$, коефіцієнт теплопровідності для сталі $\lambda_{\text{ст}} = 46.5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Кут φ нахилу стінки апарата $\varphi = 45^\circ$. Коефіцієнт $\eta_0 = 0.8$ враховує утворюємий при кип'ятінні суслу осад на внутрішній поверхні апарату.

Контрольні питання

1. Яка мета та тривалість процесу кип'ятіння пивного суслу?
2. Описати будову сушварильного апарату.
3. В чому полягає розрахунок сушварильного апарату?
4. Яка кількість вологи, що випаровується під час процесу?
5. Яка площа поверхні теплопередачі припадає на 1 м корисної місткості апарату зі сталевим днищем ?

Лабораторна робота №20

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ПИВНОГО СУСЛА

Мета заняття: вивчення будови та принципу роботи обладнання для освітлення пивного суслу, набуття практичних навичок по їх розрахунку.

20.1 Теоретичні відомості

З гарячого охмеленого суслу виділяються завислі речовини, які складаються з крупних частинок розміром 30 - 80 мкм, які дещо тяжчі, ніж сусло, та зазвичай добре та щільно осаджуються, якщо їм дати для цього час.

Завислі речовини слід видаляти, тому що вони шкодять якості пива. Завислі речовини запобігають освітленню суслу; склеюють дріжджі; збільшують кількість білкового відстою і з ним витрати; містять жирні кислоти солоду; перешкоджають фільтрації пива, якщо їх своєчасно не видалити.

Основними причинами недостатнього видалення завислих речовин гарячого суслу поряд з недосконалими конструкціями фільтраційного апарату, гідроциклонного апарату мають місце наступні причини: підвищена мутність суслу через незадовільний склад помолу солоду, погану якість солоду та неправильного ведення процесу фільтрації затору; внесення хмелю, що не містить або містить недостатню кількість дубильних речовин.

Видалення завислих речовин гарячого суслу здійснювалося раніше за допомогою холодильної тарілки або відстійного апарату, а сьогодні здебільш за допомогою гідроциклонного апарату /Вірпула/, а іноді також центрифуги (сепаратора).

У процесі освітлення гарячого охмеленого суслу необхідно забезпечити:

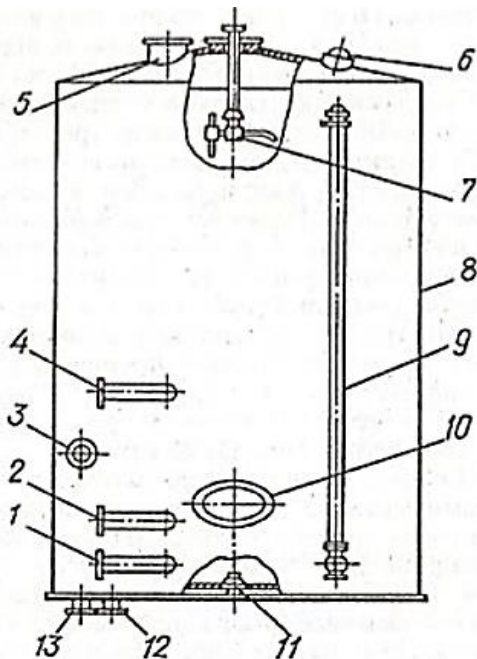
- заповнення гідроциклонного апарату суслем при реалізації умов для закручування суслу та ефективного утворення білкового конуса;
 - стабілізацію температури суслу в апараті;
 - перекачування охолодженого суслу на охолодження;
 - розмивання білкового конуса і його вивантаження з апарату;
- мийку гідроциклонного апарату та комунікацій.

Гідроциклонний апарат призначений для освітлення пивного суслу (відокремлення білкового осаду) і являє собою закриту циліндричну ємкість із плоским днищем (рис. 20.1). На обичайці корпусу 8 приварений вхідний патрубок 3 для нагнітання суслу. Для збільшення швидкості потоку патрубок виконаний у вигляді плавного сопла, що звужується, і розташований по дотичній до корпусу.

Струмінь потоку направлений так, що усередині апарата відбувається обертання суслу. Під дією гідродинамічних сил зважені частинки збираються в центрі днища, утворюючи конус. Після освітлення (приблизно 20 хв) сусла починають його відкачування насосом, відкриваючи спочатку кран патрубка 4, а потім по мірі зниження рівня - крани патрубок 2 і 1.

Видалення каламутного суслу проводять насосом при відкритому крані патрубка 13.

Принцип швидкого відділення білку полягає в тому, що гаряче сусло подається тангенціально із відносно великою швидкістю в апарат через патрубок 2 і приводиться в обертальний рух, під дією якого нерозчинні частини суслу осаджуються у вигляді конуса в середині днища вірпула. Освітлене сусло зливають поступово, в три етапи, через патрубки, які розташовані на деякій відстані один під одним.



1, 2 - кран патрубка; 3 - вхідний патрубок; 4, 12, 13 - кран патрубка; 5 – паровідвідний патрубок; 6 - освітлювач; 7 - патрубок з миючою головою; 8 – корпус; 9 - показчик рівня суслу; 10 - люк; 11 - розмивач

Рис. 20.1 - Гідроциклонний апарат

20.2 Методика розрахунку гідроциклонного апарату

У завдання технологічних розрахунків гідроциклонного апарату входить визначення його робочої і повної місткості.

Посилаючись на значення робочої місткості гідроциклонного апарату, здійснюють *конструктивні розрахунки*, в завдання яких входить визначення основних геометричних розмірів апарату.

Висота шару суслу в гідроциклонному апараті:

$$H_c = \frac{4 \cdot V_{гр}}{\pi \cdot D^2} \quad (20.1)$$

Розрахунок за формулою ведуть, задаючись внутрішнім діаметром Б апарату, вибраного з нормального ряду внутрішніх діаметрів посудин або апаратів, виготовлених зі сталевих листів або поковок. Розрахувавши H_c , зіставляють її з внутрішнім діаметром апарату. Відповідно до рекомендованих конструктивних вимог співвідношення H/D гідроциклонного апарату повинно відповідати 1: (2.5÷2.7).

Якщо розрахункове співвідношення H/D лежить в необхідному діапазоні, то визначають інші конструктивні параметри апарату. Повний об'єм гідроциклонного апарату:

$$V_{\text{ГП}} = \frac{V_{\text{ГР}}}{k_3}, \quad (20.2)$$

де $V_{\text{ГР}}$ - робочий об'єм гідроциклонного апарату, м³ ;

k_3 – коефіцієнт заповнення апарату, для гідроциклонних апаратів приймають $k_3 = 0.7$.

Висота конічної кришки гідроциклонного апарату:

$$H_{\text{К}} = 0.5 \cdot \text{tg}\alpha \cdot (D-d), \quad (20.3)$$

де D - внутрішній діаметр гідроциклонного апарату, м;

d - діаметр витяжної труби, м (зазвичай $d = 0.1D$);

α - кут біля основи кришки, град; у сучасних апаратів варильних установок $\alpha = 25^\circ$, тоді $H_{\text{К}} = 0.21D$.

Об'єм конічної кришки гідроциклонного апарату:

$$V_{\text{К}} = \frac{\pi \cdot H_{\text{К}} (D^2 - d^2 - D \cdot d)}{12}. \quad (20.4)$$

Оскільки повний об'єм гідроциклонного апарату складається з об'єму циліндричної частини $V_{\text{Ц}}$ і кришки $V_{\text{К}}$, тоді об'єм його циліндричної частини складає:

$$V_{\text{Ц}} = V_{\text{ГП}} - V_{\text{К}}. \quad (20.5)$$

Звідси висота (м) циліндричної частини гідроциклонного апарату:

$$H_{\text{Ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{Ц}}}{\pi \cdot D^2}. \quad (20.6)$$

Площу перерізу сопла, по якому нагнітають сушло в гідроциклонний апарат, визначаємо за формулою:

$$f = \frac{V_{\text{ГС}}}{v_{\text{р}} \cdot \tau}, \quad (20.7)$$

де $v_{\text{р}}$ - розгінна швидкість, з якою сушло тангенціально надходить в апарат, м/с;

відповідно до рекомендацій приймають $v_{\text{р}} = 3.5$ м/с.

Максимальний тиск на вході в апарат визначається за формулою:

$$p_{\text{В}} = \frac{v_{\text{р}}^2 \cdot \rho_{\text{с}}}{2}. \quad (20.8)$$

Гідростатичний тиск стовпа сушла в гідроциклонному апараті визначаємо за формулою:

$$p_{\text{с}} = H_{\text{с}} \rho_{\text{с}} \cdot g. \quad (20.9)$$

Загальний тиск (напір) на виході насоса визначаємо за формулою:

$$p = p_{\text{п}} + p_{\text{В}} + p_{\text{с}}. \quad (20.10)$$

20.3 Завдання до розрахунку

Завдання 1

Визначити геометричні параметри гідроциклонного апарату і розрахувати тиск нагнітального насоса, що подає гаряче охмелене сушло на освітлення, якщо

об'єм гарячого сусла $V_{гс} = 35 \text{ Гл (3.5 м)} / + 5 \text{ х № студента в списку групи, Гл/}$, витрати тиску в підвідному трубопроводі $p_{п} = 245 \div 250 \text{ Па.}$, тривалість наповнення гідроциклонного апарату $\tau = 18 \text{ хв (1080 с)}$, щільність сусла при температурі $t = 90 \text{ °C}$ становить $\rho = 1015 \text{ кг/м}^3$.

Завдання 2

Визначити об'ємний відсоток випаровування сусла в гідроциклонному апараті за 1 год при нормальному атмосферному тиску $P = 99 \text{ 325 Па (745 мм рт. ст.)}$, якщо об'єм гарячого сусла $V_{гс} = 35 \text{ Гл (3.5 м)} (+ 5 \text{ х № студента в списку групи, Гл)}$, внутрішній діаметр гідроциклонного апарату 4900 мм , середня температура сусла в апараті 98 °C , середня температура повітря над поверхнею сусла 85 °C .

Контрольні питання

1. Яка мета освітлення пивного сусла в умовах гідроциклонного апарату?
2. Описати механізм процесу освітлення пивного сусла.
3. Описати будову гідроциклонного апарату.
4. Яким чином та з якою швидкістю подається гаряче сусло на освітлення в гідроциклонний апарат?
5. В чому полягає розрахунок гідроциклонного апарату?

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БРОДІННЯ ПИВА

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії циліндро-конічних бродильних апаратів, набуття практичних навичок по визначенню геометричних параметрів обладнання для бродіння пива.

21.1 Теоретичні відомості

При бродінні та доброджуванні пива необхідно забезпечити виконання таких основних *інженерних завдань*:

- організувати заповнення апаратів сушлом;
- організувати дозування і внесення засівних дріжджів в сушло;
- організувати відведення надлишкової теплоти від бродильного апарату;
- організувати відведення діоксиду вуглецю з бродильного апарату;
- забезпечити відведення надлишкових дріжджів з бродильного апарату;
- організувати ефективне миття та дезінфекцію апаратів і комунікацій.

Обладнання для бродіння *класифікують* за такими основними ознаками:

- за функціональним призначенням розрізняють бродильні апарати (для головного бродіння), апарати доброджування і комбіновані апарати, де здійснюють як головне бродіння, так і доброджування;

- за ступенем герметизації розрізняють відкриті і закриті бродильні апарати. У закритих апаратах забезпечуються стерильність сусла і можливість відбору діоксиду вуглецю для подальшого його використання. Апарати доброджування завжди герметизовані;

- за геометричною формою розрізняють апарати призматичної, циліндричної і циліндроконічної форм;

- за орієнтацією в просторі розрізняють горизонтальні і вертикальні апарати;

- за видом конструкційного матеріалу розрізняють апарати з бетону, алюмінію, вуглецевої і нержавіючої сталі;

- за видом систем теплообміну: розрізняють апарати з внутрішнім, зовнішнім і виносним охолоджуючим пристроєм. У середині апаратів використовують зазвичай зміювки, розташовані в їх верхній частині. Зовні використовують сорочки. В якості виносних охолоджувачів використовують типові пластинчасті теплообмінники;

- за способом теплообміну розрізняють пряме охолодження холодоагентом (наприклад, аміаком) і непряме охолодження проміжним охолоджуючим середовищем (наприклад, розчином пропіленгліколю);

- за наявністю теплоізоляції розрізняють ізольовані й неізольовані апарати;

- за видом опор;

- за місцем розміщення розрізняють апарати, що встановлюються зовні та апарати, що встановлюються всередині приміщення

- за ступенем контролю і управління процесом розрізняють апарати з ручним, напівавтоматизованим і повністю автоматизованим управлінням.

Основні технічні характеристики бродильних апаратів наведені в табл. 21.1.

Таблиця 21.1 - Основні технічні характеристики бродильних апаратів

Коефіцієнт заповнення бродильного апарату:	
Горизонтального	0.9
Циліндроконічного	0.8
Коефіцієнт заповнення апарату доброджування:	
Горизонтального	0.98
Циліндроконічного	0.95-0.98
Типова температура бродіння, °С	6-14
Типова температура доброджування, °С	0-4
Типовий тиск бродіння, МПа	0.02-0.18
Обсяг засівних дріжджів, л/гл сусла, що вносяться в:	
традиційний бродильний апарат	0.5
циліндроконічний бродильний апарат	0.7-0.8
Початкова оптимальна концентрація дріжджових клітин у бродильному апараті, млн кл./мл	10-15
Оптимальне відношення внутрішнього діаметра і висоти шару сусла в обичайці ЦКБА - Б/Н	1 : (1-2)
Питоме тепловиділення при бродінні, кДж/кг екстракту	613.8

В даний час набули поширення циліндроконічні бродильні апарати (рис. 21.1) місткістю 100 м і проектуємою місткістю до 250 ÷ 500 м . У цих апаратах процес бродіння сусла починають при температурі 9 - 10 °С і протягом перших двох діб підвищують її до 14 °С. Бродіння закінчують на 5 ÷ 6 добу, і після закінчення його конічну частину апарата охолоджують до температури 0 ... +2 °С. При цьому відбувається осідання дріжджів, а процес доброджування молодого пива триває 5 ÷ 7 діб.

Технічна характеристика циліндроконічних бродильних апаратів наведена в табл. 21.2, а схема циліндричного бродильного апарата на рис. 21.1.

Таблиця 21.2 - Технічна характеристика циліндроконічних бродильних апаратів

Показник	Ш4-ВЦН-30	Ш4-ВЦН-50	Р3-ВЦН-95
Місткість, м ³ :			
- повна	30	50	95
- робоча	25.5	42.5	80
Площа поверхні охолодження, м ²	17.4	23.2	44.3
Маса, кг	5380	6490	11890

21.1 Методика розрахунку обладнання для бродіння

Кінетика процесу бродіння в апаратах безперервної дії може бути представлена рівнянням:

$$K_{бр} = \frac{1}{\tau_{бр}} \ln\left(\frac{S_0}{S}\right), \quad (21.1)$$

де $K_{бр}$ - константа швидкості спиртового бродіння, год⁻¹;

$\tau_{бр}$ - тривалість процесу, год;

S_0 і S - концентрація цукру відповідно на початку бродіння і у момент часу τ %.

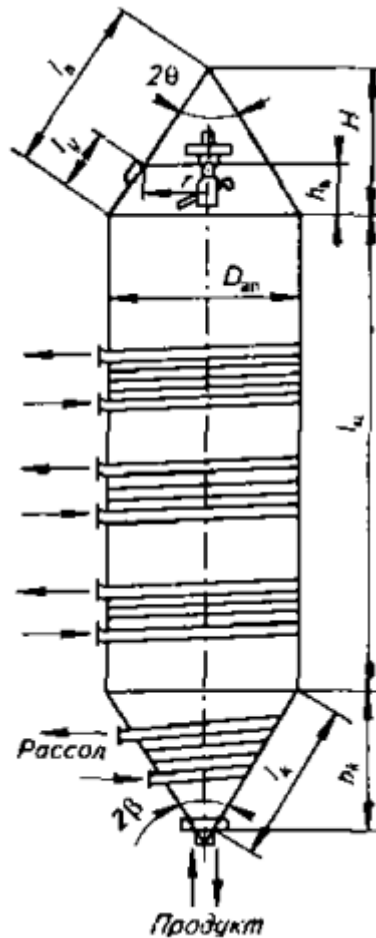


Рис. 21.1 - Схема циліндричного бродильного апарата

Число бродильних апаратів для головного бродіння та доброджування пива визначають залежно від числа варок на добу і тривалості процесів.

Мінімальна кількість бродильних апаратів (апаратів для доброджування) (при виробництві тільки одного сорту пива):

$$n = \frac{V_{\Gamma}}{V_p \cdot z}, \quad (21.2)$$

де V - кількість початкового суслу (молодого пива), що надходить в бродильний цех (цех доброджування) за рік, гл;

V_p - робоча місткість бродильного апарату (апарату для доброджування), гл;

z - оборотність бродильного апарату (апарату для доброджування) в рік.

Робоча місткість бродильного апарату (апарату для доброджування):

$$V_p = V_c \cdot m, \quad (21.3)$$

де V_c - кількість початкового суслу, отриманого після однієї варки, гл;

m - кількість варок, суслим яких заповнюється один бродильний апарат.

$$V_p = V_{\Pi} \cdot k_3, \quad (21.4)$$

де $V_{\text{п}}$ - повна місткість апарату, гл;

k_3 - коефіцієнт заповнення апарату (для традиційних апаратів бродіння $k_3 = 0.9$; для ЦКБА $k_3 = 0.8$, для апаратів доброджування $k_3 = 0.96$).

Продуктивність бродильного цеху (гл готового пива в місяць на 1 гл місткості бродильних апаратів):

$$П_{\text{б}} = \frac{n \cdot V_s k_3 k_{\text{н}}^{\text{б}}}{\tau_{\text{б}} + \tau_{\text{доб}}}, \quad (21.5)$$

де n - число робочих діб для бродильних апаратів на місяць з урахуванням періоду дезінфекції обладнання варильного цеху, суслопроводи і теплообмінників ($n = 29.8$ діб);

V_s - сумарна місткість бродильних апаратів, включаючи апарати попереднього бродіння, гл;

k_3 - коефіцієнт заповнення апарату;

$\tau_{\text{б}}$ - тривалість бродіння в залежності від сорту пива, діб; $\tau_{\text{доб}}$ - додатковий час, що витрачається на миття та дезінфекцію бродильних апаратів, діб;

$k_{\text{н}}^{\text{б}}$ - коефіцієнт переведення холодного суслу в готове пиво, враховуючи витрати від бродильного цеху до цеху розливу включно ($k_{\text{н}}^{\text{б}} = 0.94$).

Продуктивність цеху доброджування і дозрівання пива (дал готового пива в місяць на 1 дал місткості апарату):

$$П_{\text{д}} = \frac{n \cdot V_s k_3 k_{\text{н}}^{\text{д}}}{\tau_{\text{д}} + \tau_{\text{доб}}}, \quad (21.6)$$

де n - число робочих діб на місяць ($n = 30$ дал);

V_s - сумарна місткість апаратів для доброджування, дал;

$\tau_{\text{д}}$ - термін доброджування пива, діб;

$\tau_{\text{доб}}$ - додатковий час на звільнення, мийку і нове наповнення апарату, діб;

$k_{\text{н}}^{\text{д}}$ - коефіцієнт переведення молодого пива в готове пиво, враховуючи витрати від цеху доброджування до цеху розливу ($k_{\text{н}}^{\text{д}} = 0.96$).

Питома кількість теплоти (кДж/гл), що виділяється в процесі головного бродіння з кожних 1 гл пива:

$$Q_{\text{б}} = q_{\text{б}}(c_{\text{п}} - c_{\text{к}}), \quad (21.7)$$

де $q_{\text{б}}$ - питома тепловиділення при зброджуванні 1 кг екстракту, $q_{\text{б}} = 613.8$ кДж/кг;

$c_{\text{п}}, c_{\text{к}}$ - концентрація сухих речовин відповідно початкова і кінцева, %.

Враховуючи, що молоде пиво після закінчення головного бродіння необхідно охолодити до температури доброджування, то, крім розрахованої вище кількості теплоти, яка виділяється у процесі бродіння 1 гл пива, від цієї кількості молодого пива при його охолодженні перед початком доброджування необхідно відвести ще додаткову кількість теплоти Q_0 .

Тоді загальна питома кількість теплоти (кДж/гл), яку необхідно відвести від 1 гл пива на стадії головного бродіння, становить:

$$Q_{\text{пит}} = Q_{\text{б}} + Q_0, \quad (21.8)$$

де Q_0 - питома кількість теплоти, що відводиться від молодого пива при його охолодженні перед доброджування, кДж/гЛ; при охолодженні пива на 10 °С можна прийняти середнє орієнтовне значення $Q_0 = 4200$ кДж/гЛ.

Годинне теплове навантаження на охолоджуючу систему розраховують виходячи з умови, що охолодження здійснюють протягом 6 діб. При цьому, оскільки теплота при бродінні виділяється нерівномірно, при розрахунку вводять коефіцієнт нерівномірності. Таким чином, годинне теплове навантаження (кДж/год) на охолоджуючу систему становить:

$$q_{\text{ох}} = \frac{k_n V_p Q_{\text{пит}}}{24 \cdot n}, \quad (21.9)$$

де k_n - коефіцієнт нерівномірності, $k_n = 1.5$;

V_p - об'єм пива в апараті (тобто робоча місткість апарату), гЛ;

$Q_{\text{пит}}$ - питома кількість теплоти, що відводиться при головному бродінні від зброджуваного пива, кДж/гЛ; n - тривалість охолодження, діб.

Коефіцієнт теплопередачі K [Вт/(м²·К)] визначають за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (21.10)$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від стінки (поверхні теплопередачі) до холодоагента, Вт/(м²·К);

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від зброджуваного пива до стінки, Вт/(м²·К);

δ - товщина стінки, через яку здійснюється теплопередача, мм;

λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого виготовлена стінка Вт/(м·К).

Коефіцієнти тепловіддачі апаратів головного бродіння і доброджування визначають наступним чином.

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 від поверхні теплопередачі до холодоагенту визначається з формули залежності критеріїв Nu, Pr і Re:

$$\text{Nu} = 0.023 \cdot \text{Re}^{0.8} \cdot \text{Pr}^{0.4} \quad (21.11)$$

Підставляючи всі значення параметрів, що входять в критерії Рейнольдса і Прандтля в рівняння (8.11) і перетворивши його відносно коефіцієнта тепловіддачі α_1 , отримаємо таку залежність

$$\alpha_1 = \frac{B \cdot v^{0.8}}{d^{0.2}}, \quad (21.12)$$

де B - коефіцієнт, що включає в себе всі числові множники і теплофізичні характеристики холодоагенту, які входять у розрахунок критеріїв подібності (вибирається залежно від температури рідини);

v - швидкість руху теплоносія, м/с ($v = 0.05 \div 0.09$ м/с); - визначальний геометричний розмір, м.

Значення коефіцієнта B для води наведено в табл. 21.3.

Таблиця 21.3 - Значення коефіцієнта B

Середня температура води, °С	0	20	40	60
Значення коефіцієнта B для води	1430	1878	2314	2687

Коефіцієнт тепловіддачі α_2 [Вт/(м²·К)] від зброджуваного пива до поверхні теплопередачі визначають за емпіричною формулою:

$$\alpha_2 = 0.74 \cdot C (t_1 - t_2)^{1/4}, \quad (21.13)$$

де C - коефіцієнт пропорційності, що залежить від температури зброджуємого пива і поверхні теплопередачі;

t_1, t_2 - температура відповідно зброджуємого пива і поверхні теплопередачі, °С.

Значення коефіцієнта C наведено в табл. 21.4.

Таблиця 21.4 - Значення коефіцієнта C

$(t_1 + t_2) / 2$	2	4	6	8	10
C	125	150	170	185	204

Площу поверхні теплообміну розраховують за формулою:

$$F = \frac{q_{ох}}{K \cdot t_{сер}}, \quad (21.14)$$

де $t_{сер}$ - середня різниця температур.

21.2 Завдання до розрахунку

Розрахувати й спроектувати внутрішній об'єм, площу поверхні теплопередачі й площу поверхні охолодження змієвикового охолоджувача циліндроконічного бродильного апарата, якщо корисна місткість апарата $V_a = 200$ м³ /+ 250 х № студента в списку групи, дал/ коефіцієнт заповнення $\varphi = 0.85$, радіус апарата $R = 2$ м, половина кута при вершині нижнього конуса в $\beta = 37^\circ 30'$, половина кута при вершині верхнього конуса $\theta = 79^\circ$. Апарат виготовлений зі сталі, у ньому сушло зброджується із $B_n = 12$ % до $B_k = 5$ % сухих речовин. Охолодження при доброджуванні проводиться протягом $\tau = 6$ діб при коефіцієнті нерівномірності $k_n = 1.5$. Змієвик виготовлений з мідної труби зовнішнім діаметром $d_3 = 0.056$ м, внутрішнім діаметром $d_{вн} = 0.05$ м і товщиною стінки $\delta = 0.003$ м. Коефіцієнт теплопровідності міді $\lambda_m = 385$ Вт/(м·К). Коефіцієнт, що враховує температуру бродіння пива, $B = 1744$. Швидкість руху розсолу в змієвику $v = 0.05$ м/с. Початкова температура розсолу $t_{1p} = -5$ °С, кінцева $t_{2p} = 1$ °С. Початкова температура зброджуємого сушла $t_c = 14$ °С, кінцева температура молодого пива $t_{2c} = 1$ °С.

Контрольні питання

1. Описати будову класичних горизонтальних та вертикальних апаратів головного бродіння та доброджування.
2. Який коефіцієнт заповнення апаратів головного бродіння та доброджування?
3. Описати будову циліндро-конічного бродильного апарату.
4. Виходячи з яких параметрів процесу визначають кількість апаратів головного бродіння та доброджування?
5. В чому полягає конструктивний розрахунок бродильних апаратів

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗВАРЮВАННЯ СИРОВИНИ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета заняття: вивчення будови та принципу обладнання для розварювання сировини, набуття практичних навичок з розрахунку варильних апаратів та змішувачів безперервної дії.

22.1 Теоретичні відомості

Обладнання для розварювання подрібненої сировини підрозділяється на пристрої для приготування замісу і на апарати для його розварювання. Заміс в установках безперервного розварювання готується в основному в змішувачах-передрозварниках або вертикальних циліндричних змішувачах.

Вертикальний циліндричний змішувач (рис. 22.1) оснащений пропелерною мішалкою для змішування подрібненої сировини з водою.

Сировина подається в змішувач по патрубку, а вода - по трубі; для розпилення води в стінках труби розсвердлені отвори діаметром 2 мм. Кінець труби заглушений. Така подача покращує рівномірність змішування. Заміс підігрівається через змійовик. Рівень маси в змішувачі контролює електричний сигналізатор. Температура води, що подається в змішувач, не повинна перевищувати 45 °С, оскільки при вищій температурі в подрібненому продукті утворюються грудочки, які потім не проварюються. Розварювання відбувається в колонах першої та другої ступені, а також у трубчастих варильних апаратах (табл. 22.1)

Таблиця 22.1 - Технічна характеристика варильних колон и апаратів

Показник	Варильні колони				Трубчатий варильний апарат
	800	1200	1700	2500	
Продуктивність, дал/добу	800	1200	1700	2500	1700...2500
Ступінь	Перша	Друга	Перша	Друга	—
Діаметр, м	900	500	1300	800	0.148
Висота, м	6855	5625	7915	6880	—
Маса, кг	2800	800	5000	1642	—
Довжина вертикальних труб, м	—	—	—	—	64
Загальна місткість апарата, м ³	—	—	—	—	1.5

Варильна колона першого ступеня (рис. 22.2) зварна. Всередині кріпиться циліндрична труба: у верхній частині труби є розподільча воронка, в яку по патрубку подається підігрітий заміс. У нижню частину труби підводиться пара. Встановлення у колоні труби сприяє кращому перемішуванню маси.

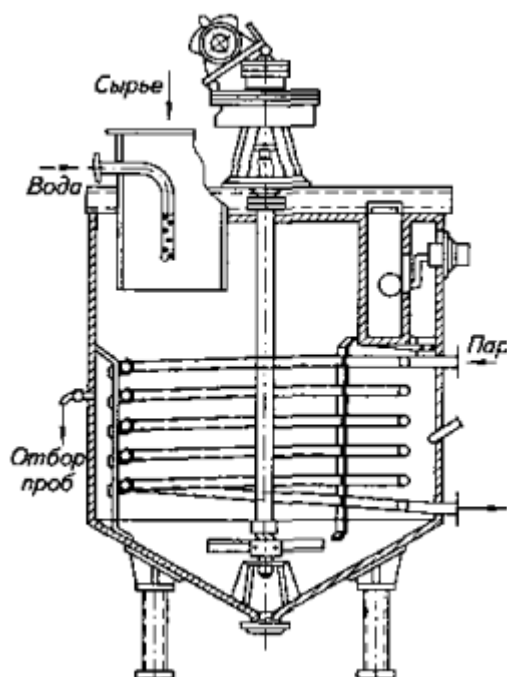


Рис. 22.1 - Вертикальний циліндричний змішувач

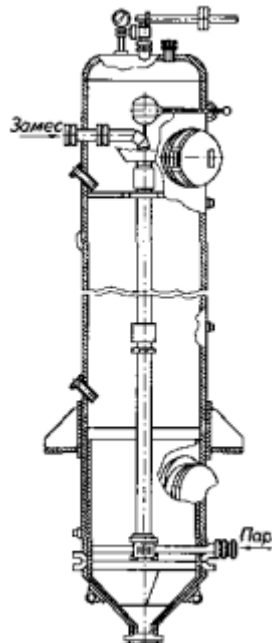


Рис. 22.2 - Варильна колона першого ступеня

Швидкісне розварювання відбувається в *трубчастих варильних апаратах* (рис. 22.3) з контактною головкою. Заміс підігрівається паром за допомогою контактної головки. Підігрітий заміс з контактної головки надходить у вертикальні труби апарату. Пару в апарат не підводять; за рахунок перепаду тисків маса в трубах переміщується до виходу, де тиск знижується. При цьому виділяється вторинна пара. При проходженні через діафрагми і сполучні переходи суміш, що складається з маси і пари, перемішується і диспергується.

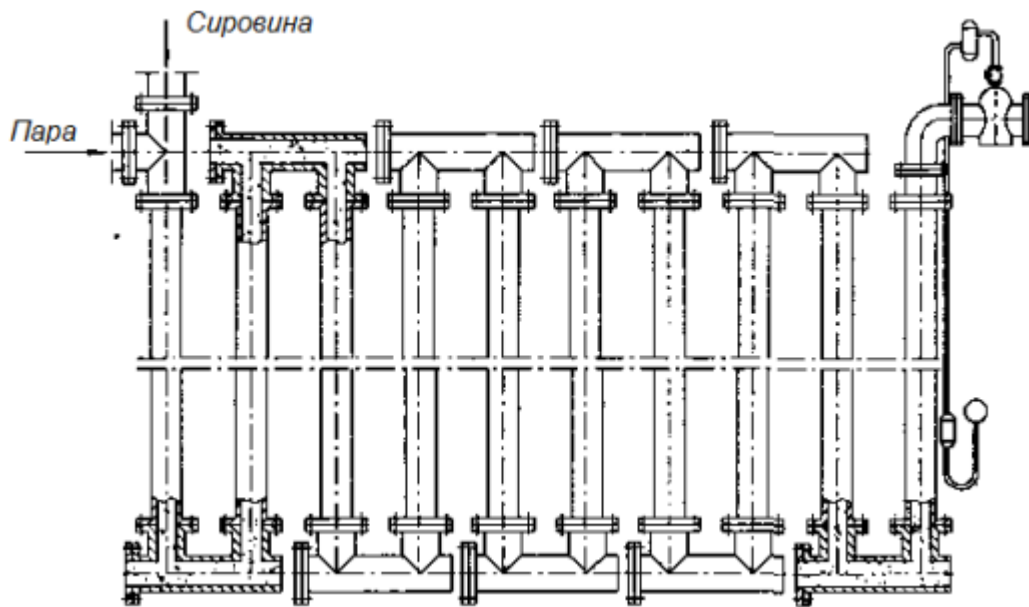


Рис.22.3 - Схема трубчастого варильного апарату

Трубчастий варильний апарат складається з контактної головки і батареї вертикальних труб, з'єднаних вгорі і внизу переходами, які прикріплені до вертикальних труб фланцями. У фланцевих з'єднаннях встановлені діафрагми. По ходу продукту діафрагми розбиті на чотири групи, у кожній групі по 6 діафрагм. Діафрагми кожної групи мають однаковий діаметр внутрішнього отвору: першої групи - 40 мм, другої - 45, третьої - 50, четвертої - 55 мм. Об'єм і швидкість суміші за діафрагмою збільшуються, що забезпечує диспергування маси. Тиск на виході з апарату регулюється клапаном.

22.2 Методика розрахунку варильних апаратів і змішувачів безперервної дії

Кількість замісу, що розварюється протягом години (кг):

$$G = \frac{G_{\text{ум}} \cdot m \cdot \rho_{\text{зам}}}{24}, \quad (22.1)$$

де $G_{\text{ум}}$ - умовна продуктивність заводу, дал/добу;

m - кількість замісу, $m = 0.133 \text{ м}^3/\text{дал}$;

$\rho_{\text{зам}} = 1100 \text{ кг/м}^3$.

Необхідна місткість варильного апарату (м^3):

$$V_{\text{ап}} = \frac{G \cdot \tau}{\rho_{\text{зам}} \cdot \varphi}, \quad (22.2)$$

де τ - тривалість розварювання, год, для колонного апарату $\tau = 0.66 \dots 0.74$; для трубчастого $\tau = 0.03 \dots 0.054$;

φ - коефіцієнт заповнення; для колонного апарату $\varphi = 0.75 \dots 0.8$; для трубчастого $\varphi = 0.32$.

Діаметр колони апарату або труб можна визначити з рівності:

$$G_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} v_p, \quad (22.3)$$

де G_p - витрати розварюємої маси, $\text{м}^3/\text{с}$;

v_p - швидкість руху розварюємої маси в апараті; для трубчастого апарату $v_p = 0.13$ м/с;

d - діаметр колони або труб, м.

Довжина (м) варильного апарату (висота колон або довжина труб):

$$L_{\text{ап}} = \frac{4 \cdot V_{\text{ап}}}{\pi \cdot d^2}. \quad (22.4)$$

Кількість теплоти, необхідної для розварювання маси (кДж/год),

$$Q = G \cdot c_m (t_2 - t_1), \quad (22.5)$$

де c_m - питома теплоємність маси, кДж/(кг·К); $c_m = 3.77$ кДж/(кг·К);

t_1 - початкова температура маси, що надходить на розварювання, °С;

t_2 - температура розварювання в апараті (для колонного апарату $t_2 = 140$ °С, для трубчастого $t_2 = 168$ °С).

Питомі витрати пари в контактній головці для підігрівання замісу до температури розварювання (кг/год):

$$D = \frac{Q}{i - i_k}, \quad (22.6)$$

де i - питома ентальпія пара, кДж/кг;

i_k - питома ентальпія конденсату, кДж/кг (для колонного апарату i_k приймається при температурі 140 °С, для трубчастого - при 168 °С).

Питомі витрати пари на розварювання (м /год):

$$D_{\text{п}} = D \cdot \gamma, \quad (22.7)$$

де γ - питомий об'єм пари, що надходить в контактну головку, м³/кг.

Швидкість виділення пари з отворів контактної головки (м/с):

$$v_{\text{п}} = 44.7 \cdot k_c \cdot \sqrt{i_1 - i_2}, \quad (22.8)$$

де k_c - коефіцієнт швидкості; $k_c = 0.9$;

i_1 - питома ентальпія пари при вході в отвір, кДж/кг;

i_2 - питома ентальпія пари при виході з отвору при температурі нагрівання маси, кДж/кг.

Сумарна площа отворів в контактній головці (м²):

$$\sum f = \frac{D_{\text{п}}}{3600 \cdot v_{\text{п}}}. \quad (22.9)$$

Число отворів при заданій площі її одного отвору:

$$z = \frac{\sum f}{f_0}. \quad (22.10)$$

Площа живого перерізу в головці для проходу маси (м²):

$$f_2 = \frac{G}{v_m \rho_{\text{зам}}}, \quad (22.11)$$

де v_m - швидкість руху маси в голівці, м/с; $v_m = 0.2 \dots 0.25$ м/с.

Тривалість перебування маси в контактній головці приймають рівною $1.0 \div 1.5$ с. Тривалість перебування замісу в змішувачах складає $10 \div 15$ хв при коефіцієнті заповнення $0.75 \div 0.8$.

Потужність, необхідна для роботи мішалки в змішувачі-передрозварнику у встановленому режимі без урахування опору зміювиків (кВт):

$$N = K_N \rho_c n_{\text{міш}}^3 d_{\text{міш}}^5, \quad (22.12)$$

де K_N - критерій потужності, що залежить від інтенсивності перемішування і характеризується критерієм Рейнольдса;

ρ_c - щільність середовища, кг/м^3 ;

$n_{\text{міш}}$ - частота обертання мішалки, с^{-1} ;

$d_{\text{міш}}$ - діаметр мішалки, м.

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_{\text{зам}} d_{\text{еф}}^2 \rho_{\text{зам}}}{\mu_{\text{зам}}}, \quad (22.13)$$

де $v_{\text{зам}}$ - швидкість руху замісу, м/с ;

$d_{\text{еф}}$ - ефективний діаметр трубопроводу, м;

$\rho_{\text{зам}}$ - щільність замісу, кг/м^3 ;

$\mu_{\text{зам}}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості замісу, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

З урахуванням збільшення потрібної потужності при пуску і через наявність в апараті допоміжних пристроїв (зміювик, поплавець сигналізатора рівня та ін) робоча потужність на валу мішалки (кВт):

$$N_p = \frac{k_1 k_2 (k+1)}{N}, \quad (22.14)$$

де k_1 - коефіцієнт, що враховує заповнення змішувача; $k_1 = H/D$ (H - висота шару рідини в змішувачі);

D_z - діаметр змішувача);

k_2 - коефіцієнт, що враховує збільшення потужності при пуску;

k - коефіцієнт, що враховує збільшення потужності за наявності в апараті допоміжних пристроїв.

22.2 Завдання до розрахунку

Установка для безперервного розварювання крохмалевмісної сировини повинна забезпечити вироблення 1650 дал безводного спирту в добу, або 68.75 дал/год. Згідно продуктового розрахунку для отримання зазначеної кількості спирту необхідно переробляти на годину $G_z = 1957$ кг пшениці вологістю $W=13\%$. Маса замісу, який отримується $G = 7826$ кг.

Заміс перед надходженням в контактну голівку розварника підігрівається вторинним паром до $t_3 = 85$ °С. У розварнику маса нагрівається до $t_2 = 165$ °С гострим паром тиском 0.85 МПа. Температура маси при виході з розварника $t_1 = 145$ °С, температура на вході в паросепаратор $t_{\text{пар}} = 111$ °С. Скласти тепловий розрахунок даної установки, якщо кількість сухих речовин в перероблюваній пшениці $G_c = 1702.6$ кг; кількість води в замісі $G_b = 6123.4$ кг; питома ентальпія пари $i = 2771.5$ кДж/кг; питома ентальпія конденсату $i_k = 691$ кДж/кг;

температура поверхні ізолюваних стінок апарату $t_{ст} = 50$ °С, температура повітря $t_{п} = 15$ °С, площа поверхні апарату $F_{ап} = 30$ м² /+ 0,35 x № студента в списку групи, м² /.

Контрольні питання

1. Описати конструкцію та принцип роботи вертикального циліндричного змішувача.

2. Описати конструкцію та принцип роботи варильної колони першого ступеня.

3. Описати конструкцію та принцип роботи трубчастого варильного апарату.

4. Які основні параметри визначають при розрахунку варильних апаратів?

Лабораторна робота №23

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ОЦУКРЮВАННЯ ЗАТОРІВ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії обладнання для охолодження та оцукрювання заторів, набуття практичних навичок з розрахунку обладнання для охолодження та оцукрювання заторів.

23.1 Теоретичні відомості

Змішування охолодженої маси з солодовим молоком та її оцукрення здійснюються в оцукрювачу.

Малогабаритний оцукрювач (рис. 23.1) являє собою циліндричний корпус з нижнім конічним днищем.

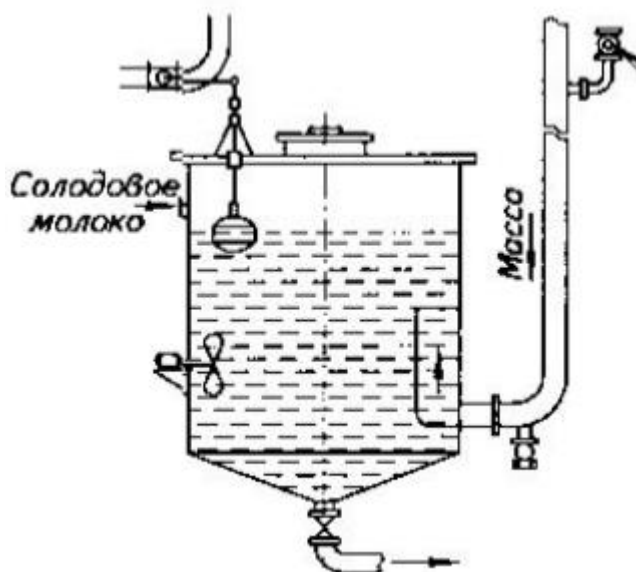


Рис. 23.1 - Оцукрювач

Маса перемішується мішалкою.

Солодове молоко подається дозатором.

Постійний рівень маси підтримується регулятором, що складається з поплавця і секторного дозатора.

Місткість оцукрювачу при вакуум- охолодженні розраховують, виходячи з тривалості перебування в ньому маси (5÷6 хв). Коефіцієнт заповнення приймають рівним 0.65. Відношення висоти до діаметра 1.2÷1.25. Місткість оцукрювача першого ступеня визначають з розрахунку перебування в ньому маси протягом 30÷60 хв. Коефіцієнт заповнення дорівнює 0,8. Мінімальна місткість оцукрювача першого ступеня складає 3м³. Площа поверхні теплообміну змійовика визначають з умови 4 м² на 1 м³ розвареної маси, що проходить за 1 год через оцукрювач. Швидкість води в змійовику 0.8÷1.0 м/с. Висоту циліндричної частини апарату приймають рівною 0.5 діаметра оцукрювача. У табл. 23.1 наведені розміри оцукрювачів в залежності від продуктивності заводу.

Таблиця 23.1 - Технічна характеристика оцукрювачів

Показник	Добова продуктивність заводу, дкл		
	1000	1500	2000
Кількість маси,	0.126	0.189	0.25
Місткість оцукрювача, м ³			
- загальна	1.1	1.6	2.1
- корисна	0.630	0.945	1.255
Розміри оцукрювача, мм:			
- діаметр	1050	1200	1300
- висота	1200	1500	1600
- діаметр люка	400	400	400
Необхідна потужність, кВт	1.0	1.5	1.9

Вакуум-випарник-оцукрювач першого ступеня (рис. 23.2) призначений для охолодження маси з $104 \div 105$ до $58 \div 62$ °С та її оцукрювання. Маса вводиться в апарат через патрубок 5, у цей же патрубок підводиться оцукрюваний агент. При вході в апарат маса сильно диспергується за рахунок виділення пари, що сприяє їх перемішуванню та рівномірному оцукрюванню. Маса по конусу 1 стікає вниз тонкою плівкою і потрапляє в воронку 4, з якої надходить на конус 3, аз нього в нижню частину вакуум-випарника- оцукрювача. Парогазова суміш по конусу 1 проходить до вивідного патрубку через відбійник 2 для сепарації зважених часток.

Діаметр випарної камери залежить від швидкості руху пари в ній, яка становить 1 м/с. Загальну висоту камери приймають рівною двом діаметрам. Стінки нижнього конуса камери мають кут нахилу 45°. Діаметр продуктової труби визначають, виходячи з швидкості руху в ній емульсії, що дорівнює $50 \div 60$ м/с. Швидкість руху маси в спусковій трубі не перевищує 1 м/с. Діаметр труби для відведення вторинної пари приймають на 25 мм більше діаметра продуктової труби.

Для конденсації парів, що надходять з випарної камери, застосовують конденсатори змішування (рис. 23.3). У корпусі конденсатора укріплені горизонтальні полиці з отворами, по яким зливається вода, що надходить зверху; пар надходить знизу. На полицях створюється деякий запас води, що забезпечує пом'якшення коливань вакууму при різких змінах навантаження.

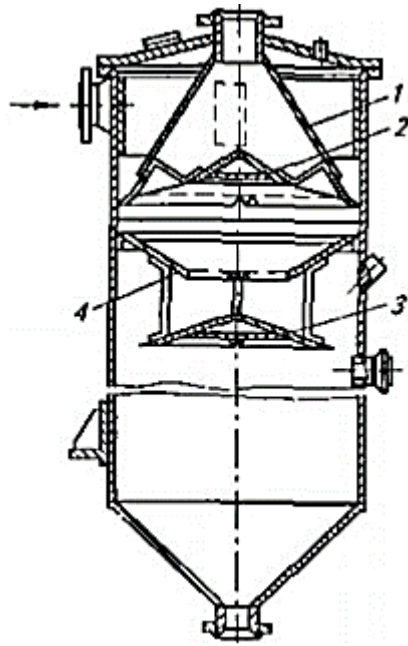


Рис. 23.2 - Вакуум-випарник-оцукрювач першого ступеня

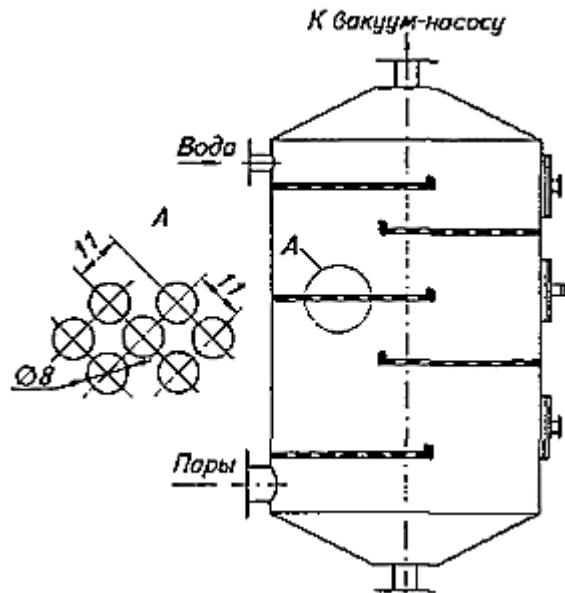


Рис. 23.3 - Конденсатор змішувач

Внизу до конденсатора приєднана барометрична труба для спуску води, остання служить одночасно гідравлічним затвором.

23.2 Методика розрахунку

23.2.1 Розрахунок установки для охолодження розвареної маси

Охолодження розвареної маси відбувається в результаті миттєвого падіння тиску, що створюється вакуум-насосом. За рахунок теплоти, що виділяється при охолодженні розвареної маси, випаровується деяка кількість води, і концентрація сухих речовин в масі зростає. Тепловий баланс цього процесу можна представити рівнянням (кількість теплоти, що виділяється при охолодженні маси, так само теплоті випаровування води):

$$G_M \cdot c \cdot t_1 - (G_M - D) \cdot c \cdot t_2 = D \cdot r \quad (23.1)$$

$$D = \frac{G_M \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{r - c \cdot t_2} \quad (23.2)$$

$$W = \frac{D(i - c_B t_6)}{c_B(t_6 - t_1)} \quad (23.3)$$

$$q = \frac{W}{D} \quad (23.4)$$

$$D_T = 0.000025 \cdot W + 0.008025 \cdot D \quad (23.5)$$

де G_M - початкова кількість розвареної маси, кг/год;

c_M - питома теплоємність маси, кДж/(кг·К),

$$c_M = 4.1868 - 0.0293 \cdot S, \quad (23.6)$$

де S - вміст сухих речовин в масі, мас. %;

t_{M1}, t_{M2} - температура маси відповідно до і після охолодження, °С;

D_{Π} - кількість пари, що утворюється за рахунок теплоти, яка виділяється масою, кг/год;

r - теплота випаровування води, кДж/кг.

З рівняння теплового балансу можна знайти кількість одержуваного пари (кг/год):

$$D_{\Pi} = G_M \frac{c_M(t_{M1} - t_{M2})}{r - c_M t_{M2}} \quad (23.7)$$

Якщо пару попередньо сконденсувати холодною водою, то для підтримування вакууму в паросепараторі необхідно затратити енергію на відстоювання неконденсуючих газів і підйом холодної води в конденсатор. Витрати холодної води на конденсацію пари можна розрахувати з рівняння теплового балансу:

$$D_{\Pi}(i - c_B t_K) = G_B c_B (t_{B2} - t_{B1}) \quad (23.8)$$

де i - ентальпія поступаючої пари, кДж;

c_B - питома теплоємність води, кДж/(кг·К);

t_{B1}, t_{B2} — відповідно початкова і кінцева температури води, °С;

G_B - витрати води, кг/год.

Оскільки в конденсаторі змішання $t_K = t_{B2}$ отримуємо витрати води:

$$G_B = \frac{D_{\Pi}(i - c_B t_{B2})}{c_B(t_{B2} - t_{B1})}. \quad (23.9)$$

Кількість відсмоктуваних неконденсуючих газів (кг/год) визначають за наступною емпіричною формулою:

$$G_{\text{пов}} = 0.001 \cdot (0.025 \cdot G_B + 10 \cdot D) \quad (23.10)$$

Температуру повітря (°С) визначають для протитокового конденсатора змішування по емпіричній формулі:

$$t_{\text{пов}} = t_{B1} + 0.1(t_{B2} - t_{B1}) + 4, \quad (23.11)$$

де t_{B1}, t_{B2} - температура води при вході в конденсатор і вихід з нього, С.

Парціальний тиск повітря в конденсаторі (Н/м²):

$$p_{\text{пов}} = p - p_{\text{п}}, \quad (23.12)$$

де p - загальний тиск у конденсаторі, Па;

$p_{\text{п}}$ - парціальний тиск водяної пари, Па.

Вважаючи, що неконденсуєчий газ - це повітря, обчислимо його об'єм ($\text{м}^3/\text{с}$) за рівнянням стану:

$$V_{\text{пов}} = \frac{G_{\text{пов}} R_{\text{пов}} (273 + t_{\text{пов}})}{p_{\text{пов}}}, \quad (23.13)$$

де $R_{\text{пов}}$ - газова стала повітря, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $R_{\text{пов}} = 29.27 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

Роботу, затрачену на відсмоктування повітря вакуум-насосом, можна уявити як роботу стиснення його від початкового до кінцевого тиску. Теоретичне значення роботи ($\text{Дж}/\text{м}^3$), що витрачається при адіабатичному стисненні повітря, можна обчислити за різницею ентальпії:

$$L_{\text{ад}} = i_2 - i_1, \quad (23.14)$$

де i_1 та i_2 - відповідно ентальпія пари до і після стиснення, $\text{кДж}/\text{кг}$, або за термодинамічною формулою

$$L_{\text{ад}} = \frac{k}{k-1} p_1 \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k}{k-1}} - 1 \right]. \quad (23.15)$$

Потужність, необхідна для відкачування повітря (кВт):

$$N_1 = \frac{L_{\text{ад}} G_{\text{пов}}}{1000}. \quad (23.16)$$

Для підйому холодної води в конденсатор буде потрібно потужність (кВт)

$$N_2 = \frac{G_{\text{в}} \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot H}{1000}, \quad (23.17)$$

де $\rho_{\text{в}}$ - густина води, $\text{кг}/\text{м}^3$;

H - висота підйому, м.

Таким чином, сумарна теоретична потужність, необхідна для відкачування повітря з конденсатора і підйому води в нього (кВт),

$$N = N_1 + N_2 \quad (23.18)$$

23.2.2 Розрахунок конденсатора змішування

При розрахунку конденсатора змішування визначають його розміри і витрати води. У випарній камері в результаті розрідження, створеного конденсатором і вакуум-насосом, оцукрена маса миттєво охолоджується. При цьому з неї випаровується деяка кількість води, яка у вигляді вторинної пари направляєється в конденсатор.

Тепловий баланс цього процесу виражається рівнянням:

$$G_{\text{м}} \cdot c \cdot t_1 - (G_{\text{м}} - D) \cdot c \cdot t_2 = D \cdot r. \quad (23.19)$$

Звідси кількість вторинної пари, що виділяється в випарній камері ($\text{кг}/\text{год}$):

$$D = \frac{G_M \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{r - c \cdot t_2}, \quad (23.20)$$

де G_M - кількість розвареної маси, що надходить в камеру, кг/год;
 c - питома теплоємність, кДж/(кг·К);
 t_1, t_2 - температура маси до і після розварювання, °С;
 r - прихована теплота пароутворення, кДж/кг.

Витрати води на конденсацію пари в конденсаторі (кг):

$$W = \frac{D \cdot (i - c_B t_6)}{c_B \cdot (t_6 - t_1)}, \quad (23.21)$$

де D - кількість пари, що надходить у конденсатор, кг/год;
 i - питома ентальпія пара, кДж/кг;
 c_B - питома теплоємність води, кДж/(кг·К);
 t_1 - температура води, що поступає, °С;
 t_6 - температура барометричної води, що йде з конденсатора, К.

Температуру t_6 приймають нижче температури поступаючої пари в стані насичення на 2- 3 °С. Питомі витрати води (кг/кг):

$$q = \frac{W}{D}. \quad (23.22)$$

Кількість неконденсованих газів визначають за емпіричною формулою (кг/год):

$$D_r = 0.000025 \cdot W + 0.008025 \cdot D. \quad (23.23)$$

Діаметр конденсатора d_k визначають з рівняння витрати пари (м):

$$D \cdot \gamma_{\text{п}} = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} v_{\text{п}} \cdot \varphi, \quad (23.24)$$

звідки

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot D \cdot \gamma_{\text{п}}}{\pi \cdot v_{\text{п}} \cdot \varphi}}, \quad (23.25)$$

де D - витрати пари через переріз конденсатора, кг/с;
 $\gamma_{\text{п}}$ - питомий об'єм сухої насиченої пари при температурі насичення, м³/кг;
 $v_{\text{п}}$ - допустима швидкість руху пари в конденсаторі, м/с; $v_{\text{п}} = 35 \div 55$ м/с;
 φ - коефіцієнт, що враховує вільний перетин конденсатора для проходу пари;
 $\varphi = 0,3 \div 0,33$.

Число полиць в конденсаторі 2 приймаємо рівним 6, відстань між полицями – 0.4d.

Діаметр барометричної труби (м):

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot (W + D)}{\rho \cdot v_6}}, \quad (23.26)$$

де v_6 - швидкість руху води в барометричній трубці, м/с; $v_6 = 10$ м/с.

23.3 Завдання до розрахунку

Завдання 1

Добова продуктивність спиртового заводу, який переробляє картоплю і зерно, 1000 дал / + 100х№ студента в списку групи, дал/ безводного спирту, межі охолодження розвареної маси з 102 до 62 °С, кількість перероблюваної картоплі 150 т/добу, кількість одержуваної з картоплі розвареної маси при вмісті в ній 21.4% сухих речовин 176 т/добу. Розрахувати установку для охолодження розвареної маси із застосуванням вакууму, якщо загальний тиск у конденсаторі $p = 21839 \text{ Па}$; парціальний тиск водяної пари $p_{\text{п}} = 3775 \text{ Па}$; потужність, необхідна для відкачування пари, 48.1 кВт, висота підйому холодної води в конденсатор $H = 10 \text{ м}$, щільність води $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Завдання 2

Визначити геометричні розміри конденсатора, якщо питомий об'єм сухої насиченої пари при 62 °С дорівнює 7.043 м³/кг, по барометричній трубці стікає 2.41 л/с води і 0,167 л/с конденсату пари; швидкість руху води 1 м/с; тиск у конденсаторі 21839 Па.

У конденсаторах поличному-каскадного типу вільний розтин для проходу пари приймають зазвичай рівним 1/3 загальної площі поперечного перерізу

Швидкість пари в конденсаторах коливається в межі 35 м/с / + 1.25х№ студента в списку групи, м/с/.

Контрольні питання

1. Описати конструкцію та принцип роботи малогабаритного оцукрювача.
2. Описати конструкцію та принцип роботи вакуум-випарника-оцукрювача.
3. Методика розрахунку установки для охолодження розвареної маси.
4. Методика розрахунку конденсатора змішувача.

Лабораторна робота №24

РОЗРАХУНОК БРОДИЛЬНОГО АПАРАТУ СПИРТОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета заняття: вивчення будови та принципу апаратів для бродіння, набуття практичних навичок з розрахунку бродильних апаратів спиртового виробництва.

24.1 Теоретичні відомості

Бродильний апарат (рис. 24.1) являє собою циліндричну ємність із конічними днищами. Усередині апарата змонтований змієвик 1 зі сталевих труб діаметром 51 ÷ 76 мм для відведення теплоти, що виділяється при бродінні маси. Маса подається через штуцер 4, дріжджі - через штуцер 3. Вуглекислота, що виділяється при бродінні, відводиться через патрубок 5.

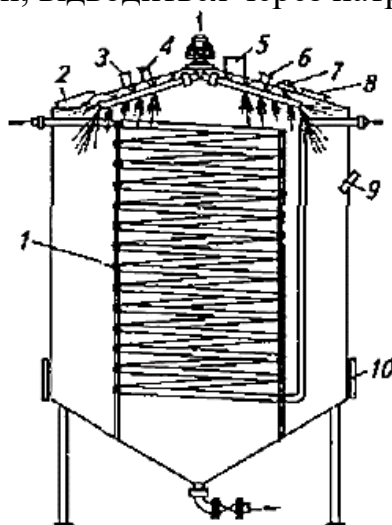


Рис. 24.1 - Схема бродильного апарату

Для огляду і ремонту апарат забезпечений люками 2 і 10. За процесом бродіння спостерігають через оглядове вікно 8 за допомогою світильника 7. Термометри встановлюють в гільзи 9. До штуцера 4 підключають гідрозатвор, який запобігає утворенню вакууму при пропарюванні апарату. При безперервно-потоківому способі бродіння на переточних трубах встановлюють дисковий затвор, за допомогою якого апарат відключається від батареї для миття та дезінфекції. Конструкція затвора запобігає застою бражки, що забезпечує стерильність процесу бродіння.

24.2 Методика розрахунку бродильного апарату

При періодичному способі бродіння місткість бродильного апарату визначають з умови його заповнення протягом 7 ÷ 8 год. Конструктивні розміри апарату визначають за формулами:

$$H = (1.2 \div 1.5) \cdot d_{\text{ап}}; \quad (24.1)$$

$$h_1 = (0.15 \div 0.3) d_{\text{ап}}; \quad (24.2)$$

$$h_2 = (0.1 \div 0.125) d_{\text{ап}}. \quad (24.3)$$

де H - висота циліндричної частини апарату, м;

h_1 та h_2 відповідно днища і кришки апарату, м;

$d_{\text{ап}}$ - діаметр апарату, м.

Коефіцієнт заповнення апарату приймають рівним 0.85. Переточні труби в апараті, починаючи з третьої, кріплять на різних рівнях по висоті таким чином, що відстань між місцями закріплення труб двох будь-яких сусідніх апаратів складає 100 мм. Апарат встановлюють на металевих стійках, висота від підлоги до днища 0.8 ÷ 1.2 м.

Теплове навантаження на один апарат в період головного бродіння (Вт):

$$Q = Q_1 - (Q_2 + Q_3), \quad (24.4)$$

де Q_1 - загальна кількість теплоти, що виділяється протягом 1 год в період інтенсивного головного бродіння, Вт (при зброджуванні 1 кг мальтози виділяється 171 Вт);

Q_2 - витрати теплоти в навколишнє середовище стінками апарата, Вт;

Q_3 - витрати теплоти внаслідок випаровування і виносу парів діоксиду вуглецю, Вт; $Q_3 = 0.06 Q_1$.

Коефіцієнт тепловіддачі від зброджуємої маси до стінки змійовика α_1 через неможливість його точного розрахунку приймають орієнтовно рівним 699 Вт/(м·К). При турбулентному русі води в змійовику коефіцієнт тепловіддачі від стінки змійовика до води [Вт/(м·К)]:

$$\alpha_2 = 0.23 \left(\frac{\lambda}{d_3} \right) Re^{0.8} Pr^{0.4} \left(1 + 1.77 \frac{d_3}{R} \right), \quad (24.5)$$

де λ - теплопровідність зброджуємої маси, Вт/(м·К);

d_3 - внутрішній діаметр труби змійовика, м;

R - радіус кривизни змійовика, м (приймають рівним 0,8 радіуса бродильного апарату).

Загальна довжина труб змійовика (м):

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ср}}}, \quad (24.6)$$

де $d_{\text{ср}}$ - середній діаметр труби змійовика, м.

Довжина одного витка (м) змійовика діаметром:

$$l = \sqrt{(\pi \cdot d_3)^2 + H}. \quad (24.7)$$

Загальне число витків:

$$z = L/l. \quad (24.8)$$

Витрати теплоти за допомогою випромінювання (Вт):

$$Q_{\text{випр}} = C_{1-2} \cdot \varphi \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (24.9)$$

де C_{1-2} - коефіцієнт випромінювання, що залежить від ступеня чорноти і взаємного розташування випромінюючих поверхонь, Вт/(м²·К⁴);

φ - кутовий коефіцієнт;

F - площа поверхні випромінювання, м²;

T_1, T_2 - абсолютні температури поверхонь відповідно більш нагрітого і менш нагрітого тіл, К.

При визначенні коефіцієнта випромінювання C_{1-2} необхідно брати до уваги наступне: якщо апарат, що має площу поверхні випромінювання F_1 , знаходиться всередині приміщення з площею поверхні випромінювання F_2 то кутовий коефіцієнт $\varphi = 1$, а в розрахункове рівняння підставляють значення площі поверхні апарату ($F = F_1$):

$$C_{1-2} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_q} \right)}, \quad (24.10)$$

де C_1 - коефіцієнт випромінювання стінок апарату, $C_1 = \varepsilon_1 \cdot C_q$;

C_2 - коефіцієнт випромінювання поверхонь стін приміщення; $C_2 = \varepsilon_2 \cdot C_q$;

C_q - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла; $C_q = 5.7 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К);

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - відповідно степені чорноти поверхонь апарату і стін приміщення; якщо відношення площ випромінюючих поверхонь F_1/F_2 дуже мало, то коефіцієнт випромінювання C_{1-2} можна прийняти рівним C_1 .

Поверхню нагрітого апарату втрачає теплоту в навколишнє середовище не тільки випромінюванням, але і конвекцією. Загальна втрата теплоти (Вт):

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_{ст} - t_{пов}), \quad (24.11)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі за допомогою випромінювання і конвекції, Вт/(м²·К);

$t_{ст}$ - температура стінок апарату під час бродіння;

$t_{пов}$ - температура повітря в приміщенні.

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі при розрахунку витрати теплоти для апаратів, що знаходяться в приміщенні і мають температуру стінок не вище 150°C,

$$\alpha = 9.74 + 0.07 \cdot \Delta t, \quad (24.12)$$

де Δt - різниця температур поверхні стінки апарату та навколишнього повітря.

24.3 Завдання до розрахунку

Розрахувати витрати теплоти сталевим герметичним апаратом, встановленим в неопалюваному приміщенні бродильного відділення, якщо площа поверхні стінок, днища і кришки бродильного апарату $F_{ап} = 170 \text{ м}^2 / + 2.5x$ № студента в списку групи, м²/; температура стінок апарату під час бродіння $t_{ст} = 27^\circ\text{C}$; температура повітря в приміщенні $t_{пов}$.

Контрольні питання

1. Описати конструкцію та принцип роботи бродильного апарату спиртового бродіння.
2. З якою метою встановлюють гідрозатвор на апаратах бродіння?
3. Навести формули визначення основних конструктивних параметрів бродильних апаратів.
4. Навести тепловий баланс бродильного апарату.

ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО І ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ БРАГОПЕРЕГІННОГО АПАРАТУ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії брагоперегінних апаратів, набуття практичних навичок по визначенню матеріального і теплового балансів брагоперегінного апарату.

25.1 Теоретичні відомості

На рис. 25.1 представлена схема одноколонного брагоперегонного апарату, який включає колону, двохбарабаний дефлегматор з горизонтальними трубками і холодильник для спирту комбінованого типу. Колона складається з двох частин: верхньої-спиртової і нижньої - бражного. Верхня трубчаста частина холодильника служить для конденсації водно- спиртових парів, що надходять з дефлегматора; нижня змієвикова частина холодильника - для охолодження конденсату.

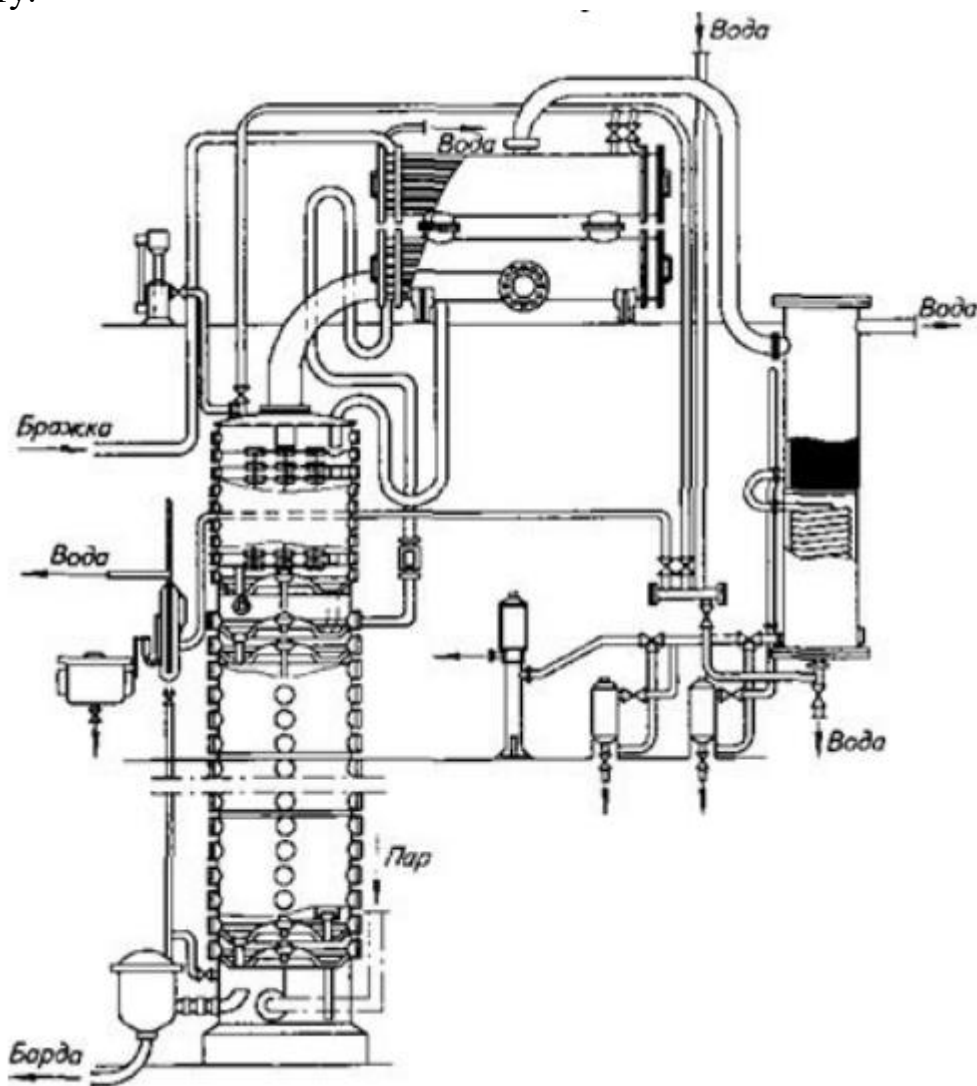


Рис. 25.1 - Схема одноколонного брагоперегонного апарату

Бражку насосом прокачують через трубки дефлегматора, де вона підігрівається теплотою пара, що конденсується в дефлегматорі. Підігріта

бражка надходить на верхню тарілку бражного колони. Гріюча пара надходить у нижню частину бражної колони. Кількість її регулюють за допомогою манометричного парового регулятора.

Виснажена бражка відводиться через бардяний поплавковий регулятор. Вміст спирту в барді, що відходить, контролюється пробним холодильником. З бражної колони пари спирту потрапляють у верхню спиртову колону. На тарілках цієї колони вони зміцнюються і надходять у дефлегматор. Флегма, що утворена у дефлегматорі, направляють на верхню тарілку спиртової колони; Незконденсовані пари надходять у холодильник, де конденсуються і охолоджуються, утворюючи спирт-сирець.

Технічна характеристика одноколонної брагоперегінної установки наведена в табл. 25.1.

Таблиця 25.1 - Технічна характеристика одноколонної брагоперегінної установки

Продуктивність при переробці бражки міцністю 7.5 об. %, дал / добу	500
Режим роботи бражної колони: надлишковий тиск, МПа	До 0.05
середня температура, 6С	100
Маса установки, кг	9566
Діаметр колони (внутрішній), мм	700
Висота колони, мм	8240
Загальне число тарілок	27
В тому числі в зміцнювальній частині:	
Багатоковпачкові	7
Сітчасті	2
У виснажній частині однокковпачкові	18
Дефлегматор двохбарабанный:	
діаметр (внутрішній) барабана, мм	600
довжина, мм	3465
загальна площа поверхні теплообміну, м ²	32
маса, кг	495
Холодильник спирту:	
діаметр (внутрішній), мм	600
висота, мм	3806
Площа поверхні охолодження, м ² :	
трубної частини	20
змієвикової частини	5
Маса дефлегматора, кг	1037

Вихідними даними для розрахунку брагоперегонного апарату служать його продуктивність, вміст спирту в бражці та в спирту-сирці. Для розрахунку цих показників спочатку визначають число тарілок в апараті, діаметр і висоту колон, діаметр штуцерів для підведенні пара, бражки, відведення парів спирту-сирцю і барди. Витрати пари і води визначають тепловим розрахунком. Для

перевірки елементів апарату на міцність здійснюють механічний розрахунок деталей апарату.

25.2 Методика розрахунку

Якщо одноколонний апарат (без флегматора і холодильника) розглядати як деяку замкнену систему, то можна скласти його матеріальний та тепловий баланс (табл.25.2 і табл.25.3).

Таблиця 25.2 - Матеріальний баланс

Прихід			Витрати		
Продукт	Стан	Призначення	Продукт	Стан	Призначення
Бражка	Рідина	$G_{бр}$	Пари спирту - сирцю	Пара	D
Гріюча пара	Пара	$G_{п}$	Пари флегми	Пара	$D_{ф} = \Phi \cdot D$
Флегма	Рідина	$G_{ф} = \Phi \cdot D$	Барда при обігріві відкритою парою	Рідина	$G_{бр.ос} + G_{к} = G_{бар}$

тут $G_{бр.ос}$ - залишок після перегонки бражки; $G_{к}$ - конденсат гріючої пари; $G_{бар}$ - барда.

Таблиця 25.3 - Тепловий баланс

Стаття приходу	Формула для розрахунку	Стаття витрат	Формула для розрахунку
Теплота, внесена бражкою	$Q_1 = G_{бр} \cdot c_{бр} \cdot t_{бр}$	Теплота, що виноситься сирцем	$Q_4 = D \cdot i_{д}$
Теплота, внесена парою	$Q_2 = G_{п} \cdot i_{п}$	Теплота, що виноситься парою флегми	$Q_5 = \Phi \cdot D \cdot i_{д}$
Теплота, внесена флегмою	$Q_3 = G_{ф} \cdot c_{ф} \cdot t_{ф}$	Витрати теплоти в навколишнє середовище	$Q_6 = (G_{бр.ос} + G_{к}) \cdot c_{бар} \cdot t_{бар}$ $Q_7 = 10\%$

тут $c_{бар}$ і $c_{ф}$ - теплоємність бражки і флегми, кДж/(кг·К); $t_{бр}$ і $t_{ф}$ - температура бражки і флегми °С; $i_{п}$ та $i_{д}$ - повна ентальпія гріючої пари і сирцю (дистиляту), кДж/кг; $t_{бар}$ - температура барди, °С.

Рівняння матеріального балансу буде мати наступний вигляд:

$$G_{бр} + G_{п} + G_{ф} = D + D_{ф} + G_{бар} . \quad (25.1)$$

Оскільки $G_{п} = G_{к}$, то

$$G_{бр} = D + G_{бр.ос} . \quad (25.2)$$

Теплоємність барди визначають з рівняння Г. М. Знам'янського:

$$c_{бар} = 4.187 (1 - 0.00378 V_{бар}), \quad (25.3)$$

де $V_{бар}$ - вміст сухих речовин в барді, мас. %.

Витрати теплоти в навколишнє середовище на 100 кг бражки складають для неізолюваної колони 2100 кДж, для ізолюваної 840 кДж.

За допомогою наведених в балансах даних складемо рівняння теплового балансу:

$$G_{бр} \cdot c_{бр} \cdot t_{бр} + G_{п} \cdot i_{п} + G_{ф} \cdot c_{ф} \cdot t_{ф} = D \cdot i_{д} + \Phi \cdot D \cdot i_{д} + (G_{бр.ос} + G_{к}) \cdot c_{бар} \cdot t_{бар} + Q_7. \quad (25.4)$$

У цьому рівнянні невідомі D , $G_{к}$, і $G_{бр.ос}$. Ми маємо два рівняння матеріального і теплового балансу з трьома невідомими. Може бути складено і третє рівняння з тими ж невідомими:

$$G_{бр} \cdot x_{бр} = D \cdot x_{д} (G_{к} + G_{бр.ос}) \cdot x_{бар}, \quad (25.5)$$

де $x_{бр}$, $x_{д}$, $x_{бар}$ - концентрація спирту відповідно в бразі, спирті-сирці і барді, мас. %.

Вирішуючи спільно ці три рівняння, знайдемо D , $G_{к}$, і $G_{бр.ос}$.

25.3 Завдання до розрахунку

Визначити кількість пари $G_{п}$, що надходить у колону, і кількість барди $G_{бар}$ при концентрації спирту в бражці 7 мас. %, температура її кипіння при нормальному тиску $t_{кип} = 93.35 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $c_{бр} = 3.98 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$. Концентрація спирту на живильній тарілці 8 мас. % (3.29 мол.%), температура її кипіння $92.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, концентрація етанолу у водно-спиртових парах, що виділяються на живильній тарілці, 47.6 мас.% (26.21 мол.%), коефіцієнт надлишку пара $\beta = 1.05$. Витрати теплоти в бражній колоні 840 кДж. Температура бражки, що надходить у колону $t_{ср} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ /+ 0,25х№ студента в списку групи, $^{\circ}\text{C}$ /.

Контрольні питання

1. Описати схему одноколонного брагоперегонного апарату.
2. Методика розрахунку одноколонного брагоперегонного апарату.
3. Що є вихідними даними для розрахунку брагоперегонного апарату?
4. Навести рівняння матеріального балансу одноколонного брагоперегонного апарату.
5. Навести рівняння теплового балансу одноколонного брагоперегонного апарату.

РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ВОДИ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії обладнання для кондиціонування води, набуття практичних навичок з розрахунку фільтр-преса.

26.1 Теоретичні відомості

Для приготування напоїв використовують бактеріально чисту, прозору воду загальної жорсткістю не більше 1.426 г-екв/м. Кондиціонування води досягається шляхом відстоювання, коагуляції, фільтрування, пом'якшення, бактерицидного опромінення

Фільтрацію і відстоювання проводять в піскових фільтрах для видалення з води зважених частот. Пісочний фільтр марки ФВ-М2 (рис 26.1) являє собою циліндричний резервуар з конічним днищем і сферичною кришкою. У середині фільтра встановлено дві решітки, з яких нижня служить опорою для завантаженого гравію і піску, а верхня - для розподілення струменя води. Для очищення води з регенерацією застосовують фільтри типу ФВРМ, що фільтрують шар під тиском (табл. 26.1).

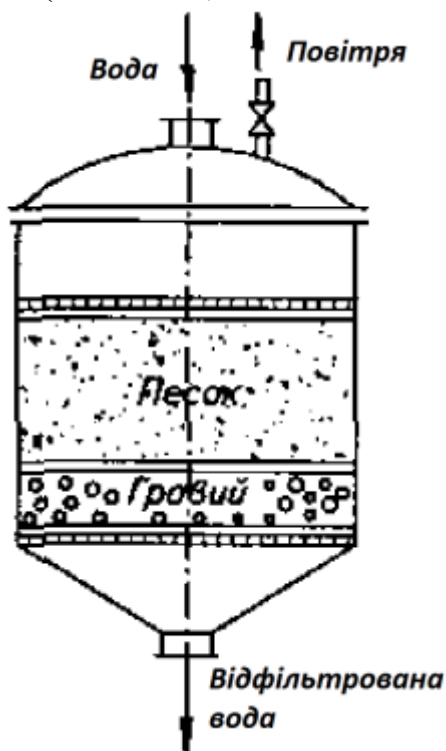


Рис. 26.1 - Пісочний фільтр марки ФВ-М2

Вода, що підлягає тонкому очищенню у фільтр-пресі (рис. 26.2), рухається по каналу і через спеціальні отвори в перегородках надходить в фільтрувальні камери. Фільтруюча перегородка (фільтрувальний картон) укладено на ребристі рами. Фільтрат проходить через перегородку та попадає між ребер в порожнину рам, звідки через отвори в нижній перегородці відводиться в загальний збірний

Таблиця 26.1 - Технічна характеристика піскових фільтрів

Показник	ФВ-М2	ФВРМ
Продуктивність, м ³ /год	1.0	2.5
Робочий тиск, МПа	0.02 ÷ 0.03	0.05
Висота фільтруючого шару, м	0.75	0.7 ÷ 0.8
Об'єм фільтруючої маси, м ³	0.80	0.95
Періодичність промивання, діб ⁻¹	0.14	1 - 2

Вода, що підлягає тонкій фільтрації в керамічному свічковому фільтрі ФК-2М, подається у фільтр через нижній патрубок під тиском. Очищена вода, пройшовши через пори керамічної свічки, збирається у внутрішній порожнині фільтруючого елемента, звідки по верхньому патрубку направляється у виробничий блок Показники роботи фільтр-пресів і керамічного свічкового фільтра наведено в табл. 26.2.

Таблиця 26.2 - Технічна характеристика фільтрів для тонкого очищення води

Показник	Фільтр-преси	ФК-2М
Продуктивність, м ³ /ч	3 ... 9	2.5
Робочий тиск, МПа	0.25	0.2 ... 0.25
Число фільтруючих рам	45 ... 60	37
Площа поверхні елементів фільтрування, м ²	6 ... 19.5	1.75

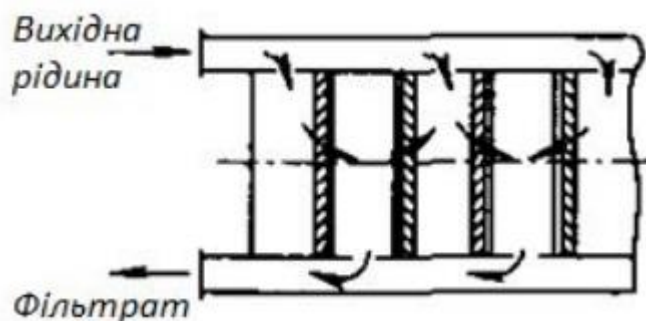


Рис. 26.2 - Схема фільтр-пресу

Жорсткість води значно погіршує якість напоїв, тому що солі, що містяться в ній, нейтралізують кислоту, утворюючи осад. Для іонообмінного пом'якшення води застосовують катіоніт (глауконіт, сульфовугілля, синтетичні іонообмінні смоли), Na-катіонітових фільтрів (рис. 26.3) являє собою вертикальну ємність циліндричної форми, в нижній частині якого укладено декілька шарів кварцового піску, над якими розміщений шар катіоніту.

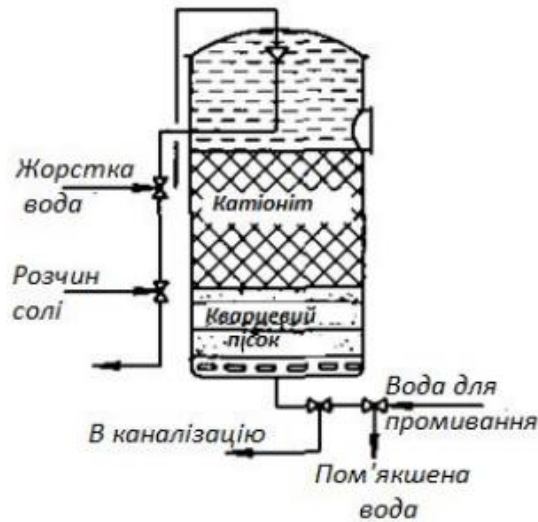


Рис. 26.3 - Схема Na-катионітового фільтра

Робота катионітових фільтрів полягає в періодичному пом'якшенні води, розпушуванні катионіту і регенерації фільтра 10%-ним розчином кухонної солі.

26.2 Методика розрахунку фільтр-преса

Швидкість фільтрування води (м/с) з утворенням осаду на фільтруючій перегородці фільтр-преса:

$$v_{\phi} = v_{\Pi} \left(1 + 2 \cdot k_{\phi} \cdot v_{\phi}^2 \cdot \tau_{\phi} \right)^{-0.5}, \quad (26.1)$$

де v_{Π} - початкова швидкість фільтрування, м / с;

k_{ϕ} - константа фільтрування, год/м²;

τ_{ϕ} - тривалість фільтрування, год.

Початкова швидкість фільтрування (м / с):

$$v_{\Pi} = \frac{p}{\mu \cdot R}, \quad (26.2)$$

де p - тиск, Па;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості, Па с;

R - загальний опір фільтруючої перегородки, м⁻¹.

Максимальна продуктивність фільтра (м³/год)

$$Q_{max} = \frac{F_{\phi}}{2 \cdot \sqrt{k_1 + \tau_d + k_2 V_{ум}}}, \quad (26.3)$$

де F_{ϕ} - площа поверхні фільтрування, м ;

k_1, k_2 - фільтрування і промивання, год/м³;

τ_d - допоміжний час, год;

$V_{ум}$ – умовний об'єм фільтрату, що відповідає опору фільтруючої перегородки, м³/м² ;

$$V_{ум} = \frac{R}{r_{ос} m_{ос}}, \quad (26.4)$$

де R - питомий опір осаду, м/кг;

m_{oc} - кількість твердої фази осаду, віднесена до одиниці об'єму фільтрату, кг/м³.

$$k_1 = b_1 + b_2; \quad (26.5)$$

$$k_2 = 2 \cdot b_1 + b_2; \quad (26.6)$$

$$b_1 = \frac{\mu \cdot r_{oc} \cdot m_{oc}}{2 \cdot p \cdot 3600}; \quad (26.7)$$

$$b_2 = \frac{\mu \cdot r_{oc} \cdot m_{oc} \cdot V_1 \cdot n_c^2}{A \cdot p \cdot 3600}, \quad (26.8)$$

де V_1 - об'єм вологого осаду, відноситься до м³ фільтрату, м³/м³;

$$V_1 = \frac{m_{oc}}{\rho_{oc} \cdot c_2}, \quad (26.9)$$

де ρ_{oc} - густина сухого осаду, кг/м³;

c_2 - концентрація сухої речовини в осаді, кг/кг;

m_{oc} - число одночасно промиваємих шарів осаду;

$$A = \frac{k_{пр}}{\ln(B_{п}/B_{к})}, \quad (26.10)$$

де A - константа;

$k_{пр}$ - константа промивання;

$B_{п}$, $B_{к}$ - початкова та кінцева концентрації розчиненої речовини в промивній рідині, %.

26.3 Завдання до розрахунку

Визначити необхідну кількість фільтр-пресів для тонкої очистки $Q = 2.5$ м³/год водної суспензії, товщину осаду в рамі фільтру, а також тривалість фільтрування і промивання, якщо тиск $p = 3.5 \cdot 10^{-4}$ Па, питомий опір осаду $r = 0.9 \cdot 10^{-12}$ м/кг, густина фільтрованої водної суспензії $\rho_{\phi} = 1050$ кг/м³, густина сухого осаду $\rho_{oc} = 2500$ кг/м³, коефіцієнт динамічної в'язкості фільтрованої води $\mu = 1.25 \cdot 10^{-3}$ Па·с, концентрація сухої речовини у водній суспензії $c_1 = 0.1$ кг/кг і в осаді $c_2 = 0.9$ кг/кг, число одночасно промиваємих шарів осаду $n_c = 2$, початкова концентрація розчинної речовини в промивній рідині $B_{п} = 5\%$, кінцева $B_{к} = 0.1\%$, константа промивання $k_{пр} = 3$, опір фільтруючої перегородки $R = 1.065 \cdot 10^{10}$ м⁻¹, площа поверхні фільтрування $F_{\phi} = 50$ м² /+ 0,5 x № студента в списку групи, м /, допоміжний час $\tau_d = 0.5$ год.

Контрольні питання

1. Яким чином досягається кондиціонування води?
2. Описати будову та принцип роботи пісочного фільтру.
3. Описати будову та принцип роботи фільтр-пресу для тонкої очистки води.
4. Описати схему роботи Na-катіонітового фільтра.
5. Які основні параметри підлягають при розрахунку фільтр-преса?

РОЗРАХУНОК АПАРАТІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ КУПАЖНОГО СИРОПУ

Мета заняття: вивчення будови та принципу дії апаратів для приготування купажного сиропу, набуття практичних навичок з розрахунку сироповарильних та колероварильних апаратів.

27.1 Теоретичні відомості

Для приготування купажного сиропу періодичним способом застосовують сучасні емальовані сироповарильні апарати різних конструкцій: відкриті і з кришкою, з мішалками і без них. Типовий сироповарильний апарат (рис. 27.1) являє собою циліндричну ємність зі сферичним днищем, покритий зсередини склоемаллю, зі сферичною або плоскою кришкою. Апарати (табл. 27.1) оснащені паровою сорочкою і витяжним пристроєм.

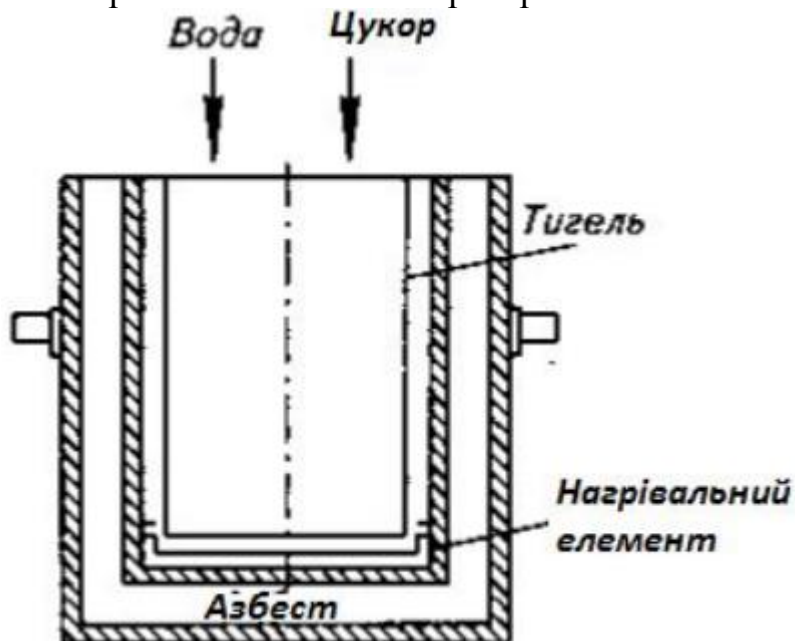


Рис. 27.1 - Сироповарильний апарат

Сироповарильний апарат працює за наступним циклом: набір води (5 ÷ 10 хв), нагрівання води до 60 °С (10 ÷ 15 хв), внесення цукру (5 ÷ 10 хв), нагрівання суміші до 105 °С (15 ÷ 20 хв), кип'ятіння суміші при 105 °С (30 хв), спорожнення апарату (10 хв).

Місткість сироповарильного відділення розраховують на добові витрати цукрового сиропу. Число сироповарильних апаратів:

$$n_{\text{ап}} = \frac{G_{\text{доб.ц}}}{\rho_{\text{ц}} V_{\text{ап}} z_{\text{ап}} \cdot \varphi}, \quad (27.1)$$

де $G_{\text{доб.ц}}$ - добові витрати цукру, кг;

Таблиця 27.1 - Технічна характеристика сироповарильних апаратів

Тип	Місткість, м ³		Тиск пари, МПа		Габаритні розміри, м		Потужність електро-двигуна, кВт
	повна	корисна	в корпусі	в рубашці	діаметр	висота	
ВВМ-50	0.076	0.05	0.3	0.3	0.76	1.56	0.6
ВВМ-100	0.114	0.10	0.5	0.3	0.94	1.90	0.6
ВВМ-150	0.244	0.15	0.3	0.3	1.03	1.90	0.6
ВВМ-250	0.361	0.25	0.3	0.3	1.05	2.09	1.7
ВВМ-500	0.808	0.50	0.3	0.3	1.30	2.40	1.7
ВВМ-1000	1.358	1.00	0.3	0.3	1.45	2.55	1.7
ВВМ-1500	1.810	1.50	0.3	0.3	1.53	2.90	1.7

$\rho_{\text{ц}}$ - кількість цукру в 1 м³ цукрового сиропу, який містить 64% сухих речовин, кг/м³;

$V_{\text{ап}}$ - місткість апарату;

$z_{\text{ап}}$ - оборотність сироповарильного апарату;

φ - коефіцієнт заповнення.

Безперервно діючі сироповарильні станції типів ОНС та ШСК дозволяють механізувати й автоматизувати процес приготування цукрового сиропу (табл. 27.2)

Таблиця 27.2 - Технічна характеристика сироповарильних станцій безперервної дії

Показник	ОНС	ШСК
Продуктивність, кг / год	400	2000
Витрати, кг/год:		
цукру	257	1200
води	150	800
лимонної кислоти	0.32	1.2
Площа поверхні нагріву, м ²	-	4.1
Тиск пари, МПа	0.3	0.6
Частота обертання вала мішалки, с ⁻¹	0.41	0.40
Потужність електродвигуна, кВт	2.8	5.5

Станція представляє собою безперервнодіючий розчинник для цукру й лимонної кислоти, забезпечений мішалкою. Корпус розчинника обладнаний сорочкою, яка обігривається паром. Тривалість роботи станції (год):

$$\tau_{\text{ст}} = \frac{G_{\text{доб.ц}} \rho_{\text{сир}}}{\rho_{\text{ц}} G_{\text{сир}}}, \quad (27.2)$$

де $\rho_{\text{сир}}$ - густина цукрового сиропу, сироповарильної станції, кг/м³.

$G_{\text{сир}}$ - продуктивність сироповарильної станції, кг/год.

Колер, який використовують у якості барвника багатьох безалкогольних напоїв, готують у колероварильних апаратах з електричним обігрівом (рис. 27.2). Апарат являє собою циліндр, всередину якого завантажено інший циліндр, простір між ними заповнений азбестом. На днище внутрішнього циліндра укладені нагрівальні елементи. Маса в апараті переміщується переносною мішалкою.

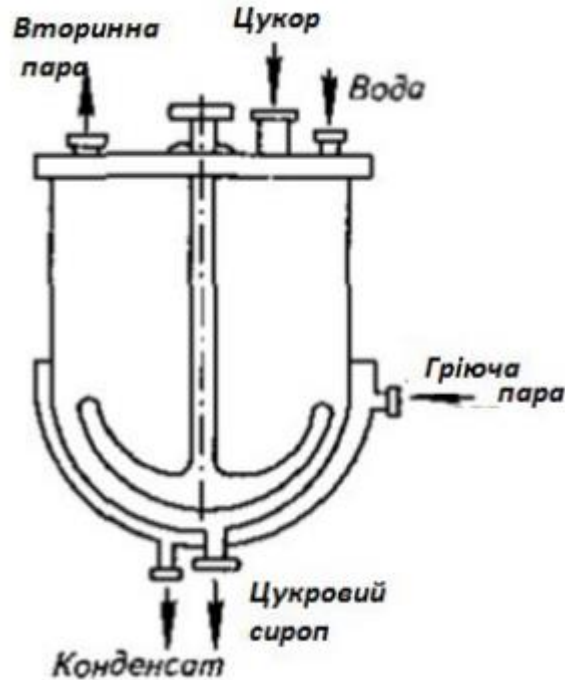


Рис. 27.2 - Колероварильний апарат

Цукровий сироп змішують з іншими компонентами, що входять до складу купажного сиропу (соками, настоянками, барвниками і т. п.), в купажних апаратах місткістю від 1 до 6.3 м³. Число купажних апаратів:

$$n_{\text{ап}} = \frac{\sum K_{\text{зм}} \cdot k_{\text{м}}}{V_{\text{ап}} z_{\text{ап}}}, \quad (27.3)$$

де $\sum K_{\text{зм}}$ - змінні витрати купажу для всього асортименту, м³;

$k_{\text{м}}$ - коефіцієнт, що враховує запас місткості; $k_{\text{м}} = 1.1$;

$V_{\text{ап}}$ - повна місткість одного апарату, м³,

$z_{\text{ап}}$ - оборотність купажного апарату.

$$z_{\text{ап}} = \frac{\tau_{\text{зм}}}{\tau_{\text{ап}}}, \quad (27.4)$$

де $\tau_{\text{зм}}$ - тривалість роботи купажного апарату в зміну, год;

$\tau_{\text{ап}}$ - тривалість роботи купажного апарату, год.

27.2 Методика розрахунку

27.2.1 Методика розрахунку сироповарильного апарату

Матеріальний баланс сироповарильного апарату можна представити в наступному вигляді:

$$G_{\text{сир}} = G_{\text{в}} + G_{\text{ц}} - W_{\text{в}}, \quad (27.5)$$

де $G_{\text{сир}}$ - кількість цукрового сиропу після випаровування, кг;

$G_{\text{в}}$ - кількість залитої в апарат води, кг;

$G_{\text{ц}}$ - кількість засипаного цукру, кг;

$W_{\text{в}}$ - кількість води, випареної при приготуванні цукрового сиропу, кг.

Кількість води, випареної при приготуванні сиропу, визначають, виходячи з того, що кількість цукру при варці залишається постійною, а змінюється лише концентрація сиропу:

$$\frac{G_{\text{сир.п}} B_{\text{п}}}{100} = \frac{(G_{\text{сир.п}} - W_{\text{в}}) B_{\text{к}}}{100}, \quad (27.6)$$

де $G_{\text{сир.п}}$ - кількість цукрового сиропу до випарювання, кг ($G_{\text{сир.п}} = G_{\text{в}} + G_{\text{ц}}$);

$B_{\text{п}}$ і $B_{\text{к}}$ - відповідно початкова та кінцева концентрації цукрового сиропу, %.

Розрахункова кількість випарюємої при кип'ятінні води:

$$W_{\text{в}} = G_{\text{сир.п}} \left(1 - \frac{B_{\text{п}}}{B_{\text{к}}} \right). \quad (27.7)$$

Тепловий баланс сироповарильного апарата можна представити в наступному вигляді:

$$G_{\text{ц}} c_{\text{ц}} t_{\text{ц}} + G_{\text{в}} c_{\text{в}} t_{\text{в}} + G_{\text{ап}} c_{\text{ап}} t_{\text{ап}} + D \cdot i = (G_{\text{ц}} - G_{\text{в}}) c_{\text{сир}} t_{\text{сир}} + W_{\text{в}} i_{\text{в}} + G_{\text{ап}} c_{\text{ап}} t_{\text{к}} + D \cdot c_{\text{в}} t_{\text{кд}} + Q_{\text{вт}}, \quad (27.8)$$

де $G_{\text{ап}}$ - маса апарату, кг;

$c_{\text{ц}}$, $c_{\text{в}}$, $c_{\text{ап}}$, $c_{\text{в}}$ - питома теплоємність цукру, води, металу апарату і сиропу, кДж/(кг·К);

D - витрати граючої пари, кг;

$t_{\text{ц}}$, $t_{\text{в}}$, $t_{\text{ап}}$, $t_{\text{к}}$, $t_{\text{сир}}$, $t_{\text{кд}}$ - температура відповідно цукру, води, стінок апарату до початку варки та після її закінчення, температура сиропу і конденсату, °С;

i , $i_{\text{в}}$ - питомі ентальпії грючої і вторинної пари, кДж/кг;

$Q_{\text{вт}}$ - витрати теплоти апаратом, кДж.

Питома теплоємність цукру:

$$c_{\text{ц}} = 1.1618 + 0.00356 \cdot t_{\text{ц}}. \quad (27.9)$$

Питома теплоємність цукрового сиропу

$$c_{\text{сир}} = c_{\text{в}} - (2.512 - 0.0075 t_{\text{сир}}) \cdot B_{\text{к}}. \quad (27.10)$$

Витрати пари на одну варку сиропу

$$D = \frac{G_{\text{ц}}(c_{\text{сир}} t_{\text{сир}} - c_{\text{ц}} t_{\text{ц}}) + G_{\text{в}}(c_{\text{сир}} t_{\text{сир}} - c_{\text{в}} t_{\text{в}}) + W_{\text{в}}(i_{\text{в}} - c_{\text{сир}} t_{\text{сир}}) + \frac{G_{\text{ап}} c_{\text{ап}} (t_{\text{к}} - t_{\text{ап}})}{(100 + Q_{\text{вт}})/100}}{i - c_{\text{в}} t_{\text{кд}}} \quad (27.11)$$

27.2.2 Методика розрахунку колероварильного апарату

Колер варять у колероварильному апараті $\tau = 6 \div 8$ год при температурі карамелізації цукру $t_{\text{кар}} = 200^\circ\text{C}$. Готовий колір охолоджують до $t = 60^\circ\text{C}$ і розбавляють водою до вмісту сухих речовин $B = 80\%$. Витрати теплоти на одну варку колера (кДж):

$$Q = G_{\text{ц}}c_{\text{ц}}(t_{\text{кар}} - t_{\text{ц.п}}) + G_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{кир}} - t_{\text{ц.п}}) + G_{\text{с}} \cdot r + G \cdot r_{\text{п.ц}} + Q_{\text{втр}}, \quad (27.12)$$

де $G_{\text{ц}}$ - кількість цукру, що завантажується в апарат, кг;

$c_{\text{ц}}$ та $c_{\text{в}}$ - питома теплоємність цукру та води, кДж/(кг·К);

$t_{\text{кар}}$ - температура карамелізації цукру, °С;

$t_{\text{ц.п}}$ та $t_{\text{в.п}}$ - початкова температура відповідно цукру та води, °С;

$G_{\text{в}}$ - кількість води, що витрачається на одну варку, кг; $G_{\text{в}} = 0.02 \cdot G_{\text{ц}}$;

$t_{\text{кип}}$ - температура кипіння води в апараті, °С;

$r_{\text{п.ц}}$ - теплота плавлення цукрози, кДж/кг;

r - питома теплота пароутворення води, кДж/кг;

$Q_{\text{втр}}$ - витрати теплоти в навколишнє середовище, %.

Витрати електроенергії на одну варку колер (кВт):

$$N = \frac{Q \cdot k_3}{3600}, \quad (27.13)$$

де k_3 - коефіцієнт запасу витрати електроенергії, що враховує зміну напруги струму в мережі і форсований режим роботи апарату; $k_3 = 1.1$.

Довжина дроту нагрівального елемента (м):

$$l = \frac{\pi \cdot d^2 U}{4 \cdot \rho_1 \cdot I} + 2 \cdot l_0, \quad (27.14)$$

де d - діаметр дроту, м;

U - робоча напруга струму в мережі, В;

ρ_1 - питомий опір дроту, Ом·м;

I - сила струму, А;

l_0 - довжина вільних кінців дроту для монтажу, м.

27.3 Завдання до розрахунку

Завдання 1

Розрахувати і спроектувати сироповарильний апарат з паровим обігрівом і якірної мішалкою, якщо він призначений для приготування $V_{\text{сир}} = 0.1 \text{ м}^3 / + 0.05x$ № студента в списку групи, м^3 / сиропу густиною $\rho_{\text{сир}} = 1316.3 \text{ кг/м}^3$, кінцева маса якого $G_{\text{сир}} = 131.63 \text{ кг}$, початкова концентрація $B_{\text{п}} = 60\%$ і кінцева $B_{\text{к}} = 65\%$. Вологість цукрового піску $W_{\text{ц}} = 0.15\%$, при варінні випаровується $q_{\text{вип}} = 5\%$ води. Коефіцієнт заповнення апарату $\varphi = 0.7$. Температура цукру $t_{\text{ц}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, початкова температура води $t_{\text{в}} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$; температура сиропу $t_{\text{сир}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, температура стінок апарату до початку варки і після її закінчення відповідно $t_{\text{п}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ і $t_{\text{к}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, температура конденсату $t_{\text{кд}} = 99.1 \text{ }^\circ\text{C}$. Питома теплоємність води $c_{\text{в}} = 4.19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$, питома теплоємність стали $c_{\text{ап}} = 0.522 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$. Ентальпія гріючої пари $i = 2716 \text{ кДж/кг}$ (при надлишковому тиску $p = 0.245 \text{ МПа}$), ентальпія вторинної пари $i_{\text{в}} = 415.29 \text{ кДж/кг}$. Частота обертання мішалки $n_{\text{міш}} = 1 \text{ с}^{-1}$, зовнішній та внутрішній діаметри лопаті мішалки $d_3 = 0.54 \text{ м}$ і $d_{\text{вн}} = 0.25 \text{ м}$, ККД приводу мішалки $\eta = 0.75$. Витрати теплоти апаратом $Q_{\text{п}} = 5\%$. Маса апарату $G_{\text{ап}} = 180 \text{ кг}$.

Завдання 2

Розрахувати колероварильний апарат з електрообігрівом, якщо витрати цукру на одну варку $G_{\text{ц}} = 100 \text{ кг} / + 10 \text{ №}$ студента в списку групи, кг/, витрати води $G_{\text{в}} = 2 \text{ кг}$, початкова температура цукру і води $t_{\text{ц}\cdot\text{п}} = t_{\text{в}\cdot\text{п}} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$, температура карамелізації цукру $t_{\text{кар}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$, температура кипіння води в апараті $t_{\text{кип}} = 99.1 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплота плавлення цукрози $r_{\text{п.ц}} = 36.84 \text{ кДж/кг}$, прихована теплота пароутворення води $r = 2259.2 \text{ кДж/кг}$. Витрати теплоти в навколишнє середовище $Q_{\text{втр}} = 15\%$. Діаметр ніхромового дроту нагрівального елемента $d = 0.002 \text{ м}$, питомий опір дроту $\rho_1 = 1.3 \cdot 10^6 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, довжина вільних кінців $l_0 = 0.5 \text{ м}$. Робоча напруга струму в мережі $U = 220 \text{ В}$, сила струму $I = 10 \text{ А}$. Середній діаметр спіралі $D_{\text{сп}} = 0.25 \text{ м}$, крок намотування спіралі $S = 0.003 \text{ м}$, питома теплоємність води $c_{\text{в}} = \text{кДж(кг}\cdot\text{К)}$.

Контрольні питання

1. Описати будову та принцип роботи сироповарильного апарату.
2. Описати будову та принцип роботи колероварильного апарату.
3. Описати тепловий баланс сироповарильного апарату.
4. Методика розрахунку колероварильного апарату.

РОЗРАХУНОК ЕКСТРАКЦІЙНОГО АПАРАТУ

Мета заняття: ознайомитися з будовою та принципом роботи екстракційного апарату, оволодіти методикою його розрахунку.

28.1 Теоретичні відомості

У лікєро-горілчаному виробництві екстракцію застосовують для отримання соків, морсів і т. п.

За конструктивними особливостями апарати для екстракції (табл. 28.1) поділяють на апарати: періодичної дії з механічним перемішуванням фаз; з нерухомим шаром твердого матеріалу, через який фільтрується суцільна (рідка) фаза; безперервної дії з механічним транспортуванням і змішуванням фаз (з перемішуванням мішалками, шнековими, лопатевими, ковшовими, стрічковими, ланцюговими, конвеєрними і вібраційними пристроями); з гідравлічним або газовим (пневматичним) транспортом твердої фази.

Таблиця 28.1 - Технічна характеристика апаратів для екстракції

Показник	АМЕ-30	АМЕ-100	АМЕ-1000
Продуктивність (об'єм завантаження), л	30	100	1000
Габаритні розміри, мм	1400x600x500	2100x600x700	5130x680x1830
Маса, кг	200	340	594
Потужність, кВт	1	1.4	0.74

Типовий екстрактор періодичної дії (рис. 28.1) являє собою ємність, у якій твердий матеріал і розчинник (екстрагент) перемішуються за допомогою механічної мішалки.

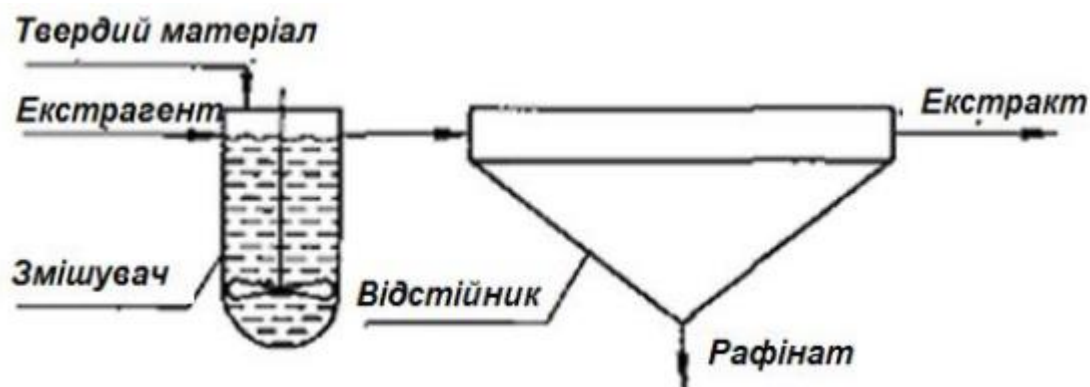


Рис. 28.1 - Схема екстрактора з механічною мішалкою

Після закінчення процесу екстракт відводиться з апарату, після чого тверда фаза видаляється з апарату.

28.2 Методика розрахунку

Екстракція в системі тверде тіло - рідина складається з двох стадій: молекулярної дифузії всередині твердого тіла і масовіддачі до рідкої фази, що знаходиться в контактi з твердим тілом. Поле концентрації всередині твердого

тіла і в навколишній рідині змінюється в часі або по довжині апарату. Для встановлення поля концентрацій, за допомогою якого можна з'ясувати всі кількісні закономірності процесу, необхідні для технічних розрахунків, використовують узагальнені критеріальні рівняння виду

$$\frac{C_0 - \bar{C}}{C_0 - C'_0} = f\left(\frac{l_1}{R}; \frac{l_2}{R}; \frac{l_3}{R}; Fo'; Bi'; \chi\right) \quad (28.1)$$

або

$$\frac{C_0 - \bar{C}}{C_0 - C'_0} = f\left(\frac{l_1}{R}; \frac{l_2}{R}; \frac{l_3}{R}; Pe'; Bi'; \chi\right), \quad (28.2)$$

де C_0 і C - середні масові концентрації екстрагуємої речовини у твердій фазі на початку і в кінці процесу екстракції;

C'_0 - масова частка екстрагуємої речовини в рідкій фазі на початку процесу екстракції;

χ - відношення кількості рідини W до кількості твердого тіла N що знаходяться в контакті;

l/R - відносний розмір;

Bi' - дифузійний критерій Біо;

Fo' - дифузійний критерій Фур'є;

Pe' - дифузійний критерій Пеклі.

Дифузійний критерій Фур'є:

$$Fo' = \frac{D \cdot \tau}{R^2}, \quad (28.3)$$

де τ - тривалість екстракції, год;

D - коефіцієнт дифузії, m^2/c .

Нижче наведені (табл. 28.1) значення коефіцієнта дифузії $D \cdot 10^9$ (m^2/c) деяких речовин у водно-спиртовій 50...70 об. %. При температурі 20 °С.

Таблиця 28.1 - Значення коефіцієнта дифузії

Найменування	Значення коефіцієнта дифузії $D \cdot 10^9$ (m^2/c)
Альбумін	0.0088
Лимонна кислота	0.57
Винна кислота	0.62
Сахароза	0.37

Відношення кількості рідини кількості твердого тіла N

$$\chi = \frac{C_0 - \bar{C}}{C'_0 - C'_k} = \frac{W}{N}. \quad (28.4)$$

Періодичний замкнутий процес, який проводиться в апаратах з мішалкою при виготовленні соків і морсів в лікєро-горілчаному виробництві, є типовим нестационарним процесом, при якому концентрація екстрагуємого компонента

у твердих частках протягом усього періоду екстракції зменшується, а в рідині зростає. Цей процес характеризується критеріальним рівнянням:

$$\frac{C_{\infty}-C}{C_{\infty}-C_0} = 0,87 \cdot 10^{-2} \cdot (Fo')^{-0.5} (Re_M)^{-0.315} (Pr')^{0.2}, \quad (28.5)$$

де C_0, C, C_{∞} - масові концентрації екстрагуємої речовини при $\tau = 0, \tau > 0$ та $\tau = \infty$;

Re_M - критерій Рейнольдса для перемішування:

$$Re_M = \frac{n_{\text{міш}} d_{\text{міш}}^2}{\nu}, \quad (28.6)$$

де n - частота обертання мішалки, с^{-1} ;

$d_{\text{міш}}$ - діаметр лопатей мішалки, м;

ν - кінематична в'язкість, м/с.

Дифузійний критерій Прандтля:

$$Pr' = \frac{\nu}{D}. \quad (28.7)$$

Підставимо дифузійний критерій Фур'є Fo в рівняння, ліву його частину позначимо E і виразимо у відсотках:

$$E = \frac{C_{\infty}-C}{C_{\infty}-C_0} 100 \quad (28.8)$$

$$E = 0.87 \left(\frac{D \cdot \tau}{R_{\text{ч}}^2} \right) (Re_M)^{-0.315} (Pr')^{0.2}. \quad (28.9)$$

Тоді тривалість екстракції:

$$\tau = \left(\frac{0.87 \cdot R_{\text{ч}}}{E} \right)^2 \frac{(Pr')^{0.4}}{D \cdot (Re_M)^{0.63}}. \quad (28.10)$$

Робочий об'єм апарату (м³):

$$V_p = \frac{G_{\text{ап}} \tau'}{\rho_{\text{пр}}}, \quad (28.11)$$

де $G_{\text{ап}}$ - продуктивність апарату, кг/год;

τ' - тривалість циклу роботи екстрактора з урахуванням завантаження і вивантаження;

$\rho_{\text{пр}}$ - густина продукту, кг/м³.

Об'єм робочої ємності (м³):

$$V_{\text{ем}} = 0.78 \cdot D_{\text{ап}}^2 \cdot H_{\text{ап}}, \quad (28.12)$$

де $D_{\text{ап}}$ - діаметр апарату, м;

$H_{\text{ап}}$ - корисна висота апарату, м.

При рівності висоти апарату його діаметру місткість ємності (м³):

$$V_{\text{ем}} = 0.78 \cdot D_{\text{ап}}^3. \quad (28.13)$$

28.3 Завдання до розрахунку

Розрахувати розміри екстрактора періодичної дії для екстракції речовини з твердого тіла, якщо відомо, що масова частка екстрагуємої речовини $C_0 = 9.2\%$; $C_1 = 0$; коефіцієнт дифузії $D = 1.8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{год}$; кінематична в'язкість $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; радіус частинки $R_c = 2 \text{ мм}$; густина продукту $\rho_{\text{пр}} = 1100 \text{ кг/м}^3$, продуктивність апарату $G_{\text{ап}} = 100 \text{ кг/год} / + 10 \times \text{№ студента в списку групи, кг/год/}$ при $C = 8.9\%$; діаметр лопатей мішалки $d_{\text{міш}} = 1.5 \text{ м}$, частота обертання мішалки $n_{\text{міш}} = 0.5 \text{ с}^{-1}$; відношення корисної висоти до діаметра апарату $H/D_{\text{ап}} = 1$.

Контрольні питання

1. Описати схему та принцип роботи екстрактора з механічною мішалкою.
2. Описати механізм екстракції в системі тверде тіло – рідина.
3. Навести основні розрахункові формули визначення конструктивних параметрів екстрактора

РОЗДІЛ 3. МАШИНИ БОРОШНЯНОГО І КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА

Лабораторная робота №29

МАШИНИ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ДОМІШОК ІЗ ЗЕРНА ОСНОВНОЇ КУЛЬТУРИ

Мета роботи: Вивчити призначення, будову і роботу технологічного обладнання для видалення домішок її зерна основної культури.

29.1 Теоретичні відомості

Процес механічного поділу сипких матеріалів на фракції, що відрізняються геометричними ознаками і фізичними властивостями, називають сепаруванням. Машина, які застосовують для цього процесу, називають ситовими сепараторами.

Сепаратори А1-БІС і А1-БІС-100 - це плоскі похилі сита, що здійснюють коливні і поступальний рух у горизонтальній площині. Сита встановлені в два яруси один над одним і утворюють просту технологічну схему: схід верхнього сита - великі домішки ІІ, схід нижнього сита - зерно, а прохід - дрібні домішки ІІІ.

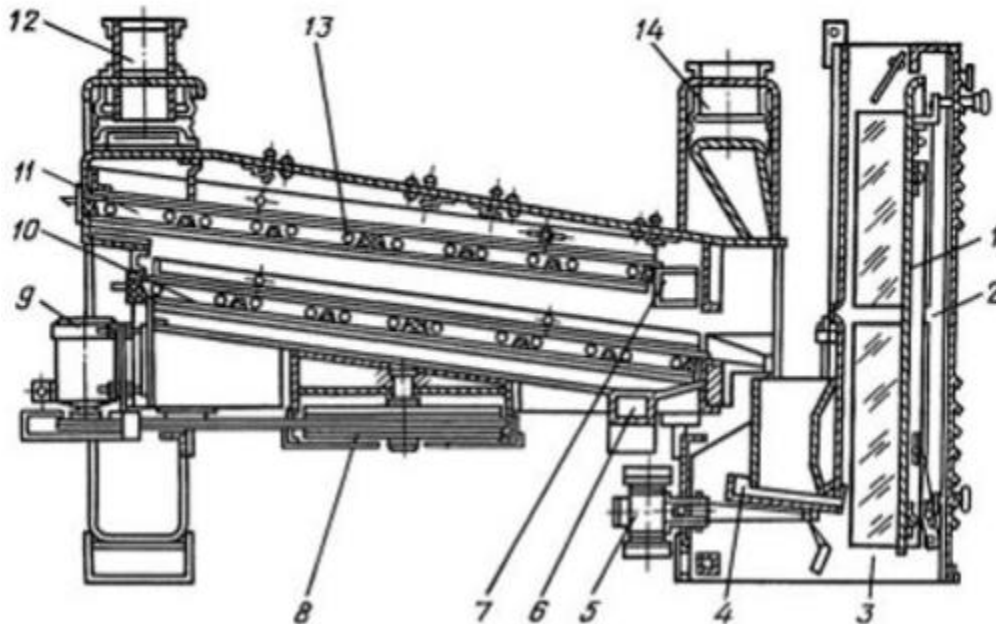
У зерноочисних відділеннях борошномельних заводів установлюють сепаратори продуктивністю 12 і 16 т/год, в яких використовують сортувальні сита з довгастими отворами розміром 4.25*25 мм, орієнтовані в перпендикулярних напрямках. Підсівні сита мають отвір діаметром 2 мм. Ситові пристрої, як правило, працюють у комплексі з пневмосепарувальними каналами, тому зернова суміш розділяється не тільки за розмірами, а й за аеродинамічними властивостями.

Сепаратор типу А1-БІС-12 складається з двосекційного ситового корпусу, підвішеного до станини на гнучких підвісках, і вертикального пневмосепаруючого каналу. У корпусі сепаратора А1-БІС-12 (рис. 29.1) встановлені висувні рами з сортувальними 11 і підсівними 10 ситами, які зафіксовані ексцентриковими механізмами. Ситові рами поздовжніми і поперечними брусками розділені на комірки, в кожній з яких г по дві гумові кульки 13, які призначені для очищення сит.

На передній стінці ситового корпусу встановлений електродвигун 9, який та допомогою клинопасової передачі приводить в обертання шків 8 з дебалансним вантажем, що забезпечує круговий поступальний рух ситового корпусу. У верхній частині станини встановлено приймальний патрубок 12 для надходження вихідного зерна і патрубок 14 для підключення до аспіраційної мережі. Очищене зерно виходить через випускний канал 3. Для виведення великих домішок служить лотік 7, для дрібних - лотік 6. З боку схової частини корпусу встановлено пневмосепаруючий канал 2 з вібрототком 4, який призначений для подачі зерна в канал.

Для найбільш ефективного виділення легких домішок в пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібрототка,

величину вильоту його в канал, величину вихідної щілини і швидкість повітряного потоку (положенням рухомої стінки 1) у верхній і нижній частинах каналу, а також витрату повітря.



1 - рухома стінка, 2 - пневмосепаруючий канал; 3 - випускний канал, 4 - віброрізок, 5 - вібратор, 6, 7 - лотки, 8 - шків, 9 - електродвигун; 10 - підсівні сита; 11 - сортувальні сита, 12 - приймальний патрубок; 13 - гумова кулька; 14 - патрубок для аспірації.

Рис. 29.1 - Сепаратор А1-БІС-12

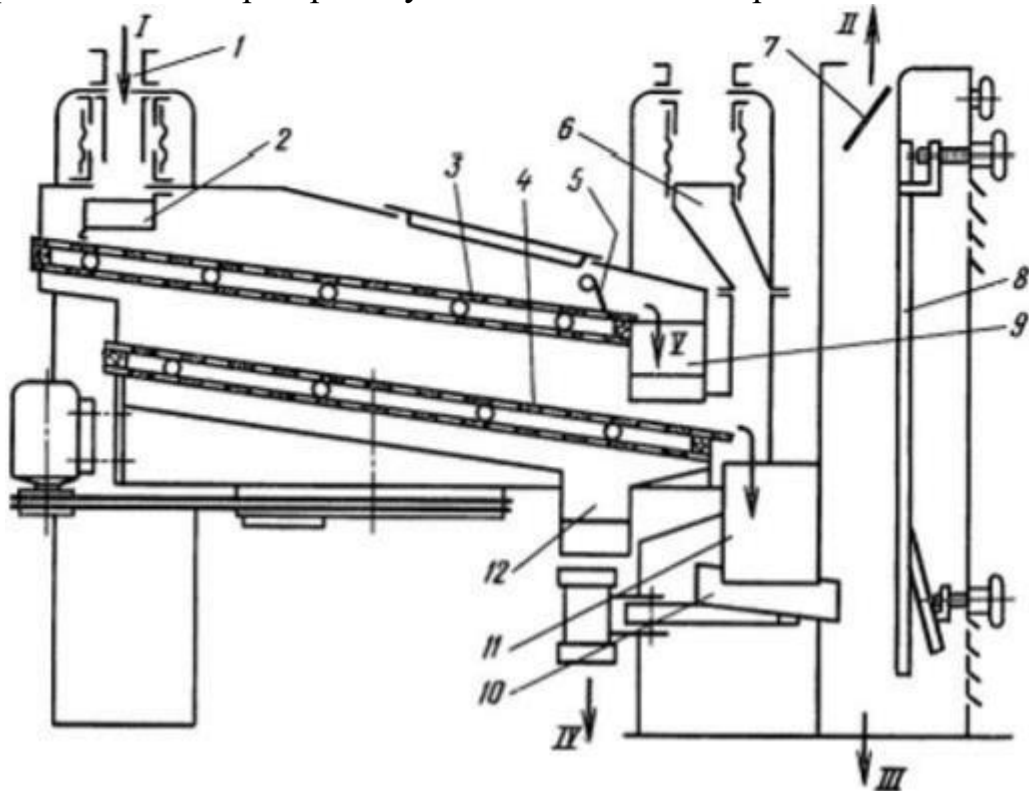
Принцип роботи сепараторів наступний (рис. 29.2): Зерно яке підлягає очищенню самопливом надходить в ситовий корпус, великі домішки (схід з сортувального сита 3) виводяться по лотку 9 з сепаратора, а суміш зерна з дрібними домішками проходить через сортувальне сито 3 направляється на підсівне сито 4. Дрібні домішки (прохід підсівних сит) надходять в лоток 12 і виводяться з сепаратора.

Очищене на ситах від великих і дрібних домішок зерно надходить на віброрізок 10 і далі в пневмосепаруючий канал; при проходженні повітря через потік зерна легкі домішки виділяються із зернової суміші і виносяться повітрям через канал в горизонтальний циклон. Очищене зерно з пневмосепаруючого каналу через йде на подальшу обробку.

У комплект поставки сепаратора входить спеціальний горизонтальний циклон, призначений для осадження легких домішок і встановлюється після сепаратора. Циклон являє собою зрізаний конус 2 (рис. 29.3), всередині якого на загальній горизонтальній осі розташовані два внутрішніх конуса 3, 4. Вони зварені між собою великими основами так, що утворений між конусами коловий канал спочатку поступово звужується, а потім різко розширюється, переходячи в камеру розширення 5, який приєднаний до більшої основи зовнішнього конуса 2.

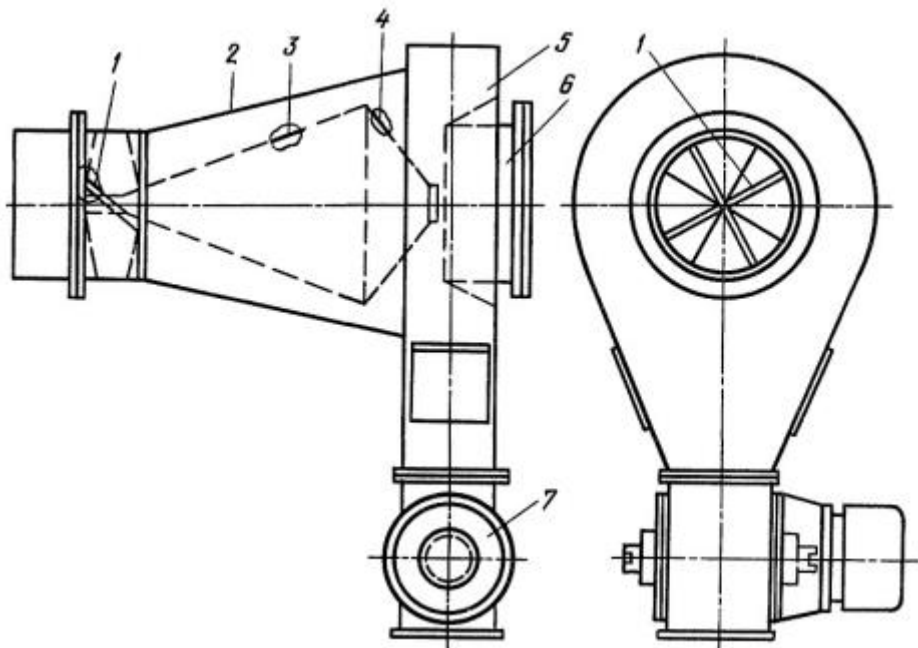
У вхідній частині циклону приварені чотири криволінійні лопаті 1, що забезпечують закручування повітряного потоку в кільцевому каналі. Знизу до

розширювальної камери приєднують шлюзовий затвор 7.



1 - приймальний патрубок; 2 - розподільне днище, 3 - сортувальне сито, 4 - підсівне сито, 5 - фартух, 6 - аспіраційний патрубок, 7 - дросельний клапан, 8 - рухлива стінка, 9 - лоток для великих домішок; 10 - вібралоток, 11 - живильна коробка, 12 - лоток для дрібних домішок, I - неочищене зерно, II - легкі домішки, III - очищене зерно, IV - дрібні домішки; V - великі домішки.

Рис. 29.2 - Технологічна схема сепараторів А1-БІС-12 і А1-БІС-100



1 - криволінійна лопать; 2 - зрізаний конус, 3,4 - конуси; 5 - камера; 6 - вихідний патрубок; 7 - шлюзовий затвор

Рис. 29.3 - Циклон сепаратора А1-БІС-12

29.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Навести короткий опис сепаратора А1-БІС-12 і А1-БІС-100 для очищення зерна (призначення, будова, принцип дії).

2. Навести короткий опис циклону сепаратора А1-БІС-12 (призначення, будову, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Як називається процес механічного поділу сипких матеріалів на фракції, що відрізняються геометричними ознаками і фізичними властивостями?

2. Як звичайно розташовують сита в сепараторах?

3. Яка продуктивність сепараторів?

4. Якого виду отвори сортувальних сит?

5. В яких напрямках розташовують довгасті отвори в сепараторах?

6. Навіщо в ситових пристроях використовують пневмосепарувальні канали?

7. Навіщо в сепараторах використовують гумові кульки?

8. По якій траєкторії рухаються сита в сепараторах А1-БІС-12 і А1-БІС-100?

9. Для чого потрібен лоток в сепаратора А1-БІС-12?

10. Яке призначення вібралотка сепаратора А1-БІС-12?

11. Навіщо потрібен пневмосепаруючий канал в сепараторі А1-БІС-12?

12. Для чого потрібні криволінійні лопаті у циклоні сепаратора?

13. Для чого потрібен шлюзовий затвор у циклоні сепаратора?

МАШИНИ ДЛЯ СУХОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ ЗЕРНЯ

Мета роботи: Вивчити призначення, будову і роботу технологічного обладнання для сухої обробки поверхні зерна.

30.1 Класифікація машин

У зерновій масі, яка проходить, через сепаратори, залишаються ще велика кількість пилу, що збирається в борозенках зерен, а також частки, що пристали до зерен і мікроорганізми.

Для сухої обробки поверхні зерна застосовують оббивні і щіткові машини.

Для очищення поверхні зерна від пилу, часткового відділення плодових оболонок і зародків., а також для луцення вівса і ячменя застосовують *оббивальні машини*.

Для очищення поверхні і борозенок зерна від пилу і зняття надірваних оболонок, що залишилися після оббивної машини, застосовують *щіткові машини*.

Поверхня зерна обробляються двома способами - «сухим» і «мокрим». «Сухий» спосіб обробки досягаються тертям зерна об зерно, тертям і ударом зерна об різні робочі поверхні машини. Ступінь інтенсивності обробки зерна залежить від характеру робочої поверхні машини і абразиви а, металева, щіткова та ін.) і режиму її роботи.

Оббивальні машини бувають двох типів:

1. з внутрішньо цеховим механічним транспортом;
2. з внутрішньо цеховим пневматичним транспортом.

В оббивну машину з механічним транспортом (рис. 30.1,а) зерно надходить через патрубок 1. Оберткові бичі 2 підхоплюють зерно і скидають його на внутрішню поверхню циліндра 3. Внутрішня частина машини аспірується через сітку 4.

Швидкість зерна і бичів не збігаються, тому зернівка піддається ударові бичів потім вдаряється об абразивну поверхню циліндра.

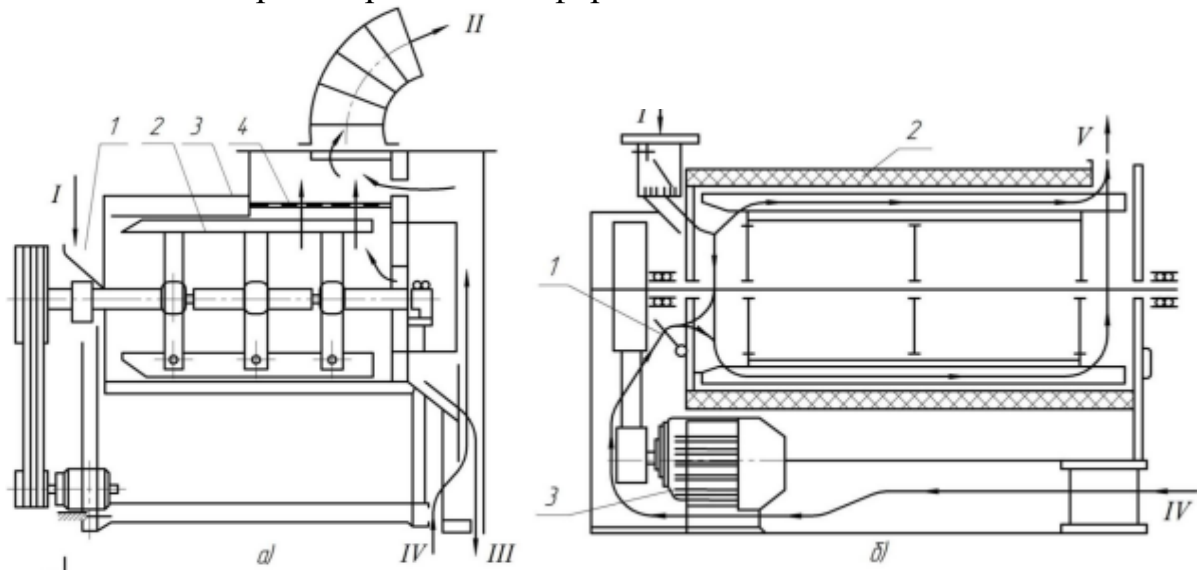
Зерно, як пружне тіло відбиваючись від абразивної поверхні циліндра, знову вступає в зіткнення з бичами і після багаторазових ударів поверхня зерен очищається.

При виході з машини оброблене зерно піддається сепаруванню висхідним повітряним потоком.

На рис. 30.1,б показана схема роботи оббивної машини, яку застосовують на борошномельних підприємствах з внутрішньо цеховим пневматичним транспортом зерна. Повітря несе із собою зерно разом з частками, відділеними в машині. Очищене зерно виділяється в пневматичному сепараторі - розвантажнику. Швидкість руху повітря в каналах регулюють клапаном 1.

На борошномельних підприємствах використовують оббивальні машини марки ЗИМ з абразивною поверхнею і осьовим розміщенням бил, а також марки ЗІП і ЗНМ з абразивною (ІІ) або металевою (М) поверхнею і радикальним

розміщенням бил пропелероподібної форми.



- а) з внутрішньо цеховим механічним транспортом: 1 - патрубок; 2 - бичі; 3 - циліндр; 4 - сітка; б) з внутрішньо цеховим пневматичним транспортом: 1 - клапан; 2 - циліндр; 3 - електродвигун; I - надходження зерна; II - відсмоктування повітря; III - випуск зерна; IV - надходження повітря; V - відсмоктування аеросуміші

Рис. 30.1 - Принцип дії оббивальних машин для борошномельних заводів

Оббивні машини ЗИМ використовуються на підприємствах з механічним у середині цеховим транспортом, а машини ЗІП і ЗМП - на підприємствах як із пневматичним, так і механічним транспортом.

Машини з абразивним циліндром застосовують, як правило, при попередній підготовці зерна з інтенсивною дією на зерно.

Машини зі сталевими (ситовими) циліндрами - при наступних етапах підготовки зерна при меншому впливі на зерно, що приводить до зниження битого зерна

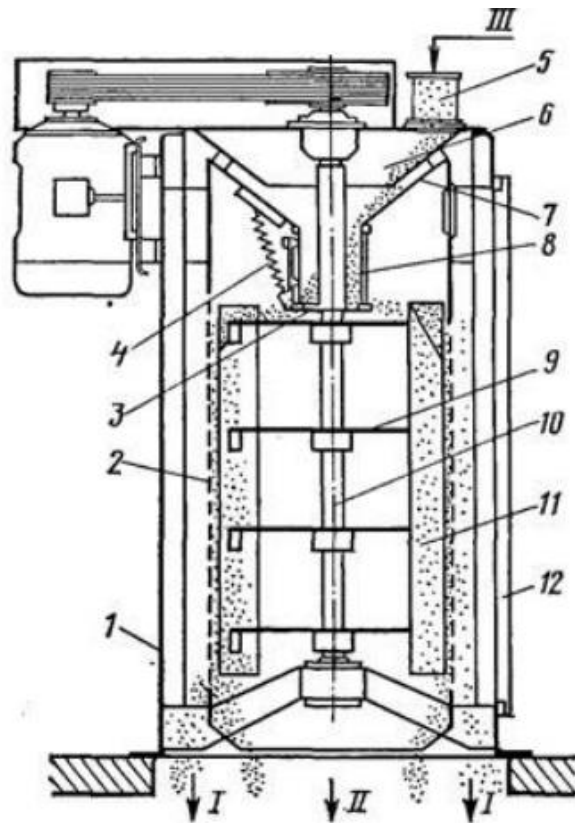
Вертикальні оббивні машини, типу РЗ-БМО, призначені для сухого очищення поверхні зерна від пилу, часткового відділення плодових оболонок, борідки, зародка. Оббивальні машини випускають із продуктивністю 1.67 і 3.33 кг/с.

Корпус 1 машини (рис. 30.2) звареної конструкції, в и готовлений з листового матеріалу, несе на собі складові частини машини. У корпусі маютья двері 12 для доступу до внутрішніх частин машини.

Завантажувальна лійка 6 складається з двох співвісно зварених конусів, що поліпшує подачу зерна в живильний пристрій.

Живильний пристрій 8 представляє собою диск 3, підвішений на трьох регульованих пружинах 4 до нижнього конуса 7 завантажувальної лійки 6. Це забезпечує рівномірність розподілу зерна по всій окружності машини і можливість регулювання продуктивності машини.

Сітчастий циліндр 2 зібраний з трьох секцій. Для регулювання натягу сітчастого циліндра по діаметру застосовують повздовжні дерев'яні прокладки.



1 - корпус; 2 - сітчастий циліндр; 3 - Диск; 4 - пружина; 5 - прийомний патрубок; 6 - завантажувальна лійка; 7 - нижній конус; 8 - живильний пристрій; 9 - розетка; 10 - ротор; 11 - бич; 12 - двері; I - відходи; II - очищене зерно; III - надходження зерна.

Рис. 30.2 - Вертикальна оббивна машина

Ротор 10 складається з розеток 9, закріплених на валові. Сталеві бичі 11, що направляють зерно на внутрішню поверхню сітчастого циліндра, кріпляться до розеток болтами. Ротор 10 у корпусі 1 установлений на двох підшипниках: верхній (роликівий сферичний) сприймає осьові і радіальні навантаження, нижній (кульковий сферичний) - тільки радіальні навантаження.

Зерно надходить через прийомний патрубок і завантажувальну лійку в живильний пристрій. Під дією сил ваги зерна підпружинений диск опускається. Через кільцеву щілину, що утворилася, зерно рівномірно сиплеться на верхню розетку ротора, з якого під дією відцентрових сил відкидається до внутрішньої поверхні сітчастого циліндра, де відбувається очищення зерна.

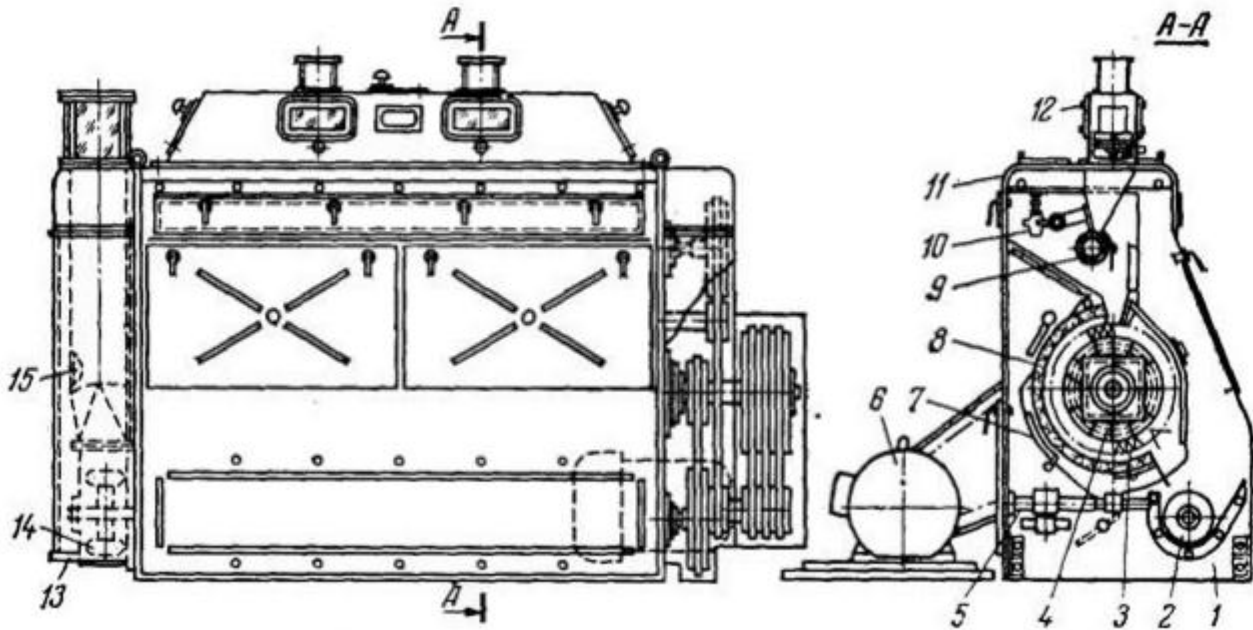
Щіткові машини

Щіткові машини за конструкцією аналогічні оббивальним. Тільки замість бичів – щітковий барабан, і замість циліндра – щіткова дека. Щітки металеві.

На борошномельних підприємствах із внутрішньо-цеховим пневматичним транспортуванням зерна використовують машини БЦГ 1-5 і БЦП-10, а на підприємствах із внутрішньо-цеховим механічним транспортом – БЦМ-5 і БЦМ-10.

Горизонтальна щіткова машина (рис. 30.3) виконана у виді розбірного металевих корпусу 1, усередині якого змонтовані обертовий щітковий ротор 4,

щіткова дека 8, що живить валик 9 і механізм 10 для регулювання рівномірності зерна, що надходить, по довжині щіткового барабана.



1 - корпус; 2 - шнек; 3 - рухлива щока; 4 - щітковий ротор; 5 - механізм для повороту деки; 6 - електродвигун; 7-шкала з умовним таруванням; 8 - щіткова дека; 9 - живильний валик; 10 - механізм для регулювання рівномірності зерна, що надходить; 11 - кришка корпусу; 12 - живильний пристрій; 13 - нижнє вікно корпусу збудника; 14 - збудник брускового типу; 15 - продуктопровід

Рис. 30.3 - Щіткові машини типу БЦП і БЦМ

Для виводу зерна з машини при пневмотранспорті застосовують шнек 2 з механічним побудником 14 брускового типу і вертикальний продуктопровід 15. При механічному транспортуванні зерно виходить через нижнє вікно 13 корпусу збудника.

Зазор між щітковими поверхнями деки і ротором регулюють двома механізмами 5, що приводяться в дію гвинтовими парами. Регулювання робочого зазору здійснюється по шкалах 7 з умовним таруванням, що закріплені на рухливих щоках 3 усередині корпусу машини.

Максимальний робочий зазор між щітковими поверхнями деки 8 і ротора 4 при збігу покажчика з нижнім гвинтом шкали 7 складає 6*2 мм.

Для вільного входу повітря в машину при пневматичному транспортуванні зерна у верхній частині розташовані жалюзі (в обшивці і хвртках).

У машині для борошномельних заводів із внутрішньо-цеховим механічним транспортуванням для цієї мети передбачені в нижній часті вікна, а на бічній стінці шибєр, що дозволяє регулювати кількість повітря, що надходить у машину.

Аспірація щіткової машини здійснюється через кришку 11 у верхній частині корпусу.

Технологічний процес очищення зерна наступний. Зерно через прийомний патрубок самопливом надходить у живильний пристрій 12, з його на

живильний валик 9, що рівномірно шаром подає його по всій довжині щіткового ротора 4.

Потрапляючи в зазор між обертовим щітковим ротором 4 і нерухомою щітковою декою 8, зерно піддається інтенсивному впливові щіток, очищається і попадає в шнек 2, потім у продуктопровід 15 і виводиться з машини.

Оббивальні і щіткові машини встановлюють на борошномельних заводах послідовно і через них пропускають зерно, попередньо очищене від сторонніх домішок. Технологічну ефективність очищення поверхні зерна в оббивальних і щіткових машинах оцінюють зниженням зольності і збільшенням кількості битого зерна.

На технологічну ефективність виливають наступні фактори:

- технологічні властивості зерна (скловидність, вологість, твердість і ін.);
- параметри основних робочих органів машини (кількість оборотів барабана, характеристика робочої поверхні, зазор, кут нахилу бил, рівномірність завантаження, ефективність роботи аспірації та ін.);
- питома зернове навантаження на машину, що виражається в кг на годину.

Кутова швидкість бил при обробці пшениці повинна складати 13...15 м/с, для жита - 15..18 м/с.

Зазор між гранню бил і абразивною поверхнею повинний знаходитися в межах від 25 до 30 мм.

Кут нахилу бил змінюються від 5 до 12°.

Рекомендоване навантаження на їм- внутрішній поверхні абразивного барабана шпалерної машини складають 28 т/добу для пшениці і 24 т/добу для жита.

Аспірація шпалерної машини має велике значення на технологічний ефект її роботи, оскільки всі частки, що виділяються під час роботи, виносяться повітрям. При незадовільній роботі аспірації знижуються технологічна ефективність обезпилювання зерна.

30.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Навести короткий опис оббивальних машин борошномельних підприємств з внутрішньо цеховим механічним і пневматичним транспортом (призначення, будова, принцип дії).
2. Навести короткий опис вертикальної оббивної машини (призначення, будову, принцип дії).
3. Навести короткий опис щіткової машини типу БЦП і БЦМ (призначення, будову, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Для чого використовують на борошномельних підприємствах використовують оббивальні машини?
2. Якого типу бувають оббивальні машини?
3. Які способи існують для обробки поверхні зерна?

4. Якого типу внутрішні поверхні циліндрів оббивальних машин?
5. За рахунок чого очищається поверхня зерна?
6. Яким чином видаляється пил і маленькі частинки із оббивальних машин?
7. Для чого застосовуються машини з абразивною внутрішньою поверхнею?
8. За рахунок чого зерно рівномірно розподіляється по всьому колу вертикальної оббивальної машини?
9. За рахунок чого натягуються секції сітчастого циліндру вертикальної оббивальної машини?
10. Яке призначення пружин 4 вертикальної оббивальної машини?
11. Якого виду верхній підшипник ротора і які навантаження він сприймає?
12. Чому нижній підшипник ротора сприймає тільки радіальні навантаження?
13. В чому різниця оббивальних і щіткових машин?
14. Щіткова дека рухлива або нерухома і чому?
15. Яким чином вивантажується зерно із щіткової машини БЩП?
16. Який зазор між поверхнею деки і ротором?
17. Що впливає на ефективність відділення домішок від зерна?
18. Для якого зерна при його обробці кутова швидкість бил вище?
19. Чи змінюється кут нахилу бил?

Лабораторна робота №31

МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНА ВОДОЮ. ГІДРОТЕРМІЧНА ОБРОБКА ЗЕРНА

Мета роботи: Вивчити призначення, будову і роботу технологічного обладнання для обробки зерна водою.

31.1. Класифікація машин

Сучасні конструкції машин для оброблення зерна водою поділяють на три групи:

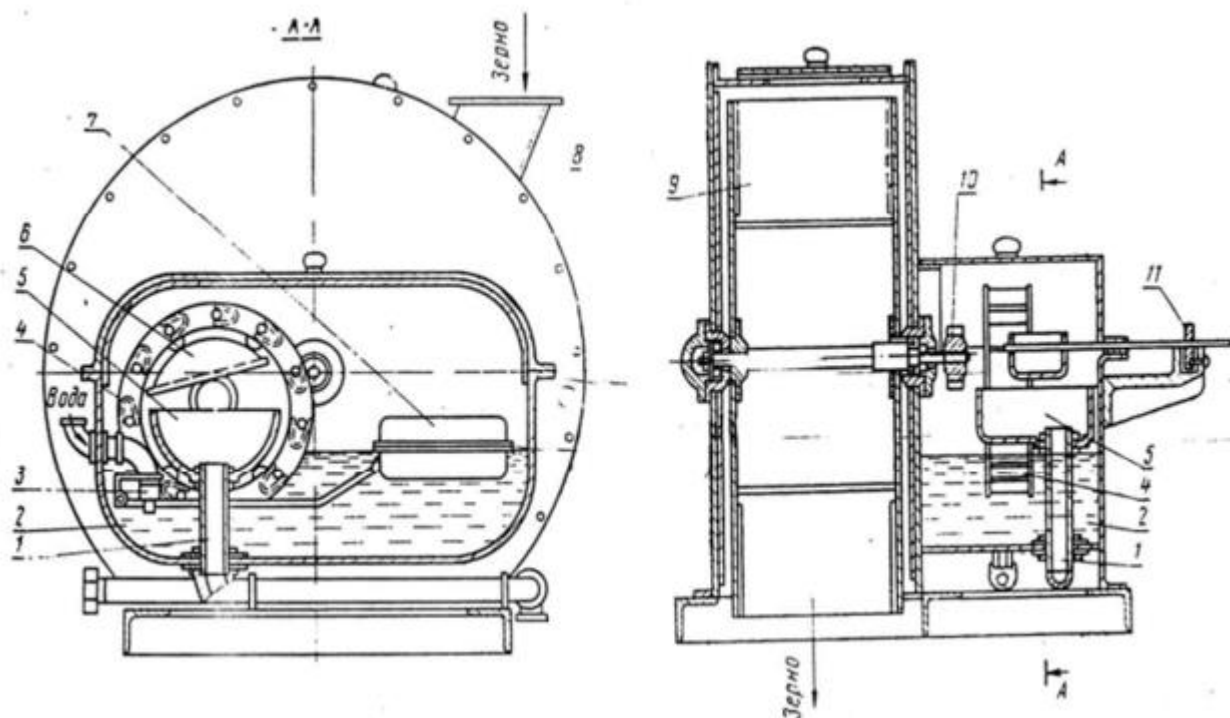
1) машини, в яких зерно зволожують холодною або теплою водою для зміни при наступному гідротермічному обробленні його структурно- механічних властивостей;

2) машини для зволоження зерна паром перед луценням або плющенням, що необхідно при переробці різних культур на крупу;

3) машини, в яких при промиванні одночасно відокремлюються домішки, що відрізняються від основного зерна гідродинамічними властивостями.

Для зволоження зерна застосовують водоструминну машину ЗЗМ-2 і мийну машину Ж9-БМА.

Водоструминна машини ЗЗМ-2 (рис. 31.1) призначена для зволоження зерна водою в краплиннорідкому стані перед відволожуванням.



- 1 - труба; 2 - резервуар; 3 - клапан; 4 - водоналивне колесо; 5 - воронка; 6 - лоток; 7 - поплавець; 8 - приймальний патрубок; 9 - лопатеве колесо; 10 - зубчата передача; 11 - гвинтовий регулятор кількості води.

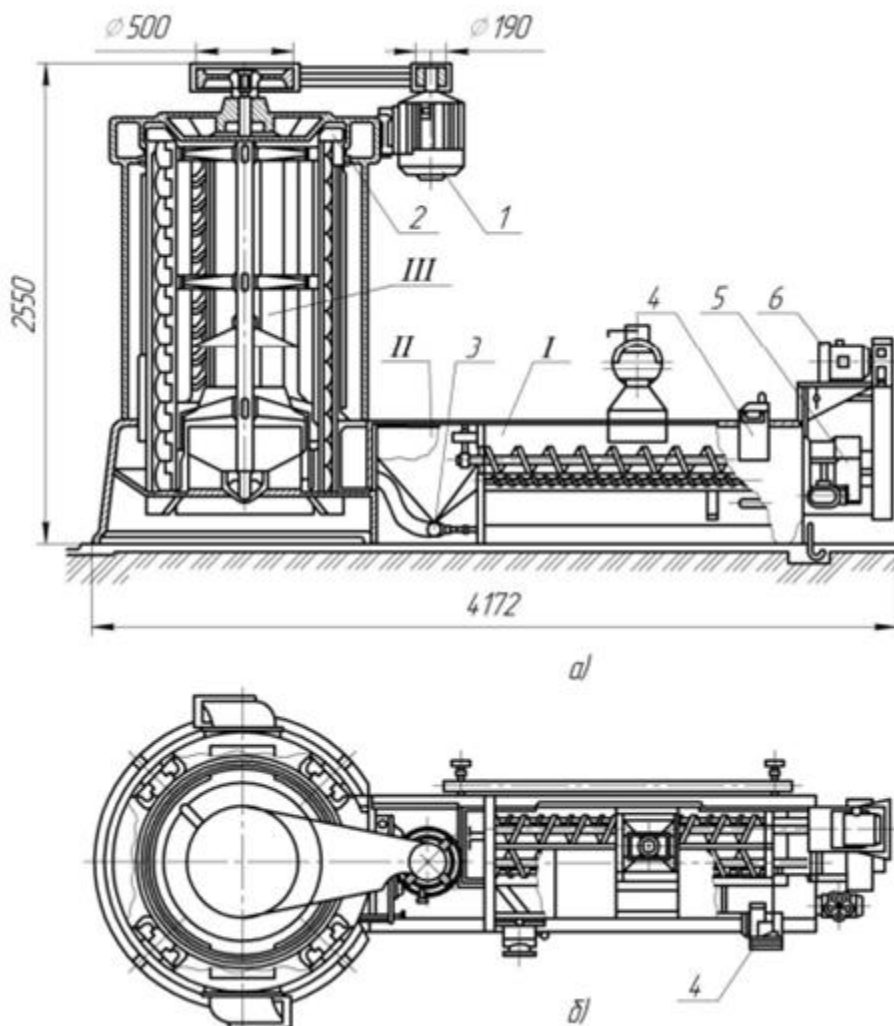
Рис. 31.1 - Водоструминна машина ЗЗМ-2

Технологічний процес роботи машини полягає в наступному. Зерно, що поступав через приймальний патрубок, падає на лопатеве колесо 9 і приводить

його є рух. Швидкість обертання колеса пропорційна кількості поступаючого зерна. Колесо через зубчасту передачу 10 передає обертання водоналивному колесу 4 зі встановленими на ньому ковшами, які зачерпують воду з резервуару і виливають у воронку 5. Вода по трубці поступає в шнек, в який також поступає зерно, що підлягає зволоженню. Довжина шнека повинна бути не менше 6 м. Для кращого перемішування рекомендується встановлювати два шнеки одні над іншими. Бункери для відволожування зерна в цьому випадку заповнюються з нижнього шнека.

Кількість води, що подається в шнек, встановлюються лотком 6, положення якого регулюється гвинтовим регулятором. Чим менше лоток перекривав воронку, тим менше води зливається назад в резервуар і тим більше її прямує в шнек машини для зволоження зерна.

Машина для миття зерна Ж9-БМА (рис. 31.2) складається з мийної ванни I і віджимного стовпчика II, з'єднаних міжсійною сплавною камерою III.



а - вигляд збоку; б - вигляд зверху; I - мийна ванна; II - віджимний стовпчик; III - сплавна камера; 1 - електродвигун віджимного стовпчика; 2 - лопатки; 3 - вузол гідротранспортування зерна; 4 - приймальний пристрій каменів; 5 - редуктор; 6 - електродвигун приводу шнеків.

Рис. 31.2 - Машина для миття зерна Ж9-БМА

Мийна ванна I маг дві пари горизонтальних шнеків Два верхніх шнеки, призначені для горизонтального переміщення зерна праворуч, а два нижніх - для переміщення ліворуч осілих часточок, каменів і піску. Зерно, що надійшло у ванну через приймальний пристрій, інтенсивно миється водою, і від нього відокремлюються важкі домішки. Приймальний пристрій може переміщуватися вздовж ванни, чим регулюється тривалість миття зерна.

У сплавну камеру зерно подається шнеком. Із неї зерно потрапляє до віджимного стовпчика під тиском води із сопла. Сплавна камера має люк для відведення легких домішок. Віджимний стовпчик має перфорований циліндр, усередині якого встановлено ротор з лопатками для переміщення зерна вгору. Лопатки, обертаючись, засмоктують у ротор повітря крізь отвори. Зерно, переміщуючись вгору, звільняється від води, що йде через перфорацію циліндра, а повітря частково підсушує зерно. Зерно видаляється з машини верхніми лопатками ротора.

На технологічну ефективність роботи мийних машин впливають такі чинники:

- навантаження на машину,
- питомі витрати води, її температура і ступінь твердості;
- час перебування зерна у воді;
- інтенсивність переміщення і частота зміни води.

Режим роботи мийних машин змінюється залежно від ступеня забруднення поверхні зерна, його структури і початкової вологості.

2. Гідротермічна обробка зерни

У переробній галузі застосовують оброблення зерна водою і теплом, так зване гідротермічне оброблення (ГТО) або кондиціонування.

Гідротермічне оброблення зерна - збагачувальний спосіб, що сприяє поліпшенню технологічних властивостей зерна і підвищенню використання його харчових ресурсів для продовольчих потреб.

У результаті гідротермічного оброблення поліпшуються:

- борошномельні властивості зерна, оскільки оболонки стають більш грузькими й еластичними, ніж ендосперм, що сприяє кращому їх відокремленню;
- хлібопекарські властивості борошна внаслідок впливу тепла на білковий комплекс зволоженого зерна.

Па сучасних борошномельних заводах для гідротермічного оброблення застосовують апарати різних конструкцій.

За видом оброблення зерна застосовують таке кондиціонування:

- *холодне*, при якому зерно зволожують водою за температури 15...20°C. Послідовність використання машин для оброблення зерна: мийна машина, апарат для зволоження, бункер для відволожування;

- *гаряче*, при якому зерно зволожують у водно-повітряних кондиціонерах. Послідовність використання машин для оброблення зерна: мийна машина,

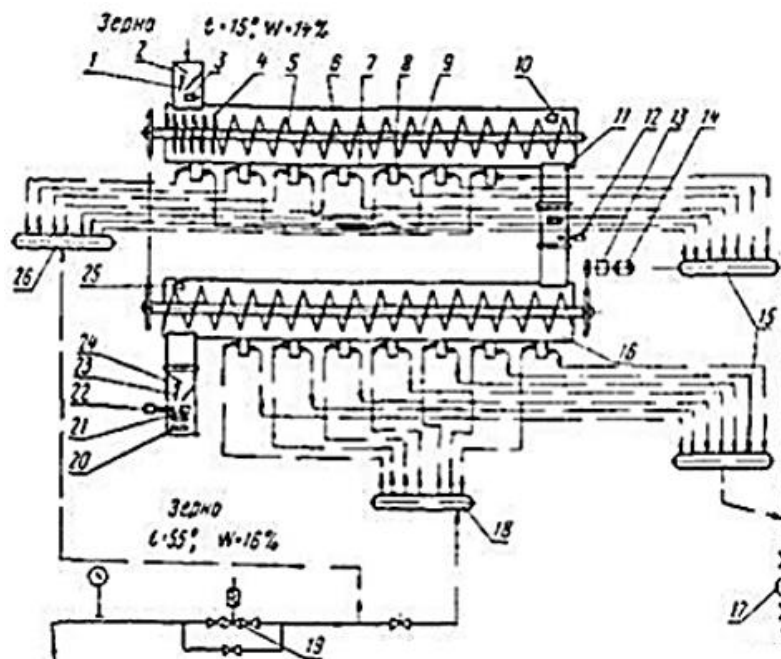
водноповітряний кондиціонер, апарат для зволоження, бункер для відволоження;

- *швидкісне*, при якому зерно зволожують у спеціальних апаратах швидкісного кондиціонування (АШК), в яких для оброблення зерна використовується пара. Послідовність використання машин для оброблення зерна: швидкісний кондиціонер, бункер, мийна машина, апарат для зволоження, бункер для відволоження;

- *поверхневе*, при якому є процесі кондиціонування відбувається закупорювання капілярів оболонки зерна, що призводить до ослаблення зв'язку ендосперму з оболонкою;

- *вакуумне*, при якому зерно підігрівають, зволожують і підсушують під вакуумом.

Кондиціонер АСК10 (рис. 31.3). Застосовують на борошномельних заводах при підготовці зерна до помелу. Теплоносієм в цьому апараті є пар, в зв'язку з чим тривалість зволоження зерна є бункерах зменшується в 2-ї рази. Ця особливість швидкісного кондиціонування дозволяє зменшити обсяг бункерів для зволоження.



1,23- заслінки; 2 - воронка завантажувальна; 3 - перемикач кінцевий; 4 - живильник; 5 - нагрівальний шнек; 6 - кришка жолоба; 7 - жолоб шнека; 8 - форсунки парові; 9 - вал; 10, 25 - датчики перемикача; 11 - патрубок перепускний; 12, 22 - датчики дистанційних термометрів опору; 13 - редуктор, 14 - електродвигун; 15 - колектор для відпрацьованої пари; 16 - шнек контрольний; 17 - трубопровід-конденсатовідвідник; 18, 26 - розподільні колектори пари; 19-електромагнітний привід парового вентиля, 20 - автоматичний регулятор температури; 21 - датчик електроконтактного термометра; 24 - патрубок розвантажувальний.

Рис. 31.3 - Схема кондиціонера АСК-10

Апарат складається з завантажувального і розвантажувального пристроїв, двох послідовно працюючих шнеків, парових форсунок, привідних механізмів, системи паропроводу і конденсатовідвідників, пульта управління і сигналізації.

Вал з живильником і поворотними лопатями встановлений в металевому жолобі 7. На бічній поверхні жолоба укріплені парові форсунки 8. Для регулювання положення лопаток при необхідності змінити продуктивність кондиціонера знімають кришку жолоба.

З нагрівального шнека зерно через перепускний патрубок 11 надходить в контрольний шнек 16, в якому зерно зволожують і підігрівають до заданих значень.

Після контрольного шнека зерно надходить в розвантажувальний патрубок 24 і з нього на подальшу обробку. Шнеки приводяться в рух від електродвигуна 14 через редуктор 13 і дві ланцюгові передачі: від редуктора до контрольного шнеку і від вала контрольного шнека до нагрівального шнеку. Пар в форсунки нагрівального і контрольного шнеків надходить від вентиля з електромагнітним приводом 19 в два розподільних колектори - 18 і 26, підключених до форсунок. Відпрацьована пара надходить в колектори 15 і видаляється через трубопровід-конденсатовідвідник 17. Час кондиціонування зерна в апараті приблизно 48 с. При прогріванні паром вологість зерна підвищується в середньому на 2%.

У завантажувальній воронці 2 встановлені рухлива заслінка 1 і кінцевий перемикач 3. При проходженні через завантажувальну воронку зерно відхиляє заслінку від вертикального положення і за допомогою ричажно-кулачкового механізму перемикає контакти кінцевого вимикача електродвигуна 14 і парового вентиля, обладнаного електромагнітним приводом 19.

31.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Навести короткий опис водоструминної машини (призначення, будова, принцип дії).
2. Навести короткий опис машини для миття зерна (призначення, будову, принцип дії).
3. Навести короткий опис кондиціонера АСК-10 (призначення, будову, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обере викладач:

1. На які групи поділяються машини для обробки зерна водою?
2. Що приводить в рух лопатеве колесо водоструминної машини ЗЗМ-2?
3. На який пристрій встановлюються ковши, які подають воду в резервуар водоструминної машини ЗЗМ-2?
4. Яка довжина зволожуючого шнека водоструминної машини ЗЗМ-2?
5. Скільки шнеків має машина для миття зерна Ж9-БМА?
6. Для чого призначені верхні і нижні шнеки машини для миття зерна Ж9-

БМА?

7. Чим регулюється тривалість миття зерна машини для миття зерна Ж9-БМА?

8. Для чого призначений віджимний стовпчик машини для миття зерна Ж9-БМА?

9. Що поліпшує гідротермічна обробка зерна?

10. Які види оброблення зерна застосовуються при кондиціонуванні?

11. Які машини використовуються при холодному і гарячому кондиціонуванні зерна?

12. Для чого проводять поверхневе кондиціонування зерна?

13. Який теплоносій використовується в кондиціонері АСК-10?

14. За рахунок чого значно зменшується час зволоження зерна в кондиціонері АСК-10?

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА

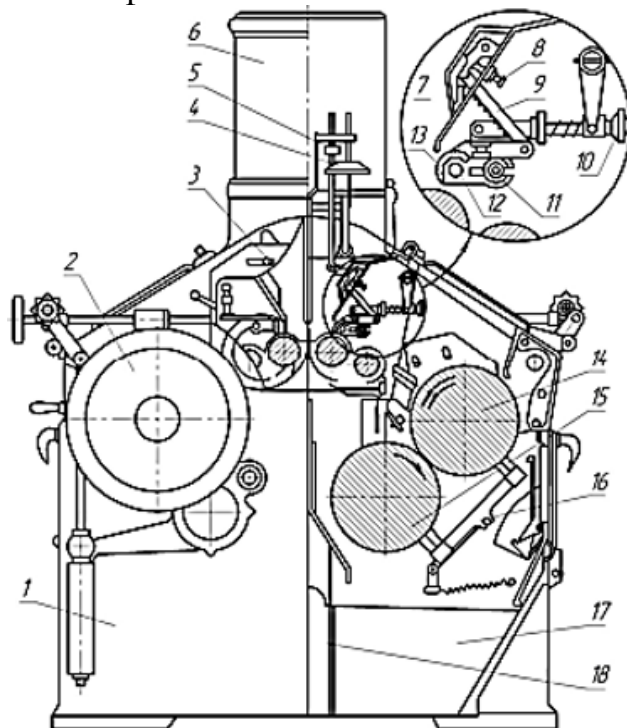
Мета роботи: Вивчити призначення, будову і роботу машин та обладнання для подрібнення зерна.

Для подрібнення зерна і зерно продуктів на борошномельних та круп'яних заводах використовують вальцьові станки і бичові машини. Від ефективності подрібнення залежить вихід і якість готової продукції.

32.1 Вальцьові верспишш ЗМ-2 і БВ-2

Вальцьові верстати ЗМ-2 і БВ-2 конструктивно виконані за звичайною схемою; більшість механізмів, вузлів і деталей у них взаємозамінні. Ці верстати відрізняються між собою переважно наявністю пневмоприймача, установлення якого у верстатах БВ-2 потребує збільшення розмірів станини за шириною і висотою. Подрібнювальні вальці розташовані діагонально під кутом 45° .

Вальцьовий верстат ЗМ-2 (рис. 32.1) має станину, яка складається з двох чавунних боковин 1, двох верхніх поздовжніх косинців, двох нижніх сполучних стінок, центральної траверси і горловини, пов'язаних у єдину жорстку систему за допомогою болтів і штифтів.



1 - боковина станини, 2 - ведений приводний шків; 3 - автомат привалу- відвалу; 4 - вимірювальний перетворювач автомата; 5 - вимірювальний перетворювач механізму автоматичного регулювання живлення (продуктивності); 6 - приймальна труба (циліндр); 7 - планка пружини; 8 - болт-обмежник; 9 - пружина вимірювального перетворювача; 10 - гвинт ручного регулювання; 11 - ексцентрикова втулка; 12 - коромисло; 13 - живильна заслінка; 14 - швидкообертовий валець; 15 - повільнообертовий валець, 16 - щітки для очищення вальців; 17 - бункер; 18 - аспіраційна ко ройка.

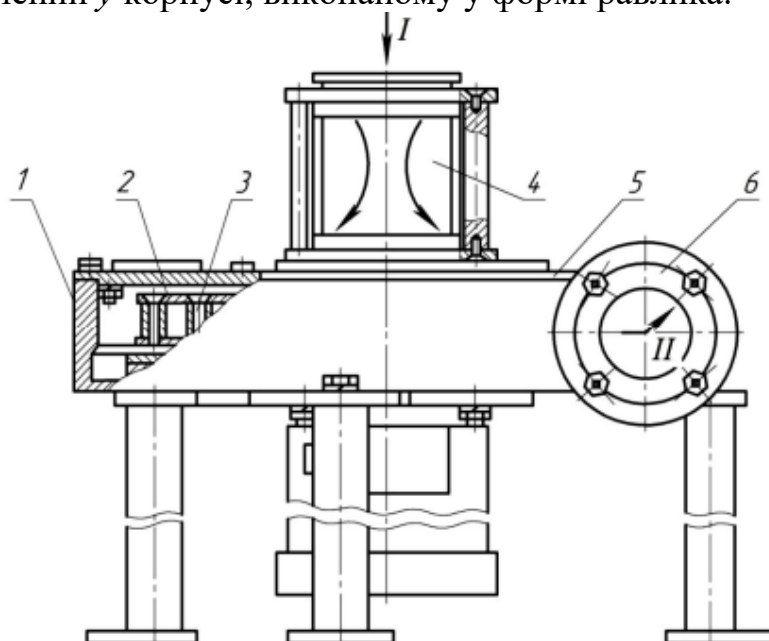
Рис. 32.1 - Вальцьовий верстат ЗМ-2

У верстаті встановлюють вальці. Вальці мають пустотілу чавунну бочку з номінальним діаметром 250 мм і пустотілі сталеві півосі, що забезпечують зменшення маси верстата і дають змогу охолоджувати вальці водою. На робочу поверхню бочок наносять рифлений або шорсткуватий рельєф з певними параметрами, які вибирають залежно від місця встановлення верстата в технологічній схемі. Вальці обертаються в дворядних роликівих підшипниках, що мають конічну нарізну втулку з циліндричною насадкою на опорні шинки цапф.

32.2 Подрібнювачі ударно-відцентрової дії

Для подрібнювання зерна використовують також ентолейтери.

Ентолейтер РЗ-БЗР (рис. 32.2) має робочий орган - ротор, який складається з двох плоских горизонтальних дисків 3, з'єднаних циліндричними втулками 2. Ротор встановлений у корпусі, виконаному у формі равлика.



1 - корпус; 2 - втулка; 3 - лиски; 4 - приймальний патрубок; 5 - кришка; 6 - випускний патрубок; I - вхідний продукт; II - подрібнений продукт

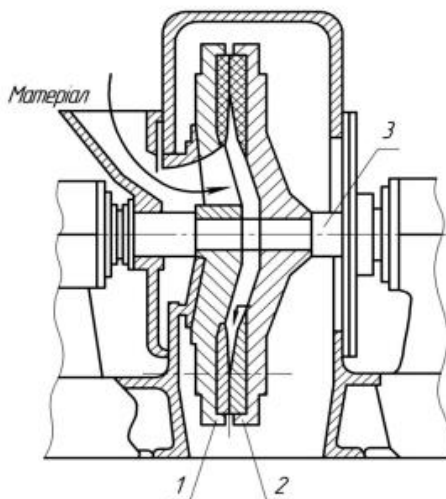
Рис. 32.2 - Схема ентолейтера РЗ-БЗР

Після подрібнювання у вальцьовому верстаті продукт надходить у приймальний патрубок ентолейтера і крізь отвір у верхньому диску ротора потрапляє в його робочу камеру. Під дією відцентрових сил інерції і повітряного потоку продукти розмелювання зерна рухаються від центра до периферії ротора. Унаслідок багаторазових ударів по втулці і корпусу зернові продукти додатково подрібнюються, а спресовані грудки руйнуються. Подрібнений продукт виводиться через випускний патрубок 6 і надходить у продуктопровід. За даними випробувань ентолейтера, після вальцьового верстата отримано витяг борошна $(26.5 \pm 0.6)\%$. При зольності вихідного продукту 0.53% зольність борошна становить $(0.41 \text{ і } 0.01)\%$.

До ударно-відцентрових подрібнювачів належать також дискові дробарки. Їх застосовують переважно для дрібного подрібнення зерна на борошно і крупи.

У дисковій дробарці (рис. 32.3) продукт падає між двома рифленими

дисками. Диск 1 є нерухомим, а диск 2 обертається на горизонтальному валу 3. Обертювий диск 2 за допомогою регулювального пристрою (на рисунку не показано) може переміщатися в горизонтальному напрямку, що впливає на ступінь подрібнення. Колова швидкість диска при подрібненні зерна становить 7...8 м/с.



1,2- диски; 3 - горизонтальний вал

Рис. 32.3 - Дискава дробарка

32.3 Подрібнювачі ударно-розтиральної дії

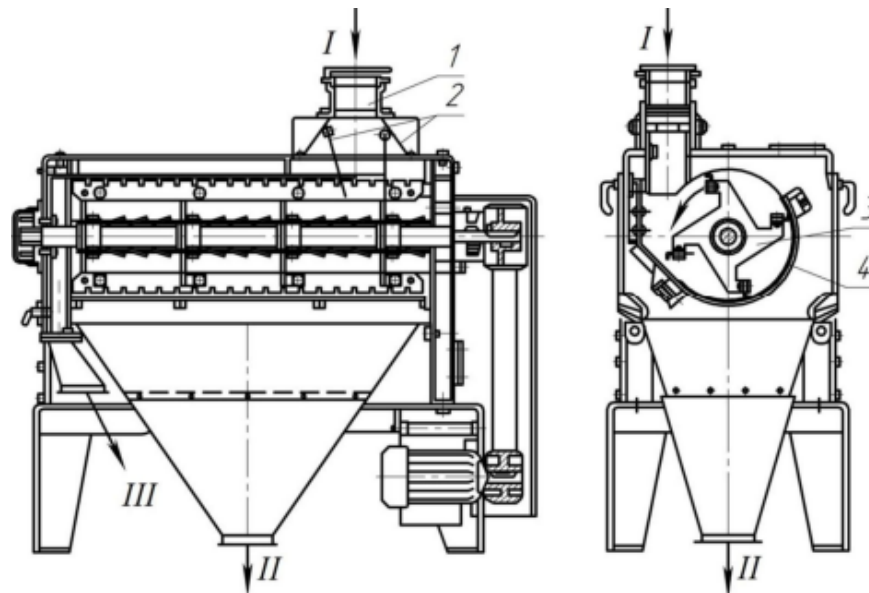
До машин ударно-розтиральної дії належать молоткові дробарки.

Фізична суть процесу подрібнювання зерна в молоткових дробарках полягає в поділі зерна на окремі часточки внаслідок удару, зламу і стирання між робочими органами машини.

Молоткові дробарки для подрібнювання зерна застосовують у комбікормовому виробництві.

Розмелювальна машина АІ-ЕВГ (рис. 32.4) поєднує ударно-тертьовий вплив бил різної інтенсивності з процесом просіювання.

Ударний вплив бил у сукупності з тертям між часточками об ситову поверхню порушує зв'язок між оболонками й ендоспермом, сприяє подрібнюванню часточок ендосперму. При просіюванні крізь ситовий циліндр під дією відцентрових сил інерції, що виникають від обертання ротора, продукти подрібнювання розділяються на дві фракції: східну, що містить відносно великі часточки висівок, і прохідну з великим вмістом ендосперму.



1 - приймальний патрубок; 2 - клапани; 3 - бильний ротор; 4 - ситовий півциліндр; I - вхідна суміш; II - борошніста суміш; III - часточки висівок

Рис. 32.4 - Технологічна схема розмелювальної машини А1-БВГ

32.4 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Навести короткий опис вальцових верстатів (призначення, будова, принцип дії).
2. Навести короткий опис ентолейтера (призначення, будову, принцип дії).
3. Навести короткий опис подрібнювача ударно-розтиральної дії (призначення, будову, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. В чому різниця вальцових верстатів ЗМ-2 і БВ-2?
2. Із якого матеріалу виготовлені вальці верстатів ЗМ-2 і БВ-2?
3. Яку поверхню мають вальці верстатів ЗМ-2 і БВ-2?
4. Чому у вальці верстатів ЗМ-2 і БВ-2 подають воду?
5. Який із пристроїв вальцовий верстат або ентолейтер стоїть раніше в технологічній схемі обробки зерна і чому?
6. За рахунок чого дробиться зерно в ентолейтері?
7. За рахунок чого дробиться зерно в дисковій дробарці?
8. За рахунок чого можна регулювати ступінь подрібнення зерна в дисковій дробарці?
9. За рахунок чого дробиться зерно в розмелювальній машині А1-БВГ?
10. За рахунок чого можна регулювати ступінь подрібнення зерна в розмелювальній машині А1-БВГ?

МАШИНИ ДЛЯ СОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПОДРІБНЮВАННЯ ЗЕРНА

Мета роботи: Вивчити призначення, будову і роботу машин для сортування (просіювання) продуктів подрібнювання зерна.

Суміш продуктів, які отримують після подрібнювання у вальцьових верстатах, складаються з часточок різної форми і розмірів Крім великих, середніх і дрібних часточок суміш містить і готовий продукт - борошно. Перед тим як далі перемелювати цю суміш, з неї потрібно виділити борошно, а іншу частину розділити на фракції за розміром.

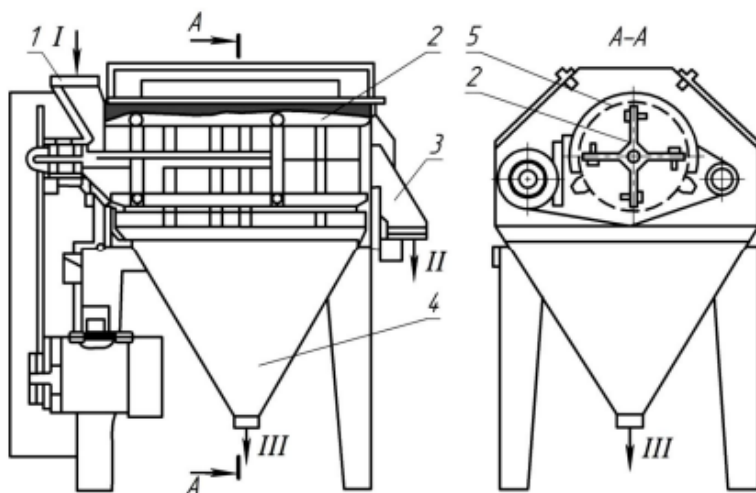
На сучасних борошномельних заводах для сортування продуктів подрібнювання (просіювання) зерна використовують просіювачі. Основною частиною просіювачів є ситові корпуси, що складаються з покладених одна на одну дерев'яних рам з натягнутими горизонтальними ситами.

Ситові корпуси здійснюють коловий поступальний рух у горизонтальній площині. Продукти подрібнювання, переміщуючись по ситах просіювача, переходять зверху вниз з рами на раму і поступово просіюються, розділяючись на кілька фракцій, що відрізняються крупністю часточок.

33.1 Відцентрові просіювачі

На завершальних стадіях розмелювання продуктів для їхнього просіювання застосовують віброцентрифугальні машини.

Віброцентрифугальна машина РЗ-БЦА (рис. 33.1) призначена для висівання борошна з важкосипких проміжних продуктів розмелювання зерна. Основний робочий орган - обертовий бильний ротор 2 встановлено у нерухомому ситовому циліндрі 5 з капронової тканини. Вхідний продукт I надходить через приймальний патрубок I у середину ситового циліндра 5. Обертові біла ротора 2 підхоплюють продукт і відкидають його до поверхні



1 – приймальний патрубок; 2 – бильний ротор; 3, 4 – випускні патрубки; 5 – ситовий циліндр; I – вхідний продукт; II – висівки; III — борошніста суміш

Рис. 33.1 - Технологічна схема віброцентрифугальної машини РЗ-БЦА

Відмінні риси машини полягають у тому, що високочастотні коливання ситового циліндра активують просіювання і транспортування важкосипкої фракції, а також забезпечують самоочищення отворів сит.

33.2 Сортування (збагачення) проміжних продуктів помелу

Процес поділу проміжних продуктів переробки зерна на крупки (часточки ендосперму, крупки – зростки ендосперму з оболонками і часточки оболонки) називають сортуванням за якістю, або збагаченням.

Для збагачення проміжних продуктів подрібнювання зерна застосовують віялки, які сортують на фракції за аеродинамічними ознаками, і ситовійні машини, що сортують за сукупністю геометричних і аеродинамічних ознак. Для сортування за геометричними ознаками (крупності) призначені сита, а за аеродинамічними ознаками – вхідні потоки повітря через сита. Велике значення для збагачення прохідних фракцій має самосортування (стратифікація) продуктів на ситах. Воно є найінтенсивнішим при комплексній дії кінематичних, аеродинамічних і гравітаційних чинників.

Віялки нині майже не застосовують. Для них потрібно попередньо розподіляти продукт на вузькі класи за розміром часточок у просіювачах. Тому застосовують ситовійні машини, в яких поєднані обидва процеси. Це дає можливість краще використовувати виробничі площі підприємства.

Промисловість випускає ситовійні машини з двома або чотирма приймачами продукту, що забезпечують незалежне сортування продуктів рівнобіжними потоками, а також з одним, двома і більше ярусами сит.

Ситовійні машини двоступенева (ЗМС-2-2) і чотирьохступенева (ЗМС-2-4 і ЗМС-1-4) складаються з двох симетричних половин, кожна з яких включає ситовий корпус з двома ярусами сит, корпус збірний, приймальний пристрій і аспіраційну камеру.

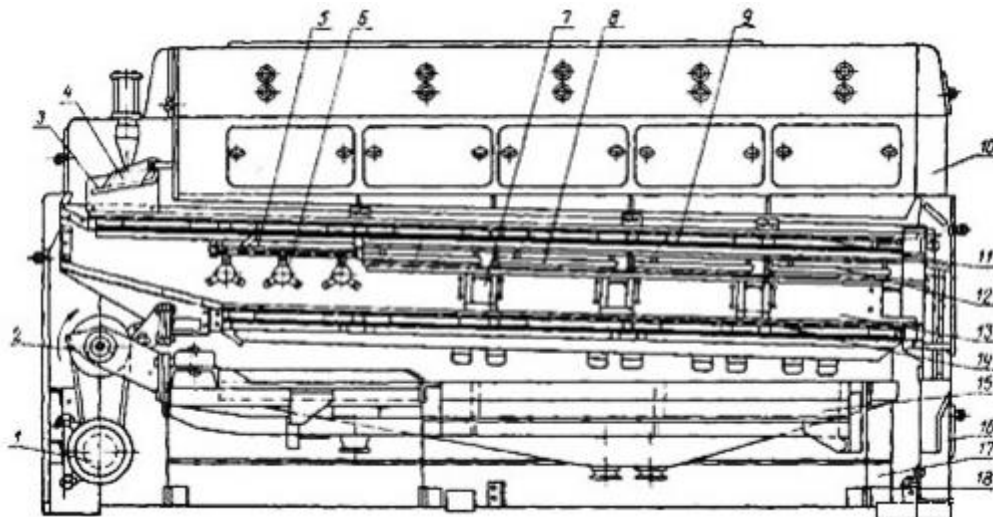
Ситовійна машина ЗМС-2-4. (рис. 33.2) чотирьохступенева, в металевому виконанні з використанням пластмасового покриття. Розбірна станина ситовійної машини 17 виконана з двох бічних рам, скріплених поперечними зв'язками на болтових з'єднаннях.

Ситовий корпус 13 розділений поздовжніми перегородками на чотири паралельно працюючих відділення. У приймальній частині корпусу встановлено чотири живильних механізмів. Живильний механізм (рис. 33.2) кріпиться до стінки 2 кронштейном 4. У вирізи 3 кронштейна 4 вставлена вісь живильника 5. Живильник виконаний у вигляді П-подібної пластинчастої скоби 6, торцева пластина К якого нахилена під кутом 40-45 Між нижньою кромкою пластини 8 і похилою основою 7 залишається зазор 2-3 мм.

Вихідний продукт надходить через приймальний патрубок 1 на похилу основу 7 у внутрішню частину живильника. Під тиском продукту живильник, шарнірно укріплений на кронштейні 4, «спливає». Через утворену щілину між основою 7 і торцевої пластиною 8 вихідна суміш рівним шаром подається на сито.

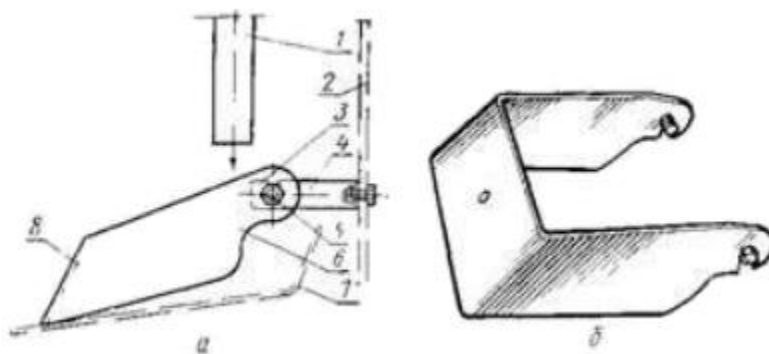
У кожному відсіку ситового корпусу (рис. 33.3) в направляючих пазах встановлено два яруси сит 11 і 14: у верхньому ярусі - шість ситових рам, а в

нижньому - п'ять. На верхній частині ситової рами натягнуто робоче сито а на нижній - закріплений піддон 9 з штампованого сита, який служить опорою для інерційних щіток і вирівнюючою решіткою для повітряного потоку. Сита очищаються інерційними щітками, що переміщуються по замкнутій траєкторії по направляючій. У ситовій рамі передбачено пристрій для періодичної підтяжки сит.



1 - електродвигун; 2 - ексцентриковий механізм; 3 - похила площина;
 4 - живильник поплавковий; 5 - решітка; 6 - труба; 7 - лоток; 8, 12 - жолоби збірок;
 9 - піддон; 10 - камера аспіраційна; 11, 14 - сита; 13 - корпус ситовий;
 15 - корпус-збірник; 16-камера сходів; 17-станина; 18 - стійка

Рис. 33.2 - Ситовійна машина ЗМС-2-4:



а-схема; б - загальний вид;

1 - патрубок приймальний; 2 - стінка, 3 - виріши; 4 - кронштейн; 5 - вісь живильника; 6 - скоба пластинчаста; 7 - похила основа; 8 - торцева пластина скоби

Рис. 33.3 - Живильний механізм ситовійної машини ЗМС-2-4

Прохід двох перших сигових ран верхнього ярусу направляють на сита нижнього ярусу, а прохід (очищену крупу) наступних чотирьох рам верхнього ярусу зон рають в жолобках-збірниках 8 і 12. Потім прохід поперечними лотками виводиться за межі сигового корпусу і по лотках 7 подається в корпус-збірник 15.

Для збору проходу ситових рам (очищеної крупки) під корпусом встановлений збірник 15. Він складається з двох кузовів, з'єднаних металевою

рамою, яка шістьма дерев'яними стійками 18 спирається на нижню станину 17. У кожному кузові встановлено сім патрубків для регулювання кількості фракцій збагаченої крупки.

Ситовий корпус і корпус-збірник приводяться в зворотно-поступальний рух ексцентриковим механізмом 2, який двома кронштейнами закріплений на рамі ситового корпусу і двома іншими - на рамі корпусу-збірки. Ексцентриковий механізм приводиться в рух від електродвигуна 1 через клинопасову передачу.

Повітряний потік послідовно проходить через сита і шар продукту нижнього ярусу, потім через отвори касет жолобків-збірок 8, через сита і шар продукту верхнього ярусу і далі надходить в аспіраційну камеру 10. З неї повітряний потік прямує в мережу аспірації. Для додаткового підведення повітря під першою і другою рамами верхнього ярусу сит встановлено три труби 6, над якими змонтована решітка 5 для вирівнювання повітряного потоку. Кількість повітря, що надходить по трубах, регулюють шибєрними заслінками.

33.3 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Навести короткий опис віброцентрифугальної машини (призначення, будова, принцип дії).

2. Навести короткий опис ситової машини (призначення, будову, принцип дії).

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Які пристрої використовуються на сучасних борошномельних підприємствах для сортування зернових продуктів?

2. Який рух здійснюють ситові корпуси просіювачів?

3. Чи рухається ситовий циліндр віброцентрифугальної машини РЗ-БЦА?

4. Чи проходять висівки через отвори ситовий циліндр віброцентрифугальної машини РЗ-БЦА?

5. Які принципи поділу продуктів помелу зерна закладені на сучасних борошномельних підприємствах?

6. Чому віялки майже не застосовуються на сучасних борошномельних підприємствах для розділення продуктів помелу зерна?

7. Скільки ярусів сит мають ситові машини?

8. Яким пристроєм очищаються сита?

9. Яким чином усувається провисання сит?

10. Чи подається повітря в ситові машину ЗМС-2-4?

РОЗДІЛ 4. КОНСЕРВНЕ ВИРОБНИЦТВО

Лабораторна робота №34

ОБЛАДНАННЯ СОКОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: Вивчити призначення, будову, принцип роботи і регулювання обладнання сокового виробництва.

34.1 Теоретичні відомості

У харчуванні людини важливе місце займають плоди і овочі, які являються найважливішим джерелом вітамінів і мінеральних солей, а також основною сировиною для виготовлення плодоовочевих консервів.

Із плодів кісточкових культур виготовляють як освітлені соки, так і соки з м'якоттю, джеми, пореподібні консерви, повидло й т.д. Однією з основних операцій при виробництві зазначених продуктів є видалення кісточок.

Принципова схема горизонтальної машини для видалення кісточок зображена на рис. 34.1.

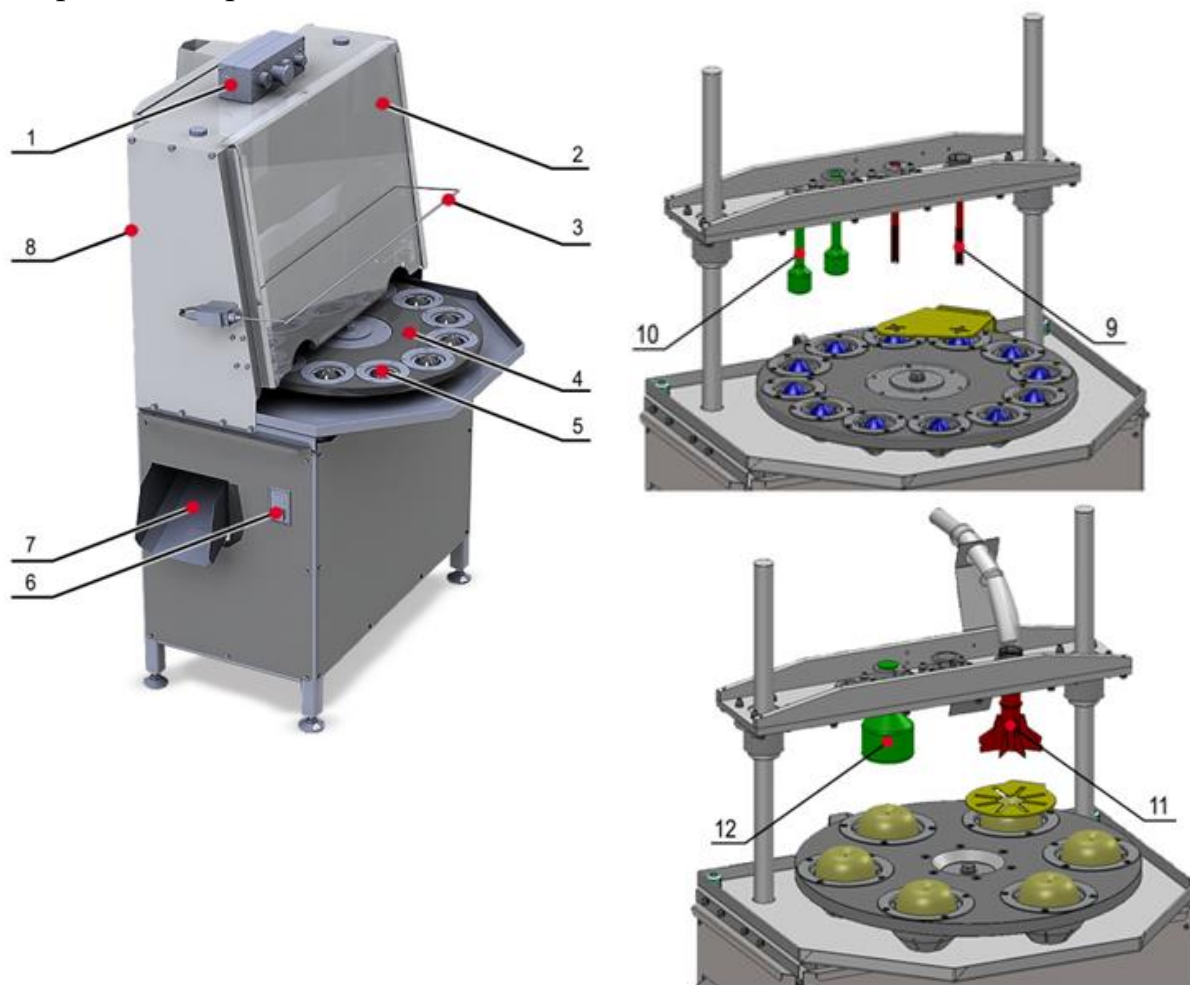


Рис. 34.1 - Принципова схема машина для видалення кісточок зі сливи, абрикоса та їх різання KV-450

Принцип роботи машини для видалення кісточок із сливи KV-450/850.

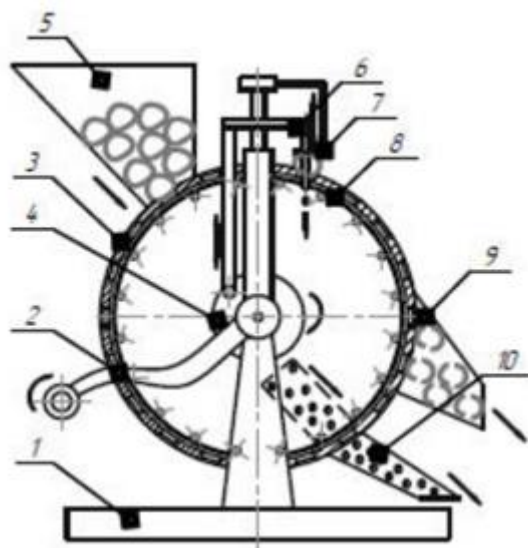
Плоди завантажуються в комірки 5 барабана 4. При обертанні барабана плоди потрапляють у робочу зону, де відбувається їхня обробка за допомогою ножів. Комплектація ножів залежить від виду плоду: для сливи/абрикоса використовується ніж 9, для яблука/груші використовується ніж 11.

Оброблені плоди за допомогою виштовхувача 10 або 12, для сливи або яблука відповідно, направляються у правий жолоб для прийому плодів і далі падають у приймальну тару на плід. Вилучені кісточки відкидаються в лівий жолоб 7 і падають у приймальну тару для кісточок.

Захисні екрани - передній 2 та задній 8 - захищають оператора від рухомих механізмів. Для додаткового захисту оператора також встановлено трос безпеки 3.

Управління роботою машини здійснюється з пульта управління 1, на якому знаходяться кнопки Пуск, Стоп, Реверс, Регулювання швидкості роботи (поворотний регулятор), а також індикатори, які сигналізують про помилки в роботі обладнання та вказують конкретну причину помилки.

Існує і інша компоновка вказаної машини. Розглянемо в розрізі схему вертикальної установки для виділення кісточок (рис. 34.2).



1 - зварна рама; 2 - приводна рукоятка; 3 - барабан; 4 - ексцентриковий механізм; 5 - завантажувальний бункер; 6 - плунжер; 7- пластина для знімання м'якоті із плунжера; 8 - гумовий утримувач; 9 - схід для м'якоті; 10 - схід для кісточок

Рис. 34.2 - Схема установки для видалення кісточок:

Установка для видалення кісточок із плодів сливи (рис. 34.2) складається зі зварної рами 7; на якій укріплені: приводна рукоятка 2; барабан 3, який має на своїй поверхні напівсферичне поглиблення з наскрізними центральними отворами для проходу кісточки; ексцентриковий механізм 4; завантажувальний бункер 5; плунжер 6; пластину для знімання м'якоті з плунжера 7; схід для м'якоті 8; схід для кісточок 9. Пристрій працює у такий спосіб. При повертанні приводної рукоятки слива із завантажувального бункера попадає у заглиблення на барабані, і подається під плунжер, який з'єднаний з ексцентриковим механізмом. Плунжер робить рух униз і виштовхує із плода сливи кісточку. При

подальшому повертанні рукоятки слива випадає у жолоб для сходу м'якоті, а кісточка - в схід для кісточки.

У соковому виробництві застосовуються як технології з подальшим пресуванням попередньо подрібненої маси, так і технології з виготовлення соків з м'якоттю, нектарів, нектаринів та ін.

У першому і в другому випадку використання операції подрібнення основними показниками її ефективності є такі показники, як ступінь подрібнення (розмір подрібнених часток), форма частки і рівномірність (однорідність) подрібненої маси (розподіл часток за розмірними групами).

У силу того, що процес дроблення залежить від дуже багатьох причин, часто зовсім випадкових, і він за своїм характером досить складний, на сучасних подрібнюючих машинах, які застосовують на виробництві, дуже важко досягти точних розмірів, певної форми і наперед заданого розподілу за розмірними класами часток роздробленої сировини. Ці машини потребують постійного нагляду і, при необхідності, періодичного настроювання і регулювання.

Приводом подрібнювана служить електродвигун 1, він за допомогою фланця кріпиться до кронштейна 2, який, у свою чергу, розташований на основі 3. Дискові ножі-тертки 4 розташовуються безпосередньо на валу електродвигуна і жорстко закріплюються.

Для установки дискових ножів подрібнювала вал двигуна подовжується. У ньому просвердлений осьовий отвір глибиною 25 мм і нарізана різьба під шпильку М10, за допомогою якої на валу закріплюється втулка з дистанційними шайбами для подальшого кріплення дискових ножів. Передача обертаючого моменту від втулки до ножів передається за рахунок сил тертя між шайбами та торцями ножів і залежить від зусилля затягу гайок з пружинними гофрованими шайбами.

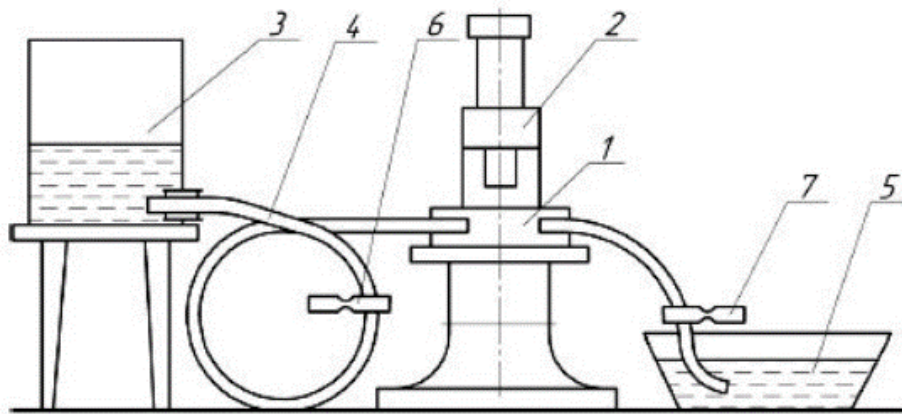
Дискові ножі зовнішнім діаметром 250 мм вирізаються з оцинкованої сталі товщиною 1,5 мм. По їх радіусах робляться отвори, подібні отворам на крупній тертці.

На основу подрібнювана встановлюється стійка-кронштейн. Вона служить, з одного боку, відбійником для подрібненої маси, з іншого - опорою для воронкоподібного бункера 5. Це дає додаткові зручності при приведенні механізму в робоче положення, а також при його обслуговуванні. Подрібнювач має захисний кожух 6, який шарнірно відкидається. Конструкція даної установки виправдовує себе також і з точки зору гігієни праці: після роботи вона легко розбирається для чищення, миття та сушіння.

Перевірка однорідності подрібнення сировинної маси проводиться на установці, схема якої показана на рис. 34.3.

Дослідний матеріал самопливом витікає з накопичувальної ємності 3 шлангом 4, попадає в рахункову камеру 1 і після проведення заміру зливається у зливну ємність 5.

Періодична подача дослідного розчину в рахункову камеру регулюється за допомогою затискачів 6 і 7.



1 - рахункова камера; 2 - мікроскоп; 3 - ємність накопичувальна; 4 - шланг; 5 - ємність зливна; 6,7- затискачі

Рис. 34.3 - Схема установки для визначення якості подрібнення

Основними складовими лабораторної установки є рахункова камера і мікроскоп.

У порожнину, яка утворюється у зазорі між корпусом і кришкою, через один з патрубків 2 і канали в корпусі камери діаметром 4 мм подається суспензія, що досліджується.

Зливання суспензії з камери відбувається через другий патрубок, що має аналогічні розміри.

Кришка притискається до корпусу двома різьбовими з'єднаннями шпилька-гайка 5 і 6 з підкладними шайбами 7.

Частки подрібненого продукту в залежності від їх розмірів поділяються на три групи:

- до першої групи належать частки розміром більш ніж 300 мкм,
- до другої - більш ніж 150 і до 300 мкм,
- до третьої - від 15 до 150 мкм

Після визначення розмірів часток підраховується кількість часток, віднесених до кожної групи.

Кількість часток розміром більших за 150 мкм у відсотках визначається за формулою:

$$C_{150} = \frac{n_1 - n_2}{N} 100 \quad (34.1)$$

де n_1 - кількість часток першої групи, розміри яких більші за 300 мкм;

n_2 - кількість часток першої групи, розміри яких більші за 150 мкм, але менші за 300 мкм;

N - загальна кількість часток, підрахованих у апарату.

Кількість часток розміром більших за 300 мкм у відсотках визначається за формулою:

$$C_{300} = \frac{n_1}{N} 100 \quad (34.2)$$

Отримані результати порівнюються з граничними значеннями кількості часток окремих груп, наведених у табл. 34.1.

Таблиця 34.1 - Граничні значення кількості часток окремих груп

Кількість часток	Граничні значення кількості часток, %			
	понад 150 мкм		понад 300 мкм	
	C_{150}^b	C_{150}^M	C_{300}^b	C_{300}^M
150-169	36	24	10,3	3,7
170-199	35,5	24,5	10,1	3,9
200-249	35	25	9,8	4,2
250-299	34,6	25,4	9,5	4,5
300-349	34,2	25,8	9,3	4,7
350-399	33,9	26,1	9,2	4,8
400-499	33,6	26,4	9	5
500-599	33,2	26,8	8,8	5,2
600-799	32,9	27,1	8,6	5,4
800-999	32,5	27,5	8,4	5,6
1000-1500	32,1	27,9	8,2	5,8

Якість подрібнення повністю задовольняє вимогам діючих стандартів на продукцію якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$$\begin{aligned} C_{150} &\leq C_{150}^M \\ C_{300} &\leq C_{300}^M \end{aligned} \quad (34.3)$$

де C_{150}^M та C_{300}^M - менші граничні значення кількості у пробі часток розміром понад 150 та 300 мкм.

Якість подрібнення не задовольняє вимогам стандарту на продукцію, якщо виконується хоча б одна з нерівностей:

$$\begin{aligned} C_{150} &\geq C_{150}^b \\ C_{300} &\geq C_{300}^b \end{aligned} \quad (34.4)$$

де C_{150}^b та C_{300}^b - більші граничні значення кількості у пробі часток розміром понад 150 та 300 мкм.

Якщо не виконується система нерівностей (34.3) або ж поєднання нерівностей (34.4), потрібно повторити випробування з тією ж пробою і провести розрахунок кількості часток відповідного розміру за формулами (34.1) і (34.2), враховуючи результати всіх проведених дослідів.

Одержані результати порівняти з граничними значеннями кількості часток, наведеними в таблиці 34.1 або діаграмі.

Якщо ж не можна зробити висновок про якість подрібнення при підрахунку більш ніж 1000 часток, то таку якість подрібненого продукту, слід вважати такою, що не задовольняє вимогам діючого стандарту на конкретну продукцію.

Завдання до виконання

Визначити якість подрібнення кісточок за допомогою виразів (34.1-34.4), згідно варіанту.

Варіанти завдань

№ з/п	n_1	n_2	N
1	150	256	548
2	75	112	249
3	69	100	189
4	149	86	368
5	204	147	471
6	297	256	627
7	57	123	247
8	347	92	512
9	76	241	456
10	500	52	709

34.2 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Назва і мета роботи.
2. Результати виконання завдання.
3. Висновки.

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Дати класифікацію машин для виробництва соків.
2. З якою метою проводиться контроль якості однорідності сировини для освітлених соків, які виробляють способом пресування?
3. З якою метою проводиться контроль однорідності сокової маси для соків з м'якоттю?
4. За яким принципом працює подрібнювач яблук, задіяний у даній роботі, як можна змінювати ступінь подрібнення?
5. За якими критеріями можна оцінити стабільність і якість роботи подрібнюючого обладнання?
6. Назвіть основні регулювання установки для видалення кісточок.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ ТАРИ

Мета роботи: Вивчити спосіб герметизації консервної тари, існуючі конструкції заковувальних автоматів та напівавтоматів.

35.1 Теоретичні відомості

35.1.1 Класифікація та типорозміри консервної тари та способи її герметизації

Для розфасування м'ясних і м'ясо-рослинних консервів використовують жерстяну, скляну або полімерну тару. Вона повинна бути герметичною, міцною, хімічно інертною до вмісту, нешкідливою, мати добрі бар'єрні властивості, теплопровідність і бути тривкою при нагріванні й охолодженні. Зберігати якість готового продукту під час зберігання можна лише за умови високої якості консервної тари.

Стан консервної тари оцінюють за зовнішнім виглядом. Жерстяні банки з фасованою в них продукцією мають бути герметично закупорені. Корпус банок не повинен мати деформацій і плям іржі. Шви повинні бути гладенькими і щільно притиснутими до корпусу по всьому периметру банки, без накатів, напливів і підрізань, задирок і не хвилястими. Денця і кришки мають бути дещо увігнутими або плоскими.

Скляні банки з фасованою в них продукцією повинні бути без тріщин, патьоків, із герметично закупореними кришками. Зовніш-ня поверхня кришок не повинна мати пошкоджень лакового покриття, плям іржі та деформацій. На бічних поверхнях металевих і скляних банок повинні бути чисті етикетки.

35.1.2 Класифікація та типорозміри консервної тари

Основний вид тари в консервній промисловості — жерстяні та скляні банки.

Жерстяні банки легкі

Маса їх при однаковому об'ємі приблизно втричі менша за масу скляної тари. Жерстяна тара міцна, має високу теплопровідність, не чутлива до перепадів температури. Маса банки становить 10 - 17 % до маси продукту. Санітарне об-роблення жерстяних банок перед фасуванням здійснюється легко. Виробництво і використання їх добре піддається механізації й ав-томатизації, що сприяє економії витрат на транспортування тари, її підготовку, фасування в неї продукції, закатування, стериліза-цію, пакування продукції і транспортування.

Проте металеві банки зазнають зовнішньої та внутрішньої ко-розії, для попередження якої витрачають дефіцитні олово, дорогі лаки, емалі та консерванти.

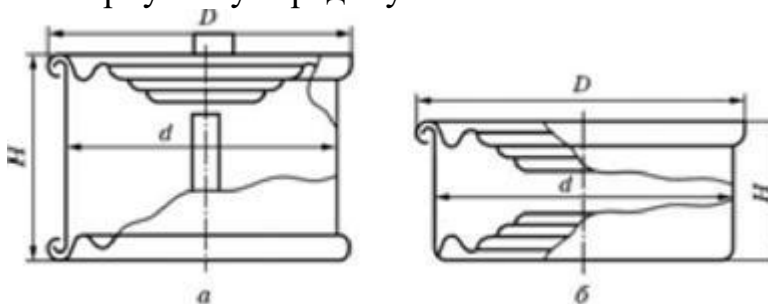
Скляна тара

Скляна тара має нижчу теплопровідність, більшу масу, крихка і має значно меншу термостійкість, ніж металева. Однак скло практично не взаємодіє з

продуктом. Банки прозорі, тому споживач має добре уявлення щодо вмісту консервів. До того ж скляну тару можна використовувати багато разів.

Металева тара

Металева тара (рис. 35.1). Для виготовлення металевих банок використовують жерсть. Вона має вигляд сталевий або алюмінієвий стрічки (листа) завтовшки 0.20 — 0.35 мм. Сталева стрічка за способом прокатування буває гаряче- або холоднокатаною. Щоб запобігти корозії сталеву стрічку з обох боків вкривають оловом гарячим (марка ГЖК) або електролітичним (марка ЭЖК) лудженням. Електролітично луджена консервна жерсть може бути з диференційованим (різна товщина шару олова з різних боків) покриттям (марка ЭЖК-Д). При виготовленні банки бік жерсті з товщим покриттям завжди має бути повернутим у середину банки.



а — збірні; б — суцільнотягнуті;

H — зовнішня висота банки; D — зовнішній діаметр; d — внутрішній діаметр

Рис. 35.1 - Металеві банки

Біла жерсть

Консервну білу жерсть залежно від товщини покриття шаром олова поділяють на:

I клас — має товщину шару олова 0.32 — 0.4 мкм;

II клас — 0.7 — 0.77;

III клас — 1.04 — 1.07 мкм.

Залежно від товщини консервну жерсть гарячого і електролітичного лудження поділяють на номери наведені в табл. 35.1.

Таблиця 35.1 - Номер жерсті та її товщина.

Номер жерсті	20	22	25	28	32	36
Товщина мм	0.20	0.22	0.25	0.28	0.32	0.36

Білу жерсть № 20, 22, 25 використовують для виготовлення корпусів банок, а № 25 і 28 — кінців.

Жерсть електролітичного лудження.

Жерсть електролітичного лудження має підвищену пористість покриття і використовується в консервному виробництві тільки після лакування.

Лакування жерсті є найефективнішим методом захисту її від корозії. Плівка лаку на банках повинна бути нешкідливою, не надавати продукту стороннього присмаку, мати високу хімічну стійкість до м'ясного середовища, добру адгезію до металу тощо. Такі вимоги задовольняють епоксидні лаки ЕП-547, ЕП-559 (золотистого, оран-жевого кольору), ФЕНОЛЕКС-050, ЕП-5118 (для

алюмінію), емаль ЕП-5147 (сріблястого кольору), ЕП-5283 (світло-жовта), ЕП-5263 та ін. Емаль наносять на поверхню листа одним шаром на кожен бік або на внутрішню поверхню банки після її формування.

Хромована й алюмінована жерсть.

Вони мають низьку жорсткість, добру пластичність і здатність до штампування.

У консервному виробництві використовують алюміній марок А5, А6, А7 і його сплави АМг2, АМц, АДО у вигляді листів або стрічок завтовшки 0,30 — 0,35 мм. Стрічка має недостатню коро-зійну стійкість щодо більшості видів консервної продукції, тому її використовують у лакованому вигляді.

Хромована й алюмінована жерсть. Хромовану жерсть ХЛЖК виготовляють електролітичним нанесенням на знежирену холодно-катану рулонну сталеву жерсть тонкого шару (0.01 — 0.08 мкм) мета-лічного хрому.

Алюміновану жерсть виготовляють нанесенням металічного алюмінію на прокат тонкої сталеві стрічки. Товщина алюмінієво-го покриття становить від 0.1 до 2.0 мкм.

Для підвищення антикорозійних властивостей хромовану й алюміновану жерсть лакують лаком ЕП-527 або ЕП-547. Товщина лакового покриття 5 — 9 мкм.

При виготовленні корпусів банок використовують білу жерсть і алюміній завтовшки 0.18 — 0.28 мм, кінців — 0.2 — 0.32 мм.

35.2 Способи герметизації консервної тари

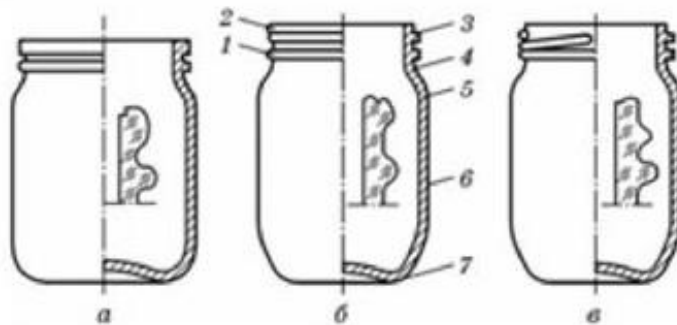
Залежно від способу герметизації скляні банки виготовляють з вінчиками трьох типів (рис. 35.2):

I – обкатні;

II – обтискні «Єврокап»;

III - нарізні «Євротвіст» (з кришкою твіст-офф).

Умовне позначення банки містить: тип (I, II, III), діаметр вінчика (58, 68, 82 мм) і місткість у міліметрах. Так, консервна банка I-82-1000 означає, що це банка першого типу — обкатна, з діаметром вінчика 82 мм і місткістю 1000 мл; банка III-68-650 має вінчик з різьбою для нагвинчування кришки, діаметр вінчика 68 мм і місткість 650 мл.



а — банка I-82-500; б — банка II-68-650; в - III-68-650;

1 - шийка горловини; 2 - вінчик горловини; 3 - торець горловини; 4 - горловина; 5 - плече банки; 6 - корпус банки; 7 - дно банки;

Рис. 35.2 - Скляні банки і способи їх закупорювання:

35.3 Принцип роботи багатопозиційного закручувального механізму

Надійна герметизація банок одна із найважливіших умов забезпечення тривалої безпеки і високої якості консервів. Вона здійснюється переважно на закручувальних машинках, що підрозділяються на напівавтоматичні та автоматичні, вакуумні та безвакуумні, агрегатовані з наповнювачем та неагрегатовані, для жерстяної та скляної тари.

При герметизації банок кришки деформуються закручувальними роликми, що входять до складу закручувального механізму. Багатопозиційний механізм (рис. 35.3) складається з приводного валу 4, зубчастих коліс 1, 2, 3, 5, 6, 17, 20, 21, 22, центральних валів 7 і 23, водила 25, порожнистих валів 16 і 18, кулаків 15, 24, маточок 8, пов'язаних з двоплечими важелями 12 шарнірами 13, віджимних роликів 14, роликів, які закручують 9, верхніх патронів 10, осей 11, виштовхувачів банок 19.

При герметизації банку в момент найбільшого видалення закручувальних роликів піднімається нижнім патроном і притискається до верхнього патрона 10.

Ролик 14, накручуючись на виступаючу частину кулаків відсувається, а пов'язані з ними важелі 12, закручувальні ролики 9 наближаються до банки, одночасно обертаючись навколо неї (відгинають фланець кришки до горла банки). Плавність ходу роликів, які закручують забезпечується незначною розбіжністю між частотою обертання куркулів та роликів.

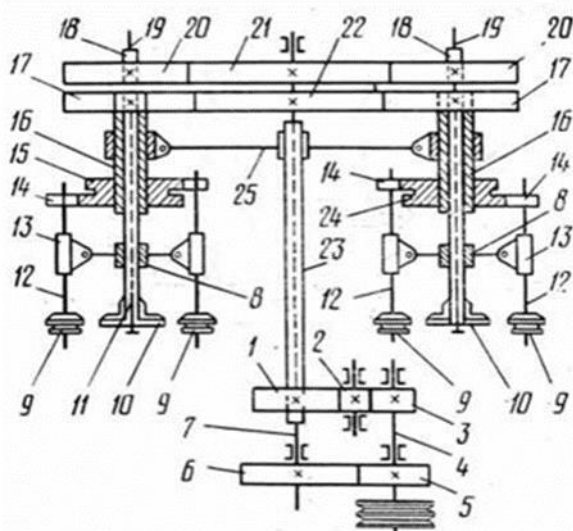


Рис. 35.3 - Багатопозиційний закручувальний механізм.

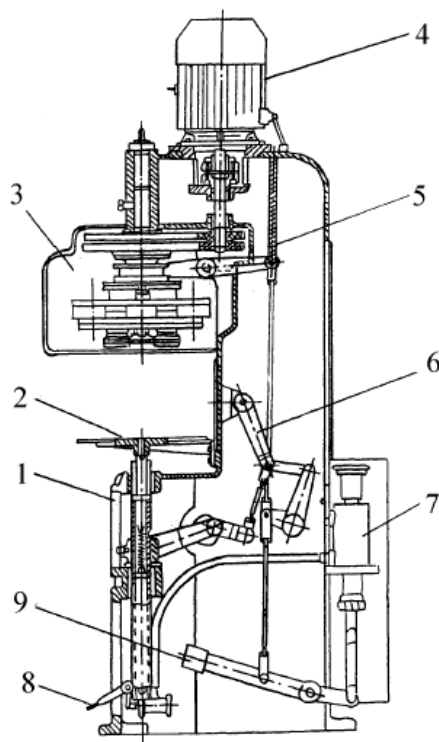
Пристрій та принцип роботи напівавтоматичної закручувальної машини

Машина призначена для закручування циліндричних бляшанок. Процес герметизації відбувається при нерухомій банці і обертвовій закручувальній голівці. Встановлюють і знімають банку, а також включають машину вручну, а процес закручування і звільнення банки після закручування здійснюється автоматично.

Всі вузли машини (рис. 35.4) змонтовані на литій станині 1. Процес герметизації банок здійснюється в наступній послідовності. Банку з кришкою

вручну встановлюють нижній патрон. Натискаючи на педаль 9, банку піднімають і нижнім патроном 2 притискають до закатного патрона. Одночасно при натиску на педаль за допомогою важеля 6 включається муфта кулачків першої і другої операції. У цей момент кулачки починають обертатися зі швидкістю меншою на 0.5 обороту ніж планшайба. Оскільки планшайба і кулачки обертаються з різними швидкостями, то бігові ролики, обкочуються по робочій поверхні кулачків, здійснюють радіальний рух, переміщаючись щодо осі головки 3, 2 і управляють радіальним рухом закаткових роликів, тобто. спочатку до банку підводяться ролики I операції, а потім II операції і формується закатковий шов. Потім муфта за допомогою пружини 5 автоматично вимикається, при цьому за допомогою важеля 6 нижній патрон 2 опускається вниз. Закатана банка вручну забирається з патрона.

У разі роботи машини з пневмоциліндром 7 машиною управляють через золотниковий клапан за допомогою педалі 9. Робота машини з пневмоциліндром дозволяє точніше відрегулювати натискання банки нижнім патроном, що в свою чергу підвищує якість закаточного шва. У рух заковувальна головка 3 наводиться від електродвигуна 4.



1 - станина; 2 - нижній патрон; 3 - заковувальна головка; 4 - електродвигун;
5 - пружина; 6 - важільна система; 7 - пневмоциліндр; 8 - педаль
пневматичного включення машини; 9 - педаль механічного включення
машини.

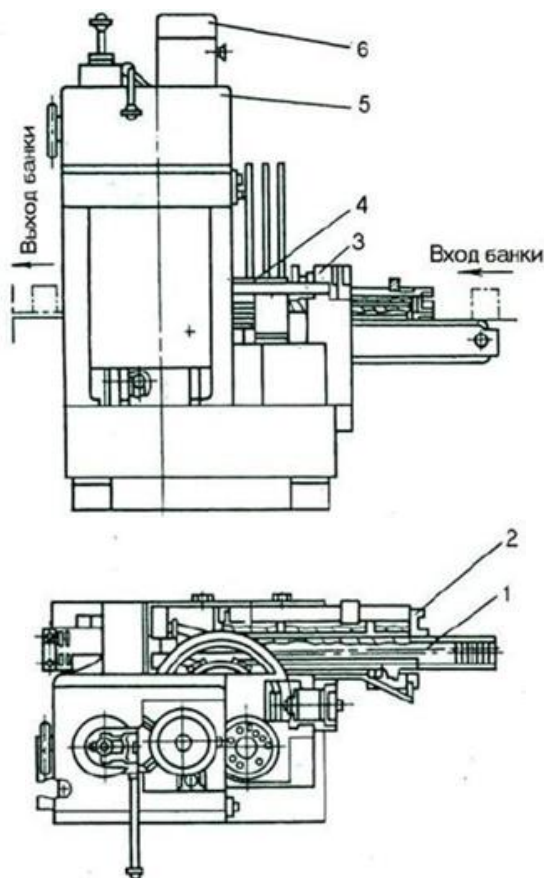
Рис. 35.4 - Напівавтоматична закаточна машина СЗК М.

Складові агрегати та механізми закатного автомата типу Б4-КЗК

Автоматична заковувальна машина Б4-КЗТ-11М Призначена для заковування циліндричних бляшанок діаметром 50-105 мм і висотою 35-125 мм

в лініях виробництва рибних консервів. Машина має пристрої для маркування кришок і рахунки банок. Закочення відбувається при атмосферному тиску.

Машина Б4-КЗТ-11М (рис. 35.5) являє собою карусельний автомат з чотирма закаточними шпинделями і виконує наступні операції: прийом на пластинчастий транспортер наповнених банок, розподіл їх по кроку шнековим двигуном, відсікання кришок у магазині, маркування кришок, подача банок і кришок до закаткової каруселі та їх орієнтація щодо відношення один до одного, встановлення кришки на банку, встановлення банки з кришкою в нижній патрон закаткової каруселі, підйом нижнього патрона з банкою до закочувальної голівки, закочування банки роликками двох операцій при обертанні банки, опускання закатаної банки та знімання патрона, рахунок банок і видача їх із закаточної машини.



1 - транспортер; 2 - шнек; 3 - маркувальник; 4 - магазин кришок; 5 - коробка швидкостей; 6 - електродвигун

Рис. 35.5 - Закатна машина Б4-КЗТ-11М

За конструкцією закочувальна голівка і карусель подібні до аналогічних механізмів каруселі остаточної закатки машини Б4-КЗВ-19. Є блокування на випадок відсутності банки – кришка не видається, за відсутності кришки машина зупиняється.

35.4 Пристрій та принцип роботи механізму закочування

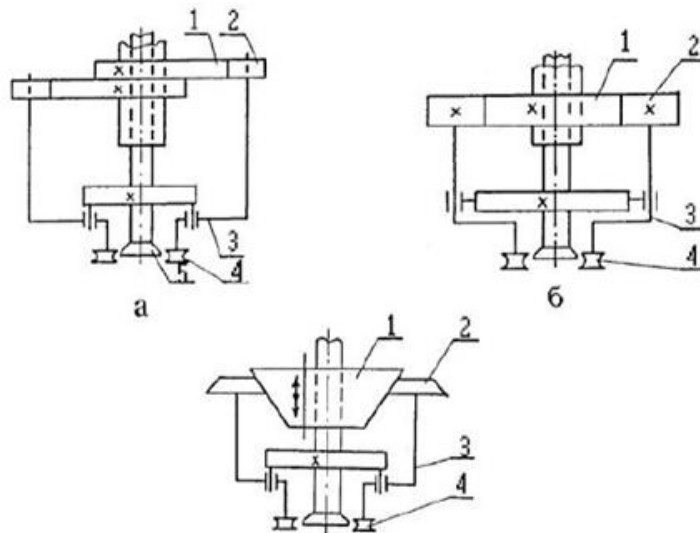
Переміщення закаткових роликів, що здійснюють у необхідній послідовності деформацію кришок і фланців жестетари, а також деформацію

кришок і гумового кільця склотари, проводиться заочувальним механізмом машини. Є кілька конструкцій закаткових механізмів, що застосовуються в даний час в закаткових машинах.

На рис. 35.6 показані заочувальні механізми: кулачковий (а), шестерний (б) і дисковий (в). У кулачковому механізмі (рис. 35.6,а) кулачок 1 передає рух віджимному ролику 2, з'єднаному з важільною системою 3, за допомогою якої відбувається переміщення закаточного ролика 4 щодо патрона 5.

У шестерним колесі (рис. 35.6,б) зубчасте рух шестерні 2, насадженої на вал 3, нижній кінець якого асиметричний осі проходить через центр шестерні 2. На нижній кінець валу посаджений ролик 4. При обертанні валу 3 ролик 4 переміщається до закатного патрона, а потім повертається у вихідне положення.

Дисковий закатковий механізм (рис. 35.6,в) працює наступним чином: конус 1, насаджений на вал, має осьове переміщення щодо цього валу, під час роботи механізму конус 1, опускаючись вниз, зміщує віджимний ролик 2, з'єднаний з важільною системою 3, яка підводить заочувальний ролик 4 до патрона; у вихідне положення ролик 4 повертається за допомогою пружини, в той час коли конус 1 піднімається до початкового положення. Кулачкові і шестерні механізми застосовуються в однопозиційних і багатопозиційних закатальних машинах, а дискові - в однопозиційних.



а - кулачковий; б - шестерний; в - дисковий

Рис. 35.6- Заочувальні механізми:

35.5 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Назва і мета роботи.
2. Класифікація консервної тари.
3. Способи герметизації консервної тари.
4. Принцип роботи механізмів заочування.

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Які вимоги пред'являються до тари?
2. Як оцінюється стан консервної тари?
3. Які види тари використовуються в консервній промисловості?
4. Які види жести використовують при виробництві тари консервної промисловості?
5. Які існують способи герметизації консервної тари?
6. Якій принцип роботи багатопозиційного закручувального механізму?
7. Як забезпечується плавність ходу роликів багатопозиційного закручувального механізму?
8. Як рухається банка в напівавтоматичній закручувальній машині?
9. За рахунок чого піднімається нижній патрон напівавтоматичній закручувальній машині?
10. Які існують механізми закручування?
11. Якій принцип роботи дискового закаткового механізму?

ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИП ДІЇ ТА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК АВТОКЛАВУ

Мета роботи: Ознайомитись зі схемою автоклавів та лабораторним устаткуванням для оцінки їх параметрів. Вивчити будову, принцип роботи і правила експлуатації автоклавів, техніку безпеки при їх роботі. Вивчити теоретичні аспекти процесу стерилізації. Отримати навички теоретичних розрахунків та здійснити практичне визначення основних параметрів автоклавів, визначити загальні витрати пари на стерилізацію продукту.

36.1 Теоретичні основи процесу стерилізації

Стерилізація це оброблення продукту з метою припинення життєдіяльності клітин сировини і мікроорганізмів, у тому числі їх спор. Спосіб консервування стерилізацією в харчовій промисловості є основним і найбільш надійним серед усіх методів збереження харчових продуктів. При цьому основним завданням є те, що стерилізація не повинна приводити до зміни білкових речовин, вітамінів, органолептичних властивостей, зниження харчової та біологічної цінності продукту.

Залежно від фізичних властивостей продуктів, які стерилізуються, та мети стерилізації застосовують різні способи знепліднення мікроорганізмів: тепловий (волога, дробова, суха стерилізація) і холодний (механічна стерилізація, іонізація, стерилізація ультразвуком та ультразвуковим випромінюванням). Основним з цих способів є теплова стерилізація внаслідок нагрівання продукту до високих температур (іноді вище 100⁰С). До режимів теплової стерилізації відносяться: температура нагрівання продукту і тривалість її впливу. Виникає питання, що краще: довше стерилізувати за помірних температур чи стерилізувати швидко за високих температур? Відповіді на ці питання знаходяться в міркуваннях стосовно якості стерилізованої продукції та організації процесу стерилізації з технічного боку. Встановлено, що для уповільнення хімічних реакцій, які спричиняють погіршення якості стерилізованої продукції, слід використовувати режим експрес-стерилізація, тобто вести термообробку за більш високих температур протягом дуже короткого проміжку часу. Проте таку обробку не завжди можна реалізувати в існуючих стерилізаційних апаратах при даних теплофізичних характеристиках продукту.

Режим стерилізації залежить від фізико-хімічних властивостей харчових продуктів, типу і розмірів тари і умовно записується у вигляді формули:

$$\frac{A+B+C}{t_c} P \quad (36.1)$$

де *A* - тривалість прогрівання автоклаву до температури стерилізації, хв.;

B - тривалість стадії стерилізації, хв.;

C - тривалість стадії охолодження, хв.;

t_c - температура стерилізації, ⁰С;

P - максимальна величина сумарного тиску, який утворюється в стерилізаторі для компенсації внутрішнього тиску, що виникає в банках при стерилізації, кПа (МПа).

На вибір режиму стерилізації продуктів впливають такі фактори:

1) Вміст жиру який утворює навколо бактерій жирову капсулу, що зменшує ефективність дії тепла. Тому зі збільшенням вмісту жиру в продуктах використовується більш жорсткий режим обробки.

2) Кислотність середовища. У кислому середовищі мікроби гинуть швидше. Найбільші бактерицидні властивості притаманні молочній кислоті. Менший ефект у присутності оцтової і лимонної кислот.

3) Вміст солі, у присутності якої процес стерилізації відбувається більш ефективно.

4) Вміст повітря, у присутності якого стійкість мікробів підвищується.

Існують два основних способи стерилізації. Перший з них полягає у попередньому розфасуванні і упаковці продукту з подальшою стерилізацією. При другому способі продукт спочатку стерилізують у потоці, а потім в асептичних умовах розфасовують у тару. Більш доцільною є стерилізація у потоці, яка може бути двох видів: безпосередня і непряма. При безпосередній стерилізації нагрівання продукту відбувається завдяки введенню пари у продукт або введенню продукту в пару. Пара має бути особливо чистою і не містити ніяких домішок.

При непрямій стерилізації нагрівання продукту відбувається через тепло передаючу поверхню. Стерилізацію продукту, розфасованого і упакованого в тару, здійснюють при температурі до 120 °С, при якій тривалість обробки становить близько 20 хв.

Консерви овочеві та фруктові

1) До овочевих і фруктових консервантів відносять продукти, фасовані в тару, герметично закупорені, стерилізовані при $t_0 = 110-120^\circ\text{C}$, пастеризовані при t_0 нижче 100°C (овочеві маринади, томатний соус, тощо) або виготовлені компонованим способом - спочатку овочі, фрукти маринують, солять, квасять. Потім з цих продуктів шляхом стерилізації або пастеризації виготовляють консерви.

За цільовим призначенням консерви поділяють на асортимент для дієтичного харчування дорослих (в т.ч. людей похилого віку), для дієтичного і лікувального дітей, для здорових дітей.

Консерви овочеві натуральні виготовляють з цілих, нарізаних або протертих овочів з додаванням заливки - 2-3% розчину кухонної солі - або без неї. В кукурудзу цукрову додають цукор. Ці консерви називають натуральними, бо вони зберігають властивості свіжих овочів.

До натуральних консервів відносяться горошок зелений консервований, квасоля цукрова консервована, кукурудза цукрова консервована, цвітна капуста консервована. Перець стручковий солодкий консервований, шпинат консервований, морква і буряки гарнірні, томати натуральні консервовані тощо.

Консерви овочеві закусочні виготовляють з нарізаних і протертих овочів, до яких додають олію, томатний соус, пряну зелень, спеції, часник, перець, лавровий лист.

Закусочні консерви втрачають натуральні властивості, набувають характерного смаку від прянощів, часнику, олії і томатної заливки.

Консерви перші та другі обідні страви готують з свіжих, квашених, солоних овочів, картоплі з додаванням крупи, бобових культур, макаронних виробів, м'яса, жирів, грибів, кухонної солі, цукру, прянощів. Асортимент цієї групи консервів налічує близько 45 найменувань з м'ясом, страви без м'яса, - борщі, щі, розсольники, капуста, супи, солянки овочеві, заправки (борщова, для розсольників).

Ці консерви перед споживанням з'єднують з 1-1.5 кратною кількістю гарячої води, а заправки обов'язково кип'ятять.

Консерви соки овочеві виготовляють з одного або кількох видів овочів пресуванням на шнекових апаратах.

Виготовляють соки овочеві натуральні: томатний, капустяний з квашеної капусти, морквяний, буряковий, з підсолоджувачами та купажовані - буряково-яблучні, морквяно-айвовий, буряково-сливовий, морквяний, виноградний та інші.

Напої овочеві виготовляють на основі томатного соку, томатної пасти в які додають яблучний сік, овочеві і фруктові пюре, соки, ефірні олії, цукор, кухонну сіль.

Консерви овочі мариновані - це свіжі овочі і солоні огірки та помідори, залиті маринадною заливкою до складу якої входять кухонна сіль, цукор, прянощі, оцтова кислота з олією.

Мариновані овочеві консерви виготовляють з цілих нарізаних баклажанів, кабачків, капусти, огірків, патисонів, перцю солодкого. Буряків, помідорів квасолі стручкової, гарбузів; з декількох видів цих овочів; з суміші овочів та фруктів (асорті).

Консервовані томатні продукти виготовляють з стиглих помідорів подрібненням їх, підігріванням з сіллю до певного вмісту сухої речовини.

Після уварювання пасту і пюре фасують в металеві, скляні банки і стерилізують.

Консерви соуси томатні - виготовляють з концентрованих томатних продуктів або стиглих свіжих помідорів, моркви, цибулі, петрушки, селери, пряної зелені, яблук, айви, перцю солодкого з додаванням олії, прянощів, часнику, оцтової кислоти.

2) Натуральні консерви - це фрукти у натуральному соці, пюре з тих же фруктів. Наприклад, яблука у яблучному соці, сливи у сливовому соці і т.д.

Компоти виготовляють майже з усіх видів фруктів, а також з ревеню і динь, асортимент налічує, більше 30 найменувань. Назву тих же фруктів, а із декількох - називається Асорті. Компоти для дієтичного і дитячого харчування виготовляються сорбіті і ксиліті.

Соки виготовляють майже з усіх видів фруктів, вони є натуральні, з підсолоджувачами, з м'якоттю, концентровані, заховані.

Напої виробляють освітленими, неосвітленими, з м'якоттю, купажованими. Вони відрізняються від соків меншим вмістом сухих речовин і бувають звичайні та газовані.

Виготовляють дієтичні соки та напої з фруктів та овочів з додавання (або без цукру, природних цукрозамінників) харчових кислот, знежиреного молока, молочної сироватки, толокна.

Екстракти - це згущені соки, виготовлені уварюванням фруктових соків до вмісту сухих речовин до 57%.

Фрукти протерті і подрібнені з цукром виготовляють майже з усіх фруктів (свіжих, заморожених, напівфабрикатів), або перетирають на пюре і додають цукор, асортимент цих продуктів більше 50 найменувань.

Пюре виготовляють з дикорослих і культурних фруктів з вмістом сухих речовин залежно від найменування від 8 до 13%. Пюре для дитячого харчування випускають кількох видів: пюре з цукром, пюре протерте з одного виду фруктів, пюре з суміші фруктів з цукром, фруктове пюре з соком, пюре з фруктів з молоком і крупами.

Соуси фруктові - з протертих свіжих фруктів, або замороженого пюре з додаванням цукру і уварюванням до вмісту сухих розчинних речовин 21%.

Мариновані фрукти - це цілі або нарізані плоди яблук, слив, смородини, порічок в маринадній заливці розчин цукру, солі, оцту з прянощами.

Апарати для стерилізації. Стерилізація продуктів у тарі може проводитись в апаратах періодичної і безперервної дії. До першого типу належать різного виду автоклави, тобто апарати з сорочкою, в робочій камері яких створюється надлишковий тиск. Це дозволяє отримати температуру обробки вище 100 °С.

Серед апаратів безперервної дії широко використовуються роторні і гідростатичні. Роторні стерилізатори складаються з чотирьох великогабаритних циліндрів (корпусів). У першому продукт нагрівається до 80 °С, у другому - до 90...95 °С, у третьому - стерилізується, у четвертому - охолоджується.

Гідростатичні стерилізатори складаються з трьох вертикальних колон висотою до 20 м. У першій продукт нагрівається водою, у другій стерилізується паром, у третій охолоджується водою.

Процес стерилізації рідких матеріалів безпосереднім способом проводять у пароконтактних пристроях.

Рідкий продукт розпилюється у нагрівачі і миттєво обробляється у ньому паром з дистильованої води. Потім продукт надходить у вакуумну камеру 2, де внаслідок випаровування видаляється конденсат, що перейшов у продукт, а також леткі кислоти, які надавали продукту несприятливого присмаку і запаху. У процесі кипіння продукту і відводу вторинної пари, що утворилася, він поступово згущується, тобто концентрація в ньому сухих речовин підвищується. Температура кипіння у вакуум-випарних установках визначається тиском, при якому здійснюється цей процес. Чим нижче тиск, тим нижче температура кипіння рідкого продукту.

Ефект створення вакууму в установці можна пояснити тим, що при перетворенні пари у воду різко зменшується його об'єм. При атмосферному тиску,

щоб одержати 1 кг чи 1 л води, потрібно сконденсувати $1,7 \text{ м}^3$ пари. При тиску $4.9 \cdot 10^4 \text{ Па}$, тобто рівному половині атмосферного, потрібно сконденсувати $3,3 \text{ м}^3$ пару. Це означає, що об'єм, займаний паром, при його конденсації зменшується відповідно в 1700 і в 3300 разів.

Велике значення при аналізі вакуум-апаратів і вакуум-випарних установок мають матеріальний і тепловий баланси процесу.

У консервному виробництві частіш всього застосовують вертикальні автоклави періодичної дії Б6-КАВ-2 і Б6-КАВ-4 технічні характеристики яких надані у табл. 36.1.

Таблиця 36.1 - Технічна характеристика автоклавів Б6-КАВ-2 і Б6-КАВ-4

Показники	Б6-КАВ-2	Б6-КАВ-4
Об'єм автоклава, л	1570	2750
Робочий надлишковий тиск в автоклаві, МПа	0.35	0.35
Кількість кошиків	2	4
Габаритні розміри, мм	1350 x 200 x 750	1350 x 2200 x 4200

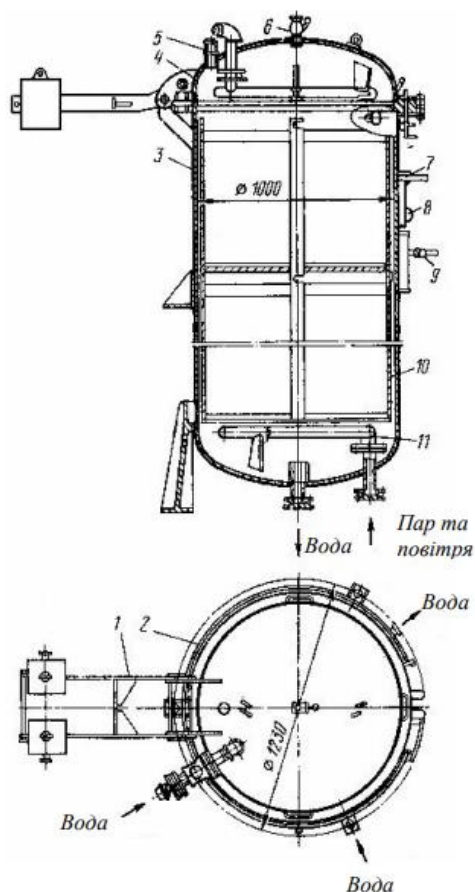
Устрій вертикального автоклава даний на рис. 36.1.

Парова стерилізація продуктів у металевих банках проводиться наступним чином. Наповнені банками циліндричні дірчасті кошики, місткістю близько 500л, встановлюють в автоклав один на другий, герметизують за допомогою кришки 4 (рис. 36.1), після чого відкривають пробко - спусковий кран 6, і паровий вентиль 3, що сприяє видаленню з автоклава повітря парою. При появі пари з крану його закривають і ведуть нагрівання продукту до встановленої температури. Тривалість і температура нагрівання встановлюються заданим режимом стерилізації. Після закінчення стерилізації паровий вентиль закривають і поступово зменшують тиск і температуру, випускаючи при цьому пару через пробко - спусковий кран.

Оброблені банки з продуктом проходять стадію охолодження до температури $40..50 \text{ }^\circ\text{C}$ в самому автоклаві чи на відкритому повітрі.

Стерилізація продуктів у скляній тарі проводиться в воді наступним чином. Наповнені банками кошики встановлюють в автоклав один на другий, герметизують за допомогою кришки 4. Автоклав наповнюють водою температура якої на $10-15^\circ\text{C}$ вище температури тари з продуктом. Через паровий барботер 11 в автоклав подається пара з поступовим підвищенням температури в ньому до встановлених технологічних режимів.

Повітряним компресором створюється і підтримується в системі постійний тиск. Після закінчення стерилізації пара та гаряча вода поступово відводяться з автоклава через зливну трубу за рахунок подавання в нього холодної води. Поступовість і рівномірність охолодження пов'язані з запобіганням руйнації скляної тари внаслідок термічних напружень.



1 - врівноважуючий пристрій; 2 - затискач; 3 - корпус; 4 - кришка; 5 - запобіжний клапан; 6 - пробко - спусковий кран; 7 - термометр; 8 - манометр; 9 - програмний регулятор ПРП-2; 10 - кошик; 11 - паровий барботер

Рис. 36.1 - Автоклав Б6-КАВ-2

36.2 Виконання роботи

Тепловий розрахунок автоклаву. Провести тепловий розрахунок автоклаву для стерилізації продуктів в скляних банках при заданих вихідних даних: тип продукту, кількість заповнених сіток, початкова температура продукту в банках до стерилізації, температура продукту в банках в період стерилізації, температура продукту в банках після охолодження, тривалість нагрівання, тривалість стерилізації, температура повітря в приміщенні.

Тепловий розрахунок автоклаву проводиться з метою визначення загальних витрат пари на стерилізацію продукту. Використовується волога насичена пара зі ступенем сухості, $x=0.95$ и абсолютним тиском $P = 4$ МПа.

Робота автоклаву складається з двох періодів:

перший, коли теплота гріючої пари $Q_{ЗАГ1}$ витрачається на нагрівання автоклаву Q_1 , сіток Q_2 , банок Q_3 , продукту Q_4 , води в автоклаві Q_5 , і втрат теплоти в навколишнє середовище Q_6 , тобто, рівняння теплового балансу має вид:

$$Q_{ЗАГ1} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (36.2)$$

другий, коли теплота гріючої пари витрачається на компенсацію втрат теплоти в навколишнє середовище, тобто:

$$Q_{3AG2}=Q_7 \quad (36.3)$$

Розрахунок витрат пари в перший період роботи автоклаву

1) Теплота, що витрачається на нагрівання автоклаву, кДж:

$$Q_1=G_1c_1(t_c-t_1) \quad (36.4)$$

де G_1 - маса автоклаву без кошиків; $G_1=1570$ кг;

c_1 - теплоємність сталі; $c_1 =0,481$ кДж/(кг·К);

t_c - температура стерилізації продукту, °С (по завданню);

t_1 - початкова температура автоклаву, приймається нижчою за кінцеву температуру продукту після охолодження на 5 °С, тобто $t_1=t_c-5^0$.

2) Теплота, що витрачається на нагрівання кошиків, кДж:

$$Q_2=G_2c_1(t_c-t_2) \quad (36.5)$$

де G_2 - маса кошиків, кг (маса одного кошику 50 кг, кількість кошиків по завданню);

$$G_2=n \cdot 50 \quad (36.6)$$

c_1 - теплоємність сталі; $c_1 =0,481$ кДж/(кг·К);

t_c - температура стерилізації продукту, (по завданню), °С;

t_2 - початкова температура кошиків, дорівнюється температурі повітря в приміщенні $t_{пов}$, °С.

3) Теплота, що витрачається на нагрівання скляних банок, кДж:

$$Q_3=G_3c_3(t_c-t_3) \quad (36.7)$$

де G_3 - маса банок, кг;

$$G_3=z \cdot g_6 \quad (36.8)$$

де g_6 - маса однієї банки, $g_6 = 0.27$ кг.

z - кількість банок, в одному кошику встановлюється 456 шт. банок,

$$z= n \cdot 456, \quad (36.9)$$

c_3 - теплоємність скляних банок; $c_3 =0,84$ кДж/кг·К;

t_c - температура стерилізації продукту, °С (по завданню);

t_3 - початкова температура банок в кошику, дорівнює початковій температурі продукту до стерилізації, $t_3 = t_n$, °С.

4) Теплота, що витрачається на нагрівання продукту в банках, кДж:

$$Q_4=G_4c_4(t_c-t_n) \quad (36.10)$$

де G_4 - маса обробляє мого продукту, кг, $G_4= z \cdot g_n$;

g_n - маса продукту в одній банці, $g_n = 0.42$ кг;

c_4 - теплоємність продукту; кДж/(кг·К), $c_4 =3.56$ кДж/(кг·К);

t_c - температура стерилізації продукту, °С (по завданню);

t_n - початкова температура продукту до стерилізації, °С.

5) Теплота, що витрачається на нагрівання в автоклаві, кДж:

$$Q_5=G_5c_5(t_c-t_1) \quad (36.11)$$

де G_5 – маса води в автоклаві, визначається за об'ємом автоклаву без врахування об'єму кошиків і банок, $G_5=1100$ кг;

c_5 – теплоємність води, $c_5=4.19$ кДж/(кг·К);

t_c – температура стерилізації продукту, °С (по завданню);

t_1 – початкова температура автоклаву, приймається нижчою за кінцеву температуру продукту після охолодження на 5 °С, тобто $t_1 = t_k - 5^0$, °С.

6) Втрати теплоти в навколишнє середовище, кДж:

$$Q_6=10^{-3}F_a\tau_r\alpha_0(t_{ct}-t_n) \quad (36.12)$$

де F_a - поверхня нагрівання автоклава, $F_a=11$ м²;

τ_r - тривалість роботи автоклаву в режимі нагрівання, с (по завданню);

α_0 - коефіцієнт тепловіддачі. $\alpha_0 = 9.7+0.07(t_{ct} - t_1)$, Вт/(м²·К);

t_{ct} - температура зовнішньої стінки автоклаву, приймається як середня температура води в перший період, °С; $t_{ct} = (t_1 + t_c)/2$;

t_1 - початкова температура автоклаву, приймається нижчою за кінцеву температуру продукту після охолодження на 5 °С, тобто $t_1 = t_k - 5^0$;

t_n - температура повітря в приміщенні, °С.

7) Загальні витрати теплоти, кДж:

$$Q_{3AG}=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5+Q_6 \quad (36.13)$$

8) Витрати пари за перший період роботи автоклаву, кг:

$$D_1 = \frac{Q_{3AG}}{h_n - h_k} \quad (36.14)$$

де h_n - питома ентальпія пари, при $P=4$ МПа і $x=0.95$ складає $h_n=2627$ кДж/кг;

h_k - питома ентальпія конденсату при стерилізації продуктів у воді:

$$h_k = c_B t_k = 4.19 \frac{t_1+t_c}{2} \quad (36.15)$$

Розрахунок витрати пари в другий період роботи автоклаву

9) Витрати теплоти в навколишнє середовище, кДж:

$$Q_7=10^{-3}F_a\tau_3\alpha_0(t_{ct}-t_n) \quad (36.16)$$

де F_a - поверхня нагрівання автоклава, $F_a=11$ м²;

τ_3 - час безпосередньої стерилізації, с (по завданню);

α_0 - коефіцієнт тепловіддачі. $\alpha_0 = 9.7+0.07(t_{ct} - t_n)$, Вт/(м²·К);

t_{ct} - температура стінки автоклаву, приймається рівною половині температури стерилізації, °С $t_{ct} = t_c/2$.

10) Витрати пари в другому періоді роботи автоклаву, кг:

$$D_2 = \frac{Q_7}{h_n - h_k} \quad (36.17)$$

де h_n - питома ентальпія пари, при $P=4$ МПа і $x=0.95$ складає $h_n=2627$ кДж/кг;

h_k - питома ентальпія конденсату при стерилізації продуктів у воді:

$$h_k = c_B t_k = 4,19t_c \quad (36.18)$$

11) Загальна витрата пари:

$$D=D_1+D_2$$

(36.19)

36.3 Опрацювання результатів роботи

При виконанні лабораторної роботи спочатку вивчається теоретичний матеріал, а потім оформляється звіт в якому:

1. Назва і мета роботи.
2. Оснащення лабораторної роботи установкою і приладами і схема лабораторної установки.
3. Методика проведення експерименту і реєстрація отриманих експериментальних даних.
4. Теплові розрахунки автоклаву.
5. Висновок по розрахункам.

Після оформлення звіту потрібно відповісти на питання, які обирає викладач:

1. Для чого проводять стерилізацію харчової продукції?
2. Які фактори впливають на режим стерилізації харчової продукції?
3. При якій температурі проводять стерилізацію харчової продукції?
4. Як проводять консервацію овочів та фруктів?
5. Як виготовляють натуральні консерви?
6. Яке обладнання використовується для стерилізації харчової продукції?
7. Якій надлишковий тиск у автоклавах?
8. Як проводиться парова стерилізація продуктів у металевих банках?
9. Як проводиться стерилізація продуктів у скляній тарі?
10. З яких періодів складається робота автоклава?
11. На що витрачається пара у першому періоді роботи автоклава?
12. На що витрачається пара у другому періоді роботи автоклава?
13. З чого складаються загальні витрати пари на роботу автоклава?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теличкун Ю.С., Литовченко І.М., Ковальов О.В. Технологічне обладнання галузі (хлібопекарське виробництво) [Електронний ресурс]:– К.: НУХТ, 2014. - 110 с.
2. Технологічне обладнання галузі [Електронний ресурс]: методичні рекомендації до практичних занять для студентів спеціальності 7.05050313, 8.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» (спеціалізації «Обладнання бродильних і спиртових виробництв») денної та заочної форм навчання / уклад. С.О. Удодов, Л.В.Марцинкевич, К.: НУХТ, 2014. – 72 с.
3. Горбенко О.А. та інші. Машини, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції. Мет. реком. Миколаїв, МНАУ, 2021, - 57 с.