

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ

ПРАКТИКУМ

для студентів спеціальностей 7.05050313, 8. 05050313 «Обладнання
переробних і харчових виробництв»
спеціалізація «Обладнання виробництв з перероблення м'яса»,
«Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса» напряму
6.051701 «Харчові технології та інженерія»
денної та заочної форм навчання

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри
“Машини і апарати
харчових та фармацев-
тичних виробництв”
Протокол № 16
від 29.06.2011 р.

Київ НУХТ 2011

Практикум з дисципліни «Технологічне обладнання галузі» для студ. спец. 7.05050313, 8.05050313 “Обладнання переробних і харчових виробництв” спеціалізації “Обладнання виробництв з перероблення м'яса”; “Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса” напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заочн. форм навч. / Уклад.: О.М. Чепелюк, С.Д. Беседа, В.М. Таран, І.Г. Бабанов. – К.: НУХТ, 2011. – 113 с.

Рецензент: **С.Ф. Федоров**, канд. техн. наук

Укладачі: **О.М. ЧЕПЕЛЮК**, канд. техн. наук
С.Д. БЕСЕДА,
В.М. ТАРАН, доктор техн. наук
І.Г. БАБАНОВ, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск **В.М. Таран**, д-р техн. наук

Видання подається в авторській редакції

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
Методичні вказівки.....	5
1. Конструктивний і тепловий розрахунок шпарильного чана безперервної дії.....	5
2. Розрахунок машин для видалення щетини з туш свиней.....	10
3. Обладнання для первинної обробки шкур. Розрахунок барабана безперервної дії для миття шкур і мездрильної машини.....	16
4. Особливості конструкції, експлуатації і розрахунок технологічних трубопроводів для транспортування м'ясопродуктів.....	23
5. Розрахунок барабанів для миття і центрифуг для обробки шерстних і слизових субпродуктів.....	27
6. Обладнання для розділення рідких неоднорідних систем. Розрахунок підвісних і горизонтальних відстійних центрифуг.....	33
7. Обладнання для подрібнення м'ясних заморожених блоків. Особливості його розрахунку.....	39
8. Типи машин для подрібнення м'ясопродуктів і надання їм заданої форми, розрахунок їх основних параметрів.....	47
9. Конструкції шприців з поршнеvim нагнітанням фаршу (механічні, пневматичні, гідравлічні), їх розрахунок.....	51
10. Специфіка використання шприців зі шнековим, ексцентрико-лопатевим і шестеренчастим витискувачами, їх розрахунок.....	56
11. Конструктивні особливості технологічного обладнання для масажування м'яса, його розрахунок.....	64
12. Апарати для теплової обробки жирової сировини. Розрахунок автоклаву для витопки жиру.....	71
13. Технологічне обладнання для охолодження жиру, особливості його розрахунку.....	77
14. Обладнання для пресування м'ясопродуктів. Розрахунок шнекового преса.....	82
15. Застосування молоткових дробарок на підприємствах м'ясопереробної промисловості, розрахунок їх основних параметрів.....	91
16. Сучасні методи сушіння продуктів м'ясної промисловості. Розрахунок розпилювальної сушильної установки	98
Список рекомендованої літератури.....	109
Додатки.....	111

ВСТУП

Предметом дисципліни є основні принципи функціонування технологічного обладнання підприємств м'ясної промисловості; принципи і методи розрахунку основних параметрів машин і апаратів, що є базою їх проектування і експлуатації.

Мета дисципліни: вивчення студентами характерного технологічного обладнання підприємств м'ясної та птихопереробної промисловості; підготовка студентів до практичної, проектно-конструкторської та дослідницької діяльності по експлуатації існуючих і створенню нових машин і апаратів м'ясо переробних підприємств.

Дисципліна "Технологічне обладнання галузі" відноситься до циклу спеціальних дисциплін і вивчається студентами згідно навчального плану підготовки спеціаліста спец. 7.090221 "Обладнання харчових і переробних виробництв", магістра спец. 8.090221 "Обладнання харчових і переробних виробництв на базі загальноосвітніх, економічних і загально інженерних дисциплін: "Процеси і апарати харчових виробництв", "Вища математика", "Фізика", "Деталі машин", "Опір матеріалів" і служить підготовці фахівця, який в подальшій роботі зможе використати набуті знання для дослідження машин і апаратів, вдосконалення старих та розробки нових типів обладнання.

Курс є основним для формування у спеціаліста творчого потенціалу, необхідного для самостійної постановки нових інженерних задач, пошуку нових конструкторсько-технологічних рішень, які повинні забезпечити підвищення якості продукції, інтенсифікацію виробництва і економію ресурсів.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- основи роботи машин і апаратів галузі,
- класифікацію і принципові схеми технологічного обладнання,
- методи розрахунку їх основних параметрів.
- шляхи створення сучасного устаткування і його вдосконалення,
- технологічне обладнання галузі, теорію його робочих процесів, будову і особливості експлуатації;

уміти:

- оцінити технічний стан машин, апаратів і поточно-механізованих ліній,
- виконати основні розрахунки і скласти технічну документацію,
- керувати роботою технологічного обладнання (потоково-механізованих ліній),

- експлуатувати технологічне обладнання галузі;

мати навички:

- науково-інформаційного пошуку та аналізу технологічних та технічних рішень, виробничих ситуацій,

- використовувати евристичні методи інженерної діяльності для знаходження необхідних технічних рішень, конструкцій технологічного обладнання,

– доповнювати та адаптувати загальні методики для розрахунку конкретного обладнання.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Умови задач і вихідні дані до їх виконання наведені у відповідних таблицях. Кожна задача має 20 варіантів вихідних даних. Номер варіанта відповідає порядковому номеру студента у списку в журналі академічної групи.

Вимоги до виконання розрахунків і оформлення задач:

1. Задача виконується по даним, які відповідають номеру варіанта. Інакше задача не зараховується.

2. На початку розрахункової частини переписується умова задачі з власними вихідними даними.

3. При розрахунку обладнання необхідно записати формулу, по якій виконується розрахунок, потім підставити значення та обчислити результат.

4. Розрахунки ведуться в системі одиниць СІ.

5. У випадку відсутності деяких даних для розв'язання задачі, студент повинен їх вибрати самостійно з обов'язковою мотивацією прийнятого рішення, й указати джерела, з якого ці дані отримані.

6. Кожна практична робота виконується згідно графіка навчального процесу і повинна бути захищена після виконання.

7. Кожна задача, в залежності від ступеня складності, оцінена в балах. Робота вважається захищеною, якщо студент набирає 60% від максимально можливої кількості балів.

8. Якщо одна із задач не захищена, модуль по практичним заняттям вважається не виконаним, і студент залишається на повторний курс.

1. КОНСТРУКТИВНИЙ І ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ШПАРИЛЬНОГО ЧАНА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи шпарильного чана К7–ФШ2–К; виконати розрахунок його основних параметрів.

Теоретичні відомості

Конвеєризований шпарильний чан К7–ФШ2–К призначений для повної шпарки свинячих туш і часткової – при знятті крупона. Чан являє собою (рис.1.1) прямокутний резервуар 1, виконаний з кутників і швелерів і обшитий листовою сталлю. На каркасі змонтований конвеєр 2 з люльками для вкладання туш, які шпарять. Конвеєр переміщується по кутникових напрямних шляхах, приварених до внутрішніх поверхонь бічних стінок резервуара, з допомогою привода, розміщеного під передньою стінкою резервуара.

На верхніх полицях каркаса встановлено душовий пристрій 3 і фіксуючий пристрій 5, який утримує тушу від спливання. Вода в душовий пристрій подається відцентровим насосом, що встановлений на кронштейні

правої бічної стінки резервуара. На правій верхній полиці каркасу змонтовано механізм синхронізації, пов'язаний ланцюговою передачею з приводним валом конвеєра, на правій бічній стінці резервуара – паропровід з регулятором температури води в чані. Шпарці піддають свинячі туші, вкладені в люльки конвеєра, який переміщується. При повній шпарці туші утримуються від спливання трубчастими затискачами з вантажами фіксуєного пристрою.

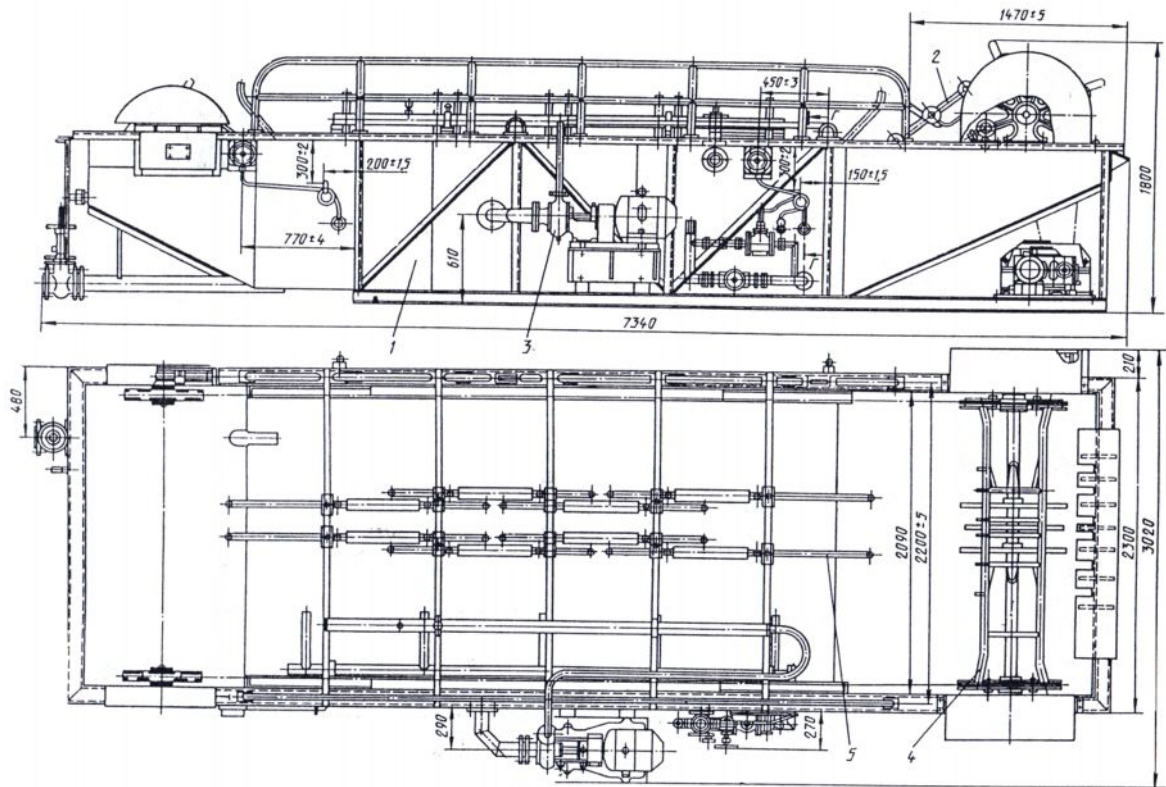


Рис. 1.1. Конвеєризований шпарильний чан К7–ФШ2–К:

- 1 – прямокутний резервуар; 2 – ланцюговий конвеєр; 3 – душовий пристрій;
4 – люльки; 5 – фіксуєний пристрій

Температуру води в чані ($62 \dots 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$) можна підтримувати як вручну з допомогою запірного вентиля, так і автоматично, використовуючи регулятор температури на паропроводі, який здійснює рівномірну по довжині резервуара подачу пари в воду через змішувачі.

Рівень води при повній і частковій шпарці підтримують шляхом повороту коромисла зливного пристрою, розміщеного на задній стінці резервуара.

Часткову шпарку задньої частин свинячих туш здійснюють з допомогою розпилюючих форсунок зрошувальної труби душового пристрою. Воду в душовий пристрій забирають через знімний решітчастий фільтр, встановлений на бічній стінці резервуара.

Швидкість переміщення конвеєра з люльками плавно регулюють варіатором швидкості привода. Холодну воду подають через штуцер з фланцем в правій бічній стінці резервуара.

Шпарильний чан і скребмашина працюють синхронно з допомогою розподільчого повітряного крана механізму синхронізації. Принцип

синхронізації полягає в подачі стисненого повітря в момент підходу люльки з тушею до верхньої точки над приводним валом конвеєра в пневмоциліндр механізму фіксації гребінки для утримання туш на скребмашині і спуску стисненого повітря з пневмоциліндра. Тим самим скребмашини звільнюється від туші, яка обробляється, і готується до приймання наступної.

Технічна характеристика:

Продуктивність, туш/год	100...120
Встановлена потужність, кВт:	
привода конвеєра	1,5
насоса душового пристрою	7
Швидкість переміщення люльок конвеєра зі свинячими тушами, м/хв.:	
мінімальна	0,85
максимальна	1,13
Місткість чана, м ³	
повна	13
при повній шпарці	12,08
при частковій шпарці	7,75
Тривалість шпарки, хв.	4...5
Крок розміщення люльок конвеєра, мм	600
Крок ланцюга конвеєра, мм	300
Ширина робочого простору, мм	2090
Габаритні розміри, мм	7340×3020×1800
Маса, кг	4700

Спрощена схема шпарильного чана наведена на рис.1.2.

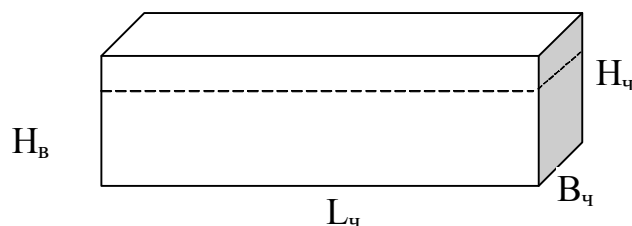


Рис.1.2. Розрахункова схема шпарильного чана

Довжина шпарильного чана $L_ч$ визначається за формулою:

$$L_ч = \frac{M}{60} l' \tau + a,$$

де M – продуктивність чана, туш/год; l' – відстань між тушами, м. $l' = 0,8$ м; τ – тривалість шпарки, хв; a – коефіцієнт, що враховує додаткову довжину чана для механізмів завантаження і вивантаження, м ($a=1$ м).

Об'єм води в чані, м³:

$$V_в = L_ч B_ч H_в,$$

де $B_ч$ – ширина чана, м; $H_в$ – рівень води в чані, м.

Об'єм чана V_q , м³:

$$V_q = L_q B_q H_q = L_q B_q H_q / x,$$

де x – коефіцієнт заповнення чана ($x=0,8$).

Загальна кількість теплоти, що витрачається на роботу шпарильного чана за зміну:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6,$$

де Q_1 – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання води, Дж/зм; Q_2 – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання корпусу чана та ізоляції, Дж/зм; Q_3 – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання транспортної системи, Дж/зм; Q_4 – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання туш, Дж/зм; Q_5 – кількість теплоти, що втрачається в навколишнє середовище від стінок апарата, Дж/зм; Q_6 – кількість теплоти, що втрачається в навколишнє середовище з поверхні води, Дж/зм.

$$Q_1 = m_g \cdot c_g \cdot \Delta t_1 = V_g \cdot \rho_g \cdot \alpha \cdot c_g \cdot \Delta t_1,$$

де m_g – маса води, що нагрівається за зміну, кг; c_g – питома теплоємність води, Дж/(кг·К) ($c_g=4190$ Дж/(кг·К)); Δt_1 – різниця температур при нагріванні води, °С; ρ_g – густина води, кг/м³; α – кратність заміни води за зміну.

$$Q_2 = Q_{2k} + Q_{2iz},$$

де Q_{2k} – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання металевго корпусу чана, Дж/зм:

$$Q_{2k} = m_k \cdot c_c \cdot \Delta t_2,$$

де m_k – маса металу корпусу чана, кг; c_c – питома теплоємність сталі, Дж/(кг·К) ($c_c=0,48$ кДж/(кг·К)); Δt_2 – різниця температур корпусу при нагріванні, °С (температура нагрітого корпусу приймається рівною температурі шпарки).

$$m_k = V_k \cdot \rho_k = S_k \delta_k \rho_k,$$

де V_k – об'єм матеріалу корпусу, м³; ρ_k – густина матеріалу корпусу, кг/м³ (густина сталі $\rho_k=7850$ кг/м³); S_k – площа поверхні корпусу чана, м²; δ_k – товщина стінки корпусу, м.

Q_{2iz} – кількість теплоти, що витрачається на нагрівання ізоляції чана, Дж/зм:

$$Q_{2iz} = m_{iz} \cdot c_{iz} \cdot \Delta t_{2iz}$$

де m_{iz} – маса ізоляції чана, кг; c_{iz} – питома теплоємність ізоляції, Дж/(кг·К) ($c_{iz}=0,75$ кДж/(кг·К)); Δt_{2iz} – різниця температур ізоляції при нагріванні, °С (максимальна температура ізоляції приймається рівною 50°С).

$$m_{iz} = V_{iz} \cdot \rho_{iz} = S_{iz} \cdot \delta_{iz} \cdot \rho_{iz},$$

де V_{iz} – об'єм ізоляції чана, м³; δ_{iz} – товщина ізоляції, м; ρ_{iz} – густина ізоляції, кг/м³ ($\rho_{iz}=250 - 350$ кг/м³).

$$Q_3 = 0,5 Q_2$$

$$Q_4 = G \cdot c_m \cdot \Delta t_4,$$

де G – маса продукту, що нагрівається в процесі шпарки за зміну, кг/зм; c_m – питома теплоємність туші, Дж/(кг·К) ($c_m=2,7$ кДж/(кг·К)); Δt_4 – різниця температур туші при шпарці, °С ($\Delta t_4 = t_{\text{ун}} - 2 - t_{\text{туші поч}}$)

$$G = M_{\text{зм}} \cdot m_T, \text{ кг/зм},$$

де $M_{\text{зм}}$ – продуктивність чана, туш/зм; m_m – маса матеріалу, що прогрівається в одній туші, кг.

$$m_T = V_T \cdot \rho_T = S_u \cdot h \cdot \rho_T,$$

де S_u – площа умовного циліндра, що заміняє тушу, м² ($l=1,5-1,6$ м, $d=0,5-0,6$ м); h – товщина шару, що прогрівається, м ($h=3$ мм); ρ_T – густина туші ($\rho_T=1050-1100$ кг/м³).

$$Q_5 = k \cdot F \cdot \Delta t_5, \text{ Вт}$$

де k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); F – площа поверхні корпусу чана, м²; Δt_5 – різниця температур (температури шпарки і навколишнього середовища $\Delta t_5 = t_{\text{ш}} - t_{\text{нс}}$, $t_{\text{нс}}=20$ °С).

$$k = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_2}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}},$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки чана, $\alpha_1=2800 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від ізоляції до повітря, $\alpha_2=11,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$; λ_1 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу корпусу чана, $\lambda_1=46,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції, $\lambda_2=0,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$.

$$Q_6 = \alpha_v \cdot S_v \cdot \Delta t_6, \text{ Вт}$$

де α_v – коефіцієнт тепловіддачі від води до повітря, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ($\alpha_v=60 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$); S_v – площа поверхні води, м²; Δt_6 – різниця температур ($\Delta t_6 = t_{\text{ш}} - t_{\text{нс}}$).

Витрата пари, кг/зм:

$$D = \frac{Q}{i_n - i_k},$$

де i_n, i_k – ентальпія пари і конденсату відповідно: $i_n=2733$ кДж/кг; $i_k=272$ кДж/кг.

Годинна витрата пари, кг/год:

$$D_z = D/8$$

Завдання. Розрахувати основні параметри конвеєризowanego чана К7–ФШ2–К для шпарки свиней продуктивністю M , туш/год. Ширина робочого простору чана становить $V_{\text{ч}}=2$ м. Використовується неповна і повна шпарка свиней. При неповній шпарці відбувається часткове занурення туші (товщина

шару води 0,6 м) при повній – повне занурення (товщина шару води 0,8–1 м). Матеріал стінок – нержавіюча сталь товщиною $\delta_k=6$ мм, товщина ізоляції $\delta_{iz}=50$ мм. Початкова температура води 10°C. Коефіцієнт заповнення чана $x=0,8$. Кратність заміни води за зміну $\alpha=2$, тривалість процесу шпарки становить $\tau=4$ хв.

Завдання по варіантах:

Продуктивність чана $M=80+N_2$ варіанта, туш/год;

для непарних варіантів – неповна шпарка;

для парних варіантів – повна шпарка;

Температура шпарки для кожного з варіантів наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Температура шпарки					
№ варіанта	1 – 4	5 – 9	10– 13	14 – 17	18 – 20
Температура шпарки $t_{шп}, ^\circ\text{C}$	61	62	63	64	65

Контрольні запитання

1. Види обладнання для теплової обробки туш свиней.
2. Будова та принцип дії шпарильного чана К7-ФШ2-К.
3. Конструктивний розрахунок шпарильного чана безперервної дії.
4. Тепловий розрахунок шпарильного чана безперервної дії.
5. Особливості систем узгодження роботи шпарильного чана і скребмашини.
6. Комбіновані машини для ошпарювання туш і видалення щетини.

2. РОЗРАХУНОК МАШИН ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЩЕТИНИ З ТУШ СВИНЕЙ

Мета заняття – вивчити будову і принцип дії обладнання для видалення щетини з туш свиней, ознайомитися зі специфікою їх використання на підприємствах м'ясопереробної промисловості; провести розрахунок скребмашини та її окремих елементів.

Теоретичні відомості

Трьохбарабанна скребмашина (рис. 2.1) складається з жорсткого каркасу 13, звареного з кутників і швелерів. На каркасі в підшипникових опорах змонтовані скребковий 8 і оребрений барабани. Скребковий барабан металевий, діаметром 0,5 м. На його поверхні по шість штук у ряді закріплені короткі жорсткі металеві скребки 7. Частота обертання барабана $1,2 \text{ с}^{-1}$. Другий оребрений барабан 12 також металевий, і на його поверхні приварені шість

поздовжніх ребер 11. Частота обертання цього барабана $0,42 \text{ с}^{-1}$. Туша розташовується безпосередньо на барабанах, що обертаються в одну сторону. За допомогою скребків видаляють щетину, а ребра барабана полегшують обертання туші.

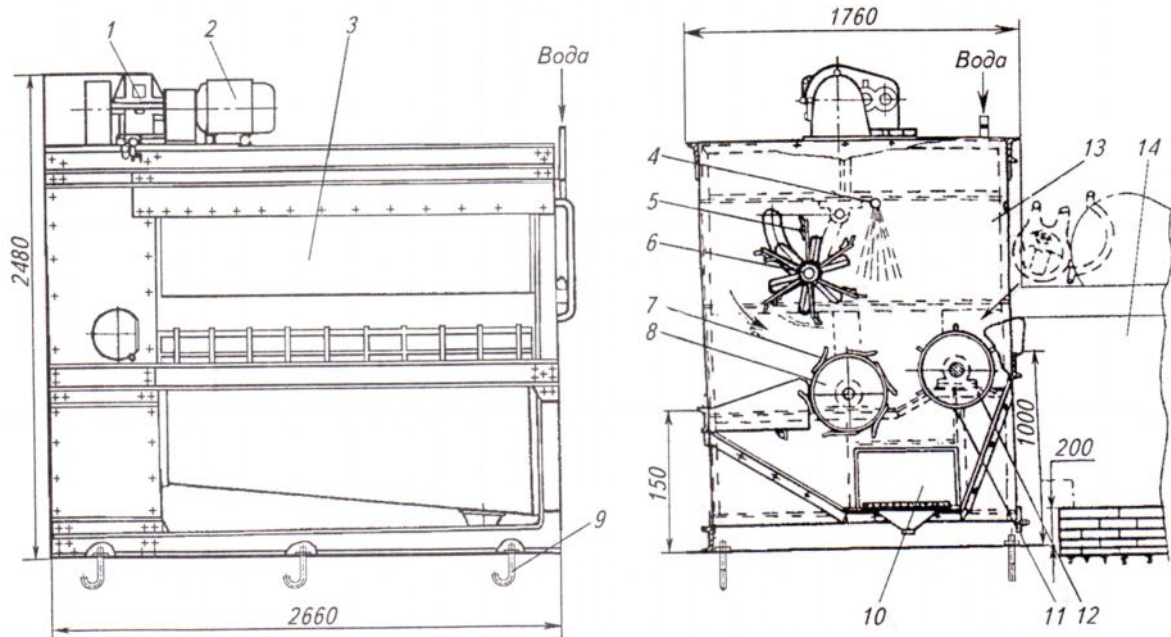


Рис. 2.1. Трьохбарабанна скребмашина ФУЩ-100:

1 – редуктор; 2 – електродвигун, 3 – гумовий фартух, 4 – душ; 5 – збірний скребок; 6 – полірувальний барабан; 7 – жорсткий скребок; 8 – скребковий барабан; 9 – анкерний болт; 10 – люк для видалення щетини; 11 – поздовжнє ребро; 12 – барабан з ребрами; 13 – каркас; 14 – шпарильний чан.

Третій барабан 6 – полірувальний, складається з валу, на якому закріплені довгі збірні скребки 5, пружна частина яких – армована гумова пластина. Полірувальний барабан обертається з частотою $1,55 \text{ с}^{-1}$. Він виконує дві функції: утримує тушу при обробці і додатково очищає поверхню. Привод барабанів складається з електродвигуна 2, циліндричного редуктора 1 і ланцюгових передач. Машину встановлюють на фундаменті поруч з шпарильним чаном 14 і кріплять до підлоги анкерними болтами 9.

Кінематична схема машини ФУЩ-100 показана на рис. 2.2. Електродвигун 1 з'єднаний муфтою 2 з двоступінчастим циліндричним редуктором 3, на вихідному валу якого закріплена подвійна зірочка 4 ланцюгових передач. Від подвійної зірочки ланцюгом 5 обертання передається на скребковий барабан 18, а звідти – через зірочки 16 і 12 ланцюгом 13 на барабан з ребрами. Полірувальний барабан приводиться в обертання від подвійної зірочки 4 через ланцюг 6 і подвійну зірочку 9, яка обертається на осі 24, ланцюг 20 і зірочку 19, закріплену на валу барабана. Барабан встановлений на два важелі 26, закріплені на осі 24, і врівноважений вантажем 17, який з'єднується тросом 21 з важелем 10, нерухомо закріпленим на осі 24. Поворот

барабана здійснюється пневмоциліндром 25, шток якого з'єднаний з одним із важелів 26. Скребмашина призначена для роботи зі шпарильним чаном ФШК.

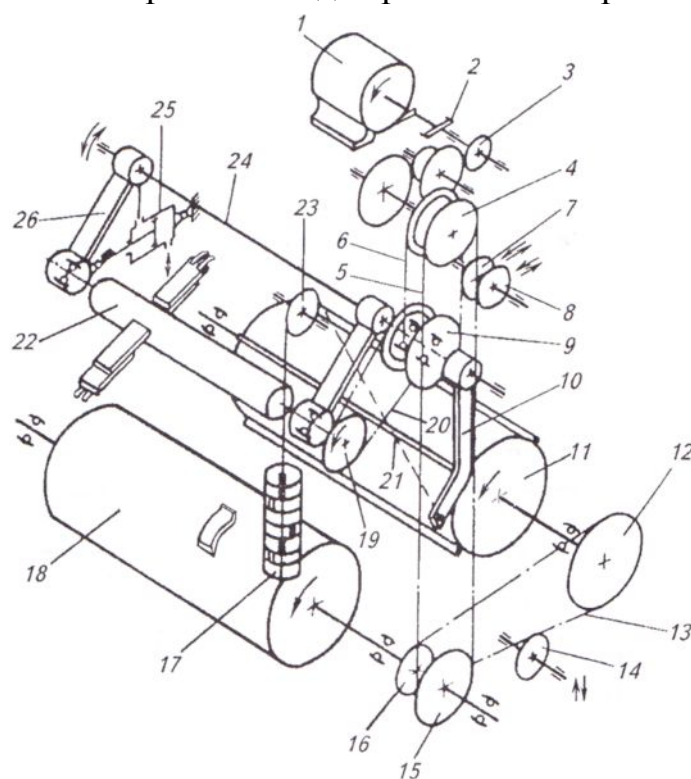


Рис. 2.2. Кінематична схема машини ФУЩ-100:

1 – електродвигун, 2 – муфта, 3 – циліндричний редуктор, 4, 9 – подвійні зірочки; 5, 6, 13, 20 – ланцюги, 7, 8, 14 – натяжні зірочки; 10 – важіль; 11 – барабан з ребрами; 12, 15, 16, 19 – зірочки; 17 – вантаж; 18 – скребковий барабан; 21 – трос; 22 – полірувальний барабан, 23 – шків; 24 – вісь; 25 – пневмоциліндр; 26 – важіль полірувального барабана.

Завантаження і вивантаження туш синхронізовані за допомогою пневмокрана 6 (рис. 2.3), який повертається важелем 7. При натисканні на важіль пальця 5, встановленого на ведучій зірочці 9 конвеєра шпарильного чана, повітря через кран і трубу 4 надходить у порожнину I пневмоциліндра 5. Штоком пневмоциліндра повертається вал полірувального барабана 1 і туша вивантажується. Потім пружина 10 повертає важіль 7 в початкове положення, повертаючи кран 6, і повітря через трубу 3 потрапляє у порожнину II пневмоциліндра. Полірувальний барабан повертається у вихідне положення, закриваючи вихід з машини. У цей момент в машину подається наступна туша. Якщо машина працює з шпарильним чаном, який не має конвеєра, то її обладнують завантажувальним пристроєм. Продуктивність машини ФУЩ-100 становить до 100 туш масою до 180 кг за одну годину при потужності електродвигуна приводу 5,5 кВт. Маса машини 2500 кг.

Всі поперечно-горизонтальні машини працюють в періодичному режимі, маючи розділені за часом операції завантаження, шпарки, видалення щетини і вивантаження. Цикл роботи таких машин коливається від 15 до 30 с, і відповідно їх продуктивність не може бути більше 240 туш за 1 год.

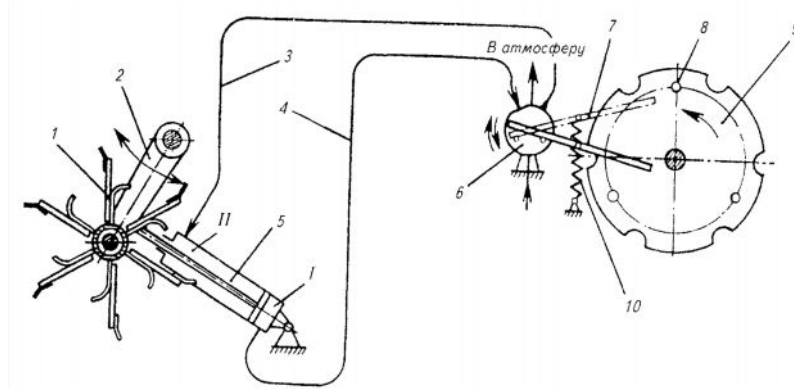


Рис. 2.3. Схема автоматизації процесу завантаження–
вивантаження машини ФУЩ–100:

1 – полірувальний барабан; 2 – важіль; 3, 4 – труби для подачі стисненого повітря; 5 – пневмоциліндр; 6 – пневмокран; 7 – важіль, 8 – палець; 9 – привідна зірочка конвеєра шпарильного чана; 10 – пружина.

Основні розрахунки

Продуктивність поперечно-горизонтальної скребмашини періодичної дії можна визначити за формулою:

$$M = \frac{\varphi \cdot 3600}{\tau}, \text{ гол/год}$$

де φ - коефіцієнт нерівномірності подачі туш в машину, $\varphi=0,8$; τ – тривалість обробки однієї туші (включаючи обробку, завантаження і розвантаження). Для скребмашини можна прийняти $\tau = 25...30$ с.

Потужність електродвигуна скребмашини визначається для випадку її максимального завантаження. Для виконання розрахунку складається в масштабі розрахункова схема машини і визначаються навантаження на робочі органи. Розрахункова схема трьохбарабанної скребмашини ФУЩ–100 наведена на рис. 2.4. Туша 1 розміщена на барабані 2 з повздовжніми ребрами і на барабані 3 жорсткими короткими скребками. Тушу приймають у вигляді циліндра діаметром 0, 35 м і вагою G , Н. Сила ваги створює сили на барабанах: $G \cos a_1$ і $G \cos a_2$, де a_1 і a_2 – кути, які визначаються зі схеми (див. рис. 2.4). В точках контакту туші і ребер барабана 2 виникає сила тертя туші об ребра

$$F_{1-2} = (G \cos a_2) \mu_2$$

Якщо перенести цю силу з периферії в центр оброблюваного об'єкта, то отримаємо силу $F'_{1-2} = F_{1-2}$ і крутний момент

$$M_1 = F_{1-2} D_2 / 2.$$

Сила F_{1-2} додатково притискає тушу до поверхні скребкового барабана 3, і сумарна сила притискання

$$R = G \cos a_1 + F'_{1-2} \cos \gamma = G (\cos a_1 + \mu_2 \cos a_2 \cos \gamma),$$

а сила тертя

$$F_{1-3} = R \mu_3 = G \mu_3 (\cos a_1 + \mu_2 \cos a_2 \cos \gamma)$$

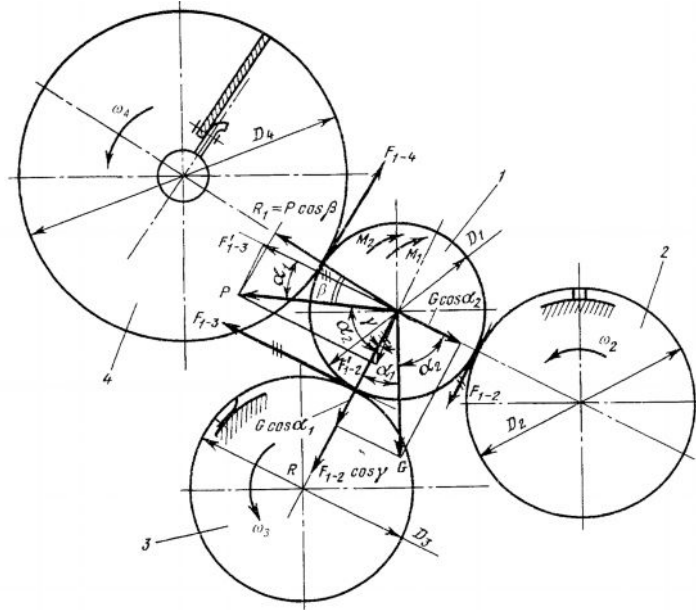


Рис. 2.4. Схема розрахунку трьохбарабанної скребмашини:
1 – туша; 2 – ребристий барабан; 3 – скребковий барабан; 4 – полірувальний барабан.

Якщо перенести цю силу в центр, то отримаємо силу $F'_{1-3}=F_{1-3}$ і крутний момент

$$M_2 = F_{1-3} D_3 / 2.$$

Сума сил $F'_{1-2}=F'_{1-3}$ дає рівнодіючу

$$\bar{P} = \bar{F}_{1-2} + \bar{F}_{1-3}$$

або

$$P = \sqrt{F_{1-2}^2 + F_{1-3}^2},$$

яка намагається виштовхнути тушу з зони обробки. Тушу утримує полірувальний барабан 4, тиск на який становить

$$R_1 = P \cos \beta.$$

Сила тертя на цьому барабані $F_{1-4} = R_1 \mu_4$, а крутний момент

$$M_3 = F_{1-4} D_4 / 2.$$

μ_2, μ_3, μ_4 – коефіцієнти тертя туші об відповідні барабани.

Потужність, необхідна для здійснення видалення щетини:

$$N = M_1 \omega_2 + M_2 \omega_3 + M_3 \omega_4,$$

а потужність електродвигуна привода машини

$$N_{\text{дв}} = \frac{N \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta \eta_n},$$

де η_a – коефіцієнт запасу потужності; η – коефіцієнт корисної дії передач; η_n – коефіцієнт корисної дії підшипникових опор.

Для визначення розмірів скребків необхідно скласти в масштабі їх розрахункову схему (рис. 2.5, а). Ширину скребка (рис. 2.5, б) знаходимо зі співвідношення сили R_1 (у даному випадку сили тяжіння туші) і питомого

нормального навантаження R_n на поверхні туші, необхідного для видалення щетини.

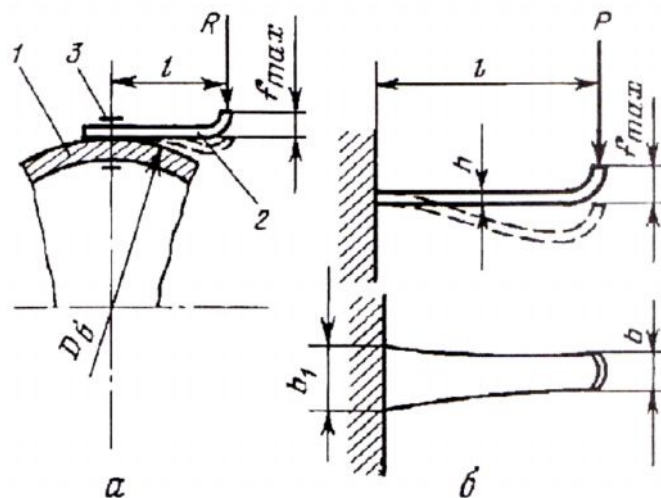


Рис. 2.5. Схема кріплення і розрахунку жорсткого короткого скребка:

а – схема кріплення; *б* – схема розрахунку;
1 – барабан; 2 – скребок; 3 – гвинт.

Для орієнтовних розрахунків можна прийняти, що питоме навантаження становить $R_n=20$ кН/м. Тоді сумарна довжина (м) всіх скребків по лінії контакту з тушею

$$L_c = nb = \frac{R}{R_n},$$

де n – число скребків, що входять в контакт; b – ширина одного скребка, м.

Задавшись шириною скребка b по лінії контакту, розраховуємо їх число і, знаючи довжину робочої частини барабана $L_p = 1,8$ м, знаходимо відстань між ними. Інші параметри скребка визначаємо розглядаючи скребок, як консольну балку (див. рис. 2.5,б) При цьому задаємося максимальним прогином, при якому скребок буде зберігати пружність, не торкаючись поверхні барабана. Приймаючи умову, що прогин незначний в порівнянні з довжиною скребка, використовуємо рівняння лінійної статyki

$$\frac{EJ}{l} = \frac{Pl^2}{f_{\max}},$$

де E – модуль пружності першого роду матеріалу скребка, Па; J – момент інерції перерізу в місці кріплення, м⁴; $P=R_nb$ – сила, яка деформує скребок; l – довжина скребка, м; $f_{\max}$ – максимальний прогин, м.

Момент інерції для прямокутного перерізу:

$$J = \frac{b_1 h^3}{12},$$

де b_1 – ширина скребка в місці кріплення, м; h – товщина скребка, м.;

для круглого перерізу

$$J = \frac{\pi d^4}{64},$$

де d – діаметр перерізу скребка в місці кріплення, м.

Якщо скребок прямий, то $b=b_1$. Визначимо товщину скребка

$$h = \sqrt[3]{\frac{4R_n b l^3}{Eb_1 f_{\max}}}.$$

Завдання1. Провести розрахунок поперечно-горизонтальної скребмашини періодичної дії ФУЩ–100 (визначити продуктивність і потужність двигуна приводу), якщо маса туші 120+№варіанта кг.

Завдання2. Провести розрахунок геометричних параметрів скребків поперечно-горизонтальної скребмашини періодичної дії ФУЩ–100, якщо маса туші 100+№варіанта кг.

Контрольні запитання

1. Види машин для видалення щетини.
2. Які два способи використовуються для видалення щетини і пір'я?
3. Які робочі органи використовуються при способі двохстороннього контакту?
4. Класифікація машин для видалення щетини з туш свиней.
5. На які групи поділяються поперечно-горизонтальні скребмашини?

3. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ШКУР. РОЗРАХУНОК БАРАБАНА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ДЛЯ МИТТЯ ШКУР І МЕЗДРИЛЬНОЇ МАШИНИ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи барабанної машини для миття шкур і мездрильної машини; виконати розрахунок їх основних параметрів.

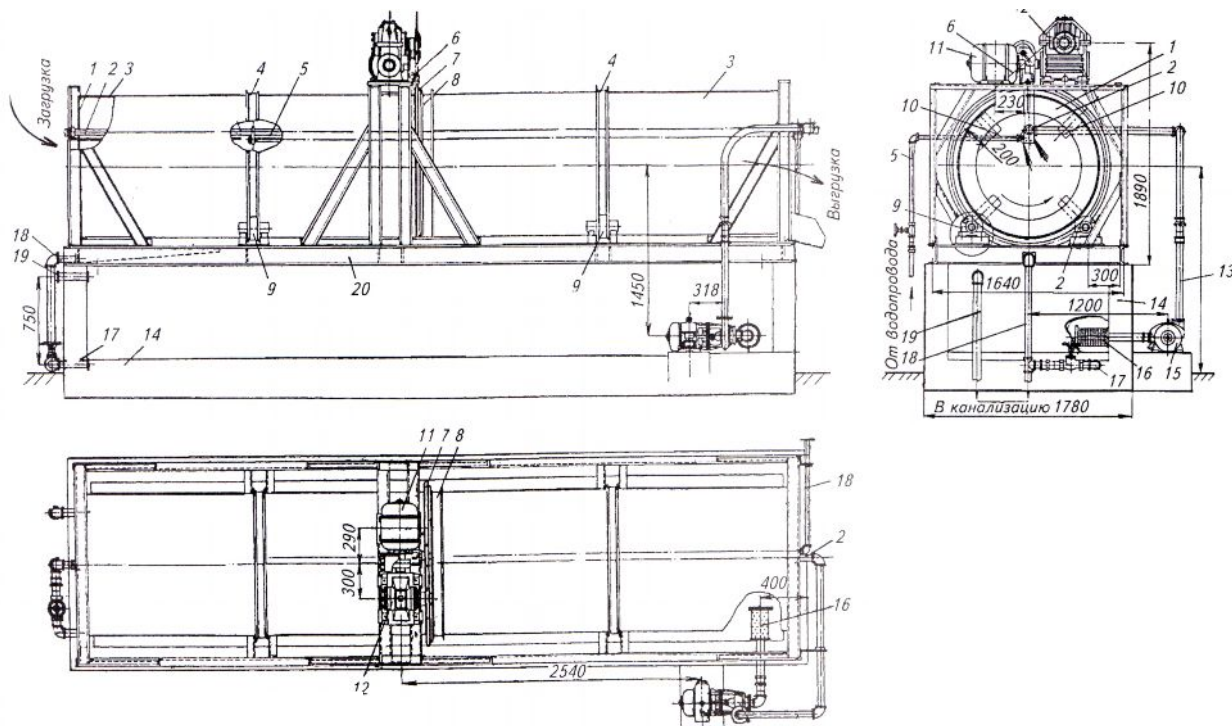
Теоретичні відомості

Первинна обробка включає замочування і миття шкур, видалення бруду (навала) із зовнішньої та прирізів жиру і м'яса з внутрішньої поверхонь, консервування і упаковування. З цією метою застосовуються машини для миття, навалозгонні і мездрильні машини, а також апарати для засолювання шкур.

Машини для миття шкур

Призначені для миття і розм'якшення навала на шкурах. Під час миття одночасно відбувається охолодження шкур, що ущільнює мездру і жир і

Барабанна машина конструкції ВНІМПа для миття шкур показана на рис.3.1. Шкури через торець завантажують в циліндричний барабан 3, виготовлений із нержавіючої сталі. Барабан бандажами 4 спирається на дві пари роликів 9, укріплених опорами на рамі 20. Барабан приводиться в обертання від електродвигуна 11 через черв'ячний редуктор 12 і ланцюгову передачу 6, ведена зірочка 7 якої прикріплена до бандажа 8. Торці обичайки барабана частково закриті кільцевими днищами 1, які запобігають вільному виходу шкур. Шкури перемішуються і одночасно переміщуються вздовж барабана кулачками 10, встановленими на внутрішній поверхні обичайки по гвинтовій лінії. Рама 20 барабана закріплена на верхньому торці чана 14, який встановлюють на підлозі цеху.



Миття шкіур здійснюють в два етапи. Спочатку для розм'якшення навала з чана по трубі 2 подається рециркулююча вода, а в кінці процесу шкіура промивається водопровідною водою з труби 5. Забруднена вода збирається в чані, відстоюється, очищується в фільтрі 16 і насосом 15 знову подається на миття через напірну трубу 13.

Продуктивність машини до 80 шкур на годину при діаметрі барабана 1,2 м і довжині 6 м. Тривалість миття 15 хв, потужність приводу барабана 4,5 кВт, насоса 4,5 кВт.

Критична частота обертання барабана, об/хв:

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}},$$

де D – діаметр барабана (рис. 3.2.), м.

Робоча частота обертання барабана:

$$n = \varphi_0 \cdot n_{кр},$$

де φ_0 – коефіцієнт, який характеризує співвідношення критичної і робочої частоти обертання, $\varphi_0 = 0,2$.

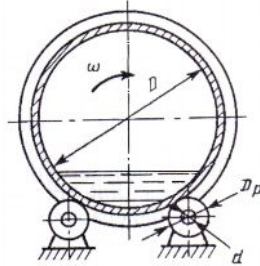


Рис.3.2. Схема барабана для миття шкур

Швидкість переміщення продукції вздовж осі барабана, м/с:

$$v_{oc} = v_k \cdot \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi D n}{60} \cdot \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де v_k – колова швидкість барабана, м/с; φ_1 – коефіцієнт подачі, $\varphi_1 = 0,1$; α – кут нахилу гвинтової лінії, по якій встановлені кулачки, $\alpha = 8^\circ$.

Продуктивність барабанної машини для миття шкур, кг/с:

$$M = v_{oc} \frac{\pi D^2}{4} \cdot \rho \cdot \varphi,$$

де ρ – густина шкур, $\rho = 800 - 1000$ кг/м³; φ – коефіцієнт заповнення перерізу барабана продукцією, $\varphi = 0,06$.

Потужність, необхідна для роботи миючого барабана, кВт:

$$N = \frac{(N_1 + N_2) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta},$$

де N_1 – потужність, необхідна для підняття продукції на висоту H , Вт; N_2 – потужність, що витрачається на подолання тертя в підшипникових опорах, Вт; η_a – коефіцієнт запасу потужності, $\eta_a = 1,2$; η – ККД привода.

$$N_1 = \frac{G_n \cdot (gH + 0,5v_k^2)}{\tau_1},$$

де G_n – маса продукції в барабані, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – висота підйому продукції, м; τ_1 – тривалість підйому одиниці продукції, с.

Висота підйому продукції, м:

$$H = 2D \cdot \sin^2 \theta_p \cdot \cos \theta_p,$$

де θ_p – кут відриву продукції в крайній верхній точці:

$$\theta_p = \theta - \Delta\theta,$$

де θ – кут відриву в гладкому барабані (рис. 3.3.), $\cos\theta = \frac{R\omega^2}{g}$; $\Delta\theta$ – додатковий кут підйому.

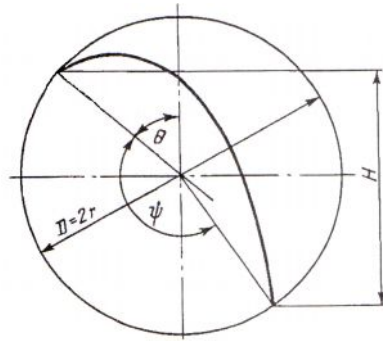


Рис.3.3. Схема до розрахунку барабанного робочого органу.

Тривалість піднімання одиниці продукції, с:

$$\tau_1 = \frac{\psi}{\omega} = \frac{2\pi - 4\theta_p}{\omega},$$

де ψ – центральний кут.

$$N_2 = (G_n + G_b) \frac{g}{D_p} (2\lambda + \mu d) \cdot \frac{\omega D}{2},$$

де G_b – маса барабана, кг; λ – коефіцієнт тертя кочення барабана, $\lambda=0,001$; μ – коефіцієнт тертя ковзання, $\mu=0,1$; ω – кутова швидкість обертання барабана, с^{-1} .

Тривалість падіння продукції, с:

$$\tau_2 = \frac{2\sin 2\theta_p}{\omega}$$

Тривалість циклу, с:

$$\tau_u = \tau_1 + \tau_2$$

Мездрильні машини

Машини для очищення шкур від навала, прирізів м'яса і жиру бувають одноопераційні (мездрильні або навалозгонні) і комбіновані, які суміщають виконання цих двох операцій.

Мездрильні і навалозгонні машини мають однакову конструкцію, але в перших використовують гострі ножі, а в других – затуплені. Вони складаються з двох робочих механізмів – ріжучого і подаючого.

Ріжучий механізм має ножовий вал і привод до нього. Ножовий вал (рис.3.4) складається зі сталевго циліндра – вала 3 – і спіральних ножів 1 і 2. В торцях циліндра закріплені цапфи 4. На поверхні циліндра нарізані спіральні

канавки по числу ножів: 5, 8, 10 і більше в двох напрямках: на правій половині ліві, на лівій – праві. Кут підйому гвинтової лінії від 30 до 37°. Зустрічний напрямок навивки ножів забезпечує рівномірну подачу і натяг шкіри. Ножі виготовляють із низько вуглецевої сталеві стрічки, що піддається цементуванню на глибину 0,15 – 0,25 мм з двох сторін. Товщина стрічки складає 1,2 – 3,0 мм. Ножі вставляють в канавки, які ширші за ніж, і зачеканюють з допомогою м'якого металу. Потім ножові вали балансують і заточують.

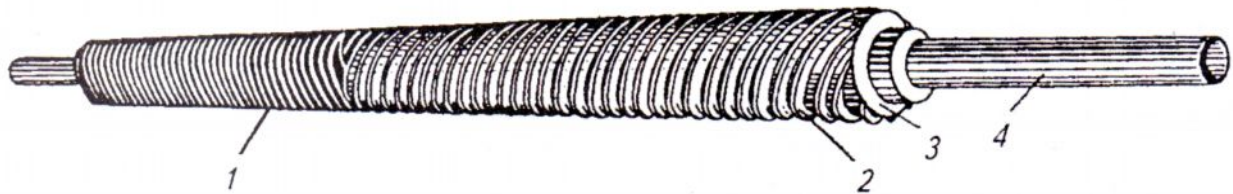


Рис. 3.4. Ножовий вал мездрильної машини:

1,2 – спіральні ножі з правим і лівим навиванням; 3 – вал; 4 – цапфа

Подаючий механізм складається з подаючих і транспортуючих валів. Кількість транспортуючих валів та їх взаємне розміщення з подаючим залежить від виду шкур, які обробляються. При обробці баранячих і легких свинячих шкур використовують подаючий і один транспортуючий вал. При обробці шкур великої рогатої худоби і важких свинячих шкур кількість транспортуючих валів збільшується до двох.

На рис. 3.5 наведено технологічну схему мездрильної машини ММ–3200 для обробки шкур великої рогатої худоби (ВРХ). Ножовий вал 1 має по вісім правих і лівих ножів з кутом підйому гвинтової лінії 34°. Гладкий прогумований подаючий вал 6 обертається в підшипниках, встановлених на каретці, яка переміщується зворотно-поступально з допомогою кривошипа, шатуна і важелів 7. Кривошип встановлений на зубчастому колесі 8, що входить в зачеплення з шестернею 9. На каретці з допомогою шістнадцяти напівкільцевих опор 4 нерухомо встановлюється притискаючий пневматичний вал 5. Хвостовик опори опирається на пневматичний амортизатор. Пружність притискаючого вала і амортизатора регулюють відповідними гвинтами.

Ножовий 1 і транспортуючі вали 2 і 3 встановлені на корпусі машини. В процесі завантаження шкіри (рис. 3.5, а) обертаються ножовий 1 і транспортуючий 2 вали, а вал 3 нерухомий. Подаючий вал 6 також нерухомий і відведений від ножового вала на каретці. Після того, як шкіра завантажена на подаючий вал 6, колесо 8 робить півоберта і з допомогою шатуна і важелів 7 каретка переміщається до ножового вала. Подаючий вал 6 притискається до транспортуючих 2 і 3, починає обертатися і протягує шкіру між ножовим валом 1 і притискаючим пневматичним 5.

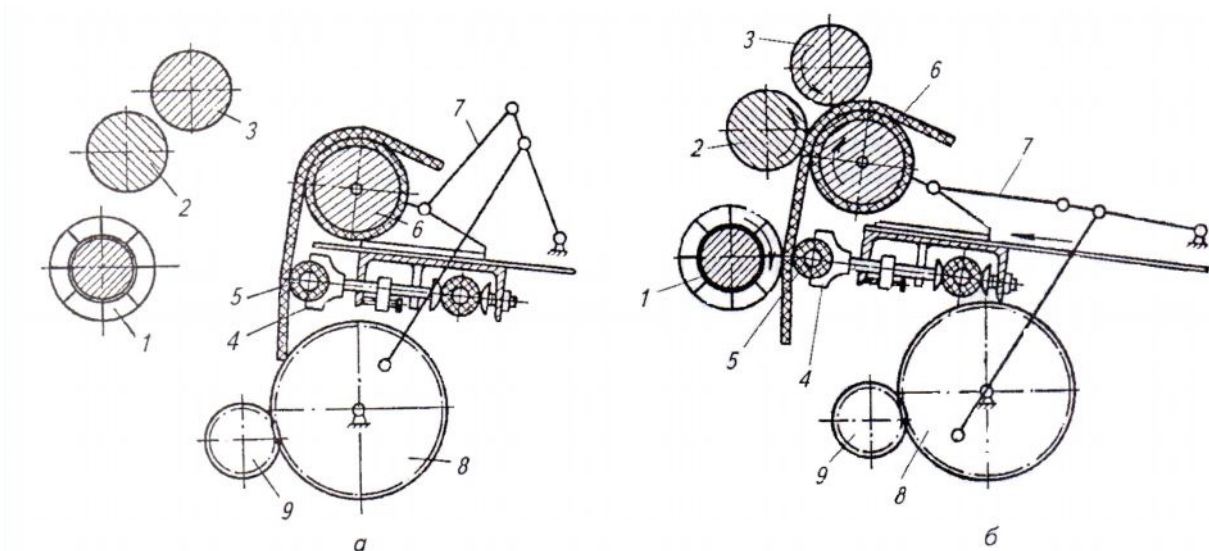


Рис.3.5. Технологічна схема мездрильної машини:

а – положення завантаження; *б* – робоче положення;

1 – ножовий вал; 2,3 – транспортні вали; 4 – напівкільцеві опори; 5 – притискаючий пневматичний вал; 6 – подаючий вал; 7 – важіль; 8 – зубчасте колесо; 9 – шестерня.

Продуктивність мездрильних машин (шт./год) як машин періодичної дії визначається за формулою:

$$M = \frac{3600}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{3600}{\tau_T + \tau_{\text{пз}}},$$

де $\tau_{\text{ц}}$ – тривалість повного циклу обробки однієї шкіри, τ_T – тривалість технологічної обробки, с; $\tau_{\text{пз}}$ – тривалість підготовчо-заключних операцій.

Тривалість технологічної обробки, с:

$$\tau_T = \frac{L + l + 2l_1}{v \cdot k} + 2\tau,$$

де L – довжина шкіри (в напрямку обробки), м; l – довжина ділянки, яка обробляється двічі, м; l_1 – вихід робочого органу за контур шкіри, м; v – колова швидкість подаючих валів, м/с; k – коефіцієнт проковзування шкіри по подаючому валу, $k=0,7 \dots 0,9$; τ – тривалість переміщення подаючого вала, с.

За нормативними даними, приблизно

$$L=2 \text{ м}; l=0,2 \text{ м}; l_1=0,1 \text{ м}; \tau=1,6 \dots 2 \text{ с}.$$

Підготовчо-заключні операції включають укладання шкіри на подаючий вал машини, її перевертання і вивантаження. Вони складають до 100% тривалості технологічної обробки.

Потужність двигуна мездрильної машини, кВт:

$$N = \frac{(N_1 + N_2) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta},$$

де N_1 – потужність ріжучого механізму, Вт; N_2 – потужність подаючого механізму, Вт; η_a – коефіцієнт запасу потужності, $\eta_a = 1,2$; η – ККД передач від двигуна до ножового вала.

Гвинтові ножі ріжучого механізму зрізують шар матеріалу і одночасно розтягують шкіру в осьовому напрямку. Сумарна питома колова сила різання p_k (приведена до 1 м довжини ножового вала) становить 0,7...1,2 кН/м.

Загальна сила різання, Н:

$$P_k = p_k \cdot l_{роб},$$

де $l_{роб}$ – робоча довжина вала, м.

Ножовий і подаючий вали обертаються назустріч один одному, тому потужність (Вт) ріжучого механізму:

$$N_1 = P_k \cdot (v_k + v_n),$$

де v_k – колова швидкість ножового вала, м/с; v_n – колова швидкість подаючого вала, м/с.

Потужність (Вт) подаючого механізму:

$$N_2 = P_k \cdot v_n \cdot \frac{1}{\eta_1},$$

де η_1 – ККД передачі від ножового до подаючого вала.

Завдання 1. Розрахувати барабанну машину для миття шкур при таких умовах: машина безперервної дії, розміщення барабана горизонтальне, наявність в барабані встановлених по гвинтовій лінії кулачків. Довжина барабана 6+№варіанта/10, м; діаметр барабана 1,2 м; маса барабана 1800 кг. Барабан встановлений на роликів опорах, діаметр роликів $D_p=180$ мм, діаметр осі ролика $d=60$ мм.

Завдання 2. Розрахувати продуктивність і потужність двигуна мездрильної машини за такими даними: питома опір різанню $p_k=700+10 \cdot \text{№ варіанта}$, Н/м; робоча довжина ножового вала $l=3$ м; колова швидкість ножового вала $v=13+\text{№ варіанта}/10$ м/с; колова швидкість транспортного вала $v_0=0,35$ м/с.

Контрольні запитання

1. Види обладнання для первинної обробки шкур.
2. Конструкції обладнання для миття шкур.
3. Будова і принцип дії навалозгонних машин.
4. Будова і принцип дії мездрильних машин.
5. Розрахунок барабана безперервної дії для миття шкур.
6. Розрахунок мездрильної машини.

4. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВІДІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи технологічних трубопроводів для транспортування м'ясопродуктів; ознайомитись з методикою їх розрахунку.

Теоретичні відомості

На підприємствах м'ясопереробної промисловості використовуються найрізноманітніші види транспорту. Найбільш технічно прогресивним і цілком доцільним з економічної точки зору є метод транспортування цілого ряду м'ясопродуктів по трубах. Використання трубопроводів покращує санітарні умови, підвищує культуру виробництва і продуктивність праці.

Системи транспортування м'ясопродуктів по трубах складаються з приймального резервуара, пристрою для створення напору і витискання маси, що транспортується, системи труб, арматури і апаратури для контролю і управління роботою установки.

Такі системи можуть бути періодичної або безперервної дії, що залежить від пристроїв витискання. В першому випадку приймальний резервуар може виконувати одночасно функцію і накопичувача, і витискувача (рис. 4.1), в другому він служить лише для проміжного накопичення, а в якості нагнітаючих пристроїв використовуються, наприклад, насоси (відцентрові, роторні, мембранні, поршневі).

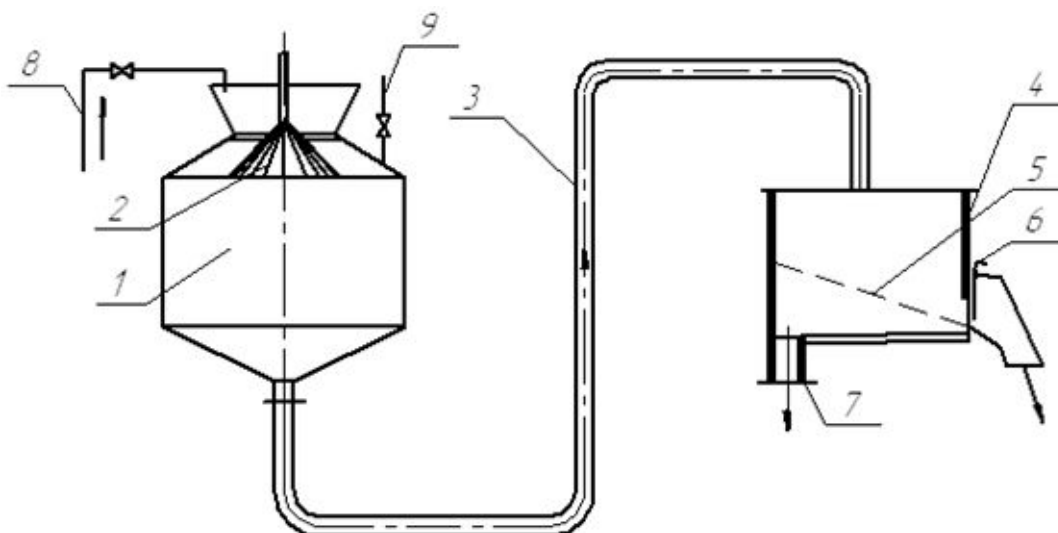


Рис. 4.1. Періодичнодіюча система транспортування м'ясопродуктів по трубах
ємкісними витискувачами (передувочними баками):

1 – ємкісний витискач; 2 – затвор; 3 – трубопровід; 4 – відціджувач;
5 – перфороване днище; 6 – шибер; 7 – патрубок відведення води; 8 – труба
подачі води; 9 – труба подачі стисненого повітря.

В якості приймального резервуару і витискувача використовуються передувочні баки – ємнісні витискувачі періодичної дії. Вони використовуються при транспортуванні рідин (кров, бульйон, фуза, розсіл) і кускових продуктів, які не можуть перекачуватися насосами (подрібнені кістки, конфіскати м'які і тверді, шквара, канига та ін.). Кускові продукти, як правило, транспортуються з додаванням води.

Передувочні баки являють собою вертикальні (рис. 4.2) або горизонтальні (рис. 4.3) ємкості циліндричної або конічної форми, що заповнюються масою, яка стисненням повітрям або паром витискається і транспортується по трубопроводу.

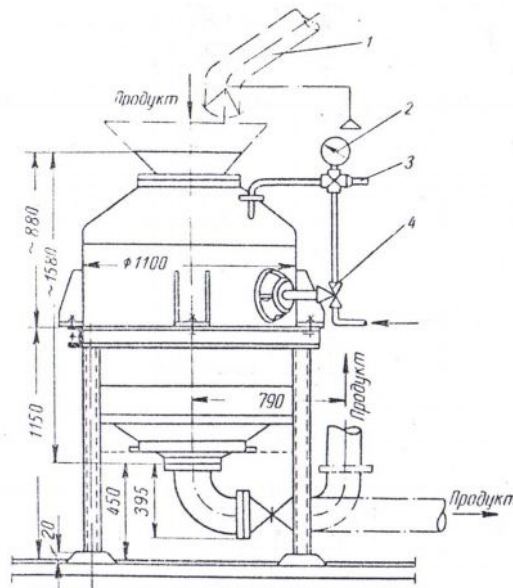


Рис. 4.2. Вертикальний ємнісний витискувач:

- 1 – спуск подачі сировини; 2 – манометр; 3 – запобіжний клапан;
4 – трьохходовий кран.

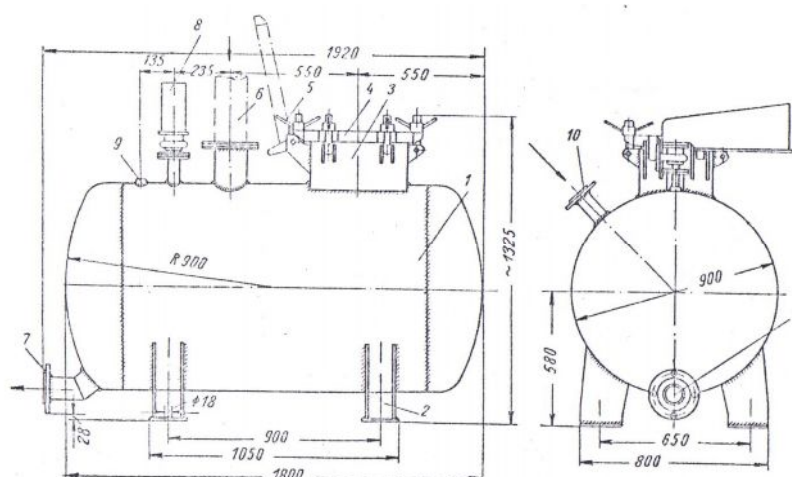


Рис. 4.3. Горизонтальний ємнісний витискувач:

- 1 – ємність; 2 – опори; 3 – горловина; 4 – кришка; 5 – гайки кріплення;
6 – трубопровід подачі сировини; 7 – трубопровід відведення сировини;
8 – запобіжний клапан; 9 – патрубок для манометра.

Вони прості по конструкції і не впливають на властивості продукції, яка транспортується. Робота витискувача легко автоматизується, але можна працювати і в ручному режимі. До недоліків цих систем слід віднести низький коефіцієнт використання енергії стисненого повітря (приблизно 0,1).

Промисловістю виготовляються вертикальні передувочні баки об'ємом 3,4 м³; 1 м³; 0,63 м³, і горизонтальні об'ємом 3,6 м³; 1 м³; 0,5 м³.

Основні розрахунки

Об'єм повітря, необхідний для витискання однієї порції завантаженої сировини з урахуванням втрат, може бути визначений за формулою:

$$V_3 = (V + V_1)(1 + \alpha_0),$$

де V – об'єм ємкісного витискувача, м³; V_1 – об'єм повітря, необхідний для заповнення транспортного трубопроводу, м³; α_0 – коефіцієнт, що враховує втрати повітря через нещільності ($\alpha_0=0,02 - 0,04$).

Питомі витрати стисненого повітря на 1 кг сировини

$$v_n = \frac{V_3}{G},$$

де G – сумарна маса сировини, що транспортується за 1 цикл для всієї системи, або разове завантаження бака, кг:

$$G = \alpha \rho V,$$

де α – коефіцієнт заповнення, $\alpha = 0,8 - 0,85$; ρ – густина сировини, яка транспортується, $\rho=1080 - 1150$ кг/м³.

Тиск, який необхідно створити для транспортування сировини по заданій трасі на певну відстань, може бути визначений за формулою:

$$P = P_h + \Delta P + P_M + P_{in} + P_n + P_\kappa,$$

де P_h – тиск, необхідний для підйому сировини на висоту h , Па; ΔP – втрати тиску по довжині трубопроводу, Па; P_M – втрати тиску в місцевих опорах, Па; P_{in} – інерційні втрати, Па; P_n – протитиск, Па; P_κ – тиск, необхідний для створення кінетичної енергії потоку, Па.

Тиск, необхідний для підйому сировини на висоту h :

$$P_h = \rho gh.$$

Втрати тиску по довжині трубопроводу:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{d} \rho \frac{v^2}{2},$$

де λ – коефіцієнт опору (залежить від режиму руху); L – довжина траси трубопроводу, м; d – діаметр трубопроводу, м; v – швидкість руху сировини в трубопроводі, м/с ($v = 1,0 - 1,2$ м/с).

Режим руху сировини в трубі характеризується структурним критерієм Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{cmp}} = \frac{v d \rho}{\mu \left(1 + \frac{\tau_0 r}{3 v \mu} \right)},$$

де μ – коефіцієнт динамічної в'язкості сировини, Па·с (для м'якитної сировини $\mu=0,043$ Па·с); τ_0 – граничне напруження зсуву для сировини $\tau_0 = 45,9$ Па; r – радіус трубопроводу, м.

При $\text{Re}_{\text{cmp}} < 2000$ $\lambda = 32 / \text{Re}_{\text{cmp}}$, при $\text{Re}_{\text{cmp}} \geq 2000$ $\lambda = 18.5 / \text{Re}_{\text{cmp}}^{0.6}$.

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$P_M = \rho \frac{v^2}{2} \sum \xi_i,$$

де ξ_i – коефіцієнт i -го місцевого опору ($\xi_{90^\circ}=0,23$; $\xi_{30^\circ}=0,21$; вхід в трубу з бака $\xi_{\text{вх}}=0,24$; вихід з труби $\xi_{\text{вих}}=0,35$; засувка після бака $\xi_3=0,5$).

Інерційні втрати тиску:

$$P_{in} = \frac{A \rho v^2}{(R_l / d)^{0.22}},$$

де A – коефіцієнт, що залежить від виду продукту $A=0,06 - 0,08$; R_l – радіус заокруглення коліна $R_{lmin}=2d$.

Величина протитиску може бути визначена як втрати тиску в об'ємному розвантажувачі: $P_n = \rho \frac{v^2}{2} \xi_{op}$, де $\xi_{op} = 3 - 4$.

Тиск, необхідний для створення кінетичної енергії потоку, Па:

$$P_k = \rho \frac{v^2}{2}.$$

Завдання. Визначити необхідні об'єм, питомі витрати і тиск стисненого повітря для переміщення по трубопроводу довжиною l на висоту h сировини.

V – об'єм ємкісного витискувача

1+№ варіанта/10, м³

h – висота підйому

8+№ варіанта /10, м;

l – довжина траси

40+№ варіанта, м;

d – діаметр трубопроводу

150 мм

Кількість колін з поворотом на 90° і 30° в залежності від варіанта наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

**Вихідні дані до розрахунку системи
пневмотранспортування по трубах**

№ варіанта	1 – 4	5 – 9	10 – 13	14 – 17	18 – 20
кількість колін з поворотом на 90°	6	7	8	9	10
кількість колін з поворотом на 30°	1	2	3	4	5

Контрольні запитання

1. *Види систем транспортування на підприємствах м'ясної промисловості.*
2. *Особливості систем транспортування м'ясопродуктів по трубах.*
3. *Специфіка використання ємкісних витискувачів, їх конструкції.*
4. *Види насосів для транспортування м'ясопродуктів.*
5. *Розрахунок продуктивності систем пневмотранспортування.*
6. *Необхідний тиск для транспортування м'ясопродуктів по трубах.*

5. РОЗРАХУНОК БАРАБАНІВ ДЛЯ МИТТЯ І ЦЕНТРИФУГ ДЛЯ ОБРОБКИ ШЕРСТНИХ І СЛИЗОВИХ СУБПРОДУКТІВ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи барабанів для миття і центрифуг для обробки шерстних і слизових субпродуктів; ознайомитись з методикою їх розрахунку.

Теоретичні відомості

При виконанні операцій миття, ошпарювання і очищення субпродуктів на підприємствах м'ясної промисловості використовують барабанні і відцентрові машини. Крім машин використовують чани для промивання і охолодження субпродуктів проточною водою і ванни для ошпарювання субпродуктів.

Барабанні машини. Для миття і ошпарювання субпродуктів використовують барабанні машини періодичної і безперервної дії.

Для миття м'якісних і слизових субпродуктів використовують барабанні машини періодичної дії. Миюча машина БСН–2М (рис. 5.1) має перфорований сталевий барабан 9 з обичайкою хвилястої форми. До обичайки прикріплені плоскі днища з цапфами, установленими в підшипниках кочення 10, які змонтовані на станині 13. В середині обичайки передбачено люк для завантаження-вивантаження сировини, що закривається відкидною кришкою 14. Барабан приводиться в рух від мотор-редуктора 1 через ланцюгову передачу. В системі управління передбачено кінцевий вимикач 6 і гальмівний пристрій, які дозволяють зупинити барабан в положенні, зручному для завантаження. При необхідності барабан можна провертати вручну з допомогою маховика 8.

Продуктивність барабана при обробці рубців 65 шт/год, книжок 195 шт/год. Частота обертання барабана $4,72 \text{ с}^{-1}$, потужність електродвигуна 2,2 кВт. Витрата води 650 кг/год. Маса машини 570 кг.

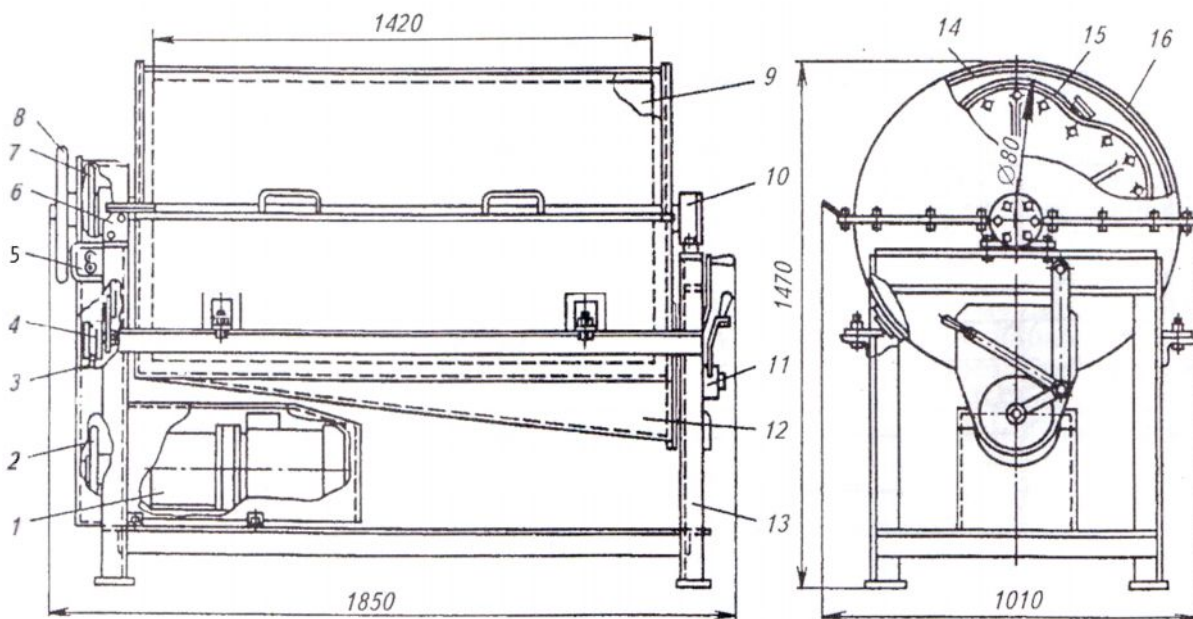


Рис. 5.1. Миюча барабанна машина БСН-2М:

1 – мотор-редуктор; 2 – ведуча зірочка; 3 – ланцюг; 4 – натяжний ролик; 5 – пульт управління; 6 – кінцевий вимикач; 7 – ведена зірочка; 8 – маховик; 9 – барабан; 10 – підшипник кочення; 11 – затвор; 12 – піддон; 13 – станина; 14 – рухома кришка; 15 – відкидна кришка; 16 – кожух

Миюча машина фірми КСІ (Канада) безперервної дії (рис. 5.2) складається зі зварної станини 1, на якій кронштейнами 3 закріплені чотири опорних нейлонових ролика 2.

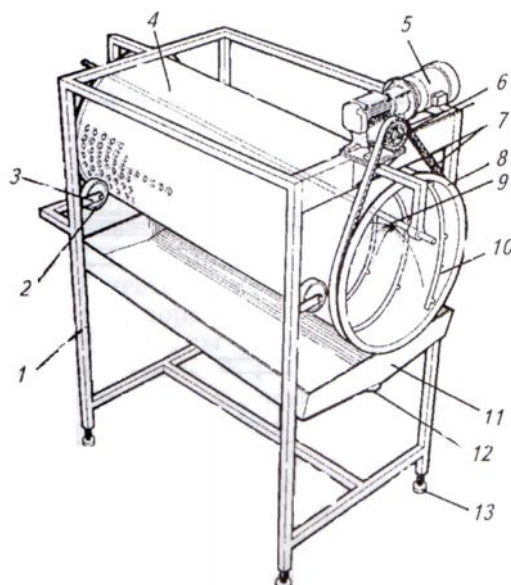


Рис. 5.2. Миюча барабанна машина фірми КСІ безперервної дії:

1 – станина; 2 – опорний ролик; 3 – кронштейн; 4 – барабан; 5 – мотор-редуктор; 6 – ведучий шків; 7 – зубчастий пас; 8 – вінець барабана; 9 – перфорована труба; 10 – спіраль; 11 – піддон; 12 – зливний патрубок; 13 – регульовані опори.

На роликах горизонтально встановлений циліндричний перфорований барабан 4. На внутрішній поверхні барабана закріплена спіраль 10, яка переміщує продукцію вздовж барабана. Барабан приводиться в рух мотор-редуктором 5, на вихідному валу якого встановлений ведучий шків зубчастої пасової передачі. Веденим шківом передачі служить вінець 8 барабана.

Вода для миття подається по перфорованій трубі 9, а забруднена вода збирається в піддон 11 і зливається через патрубок 12. Використовуються чотири модифікації машин з барабанами внутрішнім діаметром 0,46 і 0,76 м і довжиною 1,5 і 1,8 м. Об'ємна витрата води становить 2,3 – 2,7 м³/год, маса машини 135 – 175 кг.

Основні розрахунки

Розрахунок барабанних машин для миття субпродуктів аналогічний розрахунку інших апаратів, які мають в якості робочого органу барабан. При розрахунках враховують форму барабана (циліндричні, конічні та ін., суцільні або перфоровані, з гладкою внутрішньою поверхнею або з ребрами). Визначають критичну частоту обертання барабана, його геометричні розміри, продуктивність і потужність двигуна приводу.

Продуктивність барабанної миючої машини періодичної дії визначається за формулою:

$$M = 60G_n / \tau,$$

де G_n – маса одноразового завантаження барабана, кг; τ – тривалість циклу обробки, хв.

Тривалість циклу включає тривалість технологічної обробки і тривалість підготовчо-заклучних операцій.

Одноразове завантаження барабана визначається за формулою:

$$G_n = \alpha \rho V,$$

де α – коефіцієнт завантаження об'єму барабана; ρ – насипна маса продукції, кг/м³ (для шерстних субпродуктів 500–600 кг/м³; для слизових – 400–450 кг/м³); V – робочий об'єм барабана, м³.

Потужність двигуна приводу миючої барабанної машини визначають як суму потужності N_1 , необхідної для підняття маси на висоту H , і потужності N_2 , що витрачається на подолання тертя в підшипникових опорах:

$$N = \frac{(N_1 + N_2) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta},$$

де η_a – коефіцієнт запасу потужності, $\eta_a = 1,2$; η – ККД привода.

Схема до розрахунку потужності двигуна миючої машини наведена на рис. 5.3.

$$N_1 = \frac{G_n \cdot (gH + 0,5v_k^2)}{\tau_1},$$

де G_n – маса продукції в барабані, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²;

τ_l – тривалість піднімання одиниці продукції, с.

$$N_2 = (R_1 + R_2) \mu \omega \frac{d_u}{2} = (G_n + G_o) g \mu \omega \cdot \frac{d_u}{2},$$

де G_o – маса барабана, кг; μ – коефіцієнт тертя ковзання в підшипнику; ω – кутова швидкість обертання барабана, с^{-1} , d_u – діаметр цапфи підшипника, м.

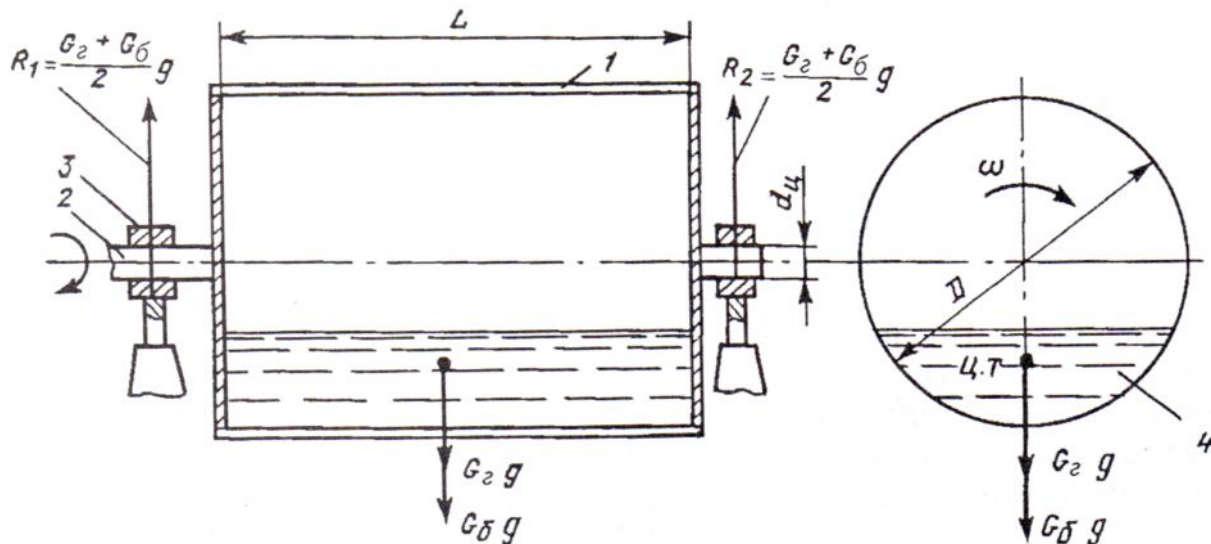


Рис. 5.3. Схема до розрахунку потужності двигуна миючої машини з горизонтальним підвісним барабаном:

1 – барабан; 2 – цапфа; 3 – підшипникова опора; 4 – продукція.

Відцентрові машини. Для механізації миття, ошпарювання, видалення щетини і полірування субпродуктів широко використовуються відцентрові машини. Вони забезпечують інтенсивність обробки і високу якість процесу. Недоліком таких машин є періодичність їх дії, що пов'язано з необхідністю розміщення додаткових накопичувальних пристроїв в потокових лініях.

У відцентрових машинах продукція завантажується на ротор, який обертається і приводить їх в рух. При цьому виникають відцентрові сили, що притискають продукцію до нерухомого циліндра. Під дією сил тертя об ротор і стінки циліндра продукція очищується. Миття і ошпарювання здійснюється при подачі холодної або гарячої води і пари в корпус.

Відцентрові машини принципово подібні за конструкцією, але відрізняються схемами приводу, автоматизації процесів завантаження-вивантаження і управління процесом.

Машина МОС-1Ш (рис. 5.4) призначена для обробки шерстних субпродуктів. На зварній основі 14 машини закріплений опорний диск 17. На дискові встановлений циліндричний корпус 4, який має вертикальні ребра 5. В нижній частині циліндра обертається диск-ротор 7, який має радіальні ребра 6 і отвори для видалення шерсті, волосся і бруду. Діаметр диска 1,05 м, висота робочої частини циліндра корпуса 0,345 м. Ротор закріплений шпонкою на конусному кінці вала 16, що обертається в радіальному 9 і радіально-упорному

13 підшипниках. Від попадання води підшипники захищені сальником і відбійним кільцем 8.

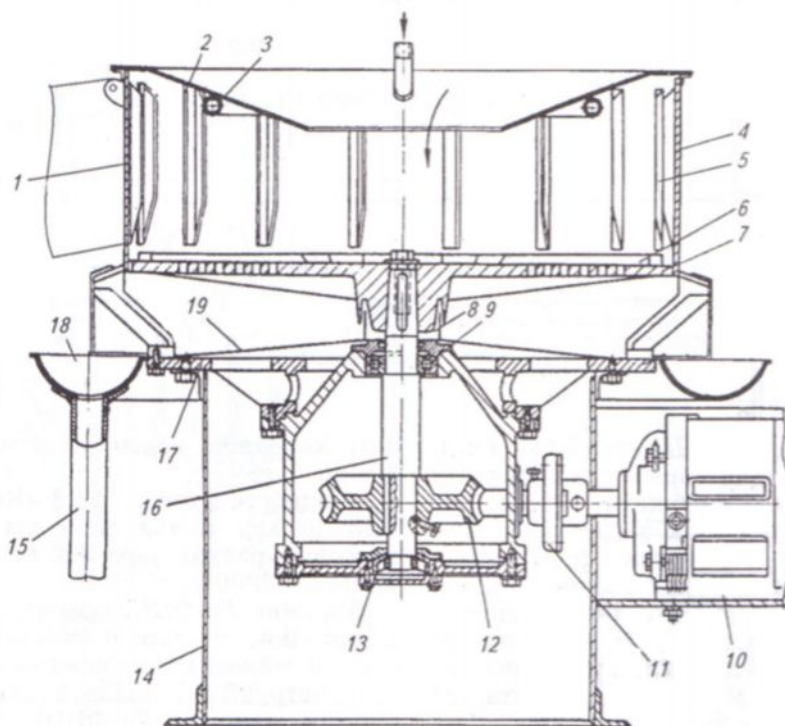


Рис. 5.4. Відцентрова машина МОС–1Ш:

1 – люк; 2 – кришка; 3 – перфорована труба; 4 – циліндричний корпус; 5 – вертикальне ребро; 6 – радіальне ребро; 7 – диск-ротор; 8 – відбійне кільце; 9 – радіальний підшипник; 10 – електродвигун; 11 – муфта; 12 – черв'ячне колесо; 13 – радіально-упорний підшипник; 14 – основа; 15 – зливна труба; 16 – вал; 17 – опорний диск; 18 – жолоб; 19 – піддон.

Ротор приводиться в рух від електродвигуна 10 через муфту 11 і черв'ячний редуктор. Черв'ячне колесо 12 встановлено на валу 16 з допомогою шпонки і стопорного гвинта. Продукція завантажується через горловину в кришці 2 циліндра, а через перфоровану трубу 3 в зону обробки подається холодна або гаряча вода. Бруд і надлишок води попадають в піддон 19 і з нього в жолоб 18. З жолоба вода по трубі 15 відводиться в каналізацію. Після закінчення технологічного процесу відкривається люк 1 в стінці циліндра і продукція під дією відцентрової сили вивантажується.

Продуктивність машини 300 кг/год, об'ємна витрата води 10 м³/год, потужність електродвигуна 4,5 кВт, частота обертання ротора 84 об/хв.

Машина МОС–1С призначена для обробки слизових субпродуктів. Від машини МОС–1Ш вона відрізняється частотою обертання ротора, яка становить 127 об/хв.

Тривалість циклу обробки визначають експериментально для кожного конкретного виду матеріалу, процесу і конструкції робочого механізму. Експериментально визначають і допоміжний час завантаження, вивантаження і технічного обслуговування.

Для орієнтовних розрахунків можна прийняти тривалість шпарки і видалення щетини з шерстних субпродуктів (температура води 65...68 °С) від 9 до 15 хв, очищення після шпарки (холодна вода) від 2 до 3 хв, ошпарювання і очищення рубців (температура води 66...68 °С) від 6 до 7 хв, їх охолодження (холодна вода) від 2 до 3 хв; промивання свинячих шлунків, сичугів ВРХ і м'якітних субпродуктів (температура води 20...25 °С) від 2 до 3 хв.

При розрахунку відцентрових машин визначають їх продуктивність і потужність електродвигуна.

Основні розрахунки

Продуктивність відцентрової машини, як машини періодичної дії, визначається за наступною формулою:

$$M = 60G_n / \tau,$$

де G_n – одноразове завантаження барабана центрифуги, кг; τ – тривалість циклу обробки, хв.

Одноразове завантаження барабана центрифуги визначається за формулою:

$$G_n = \alpha \rho V,$$

де α – коефіцієнт завантаження об'єму барабана (для шерстних субпродуктів 0,60 – 0,62; для слизових – 0,1 – 0,15); ρ – насипна маса продукції, кг/м³ (для шерстних субпродуктів 500–600 кг/м³; для слизових – 400 – 450 кг/м³); V – робочий об'єм барабана, м³.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} h,$$

де h – висота робочої частини циліндра корпусу, м

Потужність двигуна приводу центрифуги визначається за наступною формулою:

$$N = \frac{M_1 \omega \eta_a}{1000 \eta} = \frac{g G_n R_c \left(\mu + \frac{h}{2\pi R_c} + a \omega R_c \right) \omega \eta_a}{1000 \eta}, \text{ кВт}$$

де M_1 – крутний момент, необхідний для обертання диску, Н·м; ω – кутова швидкість обертання диску, 1/с; R_c – відстань від осі обертання до центру ваги шару матеріалу, що знаходиться в барабані, м; a – перевідний коефіцієнт ($a = 0,025 - 0,027$); μ – приведений коефіцієнт тертя ковзання ($\mu = 0,6 - 0,8$); η_a – коефіцієнт запасу потужності ($\eta_a = 1,25 - 1,35$); η – коефіцієнт корисної дії приводу ($\eta_2 = 0,8$).

Завдання 1. Визначити продуктивність і потужність електродвигуна приводу барабанної машини для миття субпродуктів періодичної дії, якщо об'єм барабана V становить 1000+№варіанта·10 л, частота обертання барабана n 1+№варіанта/10, с⁻¹, маса барабана 90 кг, діаметр цапфи підшипника 60 мм. Коефіцієнт тертя ковзання в підшипникових опорах 0,1.

Завдання 2. Визначити продуктивність і потужність електродвигуна приводу центрифуги для очищення шерстних субпродуктів, якщо діаметр барабана D становить $900 + \text{№варіанта} \cdot 10$ мм, частота обертання ротора n $80 + \text{№варіанта}$, об/хв. Приведений коефіцієнт тертя ковзання 0,6–0,8.

Контрольні запитання

- 1. Будова і принцип дії барабанних машин для миття субпродуктів.*
- 2. Будова і принцип роботи відцентрових машин для обробки слизових субпродуктів.*
- 3. Будова і принцип роботи відцентрових машин для обробки шерстних субпродуктів.*
- 4. Розрахунок барабанів для миття субпродуктів.*
- 5. Розрахунок відцентрових машин для обробки субпродуктів.*

6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ РІДКИХ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ. РОЗРАХУНОК ПІДВІСНИХ І ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВІДСТІЙНИХ ЦЕНТРИФУГ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи обладнання для розділення рідких неоднорідних систем; навчитися проводити розрахунок підвісних і горизонтальних відстійних центрифуг.

Теоретичні відомості

Центрифугами називають машини, в яких суспензії розділяються в полі відцентрових сил. Використовують їх, зокрема, для виділення розплавленого жиру з кісток або шквари і для очищення жиру від твердих домішок. Інтенсивність процесу центрифугування характеризується таким показником, як фактор розділення, яким служить критерій Фруда:

$$Fr = \omega^2 R / g,$$

де ω – кутова швидкість обертання ротора, 1/с; R – радіус ротора, м; g – прискорення вільного падіння, м/с².

За величиною фактора розділення центрифуги поділяють на нормальні ($Fr < 3500$) і надцентрифуги ($Fr > 3500$). В залежності від способу розділення суспензії центрифуги поділяють на фільтруючі та відстійні. В фільтруючих центрифугах рідка фаза відводиться через перфоровану стінку ротора. У відстійних центрифугах твердий осад, який має більшу густину, притискається до суцільної стінки барабана, витискає рідку фазу до центра, звідки вона відводиться через черпальну трубу або переливається через борт барабана.

За способом вивантаження осаду розрізняють центрифуги періодичної і безперервної дії. У центрифуг періодичної дії вивантаження здійснюють після зупинки ротора вручну через верхній борт або через отвір в днищі, коли осад

зрізається скребком або ножом спеціального механізму при обертанні ротора. В безперервно діючих центрифугах осад видаляється з допомогою шнека, встановленого всередині ротора, поршня або під дією відцентрових сил.

Підвісна центрифуга ФПН-100IV-3 (рис. 6.1) призначена для виділення жиру з вологої шквари.

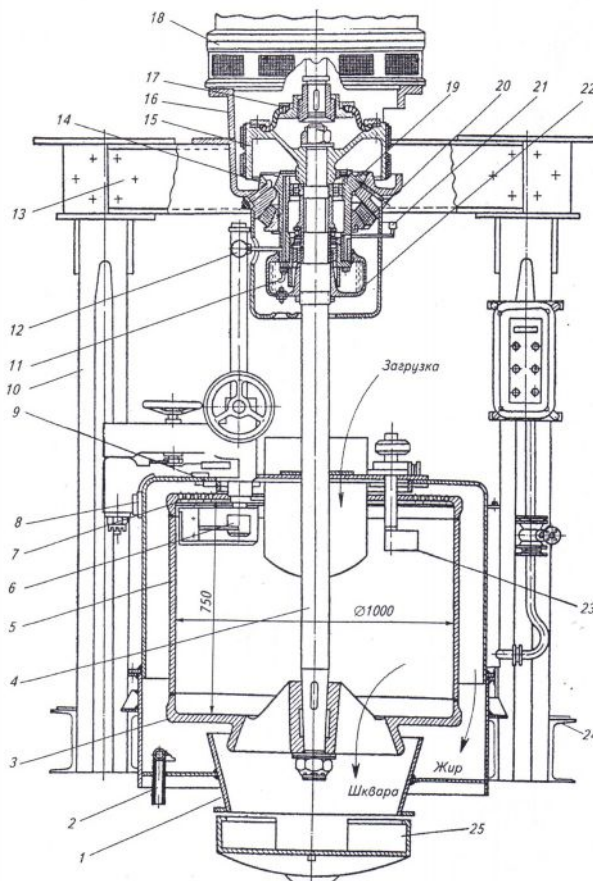


Рис. 6.1. Підвісна центрифуга ФПН-100IV-3:

1 – люк кожуха; 2, 9 – штуцера для пропарювання; 3 – днище; 4 – вал ротора; 5 – обичайка ротора; 6 – механізм зрізання осаду; 7 – верхній борт; 8 – кожух; 10 – стійка; 11 – забірня трубка; 12 – манометр; 13 – верхня рама; 14 – спеціальний болт; 15 – гальмівний шків; 16 – корпус привода; 17 – гумова муфта; 18 – електродвигун; 19 – корпус підшипників; 20 – гумовий амортизатор; 21 – маслянка; 22 – масляний картер; 23 – регулятор завантаження; 24 – нижня рама; 25 – приймальний бункер.

Вона має верхній привод і вертикальний вал, на якому підвішується ротор. Вал кріпиться в шарнірній підвісці, яка допускає відхилення від вертикалі, що забезпечує самоцентрування мас, які обертаються. Тому центрифуги малочутливі до нерівномірного завантаження і характеризуються динамічною стійкістю. Всі вузли центрифуги монтують на металоконструкції, яка складається з двох вертикальних стійок 10, у верхній частині яких болтами прикріплена рама 13 з швелерів. На рамі встановлено корпус привода 16, до верхнього фланця якого прикріплений чотирьохшвидкісний електродвигун 18.

Вал електродвигуна еластичною гумовою муфтою 17 з'єднаний з гальмівним шківом 15, що встановлений на валу 4 ротора, який підвішений в корпусі підшипників 19 на двох радіальних підшипниках кочення і одному упорному.

Корпус підшипників спирається верхньою сферичною поверхнею на виточку корпуса привода і фіксується від повороту спеціальним болтом 14. В сферичний зазор масляною 21 подається мастило. Між корпусами привода і підшипників встановлений гумовий амортизатор 20, що сприймає нерівномірності навантаження. Нижче корпуса підшипників на валу закріплений масляний картер 22, з якого мастило під тиском забирається трубкою 11 і подається на змащування підшипників. Тиск мастила контролюється по манометру 12.

На нижній частині вала 4 на корпусний хвостовик встановлюють ротор, який складається з суцільної циліндричної обичайки 5, перфорованого верхнього борта 7 і днища 3 з отворами для вивантаження осаду. Ротор закритий кожухом 8, який має знизу люк 1 для вивантаження і люк з кришкою вгорі для завантаження. Відфільтрований жир збирається в піддоні кожуха і відводиться через штуцер. На кришці кожуха встановлені ємкісний регулятор завантаження 23 і механізм зрізання осаду 6.

Роботою центрифуги керують вручну або в напівавтоматичному режимі. Шквару завантажують через верхній люк при частоті обертання ротора $4,17 \text{ с}^{-1}$. Потім поступово ротор розганяють до робочої частоти 25 с^{-1} і здійснюють віджимання, в процесі якого через штуцери 2, 9 подають пару для підтримання температури шквари і жиру, який виходить через перфорацію верхнього борта. Після закінчення центрифугування ротор зупиняють спочатку з допомогою рекуперативного гальмування двигуном, а потім гальмівним пристроєм. Жир, який залишився в роторі, зливається через вікна в днищі в приймальний бункер 25. Потім ротор розганяють в зворотну сторону до частоти обертання $1,7 \text{ с}^{-1}$ і здійснюють зрізання осаду.

Фактор розділення центрифуги становить 1180. Потужність електродвигуна 40 кВт, одночасне завантаження барабана 320 кг.

Основні розрахунки

Продуктивність центрифуги визначається як для машин періодичної дії.

Потужність, що затрачається на привод центрифуги в момент розгону ротора до набору повної частоти обертання визначається за наступною формулою (без врахування втрат в підшипникових опорах і на тертя барабана об повітря):

$$N = N_1 + N_2, \text{ кВт}$$

де N_1 – потужність, що витрачається на розгін барабана; N_2 – потужність, що витрачається на надання продукції кінетичної енергії.

$$N_1 = A_6 / (1000 \cdot \tau_c),$$

$$N_2 = A_m / (1000 \cdot \tau_n),$$

де A_m і $A_б$ – робота, що витрачається для проведення процесу, Дж; τ_c і τ_n – відповідно тривалість розгону (старту) і процесу подачі продукту ($\tau_c=1-2$ хв; $\tau_n=0,5-1,5$ хв).

$$A_б = G_б R^2 \omega^2 / 2,$$

де $G_б$ – маса барабана, кг; R – радіус барабана, м; ω – кутова швидкість обертання барабана, 1/с.

$$A_m = G_m (R^2 - r^2) \omega^2 / 4,$$

де G_m – маса матеріалу в барабані, кг; r – внутрішній радіус шару матеріалу, м.

Відстійні центрифуги безперервної дії з горизонтально розміщеним ротором і шнековим вивантаженням осаду використовують для очищення жиро-водяної емульсії від залишків шквари і часток кісток, видалення води з коагульованої крові тощо.

Центрифуга ОГШ–321К–5 (рис. 6.2) складається з литої чавунної станини 22, на якій в підшипникових опорах 4 і 18 з підшипниками кочення 3 і 19 встановлено ротор. Ротор має циліндричну 14 і конічну 12 частини обичайки, до яких з торців прикріплені цапфи 7, 15. На цапфі 15 на шпонці монтується ведений шків 20 клинопасової передачі, а цапфу 7 з'єднують з корпусом планетарного редуктора 2.

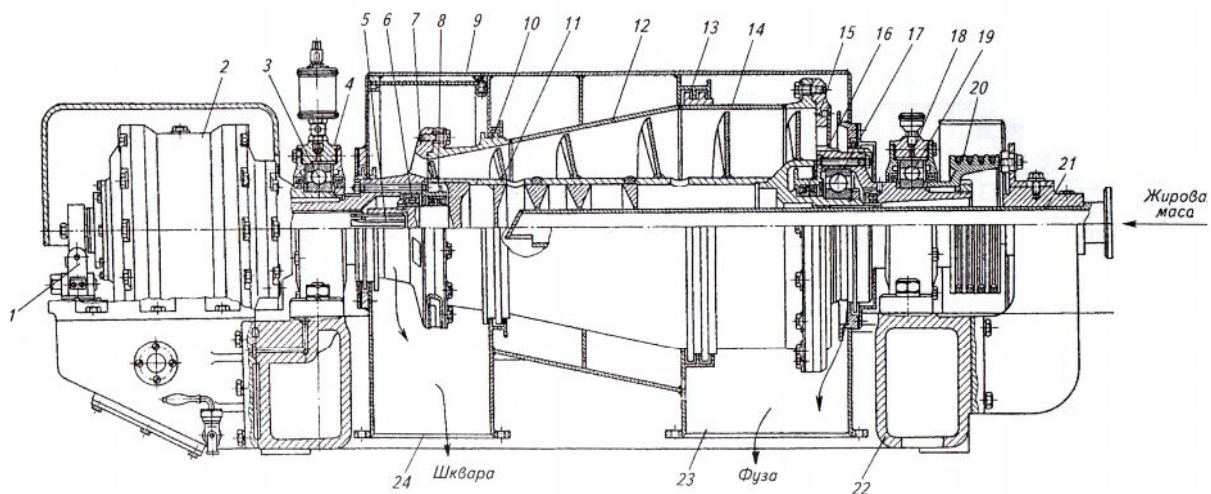


Рис. 6.2. Центрифуга ОГШ–321К–5:

1 – механізм захисту редуктора; 2 – планетарний редуктор; 3, 19 – підшипники ротора; 4, 18 – підшипникові опори; 5 – вихідний вал редуктора; 6, 17 – підшипники шнека; 7, 15 – цапфи ротора; 8, 16 – манжетні ущільнення підшипників; 9 – кожух; 10, 13 – лабіринтні ущільнення; 11 – шнек; 12 – конічна обичайка ротора; 14 – циліндрична обичайка ротора; 20 – ведений шків клинопасової передачі; 21 – труба; 22 – станина; 23 – патрубок для вивантаження фузи; 24 – патрубок для вивантаження жиру.

Всередині ротора співвісно на кулькових підшипниках 6 і 17 встановлено шнек 11, виконаний з труби, до торців якої приварені цапфи, а на поверхні –

гвинтова навивка. Всередині труби встановлені перегородки, які утворюють камеру завантаження, в яку по трубі 21 подається суспензія. З камери суспензія перетікає в порожнину барабана через отвори в трубі шнека. Ліва цапфа шнека шліцями з'єднана з вихідним валом 5 планетарного редуктора.

Зверху ротор закритий зварним кожухом 9, який всередині розділений перегородками на зони з патрубками відведення рідкої фази (фузи) 23 і твердої (шквари) 24. Зони розділені лабіринтними ущільненнями 10 і 13.

Центрифуга працює наступним чином. Обертання від електродвигуна через клинопасову передачу передається на ротор і далі через планетарний редуктор 2 на шнек 11. При цьому частота обертання шнека менше, ніж ротора, на $0,33 \text{ с}^{-1}$.

Жирова маса насосом подається по живильній трубі в камеру завантаження і звідти через вікна в ній в порожнину ротора. Під дією відцентрової сили тверда фаза осідає на внутрішній поверхні ротора, а рідка переміщується від вузького кінця конуса до широкого і потім відводиться через вікна в правій цапфі ротора. Осад внаслідок різної частоти обертання ротора і шнека переміщується до вузького кінця ротора, проходячи через зони осадження, осушування і вивантажується через вікна лівої цапфи.

Продуктивність центрифуги становить до 500 кг/год по сухому залишку і до $5 \text{ м}^3/\text{год}$ по вхідній сировині. Частота обертання ротора $58,3 \text{ с}^{-1}$, фактор розділення 2200, потужність електродвигуна 7 кВт.

Розрахунок центрифуги ОГШ

Об'ємна продуктивність по суспензії відстійної центрифуги безперервної дії з шнековим вивантаженням осаду визначається за формулою:

$$M = 2\pi L_{oc} R_p v_{oc} Fr,$$

де L_{oc} – довжина зони осадження в роторі центрифуги, м; R_p – середній радіус потоку рідини в роторі, м; v_{oc} – швидкість осадження в полі сил земного тяжіння, м/с; Fr – критерій Фруда.

Радіус потоку рідини в роторі знаходиться за формулою:

$$R_p = R - 0,5h, \text{ м}$$

де R – максимальний радіус ротора, м; h – глибина потоку рідини в роторі, м.

Довжину зони осадження в роторі центрифуги знаходимо за формулою:

$$L_{oc} = L_{\eta} + L_{\kappa}, \text{ м}$$

де L_{η} – довжина циліндричної частини ротора, м; L_{κ} – довжина ділянки потоку рідини в конічній частині ротора, м;

$$L_{\kappa} = h / \operatorname{tg} \alpha, \text{ м}$$

де α – кут між віссю і твірною конусної частини ротора, °.

Продуктивність машини по сухому залишку (по шкварі):

$$M_{ш} = M_c \cdot \varphi; \text{ м}^3/\text{с}$$

де φ – коефіцієнт виходу шквари із суспензії, $\varphi = 0,065$.

Повна потужність, що витрачається шнековою відстійною центрифугою, буде рівна сумі окремих складових:

$$N = N_1 + N_2 + N_3, \text{кВт}$$

де N_1 – потужність, що витрачається на надання кінетичної енергії фугату і осаду, які виводяться з барабана:

$$N_1 = n^2 \left[G_{m\phi} \left(1 + \frac{b}{100} \right) R_{\phi}^2 + G_{\phi} \cdot R_p^2 \right], \text{кВт}$$

де n – частота обертання ротора, с^{-1} ; $G_{m\phi}$ – продуктивність центрифуги по сухому залишку, кг/с ; b – мінімально можлива вологість осаду, %; R_{ϕ} – радіус розміщення вікон для вивантаження осаду, м; G_{ϕ} – продуктивність по фугату, кг/с ; R_p – радіус потоку рідини.

N_2 – потужність, що витрачається на подолання тертя при транспортуванні осаду в середині машини:

$$N_2 = N_2' + N_2'' + N_2''', \text{кВт}$$

де N_2' – потужність, що витрачається на подолання складової відцентрових сил, направлених вздовж твірної барабана.

$$N_2' = n^2 \cdot R_{cp} \cdot L \cdot G_{\text{тв}} \left(1 + \frac{b}{100} \right) \cdot \tan \alpha, \text{кВт}$$

де R_{cp} – середній радіус барабана, м; L – довжина барабана центрифуги, м.

N_2'' – потужність, що витрачається на подолання тертя між осадом і стінками барабана:

$$N_2'' = n^2 \cdot R_{cp} \cdot L \cdot G_{\text{тв}} \left(1 + \frac{b}{100} \right) \cdot K_1, \text{кВт}$$

де $K_1 = 0,3 \div 0,8$ – коефіцієнт тертя осаду об стінки.

N_2''' – потужність, що витрачається на подолання тертя між осадом і витками шнека.

$$N_2''' = \pi \cdot n^2 \cdot R_{cp} \cdot K_2 \cdot z \cdot G_{\text{тв}} \left(1 + \frac{b}{100} \right) \cdot (\sin 2\alpha + 2K_1 \cdot \cos^2 \alpha), \text{кВт}$$

де $K_2 = 0,15 \div 0,4$ – коефіцієнт тертя осаду об поверхню витків шнека; z – число витків шнека ($z = 8$).

N_3 – потужність, що витрачається на подолання шкідливих опорів в машині:

$$N_3 = N_3' + N_3'' + N_3''', \text{кВт}$$

де N_3' – потужність, що витрачається на подолання тертя в редукторі:

$$N_3' = (1 - \eta) N_2, \text{кВт}$$

де η – коефіцієнт корисної дії редуктора, $\eta = 0,95 \div 0,98$.

N_3'' – потужність, що витрачається на подолання тертя у цапфах і ущільненнях.

$$N_3'' = 1,29 \cdot 10^{-2} \cdot G_2 \cdot D \cdot n \cdot K_3 \cdot K_4, \text{кВт}$$

де G_2 – маса обертових частин центрифуги з продуктом, кг ($G_2 = 60 \text{ кг}$); D – найбільший діаметр ротора, м; $K_3 = 3 \div 6$ – коефіцієнт, що враховує втрати при холостому ході машини; K_4 – коефіцієнт тертя в цапфах ($K_4 = 0,05 \div 1$).

N_3''' – потужність, що витрачається на подолання тертя барабана об повітря:

$$N_3''' = 1,32 \cdot 10^{-9} \cdot L \cdot D^4 \cdot n^3, \text{кВт}$$

де L – довжина барабана, м; D – діаметр барабана, м; n – частота обертання барабана, хв^{-1} .

Завдання 1. Розрахувати продуктивність підвісної центрифуги та потужність, що витрачається на розгін барабана і надання продукції кінетичної енергії, при таких показниках:

- об'єм барабана – $0,5 + (\text{№ варіанта}/100) \text{ м}^3$;
- коефіцієнт завантаження барабана – $0,45 \dots 0,55$;
- тривалість процесу центрифугування – $12 + (\text{№ варіанта}/5) \text{ хв.}$;
- тривалість допоміжних операцій – 2 хв. ;
- густина суспензії – 1100 кг/м^3 ;
- маса барабана – $500 + (10 \cdot \text{№ варіанта}) \text{ кг.}$;
- частота обертання барабана – $1400 + (10 \cdot \text{№ варіанта}) \text{ об/хв.}$;
- співвідношення висоти барабана до його діаметра $0,75$.

Завдання 2. Визначити продуктивність і потужність двигуна приводу відстійної центрифуги безперервної дії з горизонтально розміщеним ротором при розділенні шквари і жироводяної суміші. Густина завислих часточок становить $1200 + 10 \cdot \text{№ варіанта} \text{ кг/м}^3$, в'язкість продукції – $0,008 \text{ Па}\cdot\text{с}$, густина рідкої фази 980 кг/м^3 , діаметр найменших часток, які будуть відділятися $(40 + \text{№ варіанта}) \text{ мкм}$. Максимальний діаметр ротора 325 мм , співвідношення довжини до діаметра ротора $1,66$. Частота обертання ротора $3400 + 10 \cdot \text{№ варіанта} \text{ об/хв.}$

Контрольні запитання

- 1. Класифікація обладнання для розділення рідких неоднорідних систем.*
- 2. Будова і принцип дії підвісних центрифуг.*
- 3. Будова і принцип дії горизонтальних відстійних центрифуг.*
- 4. Розрахунок підвісних центрифуг.*
- 5. Розрахунок центрифуги ОГШ.*
- 6. На що витрачається потужність при роботі центрифуг?*

7. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНИХ ЗАМОРОЖЕНИХ БЛОКІВ. ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО РОЗРАХУНКУ

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи обладнання для подрібнення м'ясних заморожених блоків; ознайомитись з особливістю його розрахунку.

Теоретичні відомості

Для подрібнення м'яса, сформованого і замороженого у вигляді прямокутних блоків, використовують відповідні машини, які називають машинами для подрібнення заморожених м'ясних блоків або блокорізками. Розміри блоків різноманітні і знаходяться в межах від $0,38 \times 0,19 \times 0,1$ м до $0,75 \times 0,48 \times 0,2$ м. Температура блоків при подрібненні доходить до -25°C . Застосовують блокорізки з різними ріжучими механізмами (рис. 7.1): гільйотинні та ротаційні (ножеві або фрезерні). Гільйотинні блокорізки (рис. 7.1. а) мають плоский пластинчастий ніж 2, що здійснює рубляче різання блоку 4, який спирається на опорну плиту 7 із кутом заточки 90° . Ніж, як правило, приводиться в рух гідроциліндром. Блок 4 подається під ніж штовхачем 5 або переміщується по похилому столу 6 під дією власної ваги. Перед ножем 2 встановлюють поперечні ножі, які поділяють відрізану пластину на більш короткі шматки. Ріжучий механізм для безпеки закритий кожухом 3.

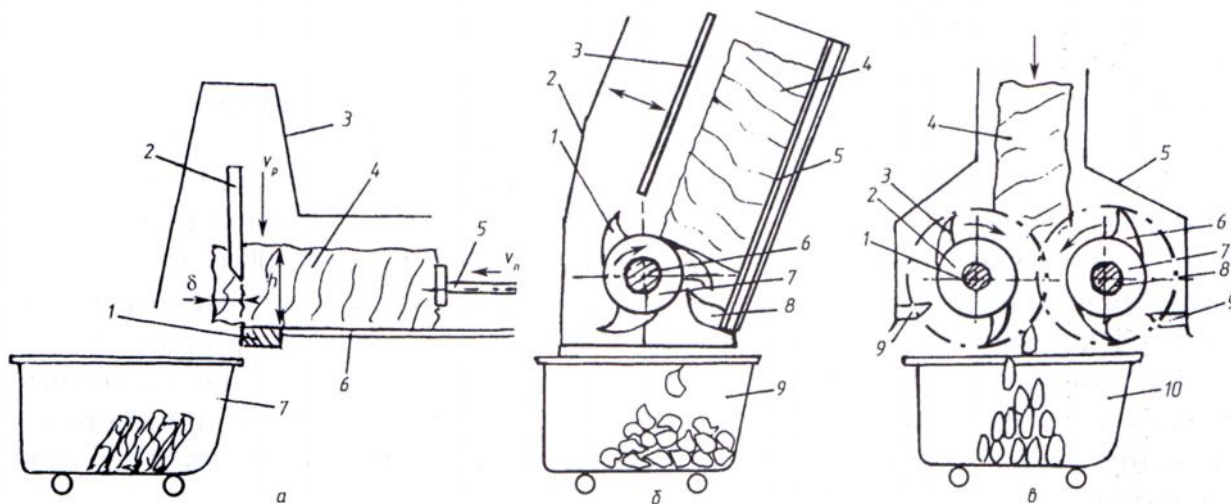


Рис. 7.1. Схеми ріжучих механізмів машин для подрібнення заморожених блоків:

а – з плоским ножом (гільйотина): 1 – опорна плита; 2 – плаский ніж; 3 – захисний кожух; 4 – блок, 5 – штовхач; 6 – стіл; 7 – візок; h – товщина блоку; δ – товщина пластини; v_n – швидкість подачі;

б – з одним фрезерним валом: 1 – зуб фрезерного валу; 2 – захисний кожух; 3 – орієнтуюча пластина; 4 – блок, 5 – спуск; 6 – вал; 7 – диск; 8 – гребінка; 9 – візок;

в – з двома фрезерними валами: 1, 8 – вали, 2, 7 – диски; 3, 6 – зуби фрезерних валів; 4 – блок, 5 – захисний кожух, 9 – гребінка; 10 – візок.

Ротаційна блокорізка з одним фрезерним валом показана на рис. 7.1. б. Фрезерний вал збирають з дисків 7, на яких є два або три зуби-фрези 7. Диски встановлюють на вал 6 так, щоб зуби на сусідніх дисках були зміщені на $35\ldots 45^\circ$ для зменшення сумарного навантаження на двигун. Блоки 5, як показано на рис. 7.1, подаються на фрези під дією власної ваги, зісковзуючи по спуску 5.

Можлива подача блоків по горизонтальному столу штовхача. Для рівномірної подачі і компенсації різної товщини блоків встановлюють орієнтуючу пластину 5, яка обладнана механізмом регулювання зазору. Під валом розміщують гребінку 8, яка очищує фрезерний вал. Відрізані шматки потрапляють до візка 9 або на відповідний транспортер. Ріжучий механізм закритий кожухом 2.

В блокорізці (рис. 7.1. в) встановлені два фрезерних вали 1, 8, які складають з дисків 2, 7. На дисках виготовляють по два ріжучі зуба 3, 6. Зуби дисків заходять між дисками сусідніх валів і зсуваються по довжині вала відносно один одного на кут $35...45^\circ$. Вали обертаються назустріч один одному і зрізають з блоку 4 стружку, що падає у візок 10. Зуби валів очищуються гребінками 9. Весь механізм закритий кожухом 5.

Гільйотинна блокорізка «Унікут» фірми «Магуріт» (рис. 7.2.) має масивну зварну станину 15, на якій зверху зібрані ріжучий, подаючий і завантажувальний механізми. Ріжучий механізм складається з опорної плити 7, пластинчастого ножа 2, закріпленого в рамці 6, яка переміщується гідроциліндром по напрямних 5. Для поперечного розрізання пласта м'яса встановлені поперечні ножі 8. Завантаження блоків проводять підйомником 9, який піднімається гідроциліндром 11. Блоки потрапляють на спуск 4 і під дією власної ваги надходять під ніж. Найбільший можливий розмір блоку для переробки в машині $0,75 \times 0,48 \times 0,2$ м.

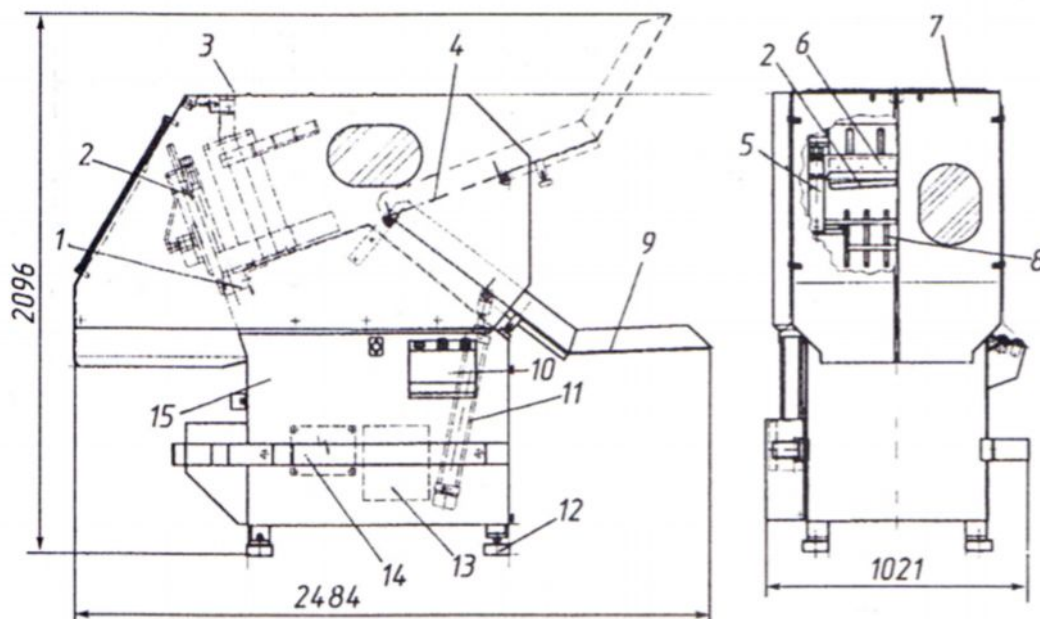


Рис. 7.2. Гільйотинна блокорізка УНІКУТ фірми «Магуріт» (Німеччина):

- 1 – опорна плита; 2 – плаский ніж; 3 – захисний кожух; 4 – спуск;
- 5 – напрямні; 6 – ножова рамка; 7 – дверцята; 8 – поперечні ножі;
- 9 – підйомник; 10 – пульт управління; 11 – пневмоциліндр; 12 – опора;
- 13 – гідростанція; 14 – електрошафа; 15 – станина.

Всередині станини змонтовані гідростанція 13 і електрошафа 14. Керують машиною з пульта 10. Машини типу «Унікут» мають 5 модифікацій, з

довжиною ножа від 0,5 до 0,7 м, при довжині блоку 0,6...1,2 м і товщині 0,2...0,4 м. Блоки розрізають на шматки товщиною 22...72 мм. Продуктивність змінюється від 500 до 10000 кг/год при потужності двигуна електропривода 4...12,2 кВт. Маса машин становить від 500 до 2400 кг. Найбільш потужні машини обладнані подаючим транспортером.

Гільйотинні машини фірми «Ласка» (Австрія) ріжуть заморожені м'ясні блоки з температурою -20°C на шматки товщиною 20...50 мм. Ніж приводиться в рух гідроциліндром. Продуктивність машин 4000...8000 кг/год при потужності привода 4 і 11 кВт.

Блокорізки з одним ротором мають в якості ріжучого органу пустотілий барабан, ножовий вал або фрезерний вал із зубцями.

Подрібнювач заморожених блоків Б9–ФДМ–01 (рис. 7.3) має барабан 6, зварений із листової сталі товщиною 4 мм.

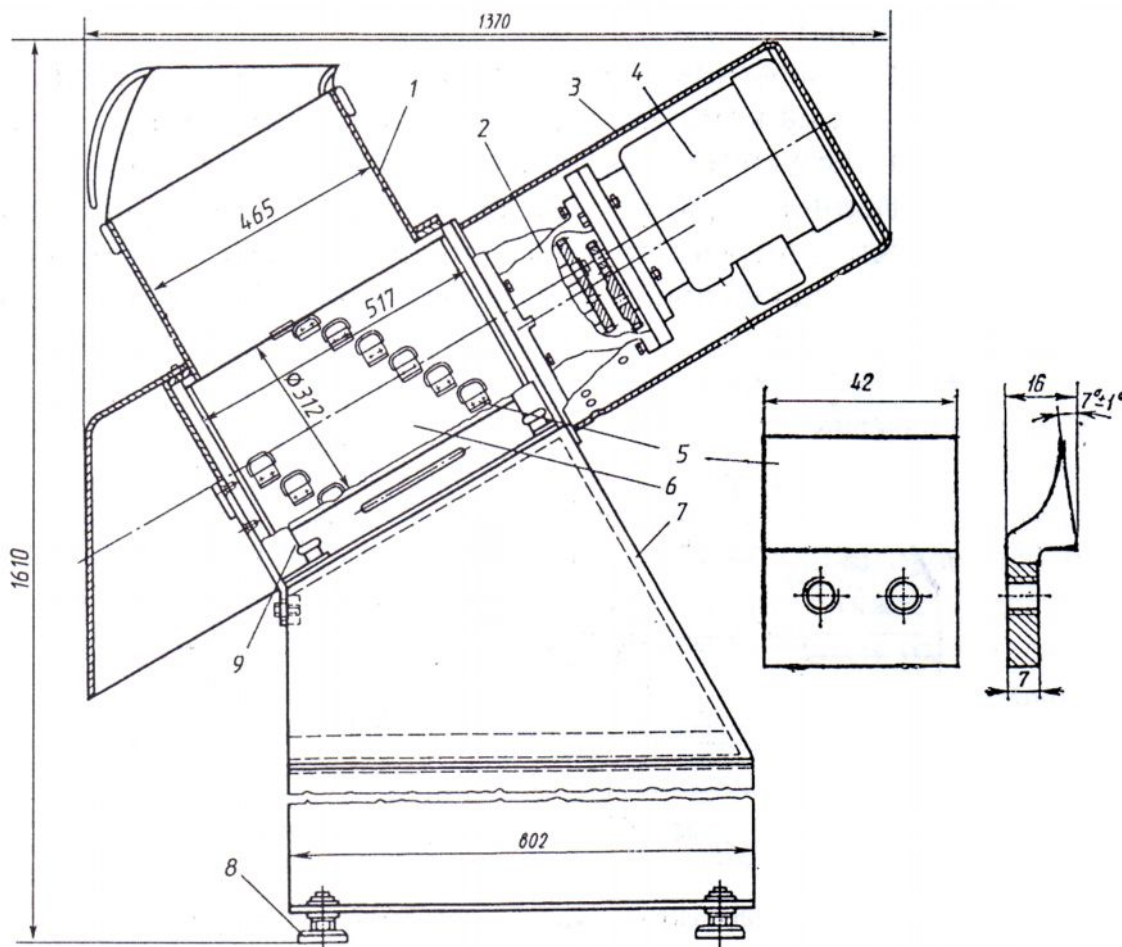


Рис. 7.3. Подрібнювач заморожених блоків Б9–ФДМ–01:

- 1 – завантажувальна горловина; 2 – редуктор; 3 – захисний кожух;
- 4 – електродвигун; 5 – ніж; 6 – барабан; 7 – станина; 8 – опора;
- 9 – корпус барабана.

На барабані в два ряди по спіралі зроблені 24 отвори, над якими закріплені болтами ножі 5. Ріжуча кромка ножа виступає над поверхнею барабана на 6...7 мм. Барабан має з одного боку фланець з маточиною, яка з'єднана з вихідним валом редуктора 2. Барабан встановлений в корпусі на двох

радіально-упорних підшипниках ковзання. Корпус барабана 9 закріплений на зварній станині 7 під кутом 30° до горизонту. Зверху барабан закритий кожухом 3 із завантажувальною горловиною 7. Приводиться в обертання барабан електродвигуном 4 потужністю 5,5 кВт через двоступеневий циліндричний редуктор 2. Частота обертання барабана 3,3 с⁻¹. На машині переробляють блоки розміром $0,38 \times 0,38 \times 0,18$ м з температурою до -20°C . Продуктивність машини становить до 3600 кг/год. Маса машини 420 кг.

Подрібнювач ИБ-4 (рис. 7.4) призначений для подрібнення заморожених продуктових блоків (м'ясних, сирних, шоколадних, вершкового масла) в лініях з виробництва дитячого харчування, м'ясних напівфабрикатів, ковбас і сосисок (без дефростування) з температурою від -18°C до -3°C на шматки масою не більше 200 мм.

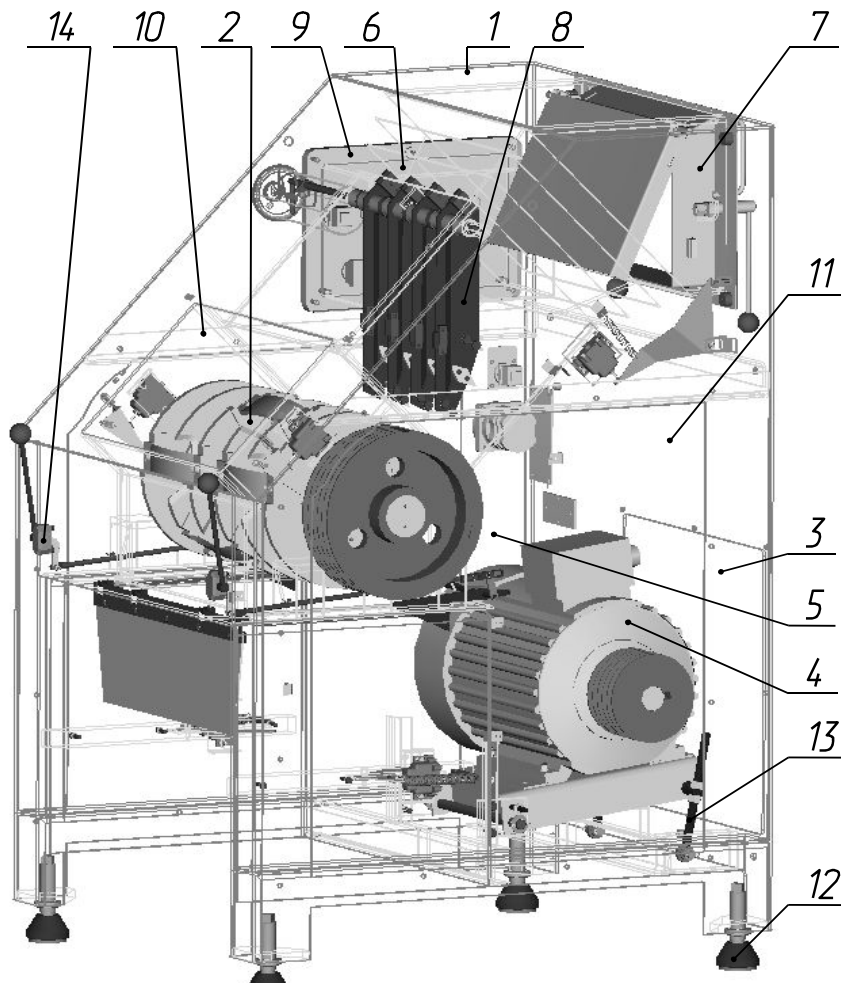


Рис. 7.4. Подрібнювач заморожених продуктових блоків ИБ-4:

1 – корпус; 2 – вал ножовий; 3 – обшивка двигуна; 4 – електродвигун; 5 – пас приводний (5 шт. умовно зняті); 6 – шафа силова; 7 – завантажувальне вікно; 8 – пристрій притискання; 9 – пульт управління; 10 – люк відкидний (умовно знятий); 11 – обшивка (умовно знята); 12 – опора (4 шт.); 13 – болт натяжний (2 шт.); 14 – фіксатор візка.

Подрібнювач складається з корпусу 1, в якому змонтований ножовий вал 2. В середині корпусу встановлений електродвигун 4 приводу ножового валу, який можна регулювати по висоті для підтягування пасів 5 за допомогою

натяжних болтів 13 з гайками. Електродвигун з боку задньої стінки закритий обшивкою 3. Крім електродвигуна, в корпусі розташована силова шафа 6, яка закривається відкидним пультом управління 9. Корпус конструктивно виконаний як єдине ціле з лотком транспортування продуктових блоків, які завантажуються, в зону подрібнення. З боку завантаження блоків лоток за допомогою двох рукояток закривається приймачем 7.

Приймач оснащений заслінкою, яка автоматично закриває завантажувальне вікно, запобігаючи викиду продукту, що подрібнюється. Для запобігання явища «відбивання блоку» ножовим валом при подрібненні в лотку встановлено піджимний пристрій 8. Для зручності обслуговування ножового валу (заміни ножів, їх перезаточування, миття машини) передбачено відкидний люк 10. Люк закривається за допомогою двох рукояток і додатково механічно стопориться від відкриття блокувальним пристроєм, який приводиться в дію за допомогою рукоятки-кнопки, розташованої на правій (по ходу руху продукту) бічній стінці подрібнювача.

У зоні рукоятки-кнопки нанесені піктограми, що пояснюють, в якому положенні рукоятки-кнопки відкидний люк механічно зафіксований від відкриття, а в якому – розблокований. Праворуч і ліворуч корпус закритий обшивками 11. Для регулювання машини по висоті і для стійкого положення в конструкції корпусу виконані чотири регульовані опори 12. Щоб під час роботи подрібнювача запобігти мимовільному відкочуванню візка, в конструкції передбачений фіксатор відкочування візка 14.

На рис. 7.5 наведено схему ножового валу подрібнювача заморожених блоків ИБ–4.

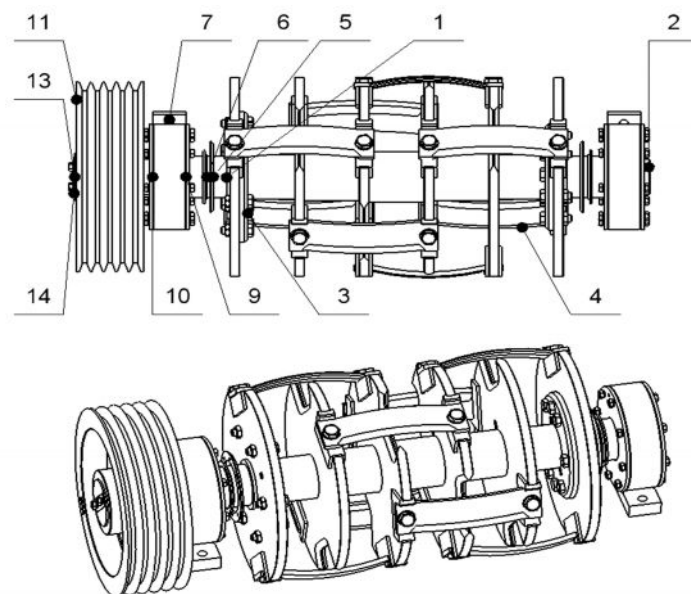


Рис. 7.5. Ножовий вал подрібнювача заморожених блоків ИБ–4:
1 – напіввал ведучий; 2 – напіввал ведений; 3 – ротор; 4 – ніж (8 шт.);
5 – кришка кільця ущільнення валу; 6 – кільце ущільнення валів; 7 – корпус підшипника; 8 – підшипник; 9 – манжета велика; 10 – манжета мала; 11 – шків ведений; 12 – маховик; 13 – шайба стопорна; 14 – планка стопорна.

Ножовий вал конструктивно складається з ротора 3, напіввала ведучого 1 і напіввала веденого 2 з привареними до них дисками, які служать для кріплення ножів 4 і запобігання зтягування блоку при різанні, корпусів підшипників 7, з встановленими в них дворядними сферичними кульковими підшипниками 8, шківів 11 і маховика 12. Підшипники закриті в корпусах манжетами 9 і 10, кришками корпусів. Для запобігання потрапляння в підшипникові вузли продукту, що подрібнюється, та води (в процесі миття машини) на ножовому валу передбачені кільця ущільнення валу 6, що кріпляться до корпусу 1 подрібнювача (див. рис. 7.4) кришками кілець 5 болтами. Передача крутного моменту від електродвигуна на ножовий вал здійснюється п'ятьма клиновими пасами 5.

Основні розрахунки

Продуктивність гільйотинної машини становить

$$M = \frac{G_{\delta}}{\tau_{\text{ц}}},$$

де G_{δ} – маса блока, кг; $\tau_{\text{ц}}$ – тривалість циклу переробки, с.

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_p + \tau_n + \tau_{\text{нз}},$$

де τ_p – тривалість різання, с; τ_n – тривалість подачі блоку, с; $\tau_{\text{нз}}$ – тривалість підготовчо-заключних операцій, с.

Тривалість різання

$$\tau_p = 2 \cdot h_{\delta} \frac{z}{v_p} = \frac{2 \cdot h_{\delta}}{v_p} \cdot \left(\frac{l}{h} - 1 \right)$$

де h_{δ} – товщина блоку, м; z – число зрізів на блоці; v_p – швидкість ножа, м/с; l – довжина блоку, м; h – товщина відрізаної пластини, м.

Тривалість подачі блоку до ножа

$$\tau_n = \frac{l}{v_n},$$

де v_n – середня швидкість подачі, м/с.

Тривалість підготовчо-заключних операцій включає в себе зворотній хід штовхача і завантаження блоку.

Маса блоку

$$G_{\delta} = V_{\delta} \cdot \rho_m = l \cdot b \cdot h \cdot \rho_m$$

де b – ширина блоку, м; ρ_m – густина замороженого м'яса, кг/м³.

Сила різання ножем:

$$P = p_n \cdot L,$$

де p_n – сила різання приведена до одиниці довжини ножа, Н/м; L – довжина різання, м.

Приведена сила різання заморожених блоків в залежності від температури становить 20...50 кН/м. Довжина різання відповідає ширині блока. В залежності від сили різання і швидкості ножа визначаються основні

параметри гідроприводу: розміри гідроциліндра, витрату робочої рідини, потужність двигуна приводу.

Продуктивність фрезерних (барабанних) машин, кг/с:

$$M = \varphi \cdot V_1 \cdot \rho_m \cdot z \cdot z_e \cdot n,$$

де φ – коефіцієнт завантаження, $\varphi=0,7 \dots 0,8$; V_1 – об'єм продукту, що зрізається одним ножом або зубом за один оберт вала, м^3 ; ρ_m – густина продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$; z – кількість ножів або зубів на барабані; z_e – кількість валів; n – частота обертання валу, с^{-1} .

Для ножових подрібнювачів заморожених блоків типу Б9-ФДМ-01 об'єм продукту, що зрізається одним ножом буде становити

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot \beta}{360} \cdot \delta \cdot l_n,$$

де D – діаметр барабана, м; β – центральний кут, на якому здійснюється різання, град.; δ – величина виступу ножа над поверхнею барабана, м; l_n – довжина ріжучої кромки ножа, м.

Потужність електродвигуна приводу фрезерної (барабанної) машини

$$N = \frac{(N_p + N_n) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}$$

де N_p – необхідна потужність на різання замороженого блоку, Вт; N_n – необхідна потужність на подавання блоку, Вт.

Завдання 1. Визначити продуктивність і силу різання гільйотинної машини для подрібнення заморожених м'ясних блоків «Унікут» при умові, що на машині подрібнюється найбільший можливий за розмірами блок на шматки товщиною $22+10N_{\text{варіанта}}$ мм.

Завдання 2. Визначити продуктивність і потужність електродвигуна приводу барабанної машини для подрібнення заморожених м'ясних блоків ИБ-4, якщо маса подрібнених шматків складає 0,2 кг, частота обертання ножового валу (барабана) становить $1200+10 \cdot N_{\text{варіанта}}$, об/хв.

Контрольні запитання

1. Основні типи машин для подрібнення заморожених м'ясних блоків.
2. Які види ножів використовуються в машинах для подрібнення заморожених м'ясних блоків.
3. Особливості будови і принципу роботи барабанних машин.
4. Як визначити продуктивність гільйотинної машини?
5. Потужність електродвигуна приводу барабанної машини.

8. ТИПИ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ І НАДАННЯ ЇМ ЗАДАНОЇ ФОРМИ, РОЗРАХУНОК ЇХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Мета заняття – ознайомитися з різними типами машин для подрібнення м'ясопродуктів і надання їм заданої форми, вивчити їх будову і принцип роботи, провести розрахунок їх основних параметрів.

Теоретичні відомості

При виробництві цілого ряду ковбасних і кулінарних виробів використовують шпик і м'ясо, нарізані на шматочки визначеної форми і розмірів (кубики, брусочки тощо). З цією метою використовують машини для нарізання шпику (шпигорізки) і машини для різання м'яса.

Шпигорізки складаються з механізмів різання, подачі, завантаження, привода. Специфічною особливістю шпигорізок є багатоступінчастий ріжучий механізм (рис. 8.1). Він має два ряди ножових рамок 5, 7 з пластинчастими ножами 6, 8. Ножі 6 першої рамки розрізають шпик на пластини, ножі 8 другої рамки – на смужки, поперечний переріз яких – квадрат, довжина сторін якого дорівнює відстані між ножами. Ножі закріплюються в рамці з попереднім натягом, який дозволяє використовувати ножі малої товщини. Відстань між ножами визначають в залежності від потрібних розмірів кінцевих кубиків продукції і встановлюють рівною 4, 6, 8, 12 мм.

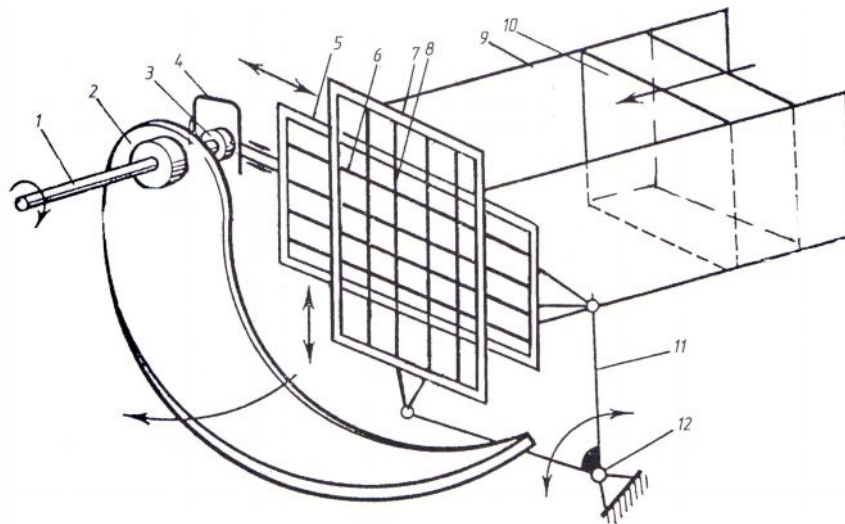


Рис. 8.1. Схема ріжучого і подаючого механізмів шпигорізки:
1 – привідний вал; 2 – серповидний ніж; 3 – ексцентрик; 4 – вилка;
5, 7 – ножові рамки; 6, 8 – пластинчасті ножі; 9 – короб; 10 – поршень-штовхач; 11 – кутовий важіль; 12 – вісь

Для відрізання кубиків відповідної довжини використовують серповидні ножі 2 із зовнішньою або внутрішньою ріжучою кромкою. Ніж закріплюється на валу 1, де встановлюється також ексцентрик 3 приводу ножових рамок. Ексцентрик обертається у вилці 4, яка пов'язана тягою з першою рамкою 5 і

приводить її в коливальний рух. Обидві рамки пов'язані між собою двоплечовим кутовим важелем 11, який повертається на осі 12. Через важіль коливання від першої рамки 5 передаються на другу 7.

Продукція для подрібнення розміщується в коробі 9 і поршнем-штовхачем 10 подається до ріжучого механізму. Короба розміщують горизонтально або вертикально, і відповідно шпигорізки поділяються на горизонтальні та вертикальні. В першому випадку серповидний ніж обертається у вертикальній площині, в другому – в горизонтальній. Ріжучий механізм приводиться в рух від електромеханічного приводу, подаючий – від механічного або гідравлічного. При використанні поршневої подачі шпигорізки працюють в періодичному режимі. Для безперервної роботи використовують шнековий подаючий механізм.

Вертикальна шпигорізка ФШГ (рис. 8.2) має механічний привід ріжучого механізму і гідравлічний – подаючого. Вона складається з чавунної литої станини (нижньої 1 і верхньої 5).

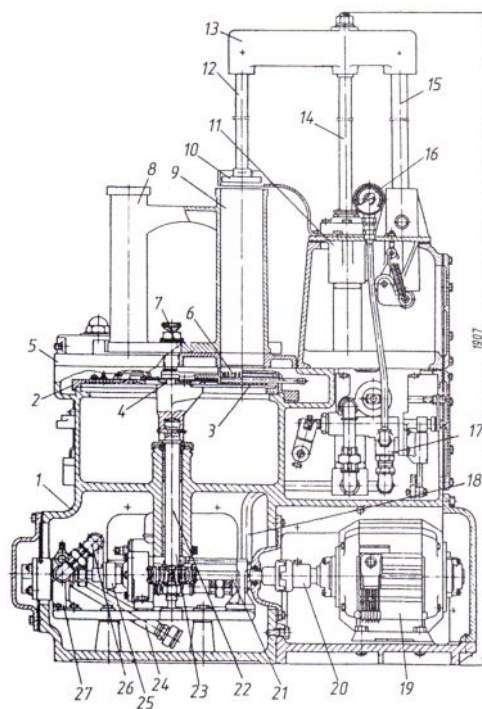


Рис. 8.2. Вертикальна шпигорізка ФШГ:

1 – нижня частина корпусу; 2 – стіл; 3 – відрізний серповидний ніж; 4 – ексцентриковий палець; 5 – верхня частина корпусу; 6 – ножові рамки; 7 – вісь; 8, 9 – короби в позиції завантаження і подачі; 10 – поршень; 11 – гідроциліндр; 12 – шток; 13 – траверса; 14 – шток гідроциліндра; 15 – направляючий стрижень; 16 – манометр; 17 – золотник; 18, 26 – нагнітальні трубопроводи; 19 – електродвигун; 20, 25 – муфти; 21 – вал; 22 – вертикальний вал; 23 – черв'ячна передача; 24 – всмоктуючий трубопровід; 27 – шестеренчастий насос

В нижній частині розміщено привідний механізм, у верхній – подаючий. Ріжучий механізм має дві ножові рамки 6. Верхня рамка приводиться в рух від

ексцентрикового пальця 4, а нижня – від кутового важеля, який встановлений на круглому столі 2. Відрізний серповидний ніж 3 має внутрішню ріжучу кромку.

Приводиться в дію ріжучий механізм від електродвигуна 19, який з'єднаний муфтою 20 з валом 21 і черв'яком черв'ячної передачі 23. Черв'ячне колесо встановлено на вертикальному валу 22, на якому закріплено серповидний ніж і ексцентриковий палець.

Для завантаження і подачі продукції використовуються два короба 8 і 9, з'єднані знизу і зверху і встановлені на осі 7. Короби по черзі вручну встановлюють в позицію подачі 9 і завантаження 8. Завантаження пластими шпику здійснюють вручну. Пласти подаються поршнем 10, шток 12 якого з'єднаний з траверсою 13. Гідроциліндр 11 привода подаючого механізму встановлений паралельно з коробами, що виключає попадання мастила в продукт. Шток 14 гідроциліндра також приєднаний до траверси. Для уникнення перекосів поршня в коробі до другого плеча траверси прикріплено направляючий стержень 15.

В гідроциліндр мастило нагнітається через трубопроводи 18 і 26 шестеренчастим насосом 27, який з'єднаний з валом 21 муфтою 25. Регулювання витрати і тиску мастила здійснюють золотником 17 і контролюють по манометру 16.

Короби мають розміри перерізу 112×112 мм, довжину 440 мм. Хід поршня 517 мм, ножових рамок – 40 мм. На шпигорізці нарізають кубики зі сторонами 4, 6, 8, 12 мм, при цьому її продуктивність змінюється в межах від 250 до 1000 кг/год. Потужність привода 4 кВт, маса машини 810 кг.

Горизонтальна шпигорізка ГГШМ–1 (рис. 8.3) має механічний привод ріжучого механізму і гідравлічний – подаючого. Ріжучий механізм складається з двох ножових рамок 4 і відрізного серповидного ножа 3 із зовнішньою ріжучою кромкою. Приводиться в рух ріжучий механізм від електродвигуна 10 потужністю 1,7 кВт. На валу електродвигуна встановлена шестерня 11, а на проміжному валу – зубчасте колесо 14. На проміжному валу встановлена і ведуча зірочка ланцюгової передачі 15. Ведена зірочка закріплена на ножовому валу 16, на якому закріплений серповидний ніж 3 і ексцентрик привода ножових рамок. Частота обертання серповидного ножа 40 с^{-1} , хід ножових рамок 42 мм.

Подаючий механізм складається з двох коробів 5, які по черзі завантажуються і подаються під подачу. Подача здійснюється поршнем 6, який зв'язаний з штоком 7 поршня 9 гідроциліндра 8. Мастило в циліндр поступає від шестеренчастого насоса 13, з'єднаного муфтою 12 з валом електродвигуна.

Короби вручну переміщують з однієї зони в іншу. Всі механізми змонтовані на чавунній станині 1. Ріжучий механізм закритий кожухом 2. Максимальна продуктивність шпигорізки становить 600 кг/год.

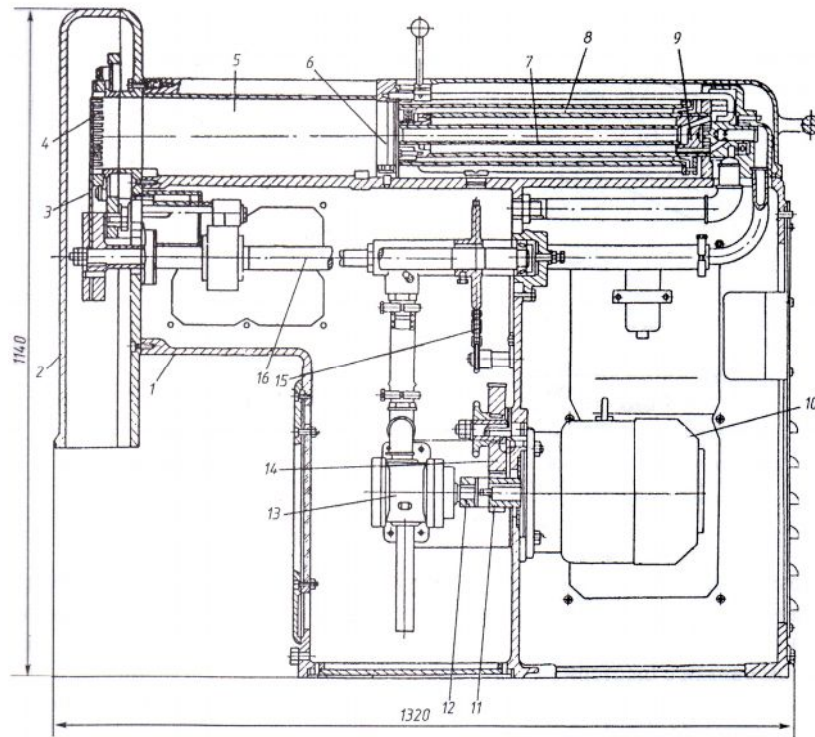


Рис. 8.3. Горизонтальна шпигорізка ГГШМ-1:

1 – станина; 2 – кожух; 3 – серповидний ніж; 4 – ножові рамки; 5 – короб; 6 – поршень короба; 7 – шток; 8 – гідроциліндр; 9 – поршень гідроциліндра; 10 – електродвигун; 11 – шестерня; 12 – муфта; 13 – масляний насос; 14 – зубчасте колесо; 15 – ланцюгова передача; 16 – ножовий вал.

Машини з поршневою подачею діють періодично і тому мають невелику продуктивність. В той же час перевагою такої подачі є відсутність небажаного впливу на шпик, що дозволяє отримати кубики з рівною поверхнею зрізу. Для збільшення продуктивності і забезпечення безперервного циклу роботи машини використовують шнековий подаючий механізм.

Розрахунок шпигорізки

Реальна продуктивність шпигорізки становить:

$$M = \frac{M_o}{1 + \varphi_o},$$

де M_o – теоретична продуктивність шпигорізки, кг/с; φ_o – коефіцієнт, що враховує витрати часу на допоміжні операції ($\varphi_o = 0,4 - 0,6$).

Швидкість подачі шпика вздовж короба:

$$v = c n_c,$$

де c – подача шпику штовхачем за один оберт серповидного ножа, м; n_c – частота обертання серповидного ножа, 1/с.

Теоретична продуктивність шпигорізки визначається за формулою:

$$M_o = abv\rho\varphi,$$

де a, b – розміри перерізу короба, м; ρ – густина шпику, кг/м^3 ($\rho = 960 \text{ кг/м}^3$); φ – коефіцієнт, що враховує щільність укладання шпику в коробі ($\varphi = 0,8$).

З формули продуктивності можна визначити параметри перерізу короба (при умові, що $a = b$).

Потужність двигуна приводу шпигорізки (кВт) визначається за наступною формулою:

$$N = \frac{A \psi b z n_c (2c z_o + b) \eta_a}{1000 \cdot \eta_1 \eta_2},$$

де A – питомі витрати енергії на перерізування шпику, Дж/м^2 ($A = 15\text{--}18 \text{ кДж/м}^2$); ψ – коефіцієнт використання максимальної продуктивності; b – розмір перерізу короба, м; c – подача шпику на один оберт серповидного ножа, м; z – кількість серповидних ножів; z_o – кількість ножів в рамці; η_a – коефіцієнт запасу потужності ($\eta_a = 1,25$); η_1 – коефіцієнт витрати потужності двигуна ($\eta_1 = 0,95$); η_2 – коефіцієнт корисної дії приводу ($\eta_2 = 0,85$).

Завдання. Провести розрахунок (визначити реальну продуктивність, геометричні параметри короба і потужність двигуна приводу) шпигорізки з теоретичною продуктивністю 900 кг/год і 1200 кг/год , при різанні шпику на кубики відповідно розміром 6 мм і 12 мм, якщо частота обертання серповидного ножа становить: $n_c = 220 + \text{№варіанта}$, об/хв .

Контрольні запитання

1. Типи машин для подрібнення м'ясопродуктів і надання їм заданої форми.
2. Будова і принцип роботи вертикальної шпигорізальної машини.
3. Будова і принцип роботи горизонтальної шпигорізальної машини.
4. Особливості конструкції шпигорізальних машин безперервної дії.
5. Розрахунок шпигорізальних машин.

9. КОНСТРУКЦІЇ ШПРИЦІВ З ПОРШНЕВИМ НАГНІТАННЯМ ФАРШУ (МЕХАНІЧНІ, ПНЕВМАТИЧНІ, ГІДРАВЛІЧНІ), ЇХ РОЗРАХУНОК

Мета заняття – ознайомитися з будовою і принципом роботи поршневих шприців, виконати розрахунок продуктивності і потужності двигуна приводу.

Теоретичні відомості

Шприци з поршневим нагнітанням (поршневі шприци) є універсальними машинами періодичної дії. Вони можуть працювати з фаршами різної

консистенції: від найбільш текучих – для сосисок, до найбільш в'язких – для сирокочених ковбас. В поршневих шприцах фарш найбільш повно зберігає свої початкові фізичні властивості, так як він піддається рівномірному об'ємному стисканню (нормальні напруження) і не зазнає дотичних напружень і напружень зсуву. Завдяки цьому зберігається і просторовий розподіл включень в фарші кубиків шпику, м'яса.

Серед недоліків поршневих шприців необхідно відмітити періодичну роботу, що включає періоди шприцювання і завантаження, причому тривалість цих періодів може бути рівною або близькою за значенням.

Поршневі шприци випускають з робочим об'ємом циліндра 3, 5, 6, 12, 13, 15, 25, 30, 40, 50, 60, 70 літрів. Тиск, який створюється шприцами, становить від 1,4 до 2,5 МПа. Шприци оснащують ручним, електромеханічним, гідравлічним і пневматичним приводом. Ручні приводи використовують в шприцах з об'ємом до 12 літрів, які призначені для підприємств громадського харчування. Електромеханічний привод складається з електродвигуна, редуктора і рейкової або гвинтової передачі. Такі шприци мають багато деталей, які швидко зношуються, потребують ретельного обслуговування, в них важко забезпечити плавність регулювання швидкості шприцювання і тиску, тому останнім часом їх не випускають. Шприци з пневматичним приводом досить прості, оскільки складаються з фаршевого циліндра і поршня, під який подається стиснене повітря. Тому вони потребують для своєї роботи наявності центральної або індивідуальної компресорної станції. Враховуючи, що тиск повітря повинен відповідати тиску шприцювання, шприци з пневматичним приводом можуть працювати лише на рідких фаршах, а також у них дуже низький ККД (до 0,2), що нижче, ніж у всіх інших видів шприців, тому вони не набули широкого застосування.

Найбільш широко використовуються шприци з гідравлічним приводом, у яких фаршевий поршень пов'язаний штоком з гідравлічним поршнем. Цей тип приводу забезпечує безступінчасте регулювання тиску і витрати фаршу. Поршневі шприци з гідравлічним приводом випускають з об'ємом циліндра від 12 до 70 л. В залежності від об'єму циліндра змінюється і потужність привода від 0,75 до 3 кВт. Випускаються шприці-наповнювачі, шприци з функцією дозування і шприци з функцією дозування і переключування оболонки.

Поршковий шприц з гідроприводом KF-50 фірми «Fatos» (Іспанія) складається (рис. 9.1) з корпусу 1, в якому розміщені гідравлічний циліндр і гідравлічна насосна станція.

На станині закріплено фаршевий циліндр 3, виготовлений з нержавіючої сталі. Він закривається плоскою кришкою 7, яка в період шприцювання притискається гайкою 8. При завантаженні циліндру кришка відводиться в сторону на осі. На кришці виконано виступ 6 з внутрішньою порожниною, через яку витискається фарш. До передньої циліндричної частини виступу, на якій нарізана різьба, з допомогою накидної гайки 5 кріпиться цівка 4. Фаршевий поршень штоком з'єднаний з поршнем гідроциліндра. Об'єм фаршевого циліндра становить 50 л.

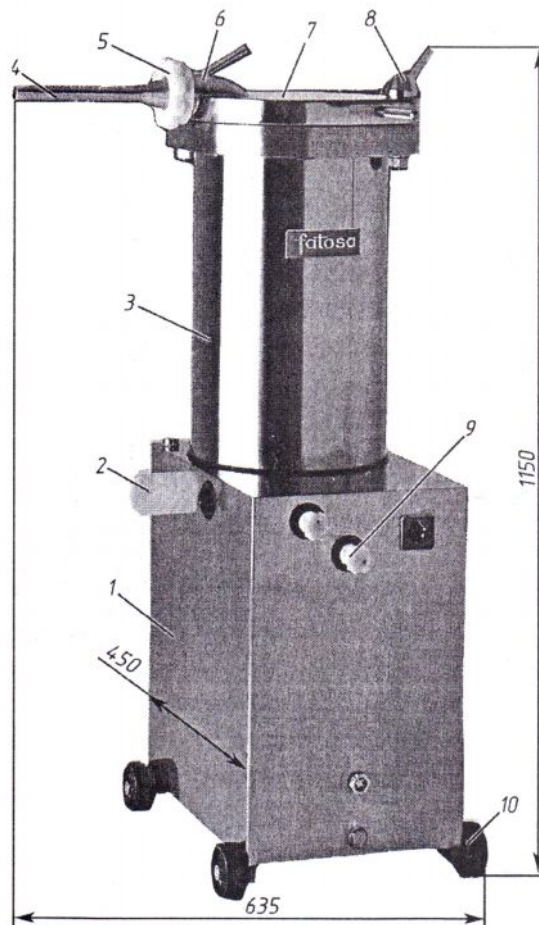


Рис. 9.1. Поршневий шприц з гідравлічним приводом KF-50 фірми «Fatosá»:
 1 – корпус; 2 – важіль управління; 3 – фаршевий циліндр; 4 – цівка;
 5 – накидна гайка; 6 – виступ; 7 – кришка циліндра; 8 – гайка; 9 –
 регулювальний вентиль; 10 – ходові колеса.

Після завантаження фаршу в циліндр і закриття кришки на цівку надівають ковбасну оболонку, яка закрита з однієї сторони, і, притримуючи її рукою, натискають коліном на важіль 2. При цьому вмикається подача мастила в підпоршневий простір гідроциліндра, і фарш витискається через цівку в оболонку. Після наповнення оболонки звільняють важіль, вимикається подача мастила і шприц зупиняється.

Потужність електродвигуна приводу 1,5 кВт, маса шприца 292 кг.

Принципова схема поршневого шприца з гідравлічним приводом наведена на рис 9.2.

Розрахунок поршневого шприца полягає у визначенні геометричних параметрів фаршевого циліндра, продуктивності шприца і потужності двигуна приводу.

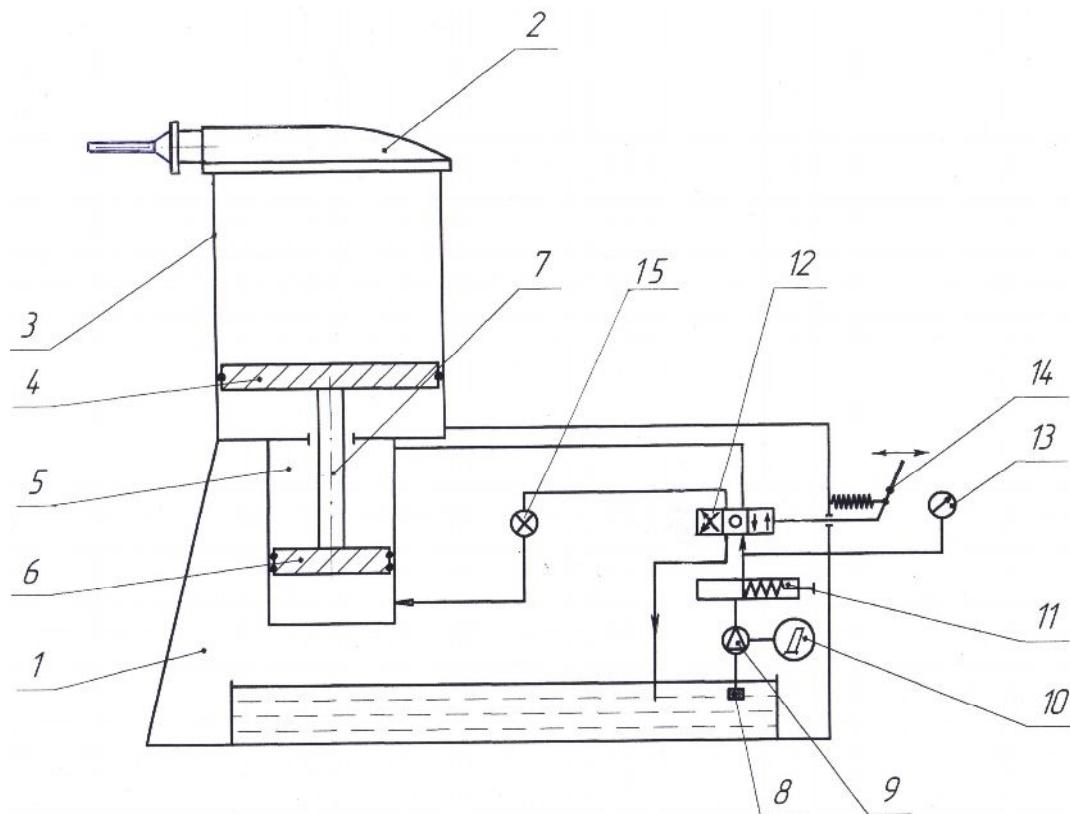


Рис. 9.2. Принципова схема поршневого шприца з гідравлічним приводом:

1 – корпус; 2 – кришка фаршевого циліндра; 3 – фаршевий циліндр; 4 – поршень фаршевого циліндра; 5 – силовий циліндр; 6 – поршень силового циліндра; 7 – шток; 8 – масляний фільтр; 9 – шестеренчастий масляний насос; 10 – електродвигун; 11 – редукційний клапан; 12 – золотниковий пристрій; 13 – манометр; 14 – важіль управління; 15 – запобіжний клапан.

Визначимо тиск, який створюється поршневим шприцом, Н/см²:

$$p_o = \beta(K_1 + K_o \ln v) \ln \left(\frac{D}{d} \right)^2,$$

де β – коефіцієнт, який залежить від форми кришки (для конічної кришки $\beta=0,8-0,85$; для плоскої кришки $\beta=1$); v – швидкість витікання фаршу через цівку, м/с ($v=1,5-2,5$ м/с); K_1 – опір течії фаршу в трубці при $v=1$ м/с, Н/см² (для сосисок і сардельок $K_1=4,55$ Н/см², для напівкопчених і копчених ковбас $K_1=17,2$ Н/см², для варених ковбас $K_1=9,76$ Н/см²); K_o – приріст тиску при збільшенні швидкості руху фаршу в $e=2,718$ разів, Н/см² (для сосисок і сардельок $K_o=3,43$ Н/см², для напівкопчених і копчених ковбас $K_o=3,80$ Н/см², для варених ковбас $K_o=3,25$ Н/см²); D – діаметр фаршевого циліндра, см; d – діаметр цівки, см (для сосисок і сардельок $d=12-18$ мм, для напівкопчених ковбас $d=22-30$ мм, для варених ковбас $d=40-60$ мм).

Продуктивність поршневого шприца визначається за формулою:

$$M = 3600G/\tau, \text{ кг/год}$$

де G – маса одноразового завантаження фаршу в циліндр шприца, кг; τ – тривалість циклу шприцювання, с.

Тривалість циклу шприцювання включає в себе безпосередньо шприцювання і підготовчо-заключні операції:

τ_1 – тривалість відкривання кришки, с ($\tau_1=10-20$ с);

τ_2 – тривалість опускання поршня, с ($\tau_2=15-20$ с);

τ_3 – тривалість завантаження фаршу, с ($\tau_3=20-60$ с);

τ_4 – тривалість закривання кришки, с ($\tau_4=10-20$ с);

τ_5 – тривалість надівання оболонки, с ($\tau_5=10$ с);

τ_6 – тривалість шприцювання, с;

τ_7 – тривалість допоміжних операцій, с ($\tau_7=10-20$ с).

Тривалість шприцювання залежить від об'єму циліндра, швидкості витікання фаршу і діаметру цівки:

$$\tau_6 = V / zfv,$$

де z – кількість цівок, шт.; f – площа поперечного перерізу отвору цівки, м^2 .

Потужність двигуна приводу:

$$N = \frac{p_o F v_n \eta_a}{1000 \eta} = \frac{p_o M_o \eta_a}{1000 \eta},$$

де F – площа поперечного перерізу циліндра, м^2 ; v_n – швидкість руху поршня, м/с; M_o – секундна об'ємна продуктивність при безперервному наповненні, $\text{м}^3/\text{с}$; η_a – коефіцієнт запасу потужності, $\eta_a=1,2-1,3$; η – коефіцієнт корисної дії $\eta=0,3-0,4$.

Завдання. Розрахувати геометричні параметри фаршевого циліндра поршневого шприца, продуктивність шприца і потужність двигуна приводу за вихідними даними, наведеними в табл. 9.1. Співвідношення висоти фаршевого циліндра до його діаметра $H/D=1,8-2,2$.

Таблиця 9.1.

Вихідні дані для розрахунку поршневого шприца

Параметр	Варіант від 1 до 10	Варіант від 11 до 20	Варіант від 20 до 30
Об'єм циліндра V , л	№ варіанта $\cdot 10$	(№ варіанта – 10) $\cdot 10$	(№ варіанта – 20) $\cdot 10$
Діаметр цівки, мм	10+№ варіанта	10+№ варіанта	20+№ варіанта
Вид ковбасних виробів	Сосиски, сардельки	Напівкопчені ковбаси	Варені ковбаси

Контрольні запитання

1. Класифікація поршневих шприців.
2. Будова і принцип роботи поршневого шприца з гідравлічним приводом.
3. Технологічний розрахунок (визначення продуктивності).
4. Визначення величини тиску, що створюється поршневим шприцом.
5. Енергетичний розрахунок поршневого шприца.

10. СПЕЦИФІКА ВИКОРИСТАННЯ ШПРИЦІВ ЗІ ШНЕКОВИМ, ЕКСЦЕНТРИКО-ЛОПАТЕВИМ І ШЕСТЕРЕНЧАСТИМ ВИТИСКУВАЧАМИ, ЇХ РОЗРАХУНОК

Мета заняття – вивчити будову і принцип роботи шприців зі шнековим, ексцентрико-лопатеvim і шестеренчастим витискувачами, ознайомитися зі специфікою їх використання, провести розрахунок їх основних параметрів.

Теоретичні відомості

Шприци – це пристрої, які призначені для примусового наповнення фаршем ковбасних оболонок.

Основними вимогами до шприців є: збереження вихідних властивостей та структури фаршу (відсутність перетирання фаршу і розшарування його компонентів); унеможливлення потрапляння у фарш повітря та інших механічних домішок; забезпечення осьового тиску, який необхідний для шприцювання (наповнення оболонок); забезпечення мінімального шляху для проходження фаршу від місця завантаження в шприци до місця вивантаження; можливість швидкого збирання та розбирання деталей та вузлів шприца; можливість очищення та промивання всіх робочих органів і деталей, які контактують з фаршем; можливість регулювання швидкості витискання фаршу; висока продуктивність.

За принципом роботи і, відповідно, за видом витискувача шприци поділяються на: ексцентрико-лопатеві (роторні); шнекові, гвинтові, спіральні; шестеренчасті (із зовнішнім і внутрішнім зачепленням), поршневі (гідравлічні, механічні, пневматичні).

Всі шприци, за винятком поршневих, є машинами безперервної дії і складаються з таких основних частин: корпус (станина, рама); приймальний бункер, витискувач; пристрій для відведення фаршу, привод та механізми, які забезпечують роботу витискувача, система вакуумування; система управління. Також шприци можуть комплектуватися пристроями для підтримування і перекручування оболонки, механізмом надівання оболонки.

Ззовні шприци з ексцентрико-лопатеvim, шнековим і шестеренчастими витискувачами мають подібний зовнішній вигляд (рис. 10.1) і складаються з аналогічних вузлів та деталей.

Шприци з ексцентрико-лопатеvim витискувачем

Останнім часом найбільш широко застосовуються шприци з ексцентрико-лопатеvim витискувачем (роторні). Вони створюють в продукті нормальні, об'ємні напруження, які не впливають на фізичні властивості фаршу і не викликають перерозподіл його компонентів. Їх конструкція дозволяє працювати з самими різними видами фаршів. Ексцентрико-лопатеvim витискувач (рис. 10.2) складається з циліндричного ротора 2, в якому зроблені радіальні пазы для лопаток 3. Лопатки ковзають по внутрішній поверхні корпуса (статора) 1, в якому ротор встановлений ексцентрично.



Рис. 10.1. Шприц DP-15C фірми Vemag:

1 – корпус; 2 – педаль; 3 – важіль; 4 – цівка; 5 – підтримуючий пристрій; 6 – перекручуючий пристрій; 7 – корпус витискувача; 8 – фаршезбірник; 9 – дзеркало; 10 – бункер; 11 – корпус привода подаючої спіралі; 12 – пульт управління; 13 – вакуумметр; 14 – підйомник; 15 – візок; 16 – опора; 17 – відкидна площадка.

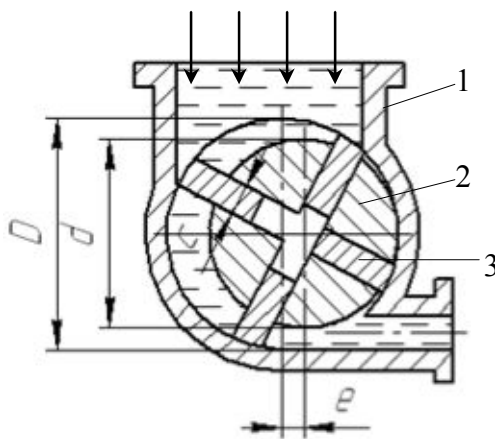


Рис.10.2. Ексцентрико-лопатевий витискувач:

1 – статор; 2 – ротор; 3 – лопатки.

Це загальний принцип конструкцій, а будову витискувачі мають найрізноманітнішу. Так, як правило, вісь обертання ротора є вертикальною (рис. 10.3), а лопатки можуть переміщуватися по розміщеному в центрі кулачку. При переміщенні фаршу лопатками, він проходить декілька зон: завантаження, стискання і вивантаження. Також в процесі переміщення фаршу відбувається його вакуумування.

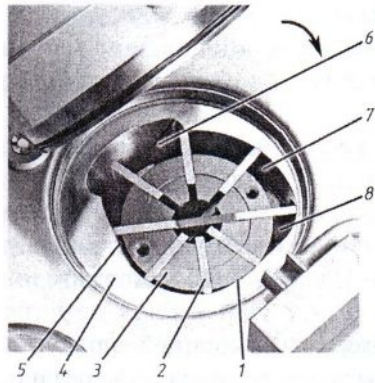


Рис. 10.3. Ексцентрико-лопатевий витискач шприца фірми Vemag (вигляд зверху): 1 – зона дотикання, 2 – лопать, 3 – ротор; 4 – корпус (статор), 5 – зона вакуумування, 6 – зона завантаження, 7 – зона стискання, 8 – зона вивантаження

На рис. 10.4 наведено принципову схему шприца з ексцентрико-лопатевим витискувачем і пристроєм перекручування оболонки. На корпусі машини 14 закріплено корпус 10 витискувача, в якому встановлено ексцентрично ротор 13 і лопатки 12. Лопатки переміщуються по поверхні нерухомого кулачка 11. Фарш у витискувач поступає через горловину з бункера 9, в якому обертається подаюча спіраль 8, що забезпечує рівномірність подачі продукту. Спіраль пов'язана з зубчастим вінцем 9, що приводиться в рух через відповідну шестерню від привода витискувача.

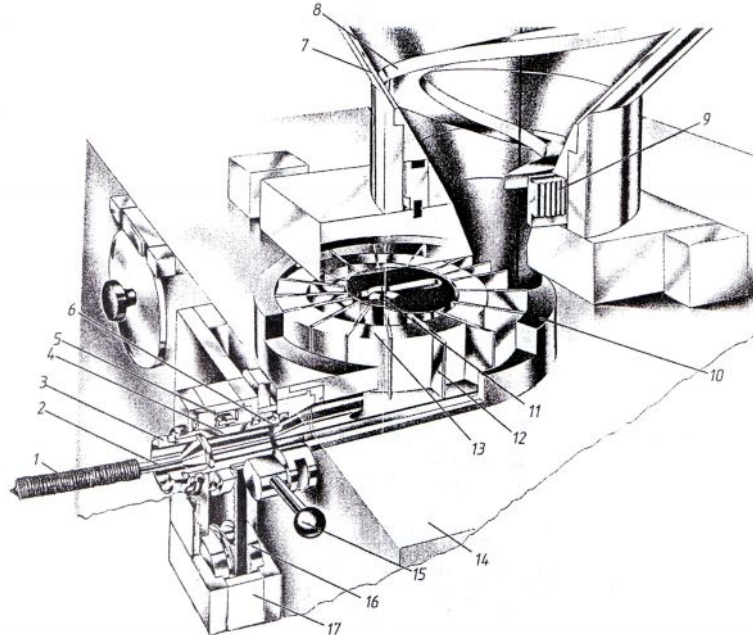


Рис. 10.4. Принципова схема шприца з ексцентрико-лопатевим витискувачем:
1 – гофрована оболонка; 2 – цівка; 3 – накидна гайка; 4 – втулка; 5 – зубчастий пас; 6 – вихідний отвір; 7 – бункер; 8 – подаюча спіраль; 9 – зубчастий вінець; 10 – корпус витискувача; 11 – кулачок; 12 – лопать; 13 – ротор; 14 – корпус; 15 – фіксуюча рукоятка; 16 – шків; 17 – корпус пристрою перекручування.

Шлях руху фаршу з витискувача до вихідного отвору 6 максимально короткий, а розміри вхідного і вихідного отворів дозволяють обережно, без перетирання, транспортувати фарш в цівку.

На шприци також встановлено пристрій перекручування оболонки (при виробництві сосисок, сардельок), що має корпус 17, який фіксують на вивідному отворі рукояткою 15 зажима. В корпусі розміщена на підшипниках втулка 4, до якої накидною гайкою 3 приєднано цівку 2. Втулка з цівкою приводиться в рух зубчастим пасом 5 через шків 16, з'єднаний з сервомотором.

Продуктивність шприца з ексцентрико-лопатевим витискувачем визначається за формулою:

$$M=60\varphi V_0 z \cdot n, \text{ м}^3/\text{год},$$

де φ – коефіцієнт подачі (залежить від виду продукції, частоти обертання ротора і тиску нагнітання, $\varphi=0,7$); V_0 – об'єм міжлопатєвого простору, м^3 ; z – кількість лопаток; n – частота обертання ротора, об/хв.

$$V_0 = 2\varphi_0 \left(\frac{\pi(D+d)}{2z} - c \right) b \cdot e, \text{ м}^3$$

де φ_0 – коефіцієнт, що враховує зменшення V_0 в результаті зміщення зони всмоктування від максимального зазору між ротором і статором, $\varphi_0=0,9$; D – внутрішній діаметр статора, м; d – зовнішній діаметр ротора, м; c – товщина лопаток, м; b – ширина лопаток, м; e – ексцентриситет встановлення ротора і статора, м.

Шнекові шприці

Шнекові витискувачі також широко використовуються в шприцах. Вони забезпечують безперервність в роботі, універсальність по продукції, незначний вплив на вихідні властивості фаршів. На практиці використовують витискувачі з одним або двома шнеками. Одношнекові прості за конструкцією, але мають цілий ряд недоліків. Фарш в циліндрі переміщується не тільки в осьовому напрямі, але і частково обертається разом зі шнеком, що призводить до небажаного перетирання і перерозподілу по об'єму фаршу компонентів. Також на виході з витискувача спостерігається пульсація фаршу. Ці недоліки відсутні в двохшнекових (двогвинтових) витискувачах, шнеки 1 яких (рис. 10.5) мають праву і ліву навивку і зпрофільовані так, що входять у взаємне зачеплення. Муфтами 2 вони з'єднані з валами редуктора і приводяться в зустрічне обертання. Така схема забезпечує чітко осьове переміщення фаршу, без пульсацій і суттєвого перетирання. Шнеки мають три зони: А – нагнітання, Б – завантаження, В – вакуумування. Конструкція шнеків залежить від властивостей фаршу. Під різні види фаршу встановлюються різні шнеки. Шприци з шнековими витискувачами забезпечують найменший вміст включень повітря в фарші порівняно з іншими шприцами.

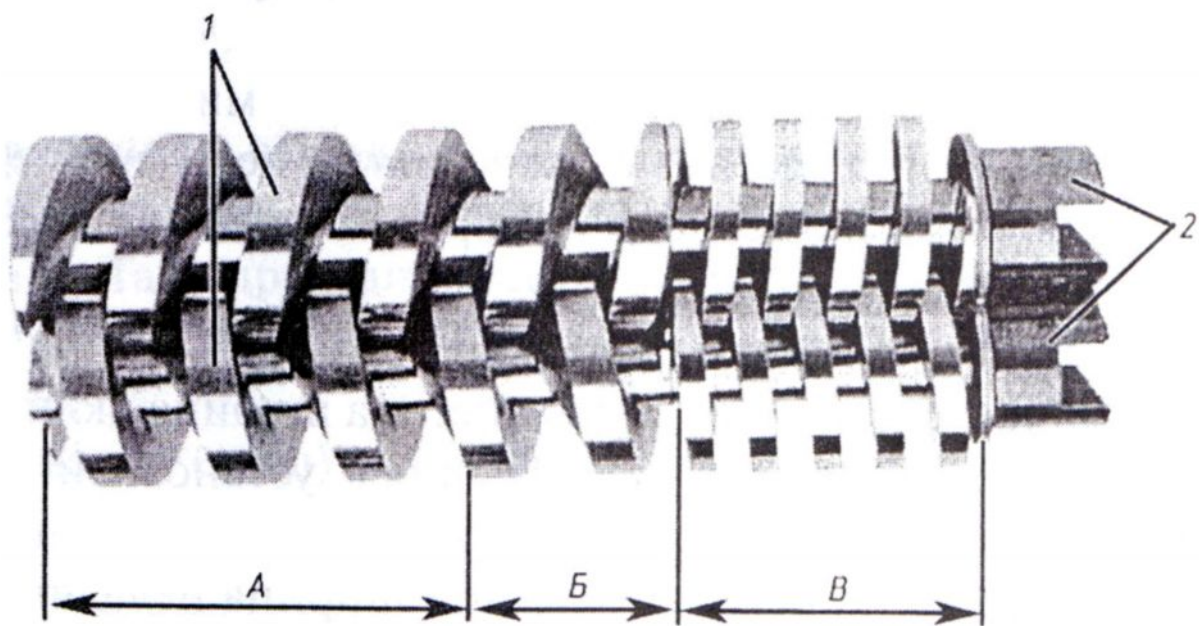


Рис. 10.5. Двогвинтовий витискувач:

1 – гвинти; 2 – з'єднувальні муфти;

А – зона нагнітання; Б – зона завантаження; В – зона вакуумування

Продуктивність шнекового шприца визначається за формулою:

$$M = \frac{15\pi}{\cos \alpha} (D^2 - d^2) \varphi h n \rho, \text{ кг/год}$$

де α – кут підйому гвинтової лінії шнека, °; D – зовнішній діаметр шнека, м; d – діаметр вала шнека, м; φ – коефіцієнт подачі, $\varphi=0,5-0,6$; h – крок шнека, м; n – частота обертання шнека, об/хв; ρ – густина фаршу, кг/м^3 (1050 кг/м^3).

Шестеренчастий витискувач

Шестеренчасті витискувачі поділяються на дві основні групи: із зовнішнім і внутрішнім зачепленням. На відміну від інших розглянутих конструкцій витискувачів, вони досить рідко використовуються для витискання м'ясопродуктів. Витискувачі з зовнішнім зачепленням використовуються в шприци ІІ1 – ФШТ «Донбасс», в системах подачі фаршу в лініях виробництва сосисок, з внутрішнім зачепленням – в шприцах фірми «Карл Шнель» (рис. 10.6).

Шестеренчастий витискувач із зовнішнім зачепленням (рис. 10.7) має шестерню і зубчасте колесо. Шестерня 2 закріплена на валу 10, який обертається в підшипниках ковзання 5, встановлених в передній 7 і задній 9 кришках, зубчасте колесо 11 встановлено на осі 4. Продукція надходить через всмоктуючий патрубок 3, заповнює об'єм у западинах між зубцями і переміщується по внутрішній поверхні корпуса 12. На стороні нагнітання зубці колеса і шестерні входять в зачеплення і витискають продукцію в нагнітаючий патрубок 1.

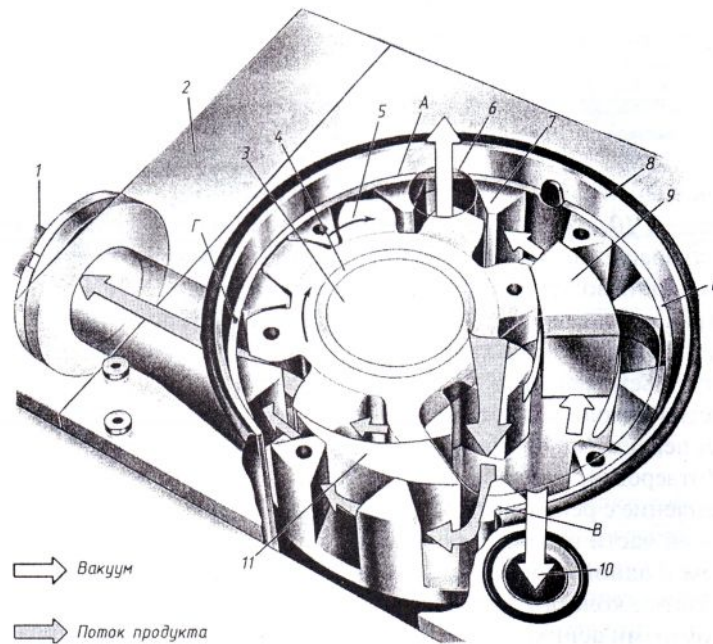


Рис. 10.6. Шестеренчастий витискувач з внутрішнім зачепленням фірми «Карл Шнель»:

1 – відвідний патрубок, 2 – корпус машини, 3, 4 – вал, 5 – шестерня, 6, 10 – патрубки для вакуумування, 7 – зубчасте колесо, 8 – корпус витискувача, 9, 11 – вкладиші;
 АБ – зона вакуумування, БВ – зона завантаження; ВГ – зона нагнітання.

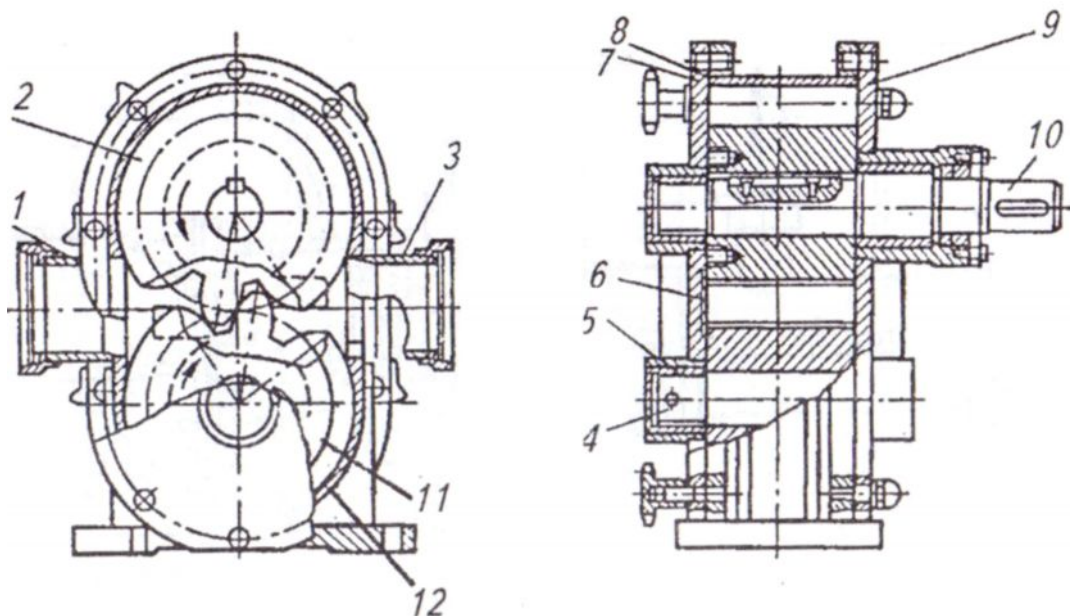


Рис. 10.7. Шестеренчастий витискувач із зовнішнім зачепленням:

1 – нагнітальний патрубок; 2 – шестерня; 3 – всмоктуючий патрубок; 4 – вісь; 5 – підшипник ковзання; 6 – зазор; 7 – передня кришка; 8 – ущільнення; 9 – задня кришка; 10 – вал; 11 – зубчасте колесо; 12 – корпус.

Шестеренчасті витискувачі прості за конструкцією і зручні в експлуатації, але в зоні контакту зубів створюється високий тиск (до 12 МПа) і здійснюється перетирання продукції. Тому їх застосування для витискання фаршу досить обмежене.

Продуктивність шестеренчастого витискувача із зовнішнім зачепленням, м³/год:

$$M = 60 \cdot \varphi \cdot V \cdot n,$$

де φ – коефіцієнт подачі, $\varphi=0,75$; n – частота обертання шестерень, об/хв; V – об'єм продукції, який захвачується зубцями шестерень за один оберт, м³.

Для однієї шестерні

$$V_1 = \frac{hb\pi d}{2},$$

де h – висота зуба, м; d – дільний діаметр шестерні, м (рис. 10.8); b – ширина шестерень, м.

Для двох шестерень:

$$V = hb\pi d.$$

Висота зуба h становить:

$$h = h_a + h_f = m + 1.25m = 2.25m,$$

де m – модуль, мм:

$$m = d / z$$

Діаметр вершин зубів

$$d_a = d + 2h_a = d + 2m$$

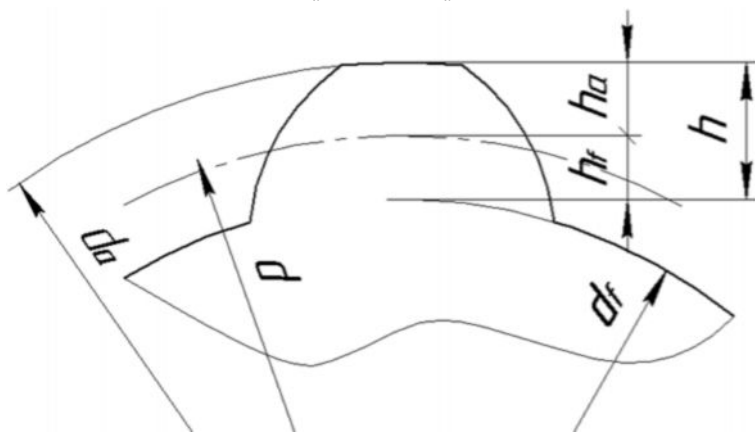


Рис. 10.8. Схема зубчатого колеса.

Потужність двигуна приводу шприців зі шнековим, ексцентрико-лопатевим і шестеренчастим витискувачами визначається за формулою:

$$N = \frac{PM_o\eta_a}{1000 \cdot \eta\eta_1}, \text{ кВт}$$

де P – тиск, що створюється витискувачем, Па ((5 – 35)·10⁵ Па); M_o – об'ємна секундна продуктивність, м³/с; η_a – коефіцієнт запасу потужності,

$\eta_a = 1.25 - 1.35$; η – коефіцієнт корисної дії приводу, $\eta = 0.75 - 0.85$; η_1 – коефіцієнт корисної дії витискувача, враховує втрати енергії в робочому механізмі (для ексцентрико-лопатевого $\eta_1 = 0.25 - 0.3$, для шнекового $\eta_1 = 0.18 - 0.25$).

Завдання 1. Визначити продуктивність шнекового шприца, якщо кут підйому гвинтової лінії становить 12° , зовнішній діаметр шнека рівний 200 мм, діаметр вала 120 мм, крок шнека 30 мм, частота обертання шнека $180 + \text{№варіанту}$ об/хв.

Завдання 2. Розрахувати продуктивність шприца з ексцентрико-лопатевим витискувачем і потужність двигуна для його приводу, якщо коефіцієнт подачі становить 0.7, кількість лопаток 6, частота обертання ротора $60 + \text{№ варіанта}$ об/хв, внутрішній діаметр статора $150 + \text{№ варіанта}$ мм, зовнішній діаметр ротора – 130 мм, товщина лопаток 5 мм, ширина лопаток $100 + \text{№ варіанта}$ мм, густина фаршу 1050–1080 кг/м³.

Завдання 3. Розрахувати продуктивність шестеренчастого витискувача, якщо зовнішній діаметр шестерень d_a , кількість зубців z , ширина шестерні b , частота обертання n (табл. 10.1).

Таблиця 10.1.

Вихідні дані до розрахунку шестеренчастого витискувача

Параметр	Позначення	Парні варіанти	Непарні варіанти
зовнішній діаметр шестерень, мм	d_a	120	168
кількість зубців	z	8	10
ширина шестерні, мм	b	30 + № варіанта	
частота обертання, об/хв	n	200 + № варіанта	

Контрольні запитання

1. Класифікація шприців.
2. Специфіка використання шприців зі шнековими витискувачами.
3. Особливості конструкції шестеренчастих витискувачів.
4. Шприци з ексцентриково-лопатевим витискувачем.
5. Розрахунок шнекового шприца.
6. Розрахунок ексцентриково-лопатевого шприца.
7. Розрахунок шестеренчастого шприца.

11. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАСАЖУВАННЯ М'ЯСА, ЙОГО РОЗРАХУНОК

Мета заняття – ознайомитися з конструктивними особливостями технологічного обладнання для масажування м'яса; провести розрахунок масажерів.

Теоретичні відомості

Масажери застосовують для прискорення засолення м'яса. Засолення – це масообмінний процес, при якому в товщі м'яса відбувається вирівнювання концентрації засолювальних інгредієнтів за рахунок дифузійного переносу під дією різниці концентрацій на поверхні і в центрі. Дифузійні процеси протікають повільно, тому для їх інтенсифікації застосовують фізичні і механічні засоби впливу. В шматках м'яса створюють змінні напруження, деформації стиску та їх релаксацію. При цьому відбувається перехід від дифузійного до дифузійно-фільтраційного перенесення, що у кілька разів більш інтенсивне.

Подібна механічна обробка не тільки прискорює внутрішнє перенесення, але і створює умови для розм'якшення тканин, виходу частини білків у вільну фазу, утворення водо-жиро-білкової композиції.

Особливістю обробки м'яса на масажерах є гідромеханічний вплив, а також виникнення в сировині пружно-пластичних деформацій тканини, що в підсумку сприяє прискоренню процесу рівномірного розподілення в ньому засолюючих речовин.

Використання в масажері вакууму пояснюється позитивним впливом пониженого тиску повітря на м'ясну сировину і відсутністю найбільш активної її складової – кисню.

При виробництві м'ясопродуктів соління під вакуумом дає наступні переваги: застосування вакууму дозволяє збільшити швидкість рівномірного розподілу засолюючих речовин в м'ясі і зменшити тривалість самого процесу соління; покращити якісні показники (колір, смак, аромат, консистенцію) в результаті виключення контакту кисню повітря з продуктом; знижує бактеріальне забруднення готового продукту і збільшує термін його зберігання; збільшує вихід готового продукту; покращує санітарно-гігієнічні умови як самого процесу соління, так і виробництва в цілому.

Масування – процес обробки продукції рухомими лопатями в нерухомому корпусі, або обробка в обертовому корпусі. Останній процес ще називають тумблеруванням.

Для масування м'яса застосовують масажери з вертикальними і горизонтальними корпусами, атмосферні та вакуумні. Атмосферні масажери з вертикальним корпусом бувають з вертикальними і горизонтальними лопатями.

Найбільшого поширення набули масажери з обертовими ємностями (тумблери). Процес здійснюється у обертовій ємності, в яку завантажують попередньо посолоне на ін'єкторі м'ясо і розсіл. За рахунок відцентрових сил і

сил тертя шматки м'яса піднімаються з обичайкою ємності і потім падають вниз. На обичайці встановлюють лопаті, які інтенсифікують процес. За рахунок падіння і взаємного тиску в шматках м'яса відбувається прискорення внутрішнього переносу засолювальних інгредієнтів.

Такі види масажерів відрізняються видом і формою ємностей, способами їх обертання, видами завантажувальних і розвантажувальних пристроїв та ін.

Вакуумний масажер (рис. 11.1) типу ТР фірми «Сканіо» (Швеція) має дві точки кріплення барабана 5. Він прикріплений дном до вихідного валу приводного механізму 6 і спирається спереду на два ролики, але для завантаження і вивантаження передбачена установка барабана на поворотній платформі 8. Барабан 5 в робочому положенні (рис. 11.1, а) нахилений до горизонту під кутом 15° , що забезпечує не тільки поперечну, але і поздовжню циркуляцію продукту. Барабан має конічну горловину, яку закривають герметично кришкою 4. На кришці закріплено штуцер 3, до якого приєднують вакуумний шланг. В середині на обичайці барабана приварені лопаті, а на зовнішній стороні обичайки – сорочка, в якій циркулює холодоносій, що підтримує необхідну температуру продукту. Платформа 8 закріплена на передній частині станини 2 віссю, а ззаду спирається на шток гідроциліндра 9. В середині станини розташовані гідро- і вакуумна системи. При завантаженні (рис. 11.1, б) кришку барабана знімають і з допомогою гідроциліндра задню частину платформи 8 опускають. Завантаження здійснюють пересувним підйомником-перекидачем.

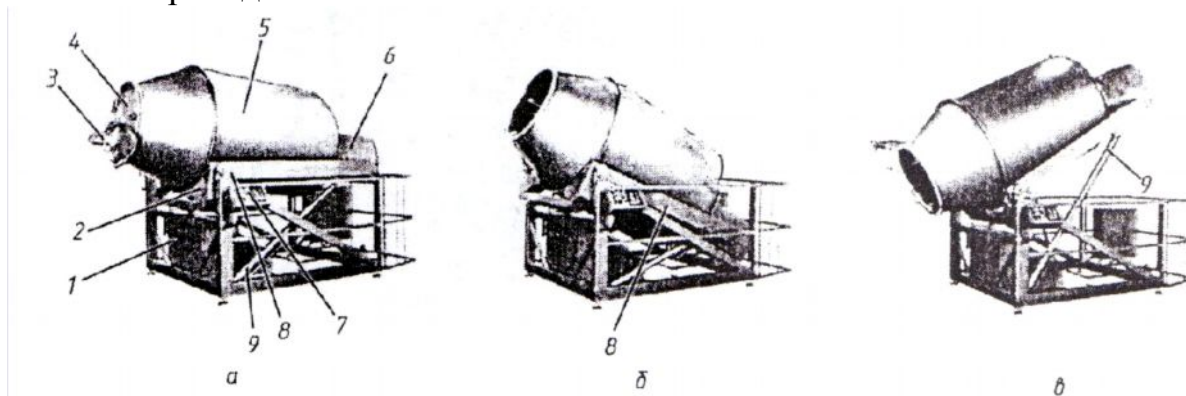


Рис. 11.1. Вакуумний масажер типу ТР фірми «Сканіо» (Швеція).

а – робоче положення; б – положення завантаження; в – положення вивантаження: 1 – гідростанція; 2 – станина; 3 – штуцер, 4 – кришка; 5 – барабан; 6 – механізм приведення барабана в рух; 7 – пульт управління; 8 – платформа; 9 – шток гідроциліндра

Для вивантаження (рис. 11.1, в) барабан разом з платформою і приводом гідроциліндра 9 опускають горловиною донизу. Барабан обертається, і продукт вивантажується у візок або на конвеєр.

Масажери типу ТР випускають чотирьох типорозмірів з об'ємом барабана 2,5; 4 і 10 м³ при коефіцієнті завантаження 66 %. При цьому маса завантаженого продукту складає 1270, 2700 і 4000 кг. Частота обертання барабана може бути плавно змінена від 0,07 до 0,2 с⁻¹. Потужність електродвигуна приводного механізму барабана 4,5, 7,5, 11 кВт.

Масажер марки К7–ФМВ–220 (рис. 11.2.) призначений для гідромеханічної обробки м'ясної сировини в поєднанні з використанням вакууму в процесі соління при виготовленні копченостей і шинки. Масажер встановлюється в ковбасних цехах м'ясопереробних підприємств малої і середньої потужності, які виробляють солоні м'ясопродукти і можуть бути використані в поєднанні з ін'єкторами розсолу і ножовими або дисковими тендеризаторами.



Рис. 11.2. Вакуумний масажер К7–ФМВ–220.

Масажер являє собою ємність, що закріплена на станині і обертається. Зварна станина виконана з гнутого профілю у вигляді просторового каркасу, обшитого листовою сталлю і розділеного на 3 рівня. В нижньому рівні розміщена вакуумна система, в середньому – привод ємності масажера. У верхньому – мікропроцесор, пульт керування і панель електрообладнання. Для можливого пересування масажера в нижній частині каркасу змонтовані дві пари коліс: поворотні і не поворотні.

Ємність виготовлена з корозійностійкої сталі у вигляді бочки з конічними днищами по торцях і циліндричною вставкою. Привод розміщений на поворотній плиті і включає: електродвигун, з'єднувальну муфту, редуктор і ланцюгову передачу. Натяг ланцюгової передачі здійснюється переміщенням плити у вертикальній площині в потрібне положення і фіксації за допомогою відкидного болта, двох шайб і двох гайок. Вакуумна система складається з масляного шестеренчастого насоса, маслобака, зворотного клапана, електроконтактного вакуумметра.

Мікропроцесор і пульт керування розташовані на передній панелі машини. Мікропроцесор служить для набирання програми масажування завантаженої сировини. Пульт керування представляє собою панель з розташованими на ній органами керування роботою масажера в ручному і автоматичному режимах. Панель електрообладнання розміщена у верхній частину каркасу з тильної сторони в окремому герметичному ящику зі знімною кришкою. Вона призначена для розміщення пускової і захисної апаратури.

В циліндричній вставці є завантажувальний отвір, який герметично закривається люком. Люк обладнаний П-подібною поворотною рамкою. Ексцентрики, які розміщуються на кінцях рамки, взаємодіють із захватами і засовами, розміщеними на циліндричній вставці ємності. Ця взаємодія забезпечує фіксацію люка у закритому положенні. В середині ємності навпроти один одного, симетрично відносно завантажувального отвору, розміщені дві профільні лопаті.

Ємність змонтована на станині в опорах підшипниками кочення, при цьому цапфа зі сторони привода виконана пустотілою для приєднання трубопроводу. Трубопровід з'єднує ємність із вловлювачем, який являє собою геометричний циліндричний корпус з торцевою плоскою кришкою. Він оснащений підвідними і відвідними патрубками у верхній частині, фільтром. Останній встановлений всередині корпуса на відвідному отворі патрубку. За допомогою трубопроводу вловлювач з'єднаний з вакуумною системою.

Геометричний об'єм масажера становить 220 л., а одночасне завантаження – не більше 130 кг. Встановлена потужність 2,4 кВт, частота обертання ємності становить 5 і 10 об/хв., максимально можливий цикл роботи 24 год., глибина вакууму 0,06 – 0,1 МПа.

На рис. 11.3 показано масажер МК–600РС.



Рис. 11.3. Вакуумний масажер МК–600РС:

- 1 – барабан; 2 – станина; 3 – шланг відсмоктування повітря;
- 4 – захисна решітка; 5 – бокова кришка; 6 – регульовані опори;
- 7 – пульт управління; 8 – люк завантаження-вивантаження

М'ясо, призначене для соління і масажування, завантажується в барабан разом із розсолем. Потім викачується повітря з барабана і проводиться процес масажування. Після масажування м'ясо під дією своєї ваги падає з барабана в підставлену ємність. Об'єм барабана становить 600 л, маса одночасного завантаження продукту до 420 кг, потужність двигуна привода 1,5 кВт, потужність двигуна вакуумного насоса 0,75 кВт. Тривалість масажування і тривалість перерви можуть регулюватися з допомогою мікропроцесорної системи управління в діапазоні від 0 до 99 хв., а загальна тривалість роботи від 0 до 99 годин. Зовнішні розміри масажера становлять 1650×1050×1650 мм.

Масажер м'яса ММ-1100 застосовують для масажування, перемішування і засолювання м'яса в постійному чи пульсуючому вакуумі згідно набраної програми. Весь процес масажування проходить автоматично.

Масажер (рис. 11.4) являє собою барабан, встановлений на станині. В щиті за барабаном знаходиться привод з електричною частиною та система відсмоктування повітря. Система управління розміщена в пульті на стійці в передній частині обладнання.

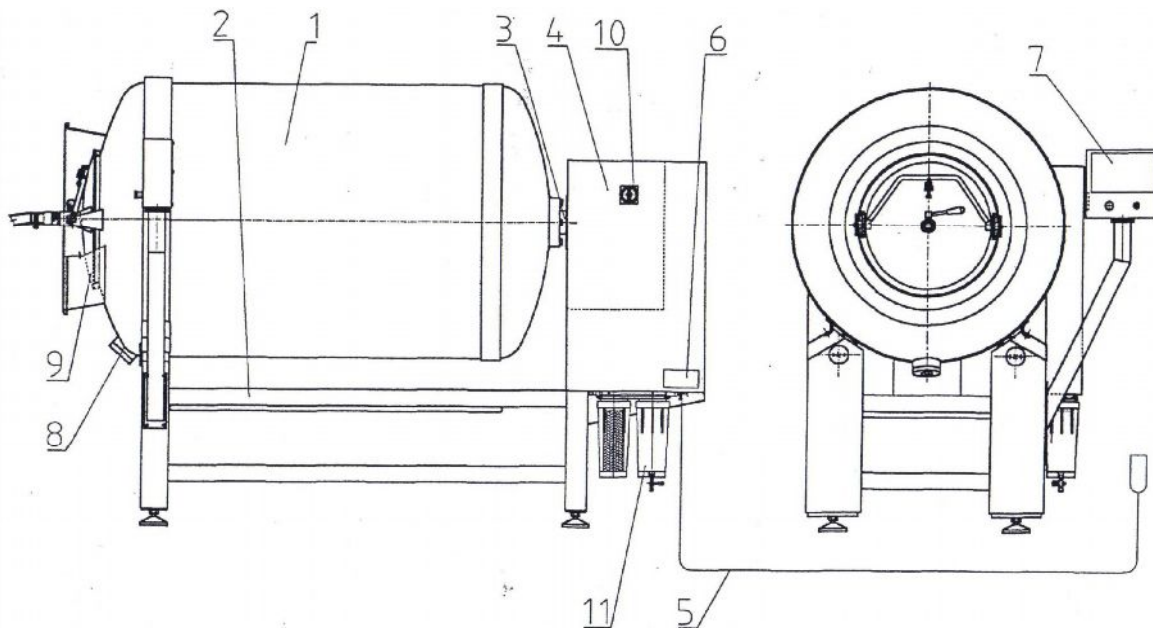


Рис. 11.4. Вакуумний масажер м'яса ММ-1100:

1 – барабан; 2 – станина; 3 – пустотілий вал, 4 – кожух; 5 – кабель живлення; 6 – щиток; 7 – пульт управління; 8 – зливний патрубок; 9 – люк завантаження-вивантаження; 10 – центральний вимикач; 11 – фільтри.

Створення вакууму в барабані здійснюється вакуумнасосом через відповідний вузол (рис. 11.5), який також забезпечує приведення барабана в рух (від двигуна-редуктора обертання передається через ланцюгову передачу на пустотілий вал барабана).

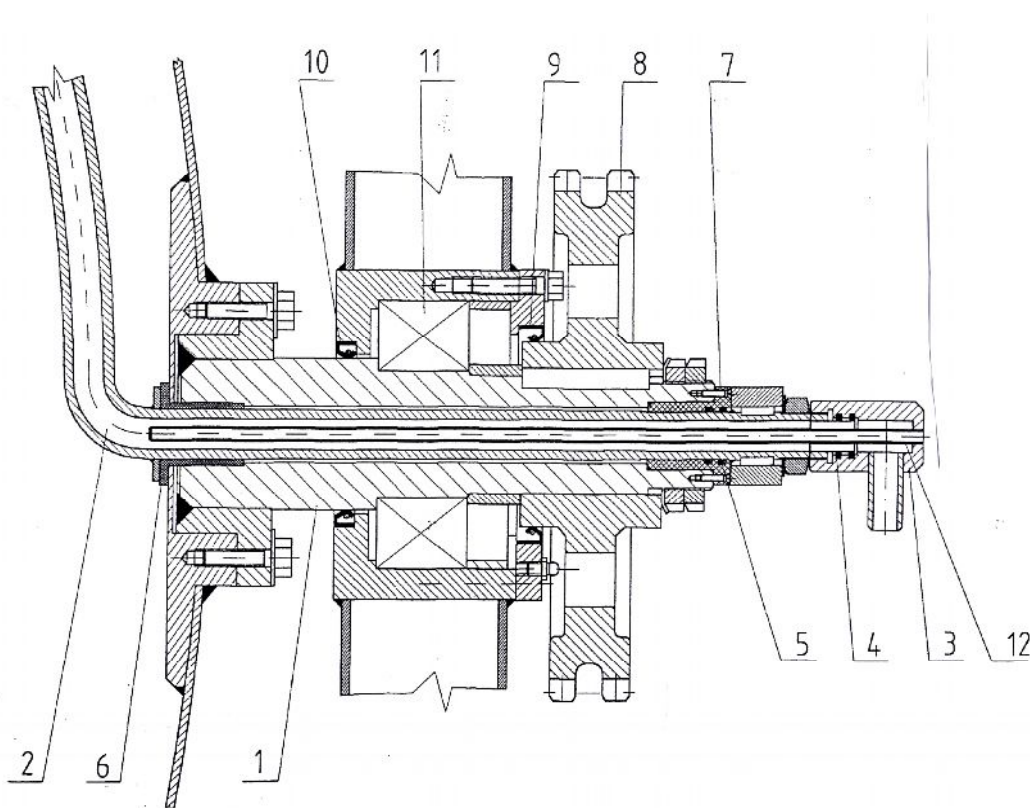


Рис. 11.5. Вузол відкачування повітря і приводу барабана масажера ММ–1100: 1 – вал; 2 – трубка відкачування повітря; 3 – трубка, 4, 5 – кільцеві ущільнення; 6, 7 – втулки; 8 – зірочка двохрядна ; 9, 10 – сальникові ущільнення; 11 – підшипник; 12 – втулка термометра.

Розрахунок масажера

Критична частота обертання барабана, об/хв:

$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}},$$

де D – діаметр барабана, м.

Робоча частота обертання барабана:

$$n = \varphi_0 \cdot n_{кр},$$

де φ_0 – коефіцієнт, який характеризує співвідношення критичної і робочої частоти обертання.

Продуктивність масажера визначається за формулою:

$$M = 60G_n / \tau,$$

де G_n – маса одноразового завантаження масажера, кг; τ – тривалість циклу обробки, хв.

Тривалість циклу включає тривалість технологічної обробки і тривалість підготовчо-заключних операцій.

Одноразове завантаження визначається за формулою:

$$G_n = \alpha \rho V,$$

де α – коефіцієнт завантаження об'єму масажера; ρ – насипна маса продукції, кг/м³; V – робочий об'єм барабана масажера, м³.

Потужність, необхідна для роботи масажера, кВт:

$$N = \frac{(N_1 + N_2) \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta},$$

де N_1 – потужність, необхідна для підняття продукції на висоту H , Вт; N_2 – потужність, що витрачається на подолання тертя в підшипникових опорах, Вт; η_a – коефіцієнт запасу потужності, $\eta_a = 1,2$; η – ККД привода.

$$N_1 = \frac{G_n \cdot (gH + 0,5v_k^2)}{\tau_1},$$

де G_n – маса продукції в барабані, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; H – висота підйому продукції, м; τ_1 – тривалість піднімання одиниці продукції, с.

Висота піднімання продукції, м:

$$H = 2D \cdot \sin^2 \theta_p \cdot \cos \theta_p,$$

де θ_p – кут відриву продукції в крайній верхній точці:

$$\theta_p = \theta - \Delta\theta,$$

де θ – кут відриву в гладкому барабані, $\cos \theta = \frac{R\omega^2}{g}$; $\Delta\theta$ – додатковий кут підйому, $\Delta\theta = 5^\circ$.

Тривалість піднімання одиниці продукції, с:

$$\tau_1 = \frac{\psi}{\omega} = \frac{2\pi - 4\theta_p}{\omega},$$

де ψ – центральний кут.

В залежності від конструкції масажера потужність N_2 буде складатися з потужності, що витрачається в підшипниковій опорі головного валу і у роликів опор.

Потужність, що витрачається на подолання тертя в роликів опор масажера:

$$N_2 = (G_n + G_\phi) \frac{g}{D_p} (2\lambda + \mu d) \cdot \frac{\omega D}{2},$$

де G_ϕ – маса барабана, кг; λ – коефіцієнт тертя кочення барабана, $\lambda = 0,001$; μ – коефіцієнт тертя ковзання, $\mu = 0,1$; ω – кутова швидкість обертання барабана, с⁻¹.

Потужність двигуна привода масажера, що витрачається на подолання тертя в підшипникових опорах:

$$N_2 = (R_1 + R_2) \mu \omega \frac{d_u}{2} = (G_n + G_\phi) g \mu \omega \cdot \frac{d_u}{2},$$

де G_ϕ – маса барабана, кг; μ – коефіцієнт тертя ковзання в підшипнику; ω – кутова швидкість обертання барабана, с⁻¹, d_u – діаметр цапфи підшипника, м.

Завдання 1. Визначити продуктивність і потужність двигуна привода масажера К7-ФМВ-220, якщо тривалість циклу обробки становить 5+№варіанта/10 год, а коефіцієнт завантаження 0,5+№варіанта/100. Маса барабана масажера становить 80+№варіанта, кг.

Завдання 2. Визначити продуктивність і потужність двигуна приводу масажера ММ-1100, якщо тривалість циклу обробки становить $4 + \text{№варіанта}/10$, год, а коефіцієнт завантаження $0,6 + \text{№варіанта}/100$. Маса барабана масажера становить $160 + \text{№варіанта}$, кг, частота обертання $10 + \text{№варіанта}/10$ об/хв. Врахувати, що навантаження від барабана на опори розподіляється у співвідношенні: 60% – на роликові опори, 40% – на підшипникову опору пустотілого вала.

Контрольні запитання

1. *Що таке процес масажування м'яса.*
2. *Види обладнання, яке використовується для масажування м'яса.*
3. *Яким чином здійснюється вакуумування ємностей масажерів.*
4. *Особливості використання різних конструкцій масажерів.*
5. *Продуктивність і потужність двигуна приводу масажерів.*

12. АПАРАТИ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЖИРОВОЇ СИРОВИНИ. РОЗРАХУНОК АВТОКЛАВУ ДЛЯ ВИТОПКИ ЖИРУ.

Мета заняття – ознайомитися з будовою і принципом роботи апаратів для теплової обробки жирової сировини; вивчити методику проведення їх теплового розрахунку.

Теоретичні відомості

При тепловій обробці жиромісткої сировини застосовують апарати періодичної дії (відкриті котли, автоклави та універсальні вакуумні горизонтальні котли) і апарати безперервної дії (шнекові, барабанні, роторні), а також комбіновані, які суміщують теплову обробку і подрібнення. В апаратах періодичної дії сировина обробляється в більших обсягах, що має ряд недоліків. Через велику тривалість процесу теплової обробки (4...4,5 год) погіршується якість жиру і кормової продукції. Крім того, необхідно створення проміжних бункерів-накопичувачів, що займають великі виробничі площі. При зберіганні вторинної сировини і конфіскатив при кімнатній температурі відбувається швидке зростання бактеріального обсіменіння і з'являються інші види псування, що несприятливо впливає на якість готової продукції через необхідність підвищення температури стерилізації. З'являється небезпека забруднення навколишнього середовища.

До комбінованих апаратів відносяться вовчок-варильник, руйнівач-плавитель «Ленінград», подрібнювач-розплавлювач «Титан», агрегати АВЖ. У одноопераційних апаратах-вищавлювачах сировину обробляють у тонкому шарі при його безперервному переміщенні через апарат. До таких апаратів відносяться плавитель «Чита» і шнекові апарати.

До одноопераційних апаратів безперервної дії належать і віброекстрактори вертикального і горизонтального типів, в яких процес теплового вилучення жиру інтенсифіковано накладенням вібрації теплопередаючого середовища (води).

Для витоплювання жиру з попередньо подрібненої м'якої жиросировини використовують відкритий котел ОПК–1,25 (рис. 12.1), а для витоплення жиру з кісток – відкритий котел з корзиною, яка виймається (рис. 12.2).

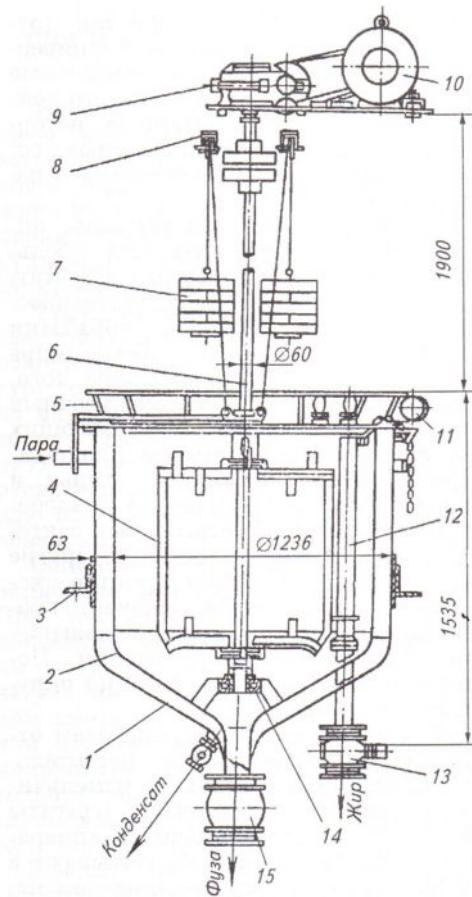


Рис. 12.1. Відкритий котел ОПК–1, 25:

1 – зовнішній корпус, 2 – внутрішній корпус, 3 – опорні лапи; 4 – мішалка; 5 – огородження; 6 – вал; 7 – противага; 8 – блок; 9 – черв'ячний редуктор; 10 – електродвигун; 11 – манометр; 12 – поворотна труба, 13 – вентиль для зливу жиру; 14 – радіально-упорний підшипник; 15 – вентиль для зливу фузи.

Котел ОПК–1,25 складається з внутрішнього 2 і зовнішнього 1 циліндричних корпусів з конічними днищами, які створюють парову сорочку. Пара в сорочку підводиться у верхній частині зовнішнього корпусу, а конденсат відводиться з конусного дна через зливний патрубок з вентилем. Всередині котла на валу 6 встановлена мішалка 4, яка має вертикальні і горизонтальні лопаті. Нижній кінець вала закріплений в радіально-упорному підшипнику 14, а верхній з'єднаний муфтою з черв'ячним редуктором 9. На валу зроблений паз, по якому ковзає шпонка, встановлена у верхній втулці мішалки. Мішалку можна піднімати, для полегшення підйому служить противага 7. Приводиться в обертання мішалка електродвигуном 10 через

клинопасову передачу і черв'ячний редуктор 9. Жир зливається через шарнірно закріплену поворотну трубу 12 і патрубок з вентилем 13. Через патрубок у центрі конічного днища і вентиль 15 зливається залишок (фуза). Котли типу ОПК виготовляють внутрішнім об'ємом 0,85; 1,25 і 2,3 м³. Потужність приводу у всіх котлів 2,8 кВт, частота обертання мішалки 0,21 с⁻¹. Робочий тиск пари в сорочці 0,3 МПа. Маса котлів в залежності від об'єму становить від 994 до 1773 кг.

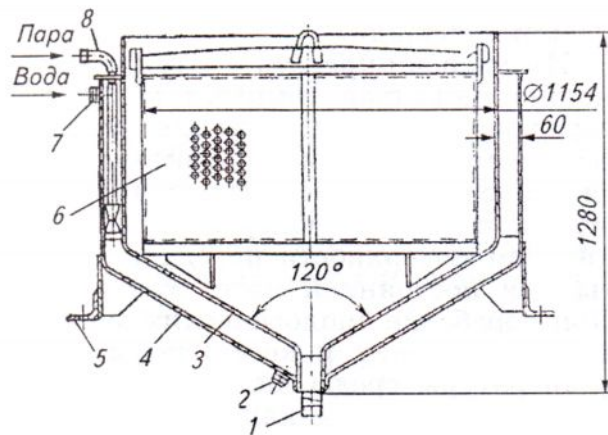


Рис. 12.2. Відкритий котел з корзиною:

- 1 – штуцер для зливу бульйону; 2 – штуцер для зливу конденсату;
- 3, 4 – внутрішня і зовнішня обичайки; 5 – опорна лапа;
- 6 – корзина; 7 – труба для гарячої води; 8 – труба для пари.

Котел з корзиною, що виймається, (див. рис. 12.2) складається з внутрішньої 3 та зовнішньої 4 циліндричних обичайок з конічними днищами, між якими утворюється сорочка. У сорочку по трубі 5 подають пару, а по трубі 7 – гарячу воду. На зовнішній корпус приварюють опорні лапи 5, встановлюють манометр і запобіжний клапан. Конденсат відводиться через штуцер 2. Кістку завантажують у корзину 6, зварену зі сталевих листів, перфорованих отворами діаметром 10 мм. Дно корзини відкривають при вивантаженні кістки. Корзина тельфером завантажується в котел, туди ж заливають гарячу воду в співвідношенні з сировиною 1:1, в сорочку подається пара, і проводиться витоплювання. Потім жир відстоюється і зливається через лоток у верхній частині котла. Бульйон відводиться через штуцер 1. Геометрична місткість котла 1 м³, одночасне завантаження кістки 300 кг, тиск пари в сорочці 0,3 МПа. Маса котла 670 кг. Загальна тривалість процесу обробки від 7 до 8 год при тривалості витоплювання від 4 до 5 год.

Також для обробки жиромісткої сировини використовують автоклави. Знежирення кістки в автоклавах проводять при підвищеному тиску і тому при більш високих температурах, ніж у відкритих котлах, що дозволяє скоротити тривалість процесу і збільшити вихід жиру до 75% від початкового вмісту в кістці. В залежності від конструкції апаратів знежирення кістки здійснюють водою або гострою парою.

Автоклав для витоплення свинячого жиру з мездри і жиру з кістки (рис. 12.3) має внутрішній циліндричний корпус 8 з еліптичним днищем 13. До

верхньої кромки корпусу приварений плоский фланець. Корпус закривається еліптичною кришкою 5, яка встановлена на осі і врівноважена противагою 2. Автоклав герметизують гумовою прокладкою, покладеною в паз фланця кришки, що притискається відкидними болтами 7. Парову сорочку утворює зовнішній корпус 9 з еліптичним днищем 14. Пара в сорочку подається через трубу, що має вентиль 16, запобіжний клапан 1 і манометр. Конденсат зливається через трубу 12.

Для відведення пари, утвореної при тепловій обробці продукту, а також для зняття тиску всередині автоклава після закінчення процесу служить патрубок з вентилем 4. Патрубок з'єднаний з конденсатором змішування 3. Кістку в котел завантажують з допомогою корзини, що виймається, 6 місткістю $0,4 \text{ м}^3$. Жир зливається через шарнірно закріплену трубу і патрубок 10, а шквара видаляється через центральну трубу 11 у днищі. Геометричний об'єм автоклава $0,75 \text{ м}^3$, одноразове завантаження сировини до 500 кг. Знежирення кістки проводять при додаванні в автоклав води у співвідношенні 1:1. Тиск гріючої пари в сорочці 0,4 МПа, температура 125°C . Загальна тривалість обробки кістки від 4,5 до 6 год. при тривалості витоплювання жиру від 2,5 до 3 год.

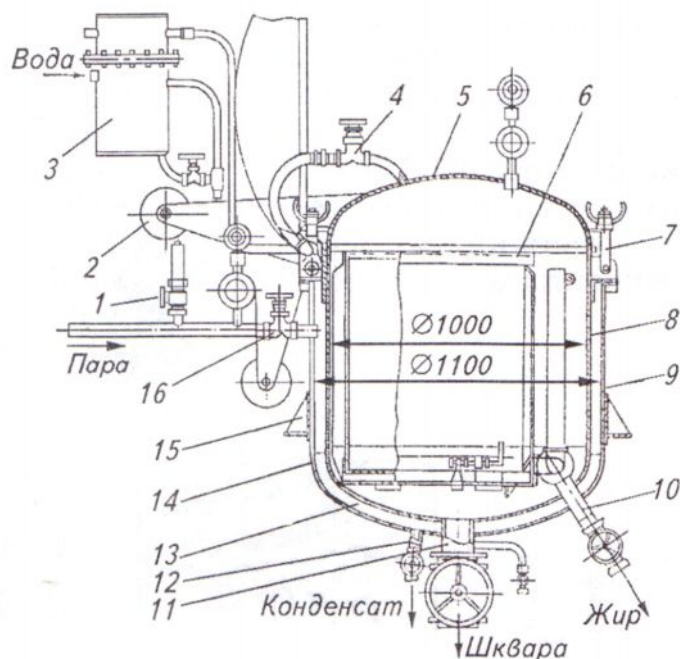


Рис. 12.3. Автоклав для витоплення жиру:

1 – запобіжний клапан; 2 – противага; 3 – конденсатор; 4 – вентиль; 5 – еліптична кришка; 6 – корзина; 7 – відкидні болти; 8 – внутрішній корпус; 9 – зовнішній корпус; 10 – патрубок для зливання жиру; 11 – труба для відведення шквари; 12 – труба для зливання конденсату; 13, 14 – еліптичні днища внутрішнього і зовнішнього корпусів; 15 – опорні лапи; 16 – вентиль паропроводу.

Тепловий розрахунок автоклава

Витрата теплоти на нагрівання стінок апарату:

$$Q_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) + m_2 c_2 (t_4 - t_3), \text{ кДж}$$

де m_1 – маса металевого корпусу апарата, кг; c_1 – питома теплоємність металевих частин, кДж/(кг·К) ($c_1=0,48$ кДж/(кг·К)); t_1 – початкова температура стінок апарату ($t_1=20^\circ\text{C}$); t_2 – кінцева температура стінок апарату ($t_2=90^\circ\text{C}$); m_2 – маса ізоляції апарата, кг; c_2 – питома теплоємність ізоляції, кДж/(кг·К) ($c_2=0,84$ кДж/(кг·К)); t_3 – початкова температура ізоляції ($t_3=20^\circ\text{C}$); t_4 – кінцева температура ізоляції ($t_4=45^\circ\text{C}$).

Витрата теплоти на нагрівання сировини до температури плавлення:

$$Q_2 = m_{\text{ж}} \cdot c_{\text{ж}} \cdot (t_{\text{ж}} - t_o) + m_{\text{ж}} \left[c'_{\text{ж}} (t_{\text{ж}} - t_o) + \vartheta_{\text{ж}} + c''_{\text{ж}} (t_{\text{ж}} - t_n) \right], \text{ кДж}$$

де $m_{\text{ж}}$ – маса шквари, кг; $c_{\text{ж}}$ – питома теплоємність шквари, кДж/(кг·К) ($c_{\text{ж}}=2,1$ кДж/(кг·К)); t_o – початкова температура жиру і шквари ($t_o=20^\circ\text{C}$); $t_{\text{ж}}$ – кінцева температура жиру і шквари ($t_{\text{ж}}=90^\circ\text{C}$); $m_{\text{ж}}$ – маса жиру, кг; $c'_{\text{ж}}$ – питома теплоємність жиру до плавлення, кДж/(кг·К) ($c'_{\text{ж}}=1,68$ кДж/(кг·К)); $c''_{\text{ж}}$ – питома теплоємність жиру після плавлення, кДж/(кг·К) ($c''_{\text{ж}}=2,1$ кДж/(кг·К)); t_n – температура плавлення жиру (для свинячого жиру $t_n=35^\circ\text{C}$); $\vartheta_{\text{ж}}$ – прихована теплота плавлення жиру ($\vartheta_{\text{ж}}=168$ кДж/кг).

Витрата теплоти на випаровування води з продукції:

$$Q_3 = m_{\text{в}} \cdot [c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{сп}} - t_o) + \vartheta_{\text{в}}], \text{ кДж}$$

де $m_{\text{в}}$ – маса води, кг; $c_{\text{в}}$ – питома теплоємність води, кДж/(кг·К); t_o – початкова температура води в продукті; $t_{\text{сп}}$ – середня температура води, що випаровується, $^\circ\text{C}$; $\vartheta_{\text{в}}$ – прихована теплота випаровування води при середній температурі кДж/кг.

Втрата теплоти через стінки апарата:

$$Q_4 = k_1 \cdot F \cdot (t_n - t_{\text{nc}}), \text{ Вт}$$

де k_1 – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К); F – площа поверхні корпусу апарата, м²; t_n – температура пари в сорочці апарата (при тискові пари $P=4$ атм; $t_n=142,96^\circ\text{C}$); t_{nc} – температура навколишнього середовища, $^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k_1 = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + 1/\alpha_2}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки, Вт/(м²·К) (для конденсації пари α_1 знаходиться в межах 8100–17400 Вт/(м²·К)); δ_1 – товщина металевої стінки, м; λ_1 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки апарату, Вт/(м²·К) (для нержавіючої сталі $\lambda_1=17,5$ Вт/(м²·К)); λ_2 – коефіцієнт теплопровідності матеріалу ізоляції, Вт/(м²·К); δ_2 – товщина ізоляції, м; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні апарата до повітря навколишнього середовища, Вт/(м²·К).

Товщину теплоізоляції визначимо з рівняння:

$$\alpha_2 (t_{\text{cm2}} - t_{\text{nc}}) = \lambda_2 / \delta_2 (t_{\text{cm1}} - t_{\text{cm2}})$$

де t_{cm2} – температура ізоляції зі сторони навколишнього середовища, °C (для апаратів, що працюють в закритих приміщеннях знаходиться в інтервалі 35–45 °C); t_{cm1} – температура внутрішньої стінки шару ізоляції, °C.

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні апарата до повітря навколишнього середовища визначається за формулою:

$$\alpha_2 = 9,3 + 0,058t_{cm2}$$

Тривалість витоплювання жиру становить:

$$\tau = \frac{mq}{k_2 F \Delta t},$$

де m – маса сировини, що завантажується в апарат, кг; q – питомі витрати теплоти, Дж/кг (залежать від степені подрібнення сировини; частки води, що випаровується; величини втрат і ін.; при кількості води 15–25% від маси завантаження знаходиться в межах 10^3 – $1,2 \cdot 10^3$ кДж/кг); k_2 – коефіцієнт теплопередачі від пари до продукту, Вт/(м²·K); Δt – різниця температур між теплообмінними середовищами (парою і продуктом), °C.

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k_2 = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_1/\lambda_1 + 1/\alpha_3}, \text{ Вт/(м}^2\text{K)}$$

де α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки апарата до продукту, Вт/(м²·K).

$$\alpha_3 = c_e (a + b\nu^{0,6}),$$

де a і b – сталі, що залежать від виду, температури, стану жиру і товщини його шару ($a = 150$ – 200 , $b = 60$ – 80); ν – швидкість руху рідини, м/с ($\nu = 0,2$ м/с).

Загальні витрати теплоти на роботу апарата:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Витрата пари за один цикл роботи автоклава складає:

$$D = \frac{Q}{i_n - i_k},$$

де i_n, i_k – ентальпія пари і конденсату відповідно, кДж/кг.

Завдання. Визначити витрату пари на витоплювання жиру в апараті періодичної дії, якщо маса корпусу апарата становить $700 + 10 \cdot \text{№ варіанта}$, кг; ізоляції 250 кг, маса сировини, що завантажується в апарат – $500 + 10 \cdot \text{№ варіанта}$, кг. Кількість жиру 70 %, шквари – 5 %, температура зовнішньої стінки апарата 45 °C, температура жиру при вивантаженні 90 °C.

Контрольні запитання

1. Види обладнання для теплової обробки жиросировини.
2. Відмінність котлів для витоплювання жиру з м'якої сировини і кісток.
3. Продуктивність теплових апаратів періодичної дії.
4. Тепловий баланс апаратів періодичної дії.
5. Будова і принцип дії автоклава для витоплювання жиру.

13. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ЖИРУ, ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО РОЗРАХУНКУ

Мета заняття – ознайомитися з будовою і принципом роботи обладнання для охолодження жиру; вивчити методику виконання його розрахунку.

Теоретичні відомості

Після очищення перед фасуванням і упаковкою жир охолоджують для створення необхідної консистенції і збереження якості. При фасуванні у велику тару (бочки) охолоджують яловичий і баранячий жир до 40 °С, свинячий та кістковий – до 35 °С. При упаковці в дрібну тару масою 250...500 г жир охолоджують до 18...21 °С. Для охолодження жиру використовують апарати періодичної дії – котли з охолоджуючою сорочкою і мішалкою і безперервної дії – циліндричні та пластинчасті.

Котли місткістю до 1 м³ мають вертикальну обичайку з охолоджуючою сорочкою і конічним дном. Холодоносієм служить холодна вода. Для інтенсифікації процесу охолодження котли обладнують якірною лопатевою або планетарною мішалкою. Охолоджений жир зливають з котла через трубу в центрі конічного днища. Котли є малоефективними апаратами, в яких завдяки невеликій поверхні теплопередачі охолодження протікає повільно, а через контакт з повітрям жир може окислюватися. Таке обладнання не використовують у потокових лініях.

У циліндрових апаратах безперервної дії застосовують метод тонкошарового охолодження при протічанні холодоносія або холодоагенту і продукту. Охолоджувач жиру Д5-ФОЖ (рис. 13.1), призначений для охолодження свинячого і яловичого жиру, відноситься саме до таких апаратів. Він складається з трьох робочих циліндрів 1, 6 та 10, до торців яких приварені фланці. На зовнішній поверхні циліндрів кріплять металеву V-подібну спіраль 15, в яку вставляють і обжимають гумову стрічку 16. До торців циліндрів болтами пригвинчені передня 8 і задня 18 стінки. Зовні циліндри закриті кожухами 17, які болтами прикріплені до передньої і задньої стінок. Кожухи і стінки герметизують гумовими прокладками. Гумові стрічки, стикаючись з кожухами, утворюють спіральні канали, по яких тече охолоджуюча вода. Вода надходить через вентиль 12 в сорочку верхнього циліндра і далі по перехідних гумових патрубках перетікає в середній і нижній, а потім виводиться з апарату.

У середині циліндрів встановлені барабани-витискувачі 3, на поверхні яких на осях поздовжньо закріплені лопаті мішалок. Лопаті відцентровими силами притискаються до внутрішньої поверхні робочих циліндрів, зчищаючи прилиплий охолоджений жир. Витискувач має в передній частині цапфу підшипника, а в задній - втулку. Цапфа обертається у втулці кришки 4, яка прикріплена до передньої стінки циліндра і ущільнена гумовою кільцевою прокладкою 2. Втулку витискувача надягають на приводний вал 20, який обертається в трьох підшипниках кочення 19.

Робочі циліндри кріплять на станині 28, на якій в нижній частині встановлюють електродвигун 29 і шестеренчастий насос 30 для подачі жиру. Насос приводиться в обертання через клинопасову передачу 26 і проміжний валик 25, який з'єднаний з валом пасової передачі. Жир надходить по трубі 31 в насос, з нього нагнітається по трубі 27 в нижній циліндр і далі по перехідних патрубках 5, 21 у середній і верхній. Таким чином, охолодження здійснюється в режимі протитечії.

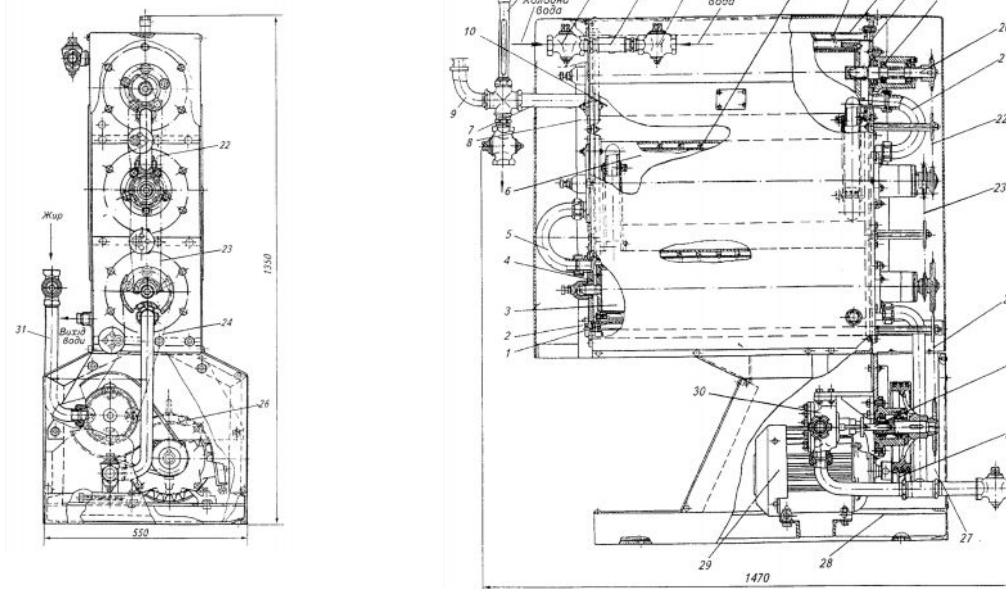


Рис. 13.1. Охолоджувач жиру Д5-ФОЖ:

1, 6, 10 – робочі циліндри; 2 – прокладка; 3 – барабан-витискувач; 4 – кришка; 5, 21 – перехідні патрубки; 7 – вихідний патрубок; 8, 18 – передня і задня стінки циліндра; 9 – патрубок для повернення жиру; 11 – термометр; 12, 14 – вентиля для холодної та гарячої води; 13 – трійник; 15 – металева спіраль; 16 – гумова стрічка; 17 – кожух; 19 – підшипник кочення; 20 – приводний вал; 22, 23, 24 – ланцюгові передачі; 25 – проміжний валик; 26 – клинопасова передача; 27, 31 – нагнітальна і всмоктуюча труби; 28 – станина; 29 – електродвигун, 30 – насос.

Витискувачі циліндрів 4, 6, 8 (рис. 13.2) приводяться в рух від веденого вала клинопасової передачі 11 послідовно через ланцюгові передачі 9, 7 і 5, забезпечуючи частоту обертання витискувачів: верхнього $6,02 \text{ c}^{-1}$, середнього $8,01 \text{ c}^{-1}$ і нижнього $10,51 \text{ c}^{-1}$. Потужність електродвигуна $1,5 \text{ кВт}$. Загальна площа теплопередачі апарата $1,2 \text{ м}^2$, температура охолоджуючої води 10°C , витрата $1,5 \text{ м}^3/\text{год}$, що дозволяє охолоджувати яловичий жир до 42°C , свинячий до 35°C від початкової температури 76°C . Продуктивність охолоджувача 1350 кг/год по свинячому жиру і 1500 кг/год по яловичому. Маса апарату 326 кг .

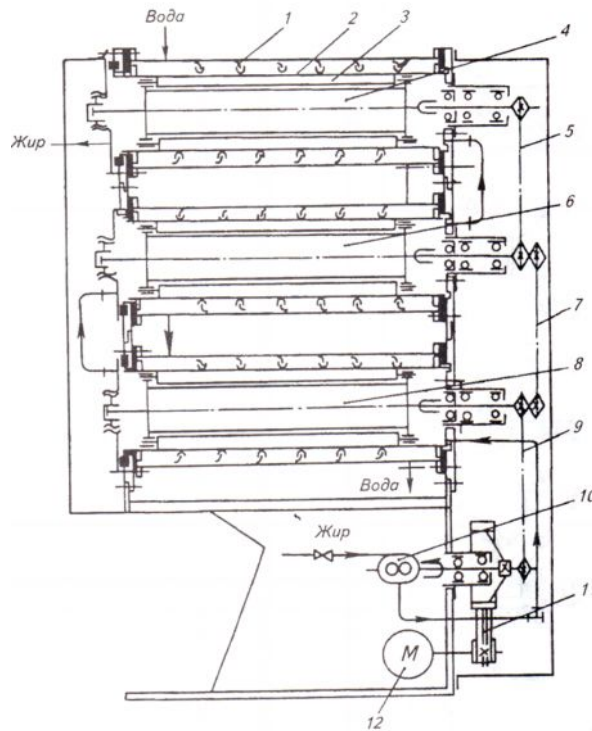


Рис. 13.2. Кінематична схема охолоджувача жиру Д5-ФОЖ:

1 – гумова стрічка; 2 – циліндр; 3 – лопать; 4, 6, 8 – витискувачі; 5, 7, 9 – ланцюгові передачі; 10 – шестеренчастий насос; 11 – клинопасова передача; 12 – електродвигун.

До циліндрових також відноситься охолоджувач жиру Д5-ФОП (рис. 13.3). Він має два робочих циліндра 9, встановлені паралельно в горизонтальній площині на станині 1. Циліндри мають сорочку, розділену на спіральні канали, і теплоізоляцію. Усередині циліндрів обертаються витискувачі з лопатями, які повертаються на осях.

Жир по всмоктуючому патрубку 5 потрапляє в шестеренчастий насос 2 і далі по патрубку 16 нагнітається в перший циліндр, проходить через перехідний патрубок 7 у другий циліндр і далі в трубопровід для розливу 13 через триходовий пробковий кран 12. Температуру жиру на виході контролюють за допомогою датчика 11 і термометра 10.

Охолоджуюча вода подається в сорочку протитечією через трубопровід 14 у другий циліндр і через перехідний патрубок 8 в перший. Насос приводиться в обертання від електродвигуна 3 потужністю 3 кВт через клинопасову передачу 4, а витискувачі – від веденого валу клинопасової передачі через ланцюгові передачі 6.

Загальна площа поверхні теплопередачі апарату $1,96 \text{ м}^2$, продуктивність його складає від 1700 до 2700 кг при зміні температури холодоносія (води або розсолу) від 10 до -10°C . Кінцева температура яловичого жиру 40°C , свинячого – 35°C . Маса апарату 650 кг.

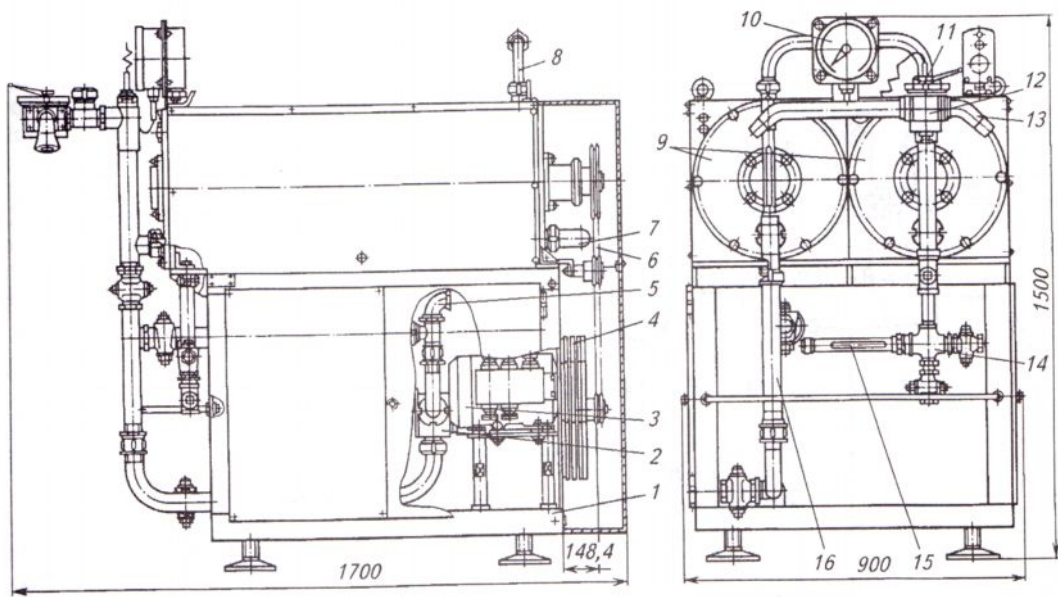


Рис. 13.3. Охолоджувач жиру Д5-ФОП:

1 – станина; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – клинопасова передача; 5 – всмоктуючий патрубок; 6 – ланцюгові передачі; 7 – перехідний патрубок для жиру; 8 – перехідний патрубок для води; 9 – робочі циліндри; 10, 15 – термометри; 11 – датчик температури; 12 – трьохходовий пробковий кран; 13 – трубопровід для розливу жиру; 14 – трубопровід для подачі холодної води; 16 – нагнітаючий патрубок.

Охолоджувач жиру «Титан» (рис. 13.4) має чотири робочих циліндра 6, з'єднаних послідовно для проходження жиру. Циліндри мають сорочку для холодоносія (вода і розсіл) і теплоізоляцію. Витискувачі 7 забезпечені похилими лопатями, утворюють чотири переривчасті спіралі. Зазор між циліндром і барабаном витискувача 12,5 мм, між циліндром і лопаттю 0,5 мм.

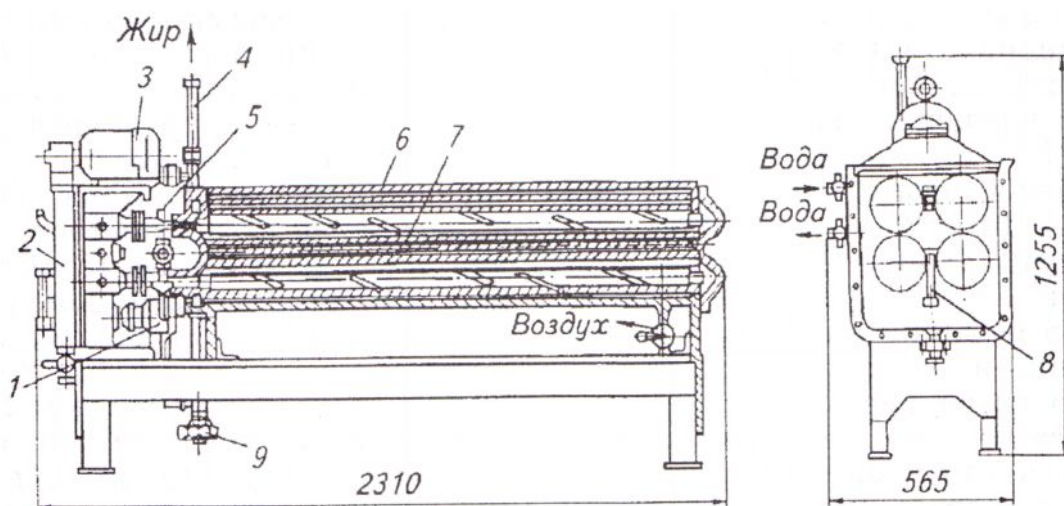


Рис. 13.4. Охолоджувач жиру «Титан»:

1 – насос для жиру; 2 – роздаточна коробка; 3 – електродвигун; 4, 5 – патрубки для відведення і подачі жиру; 6 – робочий циліндр; 7 – витискувач; 8 – термометр; 9 – патрубок для зливання жиру.

Жир прокачується через зазори циліндрів насосом 1 з тиском 0,1 МПа і відводиться через патрубок 4. Витискувачі і насос приводяться в обертання від електродвигуна 3 потужністю 1,5 кВт через клинопасову передачу і роздавальну коробку 2 з циліндричних зубчастих коліс. Діаметр циліндра 0,15 м, довжина 1,5 м, площа поверхні теплопередачі 0,7 м². Частота обертання витискувачів 2,7 с⁻¹.

При охолодженні жиру з 75 до 38 °С вода нагрівається від 10 до 22 °С. Продуктивність апарату при охолодженні водою до 750 кг/год, розсолем до 1250 кг/год.

Основні розрахунки

При розрахунку охолоджувачів складають теплові баланси, визначають кількість теплоти, яка відводиться, продуктивність апаратів, поверхні теплообміну, витрати рідини для охолодження.

Кількість теплоти, яка відводиться (Дж/кг) при охолодженні жиру до повного застигання (кристалізації):

$$q = c_n \cdot (t_n - t_3) + r_{жс} + c_k \cdot (t_3 - t_k)$$

де c_n , c_k – питома теплоємність розплавленого і застиглого жиру, Дж/(кг·К); t_n , t_3 , t_k – температури жиру початкова, застигання і кінцева, °С; $r_{жс}$ – прихована теплота кристалізації жиру, Дж/кг. Для розрахунків можна приймати $c_n = 2300$ Дж/(кг·К), $c_k = 1460$ Дж/(кг·К), $r_{жс} = (1,21 \dots 1,46)10^5$ Дж/кг.

Температури початку застигання жирів: яловичого 34...38 °С, баранячого 34...35 °С, свинячого 22...33 °С.

Якщо жир охолоджується до температури, яка перевищує температуру застигання, то кількість теплоти (Дж/кг):

$$q = c_n \cdot (t_n - t_k)$$

Для орієнтовних розрахунків можна прийняти наступні значення коефіцієнтів теплопередачі K [Вт/(м²·К)]: для котлів з мішалкою 550...600, для циліндрових апаратів 700...750, для пластинчастих 1000...1100.

Продуктивність (кг/с) періодичнодіючих охолоджувачів періодичної дії визначається за формулою:

$$M = 60G_n / \tau,$$

де G_n – маса одноразового завантаження, кг; τ – тривалість циклу обробки, хв. Тривалість циклу включає тривалість охолодження і тривалість підготовчо-заклучних операцій.

Маса одноразового завантаження визначається за формулою:

$$G_n = \alpha \rho V,$$

де α – коефіцієнт завантаження об'єму апарата $\alpha = 0,8 \dots 0,85$; ρ – густина продукції, кг/м³; V – геометричний об'єм апарата, м³.

Розрахунок циліндрових охолоджувачів

Продуктивність (кг/с) циліндрових охолоджувачів безперервної дії:

$$M = F_u \cdot v_{oc} \cdot \rho = \frac{\pi}{4} \cdot (D_u^2 - D_s^2) \cdot \varphi \cdot v_{oc} \cdot \rho,$$

де F_u – площа поперечного перерізу продукту, м^2 ; v_{oc} – осьова швидкість руху продукту, м/с ; D_u , D_v – діаметри внутрішній циліндра і зовнішній витискувача, м ; φ – коефіцієнт корисного використання перерізу з урахуванням об'єму лопатей; $\varphi = 0,7 \dots 0,8$.

Осьова швидкість (м/с) створюється живильним насосом і може бути визначена при заданих початкових значеннях продуктивності і при передбачуваних значеннях D_u і D_v :

$$v_{oc} = LM / (\pi(D_u^2 - D_v^2)\varphi\rho).$$

Площа поверхні теплообміну при охолодженні жиру при заданій продуктивності M (кг/с) визначається за формулою:

$$F = Mq / k\Delta t$$

де q – питома кількість теплоти, що відводиться від жиру при охолодженні, Дж/кг ; k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; Δt – середньоарифметична або середньологарифмічна різниця початкової і кінцевої температури продукту, $^\circ\text{C}$.

Знаючи площу поверхні теплопередачі і периметр циліндра $\Pi = \pi D_u$, визначаємо сумарну довжину циліндра:

$$L = F / \Pi$$

За сумарною довжиною визначають раціональні довжини і кількість окремих циліндрів в апараті.

Завдання 1. Провести розрахунок охолоджувача жиру Д5-ФОЖ (визначити продуктивність і необхідну кількість охолоджувальної води), якщо внутрішній діаметр циліндра становить $200 + \text{№варіанта}$, мм і зовнішній діаметр витискувача $180 + \text{№ варіанта}$, мм . Проводиться охолодження яловичого жиру.

Завдання 2. Визначити продуктивність охолоджувача жиру періодичної дії об'ємом $0,63 + \text{№ варіанта}/10$, м^3 , а також кількість теплоти, яку необхідно відвести при охолодженні свинячого жиру до повного застигання.

Контрольні запитання

- 1. Типи циліндрових апаратів для охолодження жиру.*
- 2. Як організовані потоки жиру і холодоносія в циліндрових апаратах?*
- 3. Конструкція пластинчастого охолоджувача для жиру.*
- 4. З якою метою в теплообмінниках встановлюють секцію регенерації?*
- 5. Як визначити площу поверхні теплообміну при охолодженні жиру?*

14. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ М'ЯСОПРОДУКТІВ. РОЗРАХУНОК ШНЕКОВОГО ПРЕСА

Мета заняття – вивчити будову і принцип дії обладнання, яке використовується для пресування на підприємствах м'ясопереробної промисловості; провести розрахунок пресів для дообвалювання м'ясопродуктів.

Теоретичні відомості

Для обвалювання, дообвалювання і жилювання м'яса використовують поршневі, шнекові і барабанні преси.

Поршневі преси застосовують при дообвалюванні будь-яких кісток, отриманих при ручному обвалюванні.

Поршневий прес для дообвалювання П100 фірми «Ласка» (Австрія), показаний на рис. 14.1. Він має оригінальну конструкцію пресуючої камери (рис. 14.1, а).

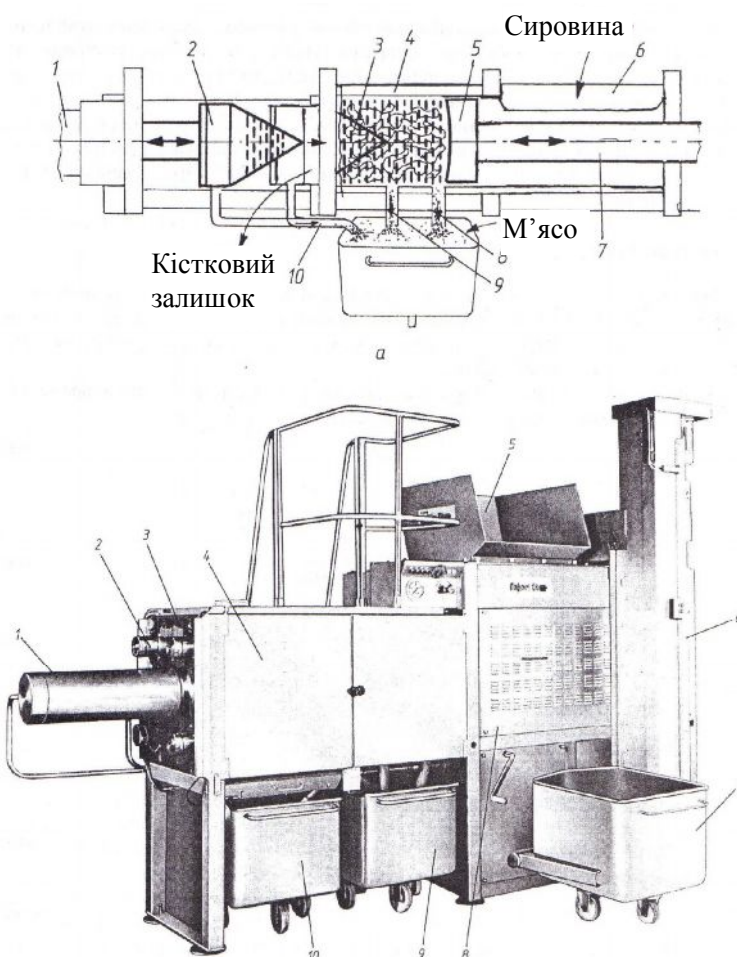


Рис.14.1. Поршневий прес для дообвалювання П100 фірми «Ласка»:
а – технологічна схема: 1 – гідроциліндр затвора; 2, 3 – затвор у відкритому і закритому положенні; 4 – камера пресування; 5 – пресуючий поршень; 6 – камера завантажування; 7 – шток поршня; 8,9,10 – патрубки для відведення м'ясної маси;
б – загальний вигляд: 1 – гідроциліндр затвора; 2 – гайки; 3 – траверса; 4 – вузол пресування; 5 – живильник; 6 – завантажувач; 7 – візок для сировини; 9,10 – візки для м'яса.

У пресуючому циліндрі 4 встановлені фільтруючі кільця з проточками на торцях, які утворюють у зібраному комплекті щілини шириною 0,8 мм і довжиною 40 мм. Пресуючий поршень 5 з гладким торцем з'єднаний штоком 7 з поршнем гідроциліндра. Передній торець камери пресування закритий затвором 2 конічної форми. Конус затвора збирають з концентричних кілець з

проточками, що утворюють щілини. У закритому положенні конічна частина затвора 3 входить у внутрішню порожнину камери пресування. При цьому пресована маса розділяється на частини, і тим зменшується шлях внутрішнього переміщення м'ясної маси. Затвор переміщається штоком гідроциліндра 7. Відпресована м'ясна маса виходить з циліндра через патрубки 8 і 9 і з затвора через патрубок 10. Наявність двох відвідних патрубків на циліндрі дозволяє виробляти розділення м'ясної маси по сортності, тому що на початку пресування при менших тисках виділяється через патрубок 8 маса, що містить більшу кількість м'язової тканини.

Прес П100 (рис. 14.1, б) має горизонтально розташований пресуючий циліндр, приєднаний до корпусу 8 траверсою 3, чотирма стійками і гайками 2. У корпусі розташований гідроциліндр, гідростанція і апаратура для управління. До траверси прикріплений гідроциліндр 1 затвора. Сировина для пресування подають підйомником 6 з візком 7 в бункер живильника 5. М'ясна маса надходить у візки 9 і 10. Діаметр пресуючого поршня 250 мм, одноразове завантаження сировини в циліндр 16 кг, тиск пресування до 40 МПа. За рахунок конструкції конусного затвора вихід м'ясної маси (від вихідної на кістках) доходить до 55%. Потужність приводу машини 18 кВт, маса 5100 кг, продуктивність по вихідному продукту до 1500 кг/год.

Розрахунок поршневих пресів

Продуктивність поршневого преса періодичної дії M , кг/с, як машини періодичної дії дорівнює

$$M = \frac{G}{\tau_{\text{ц}}} = \frac{V \cdot \rho_{\text{нас}}}{\tau_{\text{ц}}},$$

де G – маса одноразового завантаження, кг; V – об'єм камери завантаження; $\rho_{\text{нас}}$ – насипна густина сировини, кг/м³; $\tau_{\text{ц}}$ – тривалість робочого циклу, с.

Об'єм камери завантаження, м³, (рис.14.2):

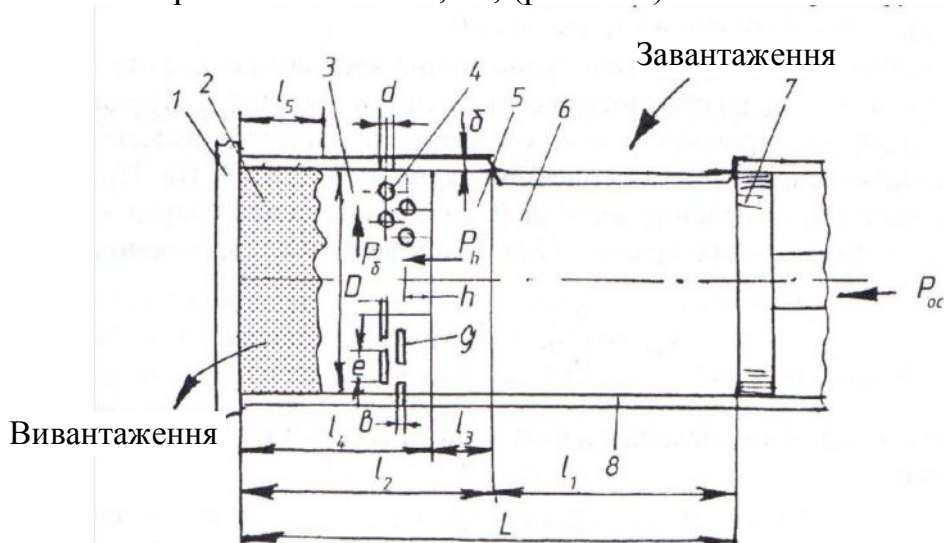


Рис.14.2. Схема розрахунку поршневого преса для дообвалювання м'яса: 1 – шибера; 2 – кістковий брикет, 3 – зона пресування; 4 – круглі отвори; 5 – зона підпресовування, 6 – завантажувальна камера, 7 – поршень, 8 – циліндр, 9 – щілини.

l_1 – довжина камери завантаження; l_2 – довжина камери пресування, яка розділена на дві зони: l_3 – зона підпресовування і l_4 – зона пресування; l_5 – довжина брегета; L – загальний хід пресуючого поршня; P_{oc} – осьова сила.

Насипна маса подрібнених кісток після обвалювання дорівнює в середньому 700 кг/м^3 . При щільному ручному укладанні густина тазових кісток дорівнює 330 кг/м^3 ; хребців шийних і спинних – 490 кг/м^3 ; передніх кінцівок – 423 кг/м^3 , задніх кінцівок – 558 кг/м^3 .

Тривалість циклу пресування $\tau_{\text{ц}}$ залежить від багатьох факторів: діаметра циліндра і довжини ходу поршня, величини одноразового завантаження, ступеня автоматизації і механізації завантаження тощо. Її визначають із експериментальних і довідникових джерел. Для орієнтовних розрахунків можна приймати тривалість циклу $\tau_{\text{ц}} = 20 \dots 25 \text{ с}$ при одноразовому завантаженні преса $10 \dots 12 \text{ кг}$ і $50 \dots 55 \text{ с}$ при завантаженні до 15 кг .

Питому витрату енергії на пресування з виділенням рідкої фракції визначають по середньому тиску $P_{\text{сер}}$ (Па)

$$a = P_{\text{сер}} \cdot (V_3 - V_{\text{бр}}) = P_{\text{сер}} \cdot \left(\frac{1}{\rho_{\text{нас}}} - \frac{1}{\rho_{\text{бр}}} \right),$$

де V_3 – питомий об'єм завантаження, $\text{м}^3/\text{кг}$; $V_{\text{бр}}$ – об'єм відпресованого брикету, $\text{м}^3/\text{кг}$; $\rho_{\text{бр}}$ – густина матеріалу брикету, кг/м^3 .

Середній тиск дорівнює (Па):

$$P_{\text{сер}} = \frac{P_{\text{кін}}}{n},$$

де $P_{\text{кін}}$ – кінцевий тиск пресування, Па; n – коефіцієнт ($2,8 \dots 3,2$).

Шнекові преси (машини безперервної дії) застосовують для обвалювання некондиційних тушок птиці, дообвалювання м'яса з кісток всіх видів тварин і птиці після ручного обвалювання і для жилювання м'яса. Робочим органом пресів є пара – шнек і зеєр. Шнеки подають сировину, частково подрібнюють її і створюють тиск у зоні пресування. Тиск створюють за рахунок зменшення міжвиткового обсягу шнека. Для цього шнек виконують циліндричним з зменшуваним кроком по ходу руху продукту або з постійним кроком і збільшуваним внутрішнім діаметром. Застосовують конічні шнеки з зменшуваним по ходу руху зовнішнім діаметром і з постійним кроком навивки. Можливі комбінації всіх перерахованих способів.

Зеєр – гільза, в якій обертається шнек. Зеєри виконуються суцільними циліндричними і конічними або збірними. У суцільних гільзах і в стінках свердлять отвори, діаметр яких визначається властивостями сировини і якістю кінцевого продукту. Збірні зеєри збирають з кілець або поздовжніх планок. На шліфованих торцевих площинах кілець фрезерують різної форми канавки. Після складання кілець в пакет канавки утворюють отвори для проходу текучої фази сировини. Планки встановлюють з зазором між собою вздовж твірної циліндра. При цьому зазор може бути постійної або змінної ширини.

У порівнянні з поршневими, шнекові преси мають ряд переваг. Пресування відбувається в «тонкому» шарі продукту, товщина якого в різних пресах змінюється від 5 до 20 мм. Обертний шнек зрізає поверхневий шар переміщеної маси з розташованими в ній кістковими включеннями. Тому розмір кісткових частинок не перевищує 0,5 мм, що в 5...6 разів менше, ніж на поршневих пресах.

Вихід м'ясної маси на шнекових пресах від її загального вмісту на кістках становить 71...81%, а на поршневих – від 62 до 71%. Шнекові преси компактніші, ніж поршневі, у них менша питома матеріалоемність. Їх питомі енергетичні показники близькі до поршневих.

До недоліку шнекових пресів слід віднести швидке зношення, зокрема, особливо суцільних з просвердленими отворами. Крім того, при пресуванні отримана м'ясна маса нагрівається на 9...12 °С, що вимагає або попереднього підморожування сировини до температури –1 °С, або швидкого охолодження і заморожування кінцевого продукту.

Шнековий прес фірми «Біхайв» (США), схема якого показана на рис. 14.3, складається з чотирьох робочих механізмів: живильного, пресуючого та регулюючого. Живильний механізм має циліндричний шнек 6 з змінним кроком навівки, який встановлений в корпусі, обладнаному завантажувальною горловиною 5.

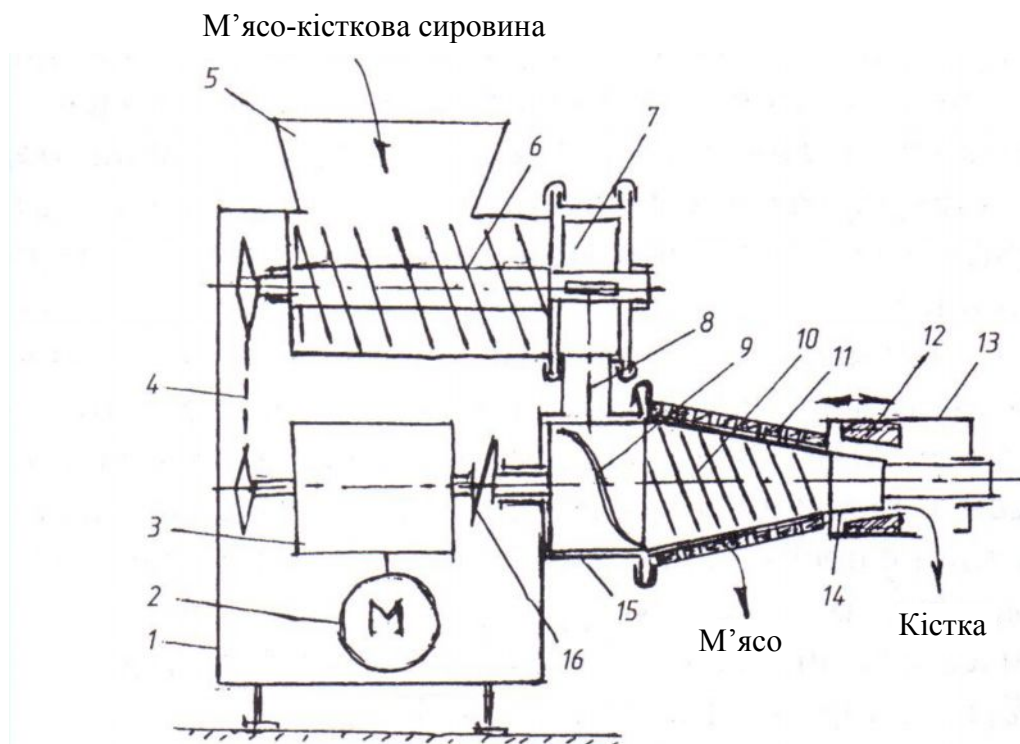


Рис. 14.3. Шнековий прес для дообвалювання м'яса фірми «Біхайв»:

- 1 – корпус; 2 – електродвигун, 3 – редуктор; 4 – ланцюгова передача;
- 5 – завантажувальна горловина, 6 – живильний шнек, 7 – лопатевий насос,
- 8 – перехідний патрубок, 9 – подаючий шнек, 10 – пресуючий шнек;
- 11 – зеєр, 12 – гайка, 13 – корпус регулюючого механізму, 14 – конус,
- 15 – циліндричний корпус, 16 – муфта.

Подаючий механізм складається з чотирьохлопатевого насоса 7, який встановлено на хвостовику живильного шнека. Пресуючий механізм включає шнек і зеєр 11. Шнек має циліндричну подаючу частину 9 з навивкою великого кроку і пресуючу - конічну 10. Зеєр 11 складається з конічної гільзи, в якій просвердлені отвори. Механізм регулювання складається з конуса 14 на хвостовій частині шнека і гайки 12 з внутрішньою конічною поверхнею і зовнішньою різьбою. Гайка вгвинчується в корпус регулюючого механізму 13. При переміщенні гайки змінюють зазор і тим самим витрату і тиск кісткової маси. Привод пресуючого і живильного шнеків здійснюється від одного електродвигуна 2 через редуктор 3 з двома виходами веденого вала. Один вихід муфтою 16 з'єднаний з пресуючим валом, а на другому встановлена привідна зірочка ланцюгової передачі 4, через яку приводиться в рух живильний шнек. У деяких модифікаціях пресів фірми «Біхайв» використовують два електродвигуна для роздільного приводу шнеків. Усі механізми шнека встановлені в корпусі 7.

Попередньо подрібнена м'ясо-кісткова сировина надходить у завантажувальний бункер 5 і подається шнеком 6, у якого зменшується крок навивки в напрямку руху, в лопатевий насос 7. Насос нагнітає масу через перехідний патрубок 8 в циліндричний суцільний корпус 15, в якому здійснюється підпресовування сировини, ущільнення шматків і ліквідація повітряних прошарків. Потім сировина поступає в конічну зону пресування, де відділяється м'язова тканина. Кістковий залишок виводиться через регулюємий зазор між конусом 14 і гайкою 12.

Прес типу У-1000 призначений для застосування на птахо- і рибопереробних підприємствах великої потужності, заготівельних підприємствах громадського харчування, у фермерських господарствах, які займаються переробкою птиці і риби з метою раціонального використання сировини і механізації процесу обвалювання.

Шнековий прес У 1000-5/М11 (рис. 14.4) призначений для обвалювання тушок птиці, їх окремих частин і для дообвалювання кісток птиці після ручного обвалювання.

Принцип дії преса полягає в тому, що залишки м'яса відділяються від кісток під тиском і фільтруються через гільзу-фільтр. Підвищення тиску здійснюється поступово, по мірі просування сировини всередині робочої частини преса. Потужність двигуна приводу становить 11 кВт. Частота обертання двигуна 3000 об/хв., частота обертання шнека 160 об/хв. Основні габаритні розміри преса 2160×706×1454 мм, маса 440 кг. Продуктивність по вихідній сировині до 1000 кг/год.

Прес складається з живильного, пресуючого і регулюючого механізмів. Всі механізми зібрані в корпусі, 1, на якому знаходиться завантажувальна горловина 2. Шнек приводиться в дію від електродвигуна через редуктор. Пресуюча частина шнека розташована в цілому циліндричному корпусі підпресовування і перфорованому циліндрі. Перфорований циліндр 3 преса У 1000-5/11М виконаний в вигляді циліндричної гільзи з просвердленими

отворами. Діаметр отворів в циліндрі 1 мм під завантажувальною воронкою і 0,8 мм ближче до вивантаження.

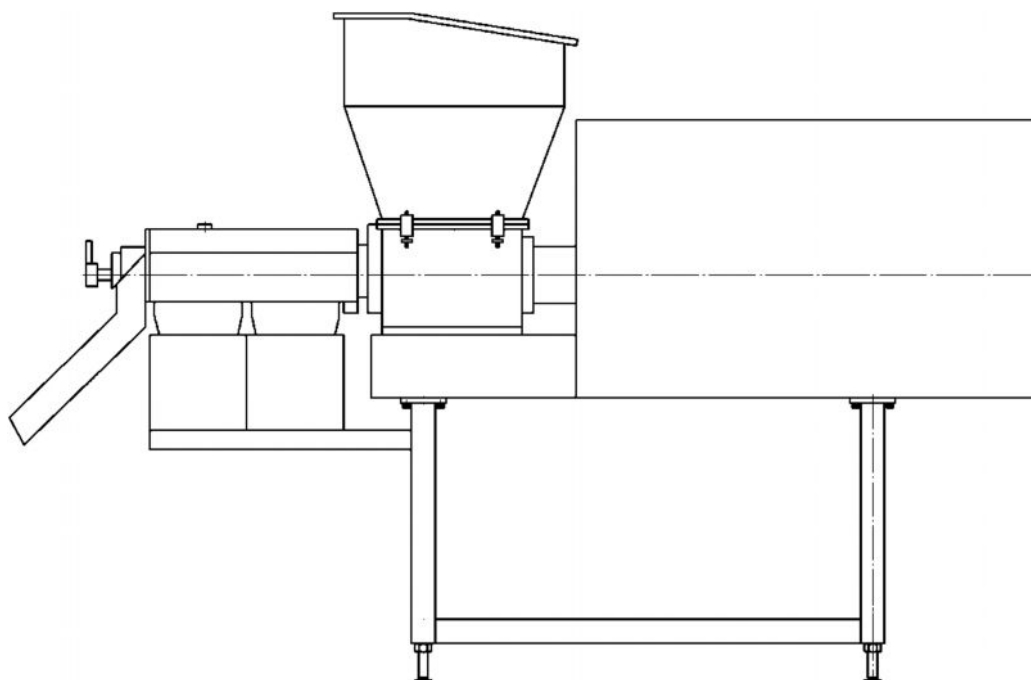


Рис.14.4. Шнековий прес механічного обвалювання м'яса птиці У 1000/5–11М:

1 – корпус; 2 – завантажувальна горловина; 3 – перфорований барабан; 4 – циліндр (гільза-фільтр); 5 – регулювальна гайка.

Шнек преса має постійний по довжині крок навивки, і змінний зовнішній і внутрішній діаметр. Він розділений на три ділянки по функціональному призначенню. Ділянка 1 – ділянка подачі сировини, має постійний діаметр, і збільшений внутрішній діаметр. Ділянка 2, яка відноситься до зони підпресування, має конічну форму. Зовнішній діаметр шнека зменшується з 70 до 60 мм, а внутрішній – збільшується до 40 мм. Ділянка 3 – ділянка пресування. На цій ділянці шнек циліндричний, а внутрішній діаметр навивки збільшується до 46 мм.

Весь цикл роботи легко виконується одним оператором, який подає сировину у воронку завантажувального бункера і слідкує за виходом кондиційної продукції і кісткового залишку. В кінці роботи преса для звільнення тракту від кісток та м'яса необхідно пропрацювати приблизно 25 с без подачі сировини в бункер для повного припинення виходу фаршу і кісток. Великою перевагою цієї системи є те, що рівні тиску в робочому тракті можуть бути встановлені під час роботи з допомогою гайки регулювання. Регулювальною гайкою треба досягти віджиму сировини, що відповідає технологічній інструкції.

Вихід м'ясної маси визначається на пробній партії в режимі безперервного завантаження сировини. Контроль виходу м'ясної маси здійснюється шляхом зважування вхідної сировини, м'ясної маси і кісткового залишку, які отримуються за окремий проміжок часу. Після цього

відпускається або затягується регульовальна гайка 4 і відповідно, клапан. Після досягнення нормативного виходу робиться помітка на гайці і на корпусі клапана.

Забороняється допускати нагрів деталей преса в районі клапана, оскільки це може призвести до поломки основних деталей робочого тракту (клапана, гільзи, шнека). При підвищенні температури необхідно збільшити зазор між клапаном і шнеком, звільнивши перед цим робочий тракт від сировини.

При роботі преса шнек і гільза зношуються, при цьому зменшується продуктивність преса і якість м'ясної маси. По мірі зношення сепаруючого вузла положення риски повинно зміщуватися в сторону «піджати».

Розрахунок шнекових пресів

Продуктивність M ($\text{м}^3/\text{с}$) шнекових механізмів як машин неперервної дії визначають з умов нерозривності або суцільності потоку:

$$M = f \cdot v_{oc} = \pi \cdot (r_a^2 - r_1^2) \cdot \varphi \cdot v_{oc},$$

де f – площа поперечного перерізу продукта, м^2 ; v_{oc} – швидкість переміщення продукції вздовж осі шнека, $\text{м}/\text{с}$; r_a , r_1 – зовнішній і внутрішній радіуси шнека, м ; φ – коефіцієнт заповнення корпусу.

В транспортуючих шнекових механізмах $\varphi=0,2\dots0,5$, у витискуючих і пресуючих $\varphi=1$.

Найбільша осьова швидкість v'_{oc} зміщення продукції відповідає схемі, в якій шнек і продукт взаємодіють як ходовий гвинт і гайка. В цьому випадку продукція має тільки один рух – вздовж осі шнека, і тому

$$v'_{oc} = H \cdot n = \frac{H \cdot \omega}{2\pi} = v_{кол} \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

де H – крок шнека, м ; n – частота обертання шнека, с^{-1} ; ω – кутова частота обертання шнека, $\text{рад}/\text{с}$; $v_{кол}$ – колова швидкість шнека, $\text{м}/\text{с}$; α – кут нахилу розгортки шнека, град .

$$v_{кол} = \omega \cdot r,$$

де r – поточний радіус шнека.

Найбільша швидкість ковзання $v'_{ковз}$ ($\text{м}/\text{с}$) продукції об поверхню гвинта:

$$v'_{ковз} = \frac{v_{кол}}{\cos \alpha}.$$

Тоді найбільша продуктивність M' ($\text{м}^3/\text{с}$) шнекового преса

$$M' = f \cdot H \cdot \frac{\omega}{2} \cdot (r_a^2 - r_1^2)$$

В реальному випадку, коли продукція не має обмежень руху в корпусі і існує тертя продукції об поверхню шнека, осьова швидкість

$$v_{oc} = v_s \cdot \cos(\alpha + \rho) = v_n \cdot \cos \rho^{-1} \cdot \cos(\alpha + \rho),$$

де $v_n = v_{кол} \cdot \sin \alpha$ – швидкість продукції по нормалі до гвинтової поверхні, $\text{м}/\text{с}$; ρ – кут тертя.

Тоді після перетворень

$$v_{oc} = v_{кол} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \rho} \cdot \cos(\alpha + \rho) = \omega \cdot r_{сер} \cdot \sin \alpha_{сер} \cdot (\cos \alpha_{сер} - \mu \cdot \sin \alpha_{сер}),$$

де $\mu = \operatorname{tg} \rho$ – коефіцієнт тертя продукту об поверхню витків; $r_{сер}$ – середньоквадратичне значення радіуса, м; $\alpha_{сер}$ – величина кута розгортки шнека при $r_{сер}$.

$$r_{сер} = 0.71 \cdot \sqrt{r_a^2 + r_1^2}.$$

Середній кут $\alpha_{сер}$ знаходимо з формули

$$\operatorname{tg} \alpha_{сер} = \frac{H}{2\pi \cdot r_{сер}}.$$

Швидкість ковзання $v_{ковз}$ (м/с) продукції по поверхні шнека

$$v_{ковз} = \omega \cdot r_{сер} \cdot (\cos \alpha_{сер} - \mu \cdot \sin \alpha_{сер})$$

Площа f (м²) поперечного перерізу продукту в корпусі з урахуванням зменшення перерізу за рахунок товщини витка

$$f = \pi \cdot (r_a^2 - r_1^2) - \frac{b \cdot (r_a - r_1)}{\cos \alpha_{сер}}$$

З урахуванням цього, найменша продуктивність M (м³/с) шнекового преса

$$M = \omega \cdot r_{сер} \cdot \left[\pi \cdot (r_a^2 - r_1^2) - \frac{b \cdot (r_a - r_1)}{\cos \alpha_{сер}} \right] \sin \alpha_{сер} \cdot (\cos \alpha_{сер} - \mu \cdot \sin \alpha_{сер})$$

Розрахунок продуктивності по останній формулі достатньо точний при куті нахилу α до 20°.

Масова продуктивність, кг/год:

$$M_1 = M \cdot \rho$$

Потужність двигуна до шнекового преса (кВт) визначають по формулі:

$$N = \frac{a \cdot M \cdot \varphi \cdot \eta_a}{1000 \cdot \eta},$$

де a – питома витрата енергії на пресування, Дж/кг; M – продуктивність преса по масі, яка завантажується, кг/с; φ – коефіцієнт, що враховує втрати енергії на тертя маси об робочі деталі преса ($\varphi=1,3 \dots 1,5$); η_a – коефіцієнт запасу потужності; η – коефіцієнт корисної дії передавальних механізмів.

Питому витрату енергії на пресування a (Дж/кг) визначають по середньому значенню тиску пресування $P_{сер}$ (Па) і зміні об'єму

$$a = P_{сер} \cdot (V_{поч} - V_{кін}),$$

де $V_{поч}$, $V_{кін}$ – початковий і кінцевий об'єми маси, яка пресується, м³/кг.

Середній тиск $P_{сер}$ дорівнює (Па):

$$P_{сер} = \frac{P_{кін}}{n},$$

де $P_{кін}$ – тиск в кінці пресування, Па; n – коефіцієнт (2,8 ... 3,2).

Завдання 1. Визначити продуктивність і потужність двигуна приводу шнекового преса для дообвалювання м'яса птиці У-1000 при наступних даних:

зовнішній і внутрішній діаметри шнека відповідно становлять $d_a=100+N_0$ варіанта мм і $d_l=50+N_0$ варіанта, мм, а частота обертання шнека $n=160+N_0$ варіанта, об/хв.

Завдання 2. Визначити продуктивність і питомі витрати енергії на пресування в пресі періодичної дії при умові, що об'єм пресуючої камери становить $V=40+N_0$ варіанта, л.

Контрольні запитання

1. Класифікація обладнання для пресування м'ясопродуктів.
2. Будова і принцип роботи поршневих пресів для дообвалювання м'яса.
3. Особливості конструкції робочих механізмів шнекових пресів.
4. Продуктивність пресів періодичної і безперервної дії.
5. Як визначити потужність двигуна приводу шнекового преса?

15. ЗАСТОСУВАННЯ МОЛОТКОВИХ ДРОБАРОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ, РОЗРАХУНОК ЇХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ

Мета заняття – ознайомитися з будовою і принципом роботи молоткових дробарок, специфікою їх використання на підприємствах м'ясопереробної промисловості; виконати розрахунок основних параметрів молоткових дробарок.

Теоретичні відомості

Молоткові дробарки використовують для подрібнення крихких матеріалів, таких, як кістка сира і виварена, суха шквара. У цих машинах сировина подрібнюється під дією ударів по ній сталевих молотків, які швидко обертаються, ударами частинок об корпус дробарки і при перетиранні частинок. Найширше застосування отримали дробарки з вільно підвішеними молотками.

Для крупного подрібнення застосовують одноступеневі дробарки, для тонкого – двоступеневі. Молоткові дробарки мають схожу конструкцію і відрізняються розмірами, кількістю молотків, швидкістю їх руху, механізмами завантаження та іншим.

Молоткова дробарка БДМ–400 (рис. 15.1) призначена для подрібнення шквари. Корпус дробарки складається з нижньої 8 і верхньої 4 частин. До верхньої частини корпусу прикріплені рифлені плити 1 і відбивач 6. Відбивач можна повертати на осі з допомогою гвинтового механізму 5. У нижній частині корпусу встановлена решітка 13.

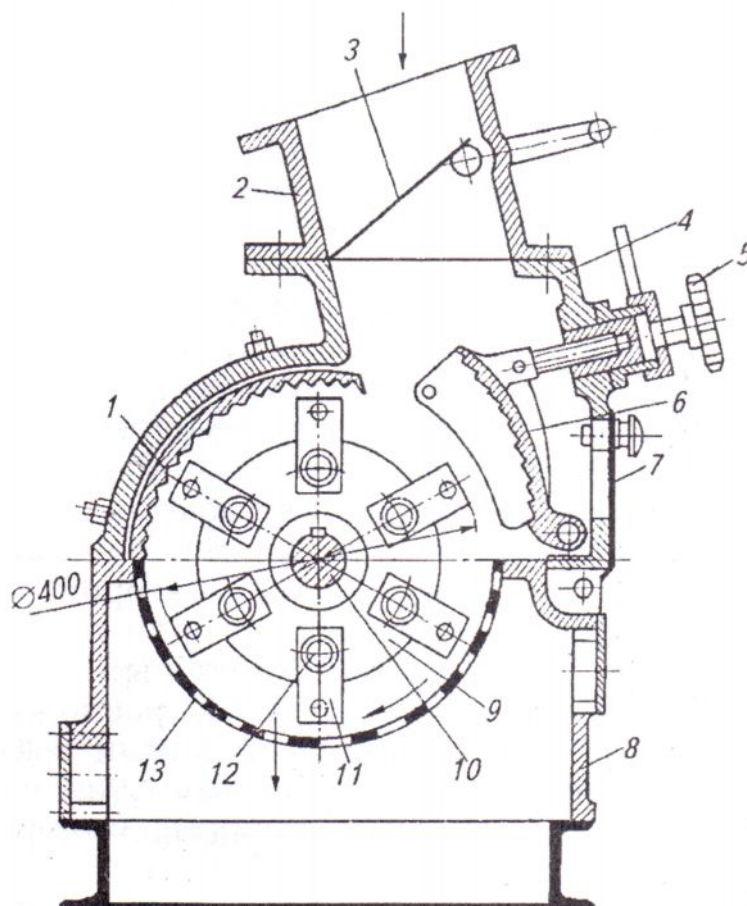


Рис. 15.1. Молоткова дробарка БДМ–400:

1 – рифлені плити, 2 – завантажувальна горловина; 3 – козирок, 4, 8 – верхня і нижня частини корпусу, 5 – гвинтовий механізм; 6 – відбивач; 7 – кришка; 9 – диск; 10 – вал; 11 – молоток; 12 – стержень, 13 – решітка.

На валу 10 за допомогою шпонки встановлені диски 9, в яких зафіксовані шість стержнів 12, а на стержнях шарнірно закріплені вісімнадцять молотків 11.

Молоткова дробарка К7–ФКЕ–10 (рис. 15.2) призначена для подрібнення вивареної кістки і шквари. Спосіб кріплення дисків і молотків – такий же, як і в дробарці БДМ–400. Вал дробарки 8 обертається у двох підшипникових опорах 9 і приводиться в обертання від електродвигуна через напівмуфту 10. Диски 2 рівномірно розподіляють по довжині вала за допомогою розпірних втулок 7 і стискають гайками 12. Молотки фіксують між дисками шайбами 6, а стержень утримується від осьового зміщення шплінтами. Продукт у дробарку, так як і у попередню (див. рис. 15.1), завантажують через горловину 2, і він потрапляє на рухомі молотки 11, якими відкидається до периферії на рифлену плиту відбивача 6. Під дією ударів продукт подрібнюється, а на решітці 13 відсіюється дрібна фракція, яка відповідає діаметру отворів решітки. Більш великі частки захоплюються молотками до рифленої плити 1 і додатково подрібнюються в зазорі. Кінцевий розмір часточок регулюють величиною зазору між молотками і відбивачем, а також діаметром отворів у решітці. Продуктивність дробарки БДМ–400 по шкварі досягає 400 кг/год при частоті

обертання валу 48,3 с-1 і кутовій швидкості на зовнішньому колі молотків 61 м/с. Потужність електродвигуна 7 кВт. При початковому подрібненні сирови і вивареної кістки використовують решітки з отворами діаметром від 25 до 30 мм, при подрібненні шквари – від 3 до 6 мм. Продуктивність однороторних дробарок залежно від діаметра по зовнішньому колу молотків, їх кількості і швидкості руху коливається в межах від 400 до 3800 кг/год. Діаметр кола молотків від 0,30 до 0,61 м, їх кількість від 180 до 350, колова швидкість від 61 до 70 м/с.

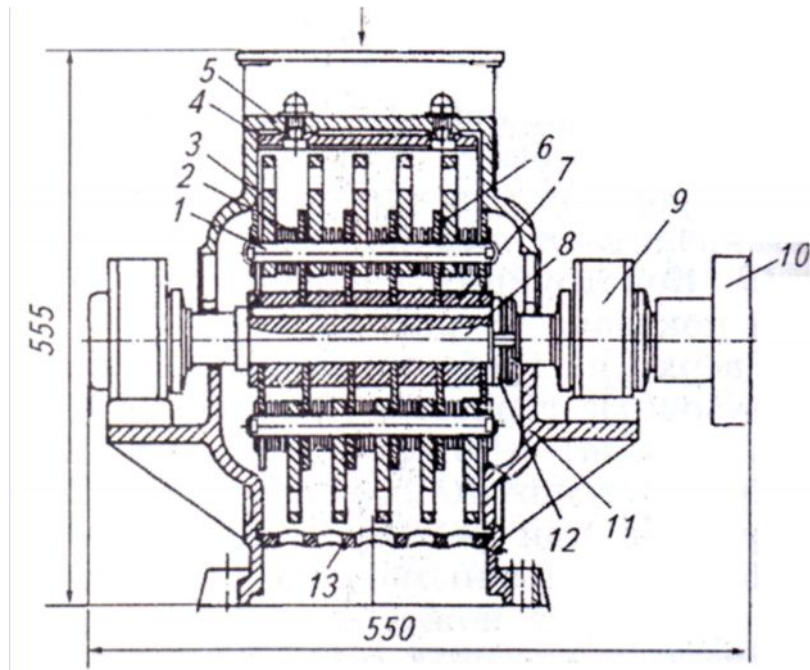


Рис. 15.2. Молоткова дробарка К7-ФКЕ-10:

1 – стержень; 2 – диск; 3 – молоток, 4 – рифлена плита; 5, 11 – верхня і нижня частини корпусу; 6 – шайба; 7 – розпірні втулки; 8 – вал, 9 – підшипникова опора; 10 – напівмуфта; 12 – гайка, 13 – решітка.

В дробарці первинне руйнування продукту відбувається при зустрічі частинки з молотками. Це можливо при коловій швидкості молотків, мінімальне значення якої визначається виходячи з закону кількості руху і приймаючи початкову швидкість руху частинки перед зіткненням її з молотком рівною нулю. Вона визначається з виразу:

$$v_{\min} = \frac{P \cdot \tau}{m}$$

де P – середня миттєва сила опору руйнування частинки, Н; τ – тривалість удару молотка по частинці, с; m – маса частинки, кг.

При конструюванні молоткових дробарок з великими коловими швидкостями робочих органів необхідно врахувати інерційні сили, які виникають із-за невірноваженості ротора. Найбільш сильні удари відбуваються при зустрічі частинок з кінцями молотків, коли вони займають найвище положення. Ці удари молотків передаються на всю дробарку і швидко виводять її з ладу.

Для зниження ударних дій на дробарку молотки повинні бути врівноважені на удар. Це досягається при умові відсутності або незначній ударній реакції в осі підвіски молотків.

Розрахункова схема елементів молоткової дробарки показана на рис. 15.3.

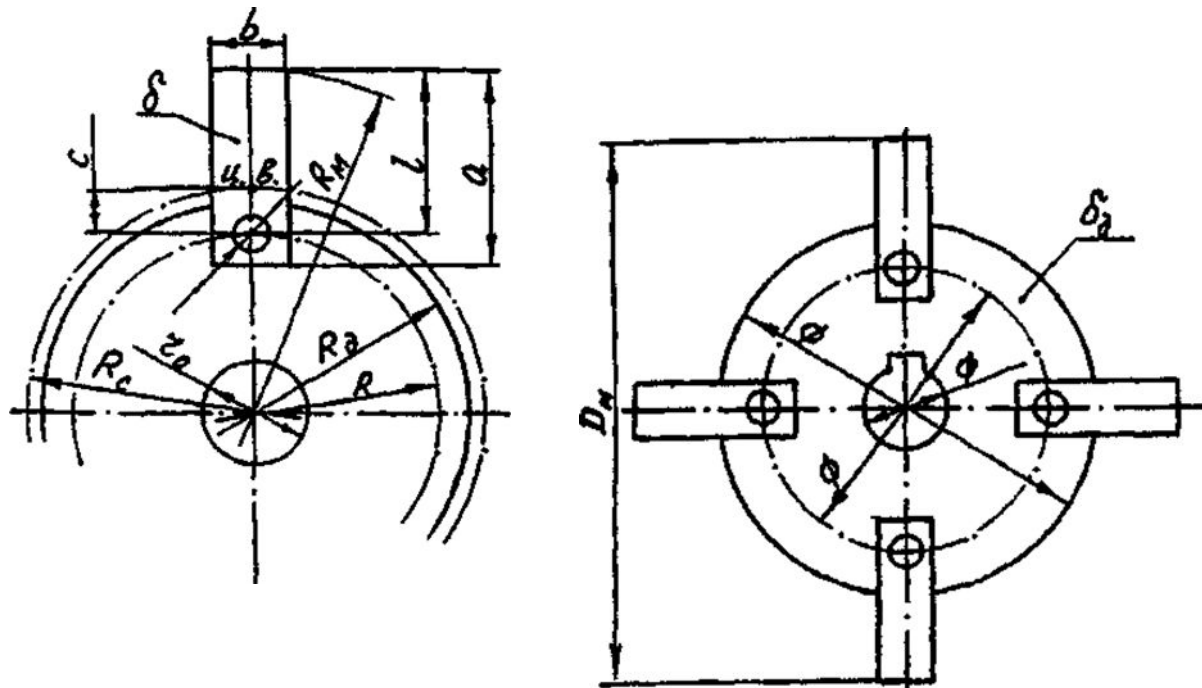


Рис. 15.3. Розрахункова схема елементів молоткової дробарки.

Виходячи з умови рівноваги молотка і закону кількості руху в момент удару, визначено, що молоток забезпечує безударну роботу при дотриманні таких співвідношень його конструктивних розмірів:

$$r^2 = l \cdot c,$$

де r – радіус інерції молотка відносно осі підвіски, м; l – відстань від осі отвору молотка до його робочого кінця, м; c – відстань між центром ваги молотка і віссю отвору його, м.

Для прямокутного молотка з одним отвором квадрат радіуса інерції відносно центра ваги:

$$r_c^2 = \frac{a^2 + b^2}{12}$$

і відносно осі підвіски:

$$r^2 = r_c^2 + c^2$$

де a і b – довжина і ширина молотка, м.

Приймаючи, що точка прикладання удару знаходиться на кінці молотка, отримаємо залежність:

$$l = c + 0.5 \cdot a$$

Відстань від осі підвіски молотка до центра ваги його повинна дорівнювати:

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6 \cdot a}$$

Для стійкості роботи молоткових дробарок рекомендується, щоб відстані від осі підвіски молотка до його зовнішньої кромки і до осі ротора не були б рівні або досить близькі.

Вал ротора, на якому кріпляться диски з проміжними кільцями, виконується ступеневим. Перша ступінь – під шків, друга – під підшипник, третя – різьбова і четверта – під диски і кільця. Збільшення діаметра вала по ступенях орієнтовно враховується коефіцієнтом 1,2:

$$d = 1.2^n \cdot d_0$$

де d_0 – діаметр вала в небезпечному перерізі, м; n – кількість ступенів.

Враховуючи, що вал у першому наближенні буде сприймати змінні навантаження і незначні згинаючі моменти, його діаметр визначається за формулою:

$$d_0 = 0.052 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}}$$

де N – потужність, що передається валом, кВт; ω – кутова швидкість вала, рад/с.

При розрахунку дисків ротора, враховуючи відцентрові сили від маси дисків і молотків, визначаємо сумарне напруження на твірній центрального отвору:

$$\sigma = \sigma_{t \max} + \sigma_t$$

де $\sigma_{t \max}$ – максимальне колове напруження в диску постійного перерізу на твірній центрального отвору, Н/м²; σ_t – колове напруження на твірній центрального отвору, що враховує масу молотків, Н/м².

Максимальне колове напруження в сталевому диску визначається з виразу:

$$\sigma_{t \max} = \rho \cdot \omega^2 \cdot (0.825 \cdot R_0 + 0.175 \cdot r_0^2)$$

де ρ – густина матеріалу диску, кг/м³; R_0 – зовнішній радіус диска, м; r_0 – радіус центрального отвору диска, м.

Колове напруження від сил інерції молотків в сталевому диску на твірній центрального отвору визначається за формулою А. Р. Демидова:

$$\sigma_t = \frac{P_i \cdot R \cdot Z}{\pi \cdot \delta_0 \cdot (R^2 - r_0^2)}$$

де P_i – відцентрова сила інерції молотка, Н; R – радіус кола розміщення центрів осей підвіски молотків, м; Z – кількість отворів у диску під осі підвіски молотків; δ_0 – товщина диска, м.

Відцентрова сила інерції молотка:

$$P_i = m_m \cdot \omega^2 \cdot R_c$$

де m_m – маса молотка, кг; R_c – радіус кола розміщення центрів ваги молотків, м.

Діаметр осі підвіски молотків визначається з умови роботи її як двоопорної балки на згинання:

$$d = 1.36 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_i \cdot \delta_m}{[\sigma]_3}}$$

де δ_m – товщина молотка, приймається (0,002-0,01), м; $[\sigma]_3$ – напруження при згинанні, Н/м².

Перемичка між отворами над віссю підвіски і зовнішньою кромкою диска перевіряється на зминання і зрізання:

$$\frac{P_i}{\delta \cdot d} \leq [\sigma]_{зм} \qquad \frac{0,5 \cdot P_i}{\delta \cdot h_{\min}} \leq [\sigma]_{зр}$$

де $h_{\min}$ – розмір перемички.

Допустимі напруження при зминанні і зрізанні для дисків, виготовлених з вуглецевих сталей з тимчасовим опором розриву 490–590 МН/м², приймається до 150 МН/м² і береться в межах $[\sigma]_{зм} = 60 \div 90$ МН/м²; $[\sigma]_{зр} = (0,2 \div 0,3)\sigma_T$ або $[\sigma]_{зр} = 0,8 \cdot [\sigma]$, де σ_T – межа текучості; $[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу при розтягу.

Подрібнення шматків матеріалу в молоткових дробарках буде відбуватися лише при визначеній мінімальній кількості енергії на їх руйнування. Тому існує зв'язок між мінімальним розміром $d_{кр}$ шматка і енергією на його подрібнення:

$$d_{кр} \geq \frac{2300 \cdot \sigma_p}{\rho \cdot v^{1,5}}, \text{ м}$$

де σ_p – межа міцності матеріалу при розтягу, МПа; ρ – густина матеріалу,

кг/м³; $v = \frac{v_{\min}}{k}$ – колова швидкість ротора, м/с; $k = 0,8$ – коефіцієнт відновлення при непружному ударі.

Продуктивність молоткових дробарок:

$$G = 3600 \cdot k_1 \cdot D_o^2 \cdot L_p \cdot \rho \cdot n, \text{ кг/год},$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості матеріалу і тип та розміри решітки і приймається: $k_1 = (1.3 \div 1.7) \cdot 10^{-4}$ – для сит з розміром отворів від 3 до 10 мм; D_o – діаметр диска, м; $L_p = (0.32 \div 0.64) \cdot D_o$ – довжина ротора, м;

$n = \frac{V}{2 \cdot \pi \cdot R_o}$ – частота обертання ротора, об/с; R_o – радіус диска, м.

Потужність двигуна для приводу молоткової дробарки обчислюється за формулою:

$$N = 9 \cdot D_o^2 \cdot L_p \cdot n, \text{ кВт}$$

Завдання. По вихідних даних, наведених в табл. 15.1, розрахувати основні параметри робочих органів молоткової дробарки, розробити розрахункову схему поперечного перерізу ротора дробарки (рис.15.3).

Таблиця 15.1.

Вихідні дані для розрахунку молоткової дробарки

Варі- ант	Маса частинки $m \cdot 10^5$, кг	Тривалість удару $\tau \cdot 10^5$, с	Сила опору руйнуванню Р, Н	Довжина молотка, а, м	Кількість молотків, Z	Потужність, N, кВт
1	2	3	4	5	6	7
1	3,0	1,0	120	0,120	4	10
2	2,8	1,0	140	0,100	4	10
3	2,6	1,0	140	0,090	4	10
4	2,4	0,8	150	0,095	4	10
5	2,2	0,8	150	0,080	4	10
6	3,2	1,0	120	0,110	6	12
7	3,0	1,0	130	0,115	6	12
8	2,8	0,6	120	0,112	6	12
9	2,6	0,6	130	0,108	6	12
10	2,8	0,8	140	0,105	6	12
11	4,5	1,0	350	0,070	8	15
12	4,8	1,2	320	0,060	8	15
13	4,2	1,0	300	0,080	8	15
14	5,0	0,8	380	0,090	8	15
15	4,0	1,0	400	0,065	8	15
16	2,5	0,8	135	0,100	4	9,5
17	3,5	1,0	130	0,125	4	10
18	4,3	1,1	320	0,075	6	13
19	4,6	0,8	370	0,090	6	10
20	2,9	0,65	200	0,120	6	12
21	3,3	0,8	250	0,095	4	10
22	3,8	1,0	125	0,115	6	12
23	3,4	0,9	190	0,100	6	12
24	5,2	1,0	350	0,095	8	15
25	3,0	1,0	165	0,110	6	12

Ширина і товщина молотка $b=45$ мм, $\delta=10$ мм. Молотки з одним отвором. Відстань від осі підвіски молотка до осі диска прийняти більше відстані від кінця молотка до осі його підвіски на 25 мм.

Контрольні запитання

1. Особливості конструкцій молоткових дробарок.
2. Специфіка продуктів, що подрібнюються на молоткових дробарках.
3. Необхідні умови стійкості роботи молоткових дробарок.
4. Від яких параметрів залежить продуктивність молоткових дробарок?
5. Як визначити потужність двигуна для приводу молоткової дробарки?

16. СУЧАСНІ МЕТОДИ СУШІННЯ ПРОДУКТІВ М'ЯСНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. РОЗРАХУНОК РОЗПИЛЮВАЛЬНОЇ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Мета заняття – розглянути сучасні методи сушіння, які використовуються на м'ясопереробних підприємствах, вивчити будову і принцип роботи сушарок, специфіку їх використання; провести розрахунок розпилювальної сушильної установки.

Теоретичні відомості

Сушіння – це технологічний процес, при якому з продукту видаляється вода в результаті підведення ззовні теплоти. Сушіння харчових і кормових продуктів застосовують для консервування, підвищення термінів їх зберігання у звичайних умовах і для придбання нових технологічних властивостей. У залежності від виду вихідних і кінцевих властивостей матеріалів використовують сушіння: контактне, конвективне, радіаційне, в електричному полі високої і надвисокої частоти при атмосферному чи зниженому тиску. Існують різні комбінації перерахованих методів. При зниженому тиску в залежності від термолабільності продукту проводять видалення вологи з рідкого або замороженого стану (сублімаційне сушіння). Відповідно до видів сушіння розрізняють контактні, конвективні і сублімаційні сушильні установки (сушарки).

Розпилювальні сушарки застосовують для сушіння рідких розчинів, суспензій, емульсій, пульп і згущених, пастоподібних матеріалів. У м'ясній промисловості їх використовують для сушіння цільної крові та її фракцій, медичного панкреатину, м'ясних і кісткових бульйонів, яєчного меланжу і ін. Основа розпилювальної сушки - тонке диспергування вихідного матеріалу в потоці високотемпературного газового середовища, завдяки чому утворюється розвинена сумарна поверхня зовнішнього тепло- і масопереносу і суттєво (до 10...100 мкм) зменшується розмір частки, що визначає внутрішній перенос. Сушіння протікає інтенсивно, і тривалість процесу становить 5...30 с. При цьому температура продукту навіть в зоні підвищених температур теплоносія близька до температури адіабатичного випаровування чистої рідини. Мала тривалість сушіння і невисока температура розпилених частинок забезпечують високу якість готового продукту без денатурації білка, збереження вітамінів і т. ін. До недоліків розпилювального сушіння відносять великі питомі габарити установок через низьку вологість сушильного агента, який виводиться з сушарки, особливо при температурі сушильного агента 100...150 °С.

Розпилювальна сушильна установка складається з розпилювального пристрою, сушильної камери, системи підготовки та подання сушильного агента, системи очищення газу, що відходить. Найбільш складним, енергоємним і дорогим пристроєм сушильної установки, що визначає якість і економічність процесу, є розпилювальний пристрій. Розпилення – це повне руйнування струменя нестисливої рідини, при якому утворюється безліч

полідисперсних крапель. Утворена сумарна поверхня крапель залежить від їх діаметру. Так, при розпиленні 1 м^3 рідини при діаметрі крапель $0,8 \text{ мм}$ утворюється 7500 м^2 і при $0,05 \text{ мм}$ – 1200000 м^2 поверхні.

Розпилювачі повинні забезпечити необхідний розмір і однорідність крапель, форму факела і його положення в просторі сушильної камери, надійність в роботі, невеликі питомі енерговитрати, зручність в обслуговуванні і ремонті, високу продуктивність.

Розрізняють сушильні установки з прямоточним, протитоковим і змішаним рухом газу і часток продукції (рис. 16.1). У сучасних установках найбільше поширений прямоточний рух газу і часток продукту зверху вниз (рис. 16.1. *а, б, в, г*), коли сушильний агент підводиться безпосередньо в зону розпилення рідини. В даному випадку можна використовувати більш високі температури газу без небезпеки перегріву продукту, оскільки більш гарячий газ контактує з найбільш вологим матеріалом, а по мірі сумісного руху газ охолоджується. Підведення газу для дискового і форсункового розпилення здійснюється за різними схемами. При дисковому розпиленні факел розпилу знаходиться в горизонтальній площині і газ доцільно подавати до основи факела, щоб максимально використати для сушіння горизонтальну ділянку руху крапель. При цьому потокові газу надається обертового руху з допомогою направляючих лопатей або прорізів в сторону обертання диску. Підведення газу може здійснюватися зверху (див. рис. 16.1. *а*), або знизу через трубу зі щільною насадкою (див. рис. 16.1. *г*). Висушений продукт осідає в основному на конічному дні і частково відводиться з вологим газом, та відділяється потім в циклонах і фільтрах. При прямоточній вертикальній схемі з форсунковим розпиленням (див. рис. 16.1. *б*) нагрітий газ вводять через центральну частину даху башти тангенційно зі швидкістю $6 \dots 12 \text{ м/с}$, в результаті чого створюється вихровий потік вздовж стінок башти. Прямоточний рух газу і крапель створюють і при горизонтальному факелі розпилювання форсунками (див. рис. 16.1. *в*). В цьому випадку газу також надають обертового вихрового руху і в нього вприскують розчин із декількох форсунок. При протиточному рухові (див. рис. 16.1. *д*) газ подають знизу через щілини в обичайці башти, а розчин – зверху. В даному випадку тривалість знаходження часток в камері більша, ніж при прямотечії, але через небезпеку перегрівання температура газу повинна бути нижча, чим обумовлюється низька ефективність сушарки. При змішаній схемі (див. рис. 16.1. *е*) подачу розчину диском і газу здійснюють в нижній частині сушильної камери. Швидкість руху газу повинна бути більшою, ніж швидкість вітання мілких часток і менше – крупних. Тоді висушені дрібні частки будуть виноситися з потоком вологого газу, а крупні падати на дно. Така схема дозволяє висушувати термочутливі розчини при високих температурах, але вона менш ефективна, ніж прямоточна схема зверху.

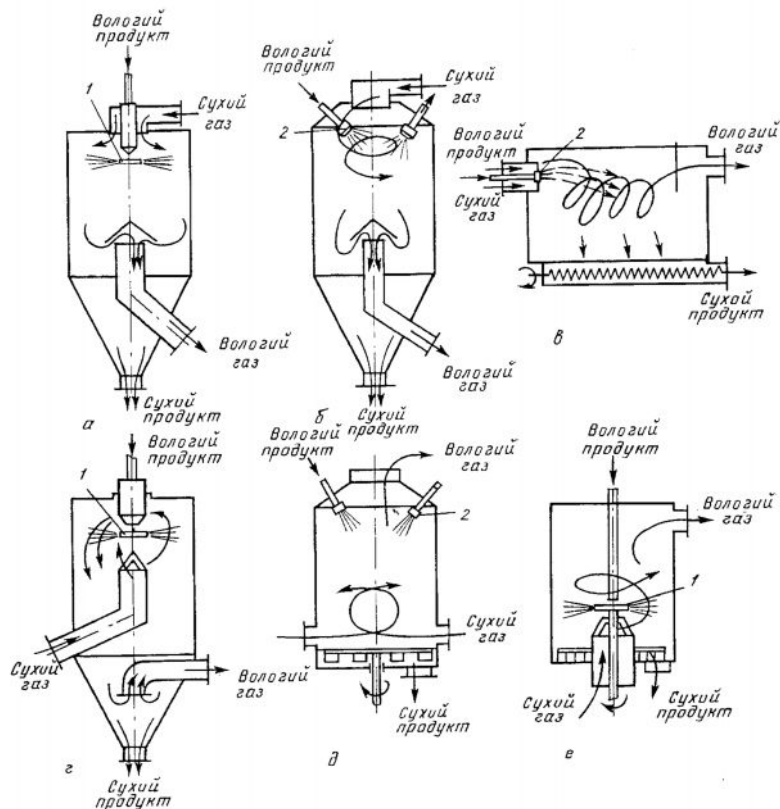


Рис. 16.1. Схеми сушильних камер розпилювальних сушарок:
 а, б, в, г – прямоточні; д – протиточова; е – змішана;
 1 – дисковий розпилювач; 2 – форсунки

Прямоточна розпилювальна сушильна установка фірми «Ніро Атомайзер» (Данія) з дисковим розпиленням показана на рис. 16.2. Продукт з приймального бака 1 насосом 3 подають в розпилювальний диск 9, привід якого 10 встановлено на плоскому даху башти. Привід забезпечений варіатором, що дозволяє змінювати частоту обертання диска від 150 до 400 с⁻¹. Розпилювальний диск каналного типу, з одноярусним розташуванням каналів.

Повітря забирають через фільтр 4 вентилятором 5, нагрівають у паровому калорифері 6 до 140 °С і по повітроводу 7 подають знизу в факел розпиленої рідини. Конічний повітророзподільник 8 складається з лопатей, зазор між якими можна регулювати. Основна маса сухого продукту осідає на конічному дні башти, кут нахилу якого більше кута природного укосу порошку. Тому порошок обсипається в затвор 12 і далі видаляється пневмотранспортером 13. Відпрацьоване повітря з залишками сухого порошку відводять по трубопроводу 11, очищають в циклоні 15 і викидають в атмосферу вентилятором 20. З циклону сухий продукт зсипається в пневмотранспортер 13, потрапляє в кінцевий циклон 18 і з нього в бункер 17. Повітря з цього циклону по повітроводу 16 повертають у трубопровід 11. Кров попередньо згущують у вакуумному випарному апараті до вологості 65...67 % і висушують до 6 %. Продуктивність сушарки по випареній волозі 150 кг/год, питома витрата пари 2,2 кг/кг.

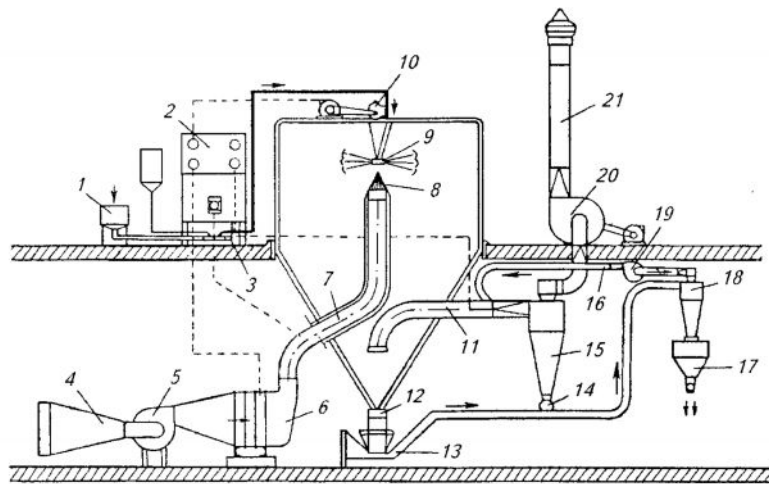


Рис. 16.2. Схема прямооточної розпилювальної сушарки фірми «Ніро Атомайзер» (Данія):

1 – приймальний бак, 2 – щит управління; 3 – продуктивний насос; 4 – фільтр; 5, 19, 20 – вентилятори; 6 – паровий калорифер; 7, 16 – повітроводи; 8 – повіт-рерозподільник; 9 – розпилювальний диск; 10 – привід розпилювального диска; 11 – всмоктуючий трубопровід; 12 – затвор; 13 – пневмотранспортер, 14 – шлюзовий затвор; 15, 18 – циклони, 17 – бункер для сухого продукту; 21 – вихлопний повітропровід.

Прямоточна розпилювальна сушарка з пневматичним видаленням сухого продукту показана на рис. 16.3. Сушильна башта 8 має конусне дно з великим кутом конусності і плоский верх. Через отвір у центрі даху встановлено розпилювальний диск 6 з електромеханічним приводом 4. Продукт подають до розпилювального диску насосом 1. На даху під розпилювальним диском змонтований повітророзподільник 5, куди з калорифера 3 нагнітається повітря. У повітророзподільнику повітря закручується і попадає в зону розпилення продукту. Видаляють продукт пневматичним скребком 16, який являє собою трикутний короб, закріплений в центрі башти на вихідному валу 18 приводу 17. Центральна частина короба з'єднана з кільцевим колектором, який переходить в трубопровід 19 для відпрацьованого сушильного агента. Короб не має знизу стінки і, переміщаючись над дном, утворює невеликий зазор, через який внаслідок розрідження, що створюється вентилятором 7, сухий порошок всмоктується в короб і по трубопроводу 19 транспортується в циклони 9 і 11, де відділяється від повітря. Потім по черзі з циклонів через шлюзові затвори 10 і 12 сухий порошок передається пневмотранспортером 15 в циклон 14 і з нього через шлюзової затвор 13 в приймальну тару.

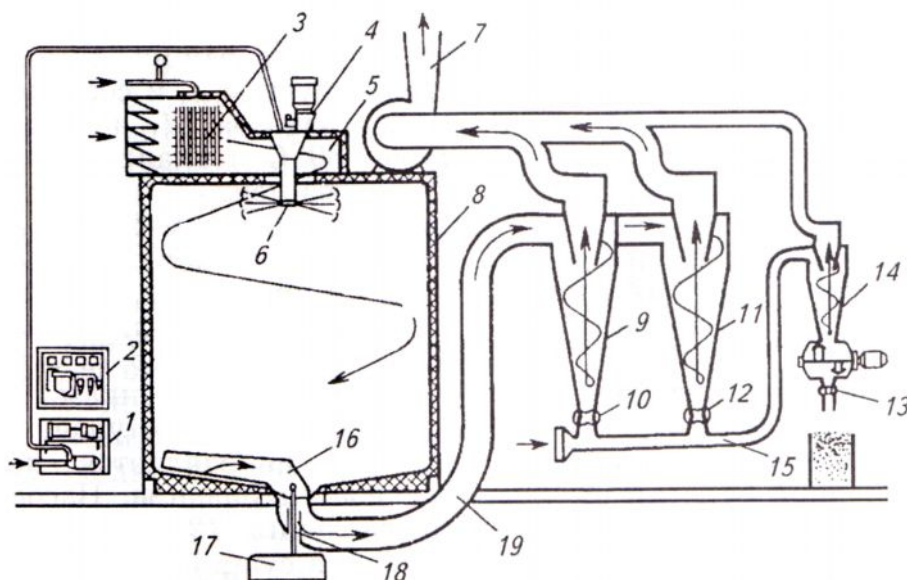


Рис. 16.3. Схема прямоточної розпилювальної сушарки з пневматичним видаленням сухого продукту:

1 – продуктивний насос; 2 – щит управління; 3 – калорифер; 4 – електромеханічний привід розпилювача; 5 – повітророзподільник; 6 – розпилюючий диск; 7 – витяжний вентилятор; 8 – сушильна башта; 9, 11, 14 – циклони; 10, 12, 13 – шлюзові затвори; 15 – пневмотранспортер; 16 – пневматичний скребок; 17 – привід скребка; 18 – вал; 19 – трубопровід

Основний недолік розпилювальних сушильних установок, крім великих габаритів сушильних башт, – низьке насичення (10...30%) і висока температура (65...70 °C) повітря, що відходить. Крім того, сухі фільтри і циклони не забезпечують повного очищення відхідного повітря. Для зниження питомих витрат на випаровування вологи застосовують установки з повторним використанням газів, що відходять в скрубери або установки з двоступінчастим процесом сушіння.

Розрахунок розпилювальної сушарки

Матеріальний баланс сушарки (кількість абсолютно сухої речовини в продукті до і після сушки не змінюється):

$$G_1(100 - W_1) = G_2(100 - W_2),$$

звідки продуктивність сушарки по висушеному матеріалу

$$G_2 = G_1 \frac{100 - W_1}{100 - W_2},$$

де G_1 , G_2 – продуктивність сушарки по вологому і висушеному матеріалу, кг/год; W_1 , W_2 – вологість матеріалу на вході в сушарку і на виході з неї, %.

Кількість видаленої вологи, кг/год:

$$W = G_1 - G_2$$

Вологовміст повітря позначається через x (кг/кг сух.пов.) або d (г/кг сух. пов.). Для пароповітряної суміші вологовміст можна визначити за формулами:

$$x = 0,622 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{B - \varphi \cdot P_n} \quad \text{або} \quad d = 0,622 \cdot 1000 \cdot \frac{\varphi \cdot P_n}{B - \varphi \cdot P_n},$$

де 0,622 – відношення мольних мас водяної пари і повітря; φ – відносна вологість повітря, %; P_n – тиск насиченої водяної пари при даній температурі повітря, Па (додаток, табл.1); B – барометричний тиск повітря, Па (для сушарок, які працюють при атмосферному тиску, $B=99100$ Па).

Параметри вологого повітря можна визначати графічним методом, запропонованим Л.К. Рамзіним, за допомогою $I - x$ діаграми стану вологого повітря (додаток, рис.1).

Питома витрата абсолютно сухого повітря l (кг сух.пов./кг випар.вол.):

$$l = \frac{1}{x_2 - x_1} = \frac{1000}{d_2 - d_1},$$

де x_1, x_2 та d_1, d_2 – вологовміст вологого повітря відповідно на вході в сушильну камеру і на виході з неї.

Питомий об'єм вологого повітря, який припадає на 1 кг абсолютно сухого повітря, $m^3/\text{кг}$:

$$v_{\text{num}} = \frac{R_{\text{нов}} \cdot T}{B - \varphi \cdot P_n}$$

де $R_{\text{нов}}$ – газова стала; для повітря $R_{\text{нов}}=287$ Дж/(кг·К); T – абсолютна температура повітря, К.

Масова витрата абсолютно сухого повітря, кг/год:

$$L = l \cdot W$$

Об'ємна витрата вологого повітря, $m^3/\text{год}$:

$$V = L \cdot v_{\text{num}}$$

Кількість теплоти (Дж/год), яка передається від повітря до часточок продукту і витрачається на нагрівання часточок продукту та випаровування вологи

$$Q = G_1 c_m \cdot (\theta_2 - \theta_1) + rW,$$

де c_m – теплоємність вологого матеріалу, Дж/(кг·К); θ_2 – температура матеріалу в процесі сушки, °С; θ_1 – початкова температура продукту, °С; r – питома теплота пароутворення, Дж/кг (додаток, табл.2).

Питома теплоємність вологого матеріалу (в Дж/(кг·К)) зазвичай розраховується як середньозважена величина між теплоємністю сухої речовини матеріалу $c_{\text{сух.реч.}}$ і теплоємністю води c_w , яка приймається рівною 4190 Дж/(кг·К):

$$c_m = c_{\text{сух.реч.}} + \frac{c_w - c_{\text{сух.реч.}}}{100} \cdot W$$

Теплоємність сухої речовини різних харчових продуктів становить 1257 – 1676 Дж/(кг·К). Для деяких продуктів значення питомої теплоємності вологого матеріалу наведено в додатку, табл. 5.

Витрата тепла (Дж/кг), витраченого на сушку, визначається по витраті тепла, використаного на нагрів повітря в калорифері:

$$Q_1 = L \cdot (I_1 - I_0),$$

де I_0, I_1 – ентальпії свіжого повітря до калорифера і після нього відповідно, Дж/кг сух.пов.

Ентальпія I , приведена до 1 кг сухого повітря (Дж/кг), є теплофізичною характеристикою стану вологого повітря:

$$I = I_{\text{сух.пов.}} + \frac{d}{1000} I_n = c_{\text{сух.пов.}} \cdot t + \frac{d}{1000} I_n,$$

де $I_{\text{сух.пов.}}$ – питома ентальпія сухого повітря, Дж/кг; I_n – питома ентальпія пари, яка знаходиться в суміші при заданому парціальному тиску і температурі, Дж/кг.

Витрата пари для нагрівання повітря, кг/год:

$$D = \frac{Q_1}{(I - I_k) \eta_k},$$

де I – ентальпія пари, Дж/кг; I_k – ентальпія конденсату; η_k – коефіцієнт корисної дії калорифера, $\eta_k=0,95$.

Продуктивність розпилювальних сушарок, як правило, визначають по кількості випареної вологи за годину.

Об'єм сушильної камери V_k , м³:

$$V_k = W / A$$

де A – напруження робочого об'єму сушарки по випареній волозі (кількість вологи, яка випаровується в 1 м³ об'єму за 1 год), кг/(м³·год) (табл. 16.1). Цей показник визначається експериментально і залежить від умов сушки.

В залежності від початкової температури сушильного агента A для розпилювальних сушарок рекомендують приймати:

Таблиця 16.1

Напруження робочого об'єму розпилювальної сушарки

t, °C	100	120	130	140	150	200	300-400	500-700
A, кг/(м ³ ·год)	2	2.4	2.8	3.2	3.6	5	6-12	15-25

Габаритні розміри сушильної камери розраховують, виходячи зі співвідношення:

$$k = H_k / D_k,$$

де H_k – висота камери, м; D_k – діаметр камери, м:

$$D_k = \sqrt{V_k / (\pi \cdot k / 4)}.$$

Для форсуночних сушарок відношення висоти сушильної камери до її діаметра зазвичай становить 1,5 – 2,5 (причому чим більше продуктивність сушарки і менша початкова вологість розчину, тим менше значення k). Для отримання крупних часточок (гранул) при грубому розпилі необхідно, щоб

$k \geq 5$. Для сушильних установок з дисковим розпилювачем, в яких факел розпилу знаходиться в горизонтальній площині, $k = 1.1 \dots 1.25$.

Необхідний діаметр сушильної камери визначають виходячи з питомої і об'ємної витрати повітря V при відомих параметрах повітря на вході в сушильну камеру і виході з неї.

Переріз сушильної камери:

$$F_k = \frac{V}{3600 \cdot v},$$

де v – задана швидкість повітря в сушильній камері: зазвичай $v = 0.2 \dots 0.5$ м/с, при сушці молока $v = 0.18 \dots 0.25$ м/с.

Швидкість повітря орієнтовно можна визначити за емпіричною формулою $v = 0.0127 \sqrt{W}$, де W – кількість випареної води, кг/год.

Тоді діаметр камери

$$D_k = \sqrt{4F_k / \pi}$$

Діаметр сушильної камери перевіряють по факелу розпилу. Відомий ряд формул, за якими визначають діаметр або радіус розпилу, однією з яких є вираз:

$$R_\phi = \frac{21.7 \cdot d \cdot \rho_m^{cp}}{1.3 \cdot \rho_{нов}} \cdot \lg \frac{\omega_{поч}}{\omega_{кін}}$$

де d – діаметр краплі, м; $\rho_{нов}$ – густина повітря, кг/м³; $\omega_{поч}$, $\omega_{кін}$ – початкова і кінцева швидкість польоту краплин, м/с; ρ_m^{cp} – середня густина матеріалу, який розпилюється (кг/м³):

$$\rho_m^{cp} = (\rho_m^{поч} + \rho_m^{кін}) / 2,$$

де $\rho_m^{поч}$, $\rho_m^{кін}$ – густина матеріалу відповідно на початку і в кінці процесу, кг/м³.

$\omega_{кін}$ рекомендується приймати рівною 0,4 м/с. Початкова швидкість польоту краплі, її діаметр і відповідно радіус факелу розпилу визначаються конструкцією розпилюючого пристрою. При дисковому розпиленні $\omega_{поч}$ можна приймати рівною куловій швидкості обертання диска. Кулова швидкість диска зазвичай знаходиться в межах 50 – 200 м/с.

Діаметр краплі можна розрахувати з допомогою емпіричних формул, які включають основні визначальні параметри. Так, при розпилі малов'язких рідин механічною форсункою діаметр крапель (м):

$$d = k \cdot \frac{8 \cdot \sigma \cdot g}{\rho_g \cdot \omega_{поч}^2},$$

де k – коефіцієнт, який залежить від властивостей рідини і ступеня згущення і визначається дослідним шляхом: для молока $k = 3$, для води $k = 2.5$, для етилового спирту $k = 3.5$; σ – поверхневий натяг продукту, Н/м; ρ_g – густина газу, кг/м³.

Середній діаметр краплин при дисковому розпиленні, мм:

$$d = \frac{5.2}{n} \sqrt{\frac{\sigma}{R_0 \rho_{\text{вм}}}},$$

де n – частота обертання диска, с^{-1} ; σ – поверхневий натяг матеріалу, Н/м (поверхневий натяг крові орієнтовно можна прийняти $0,057 \text{ Н/м}$); R_0 – радіус диска, м .

Середній діаметр краплин в механічних форсунках при тиску $5 - 20 \text{ МПа}$ становить $20 - 100 \text{ мкм}$, в пневматичних при тиску $0,15 - 0,7 \text{ МПа}$ $6 - 70$; в дискових $5 - 100 \text{ мкм}$.

Надійна робота сушильної камери, без відкладень продукту на стінках, забезпечується при умові, що R_ϕ складає орієнтовно $0,8$ радіуса камери. Зазвичай приймають $D_k = (2.8 \dots 3.5) R_\phi$.

Об'єм конічної частини камери:

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{\text{кон}} (R_k^2 + r_{\text{кон}}^2 + R_k \cdot r_{\text{кон}})$$

де R_k – радіус камери, м ; $r_{\text{кон}}$ – найменший радіус конуса, м ; $H_{\text{кон}}$ – висота конусної частини, м ($r_{\text{кон}}$ і $H_{\text{кон}}$ приймаються конструктивно).

Об'єм циліндричної частини сушильної камери:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{к}} - V_{\text{кон}}$$

висота циліндричної частини сушильної камери $H_{\text{ц}} = V_{\text{ц}} / \left(\frac{\pi}{4} \cdot D_k^2 \right)$.

Потужність (кВт), необхідна для розпилення матеріалу в механічній форсунці:

$$N = \frac{G_\phi p}{1000 \eta},$$

де G_ϕ – продуктивність форсунки по вологому матеріалу, $\text{м}^3/\text{с}$; p – тиск, який створюється насосом, Па ; η – ККД насоса.

$$G_\phi = \mu F \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho_{\text{вм}}}},$$

де $\mu = 0.6 \dots 0.75$ – коефіцієнт витрати; F – площа вихідного отвору, м^2 ; Δp – перепад тиску в форсунці, Па ; $\rho_{\text{вм}}$ – густина вологого матеріалу, кг/м^3 .

З цього виразу по заданій об'ємній продуктивності і перепаду тиску розраховують сумарну площу перерізу вихідних отворів форсунок і кількість форсунок. Діаметр отвору форсунок зазвичай дорівнює $0,4 - 0,9 \text{ мм}$.

Потужність двигуна для розпилюючого диска, кВт

$$N = \frac{2.25 \cdot \omega^2 G_1}{1000 \cdot 2 \cdot 3600},$$

де ω – колова швидкість обертання диска, м/с ($\omega = \pi d n / 60$, де n – частота обертання диска, об/хв ; приймається від 6000 до 45000 об/хв . Діаметр диска зазвичай вибирають в межах від 200 до 320 мм).

Завдання. Розрахувати витрату повітря на сушку, тривалість процесу і необхідні конструктивні параметри розпилювальної сушарки; на основі отриманих результатів накреслити конструктивну схему сушарки з дотриманням масштабу. Початкові дані для розрахунку розпилювальної сушарки наведені в табл. 16.2.

При розрахунках приймається, що в сушарці здійснюється теоретичний сушильний процес.

Таблиця 16.1.

Початкові дані для розрахунку розпилювальної сушарки

Параметр	Розмірність	Значення																			
		Номер варіанта																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Матеріал, який висушується		кров										Кістковий бульйон									
Продуктивність сушарки по сухому матеріалу G_2 (місткість сушарки, кг)	т/год	0,25	0,5	0,4	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,075	0,08	0,075	0,09	0,07	0,075	0,08	0,09	0,07	0,075	0,06	0,065
Початкова вологість продукту W_1	%	82	81	65	67	66	65	67	69	83	87	83	83	85	83	81	83	82	83	80	83
Кінцева вологість продукту W_2	%	6	6	7	5	6	7	5	6	4	10	4	4	9	5	4	8	9	5	4	9
Температура навколишнього повітря	°C	15	16	17	18	19	20	21	22	17	18	19	20	21	22	18	19	20	21	22	23
Вологість навколишнього повітря	%	70	60	55	65	68	64	57	62	55	65	55	65	55	64	58	53	55	67	55	69
Температура сушильного агента початкова	°C	90	140	140	135	125	134	128	130	120	140	120	125	128	132	136	138	140	120	125	130
Температура сушильного агента кінцева	°C	40	70	65	70	68	70	54	64	80	90	80	70	77	81	68	70	80	52	55	63
Густина вологого матеріалу	кг/м ³	1050	1055	1060	1210	1290	1285	1212	1215	1030	1050	1030	1020	1030	1022	1024	1028	1030	1032	1034	1036

Контрольні запитання

1. З якою метою застосовують процес сушіння в промисловості?
2. Чому сушіння є складним тепло- та масообмінним процесом?
3. Які є способи сушіння? Який з них найбільш поширений на підприємствах м'ясопереробної промисловості і чому?
4. Що таке теоретичний сушильний процес?
5. Від чого залежить вибір типу сушарки?
6. Будова і принцип дії розпилювальної сушарки.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна література

1. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для уоя и первичной обработки / В.И. Ивашов. – М.: Колос, 2001. – 552 с.
2. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 2. Оборудование для переработки мяса / В.И. Ивашов. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 464 с.
3. Оборудование для уоя скота, птицы, производства колбасных изделий и птицепродуктов. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 498 с.
4. Оборудование и аппараты для переработки продуктов уоя скота. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 480 с.
5. Технология мясных и технических продуктов. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 464 с.
6. Оборудование и материалы для мясоконсервного и вспомогательного производства. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 480 с.
7. Физико-химические и биологические основы технологии мяса и мясопродуктов. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 448 с.
8. Проектирование предприятий мясной промышленности. Объемно-планировочные решения. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 466 с.
9. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт оборудования. Справочник / под ред. В.М. Горбатова. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 434 с.
10. Сокол В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / В.И. Сокол. – М.: Машиностроение, 1983. – 520 с.
11. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств / под ред. А.Я. Соколова, изд. 2-ое, переработанное и дополненное. – М.: Машиностроение, 1969. – 386с.
12. Технологічне обладнання галузі: Конспект лекцій / В.М. Таран, Г.К. Бабанов, І.Г. Бабанов, С.Д. Беседа. – К.: НУХТ, 2008 р. – 133 с.

13. Процюк Т.Б. Справочник по проектированию технологических процессов в мясной промышленности / Процюк Т.Б., Руденко В.И., Филиппенкова В.С. – К.: Техніка, 1983. – 340 с.
14. Пелеев А.И. Оборудование для убоя скота, птицы, производства колбасных изделий и птицепродуктов / Пелеев А.И. – М.: Пищевая промышленность, 1975 – 402 с.
15. Фалеев Г.А. Оборудование предприятий мясной промышленности / Г.А. Фалеев. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 484 с.
16. Пелеев Г.А. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности / Г.А. Пелеев. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 519 с.
17. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств: [учебник для студ. вузов пищ. пром-ти] / Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д. – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.

Додаткова література

1. Процюк Т.Б. Технологическое проектирование предприятий мясной промышленности / Процюк Т.Б., Руденко В.И. – К.: Техніка, 1982. – 228 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Технологічне обладнання галузі".
3. Физические свойства воздуха [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://HighExpert.ru>.

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Парціальний тиск водяної пари P_n (Па) у вологому повітрі $B=99,3$ кПа

	Відносна вологість φ , %						
T , °C	100	80	60	40	20	10	5
0	611,0	488,6	366,5	244,4	122,2	61,1	30,5
20	2337,7	1871,7	1403,8	936,1	468,1	234,1	117,0
40	7377,1	5905,6	4431,2	2955,8	1478,4	739,5	369,7
60	19924,1	15951,1	11978,0	7993,2	4000,5	2001,2	1000,6
80	47372,5	37954,9	28517,7	19051,0	9541,2	4774,5	2388,7
99,4	99355,7	79725,9	59988,2	40113,1	20120,3	10074,9	5042,3
100	99355,7	79716,1	59968,5	40093,5	20110,5	10065,1	5038,4
120	99355,7	79667,0	59890,1	40024,8	20061,5	10045,4	5023,7
140	99355,7	79627,8	59831,2	39965,9	20022,2	10016,0	5011,9
160	99355,7	79598,3	59792,0	39926,7	19992,8	10006,2	5003,1
180	99355,7	79578,7	59762,5	39887,5	19973,2	9986,6	4997,2
200	99355,7	79559,1	59733,1	39858,0	19953,5	9976,8	4991,3

Таблиця 2

Залежність питомої теплоти пароутворення води r та ентальпії насиченої водяної пари I_n від температури t

t , °C	r , кДж/кг	I_n , кДж/кг	t , °C	r , кДж/кг	I_n , кДж/кг
10	2476,9	2518,7	60	2357,6	2608,7
20	2453,0	2536,7	70	2332,9	2625,9
30	2429,6	255,1	80	2307,7	2642,6
40	2405,7	2571,3	90	2282,2	2658,9
50	2381,8	2591,1	100	2256,3	2675,3

Таблиця 3

Основні фізичні властивості повітря при різних температурах

Температура	Густина	Питома теплоємність, C_p	Теплопрові дність	Кінематична в'язкість	Число Прандтля
°C	кг/м ³	кДж / (кг · К)	Вт / (м · К)	(м ² / с) · 10 ⁶	
0	1,293	1,005	0,0243	13,30	0,715
20	1,205	1,005	0,0257	15,11	0,713
40	1,127	1,005	0,0271	16,97	0,711
60	1,067	1,009	0,0285	18,90	0,709
80	1,000	1,009	0,0299	20,94	0,708
100	0,946	1,009	0,0314	23,06	0,703

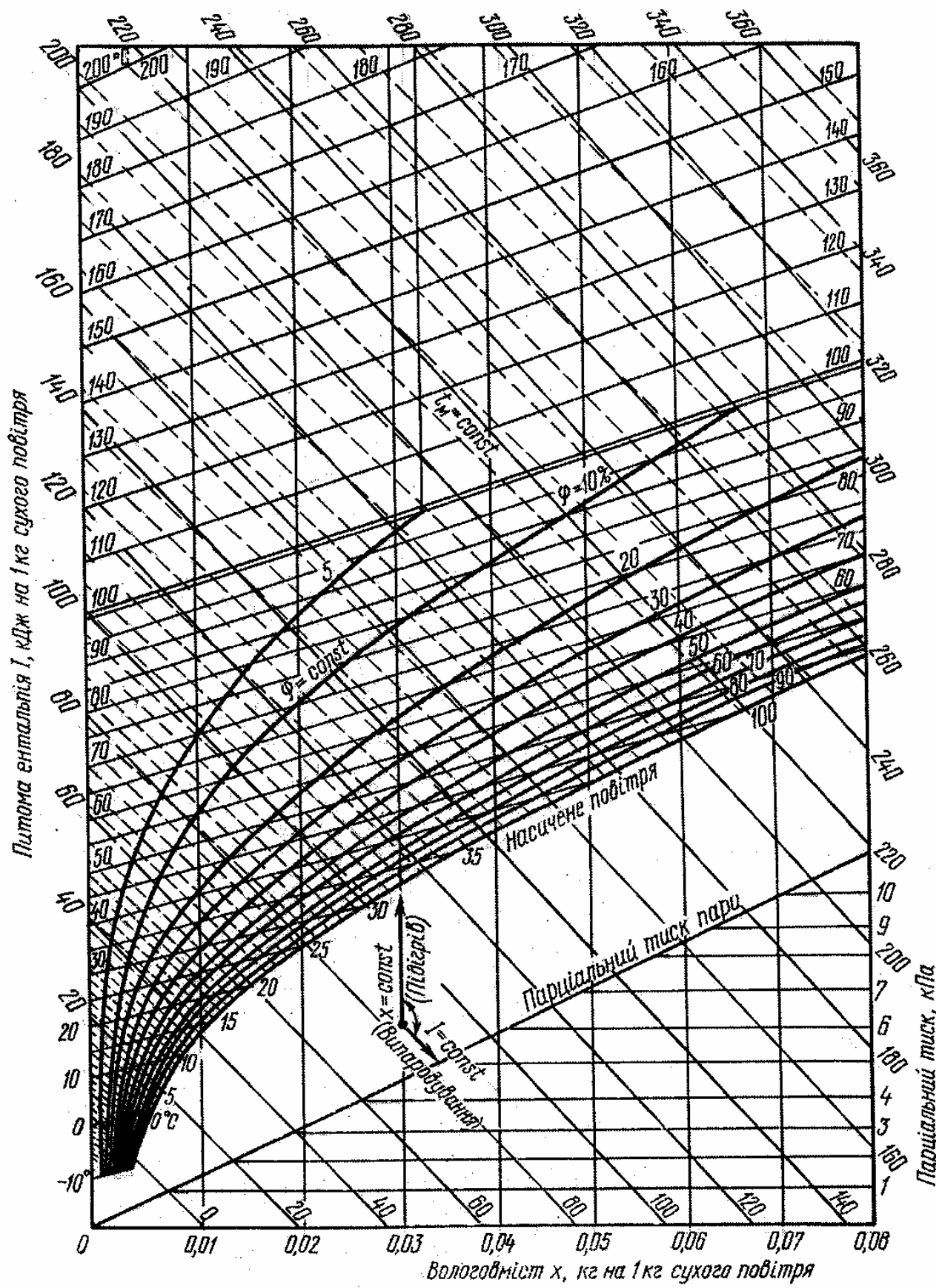


Рис. 1. $I - x$ діаграма стану вологого повітря.

Таблиця 4

Наближені формули для визначення фізичних властивостей повітря

Показник	Формула	Розмірність
Густина повітря	$\rho_{нов}(T) = \frac{p_{нов}}{287.4 \cdot T}$	кг/м ³
Питома теплоємність повітря	$c_{p_{нов}}(T) = [1.0005 + 1.1904 \cdot 10^{-4} \cdot (T - 273)] \cdot 10^3$	Дж/(кг К)
Теплопровідність повітря	$\lambda_{нов}(T) = 2.44 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{0.82}$	Вт/(м К)
Коефіцієнт динамічної в'язкості	$\mu_{нов}(T) = 1.717 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{0.683}$	Па·с
Коефіцієнт кінематичної в'язкості	$\nu_{нов}(T) = \frac{\mu_{нов}(T)}{\rho_{нов}(T)}$	м ² /с
Коефіцієнт температуропровідності	$a_{нов}(T) = \frac{\lambda_{нов}(T)}{c_{p_{нов}}(T) \cdot \rho_{нов}(T) \cdot 1000}$	м ² /с
Число Прандтля	$Pr_{нов}(T) = \frac{\nu_{нов}(T)}{a_{нов}(T)}$	-

Розмірність величин: тиск – Па, температура – К. Наближені формули для повітря дійсні в діапазоні температур повітря від 273 К до 473 К при нормальному атмосферному тиску 101325 Па.

Таблиця 5

Питома теплоємність деяких харчових матеріалів

Продукт або матеріал	$c_m \cdot 10^{-3}$ Дж/(кг·К)
Бульйон кістковий	4,19
Кров	3,02
Кров дефібринована	3,89
Меланж	3,64
Яйце	3,18

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ГАЛУЗІ

ПРАКТИКУМ

для студентів спеціальностей 7.05050313, 8. 05050313 «Обладнання
переробних і харчових виробництв»
спеціалізація «Обладнання виробництв з перероблення м'яса»,
«Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса» напряму
6.051701 «Харчові технології та інженерія»
денної та заочної форм навчання

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри
“Машини і апарати
харчових та фармацев-
тичних виробництв”
Протокол № 16
від 29.06.2011 р.

Укладачі: **О.М. ЧЕПЕЛЮК**
С.Д. БЕСЕДА
В.М. ТАРАН
І.Г. БАБАНОВ

Видання подається в авторській редакції

Підп. до друку 27.07.11. Ум. друк. арк. 6,74. Наклад 100 пр.
Зам. № 209-11А

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuht.edu.ua

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.

