

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Технологічне обладнання галузі

Практикум

для студентів спеціальності 6.091700
«Технологія бродильних виробництв і виноробства»
денної та заочної форми навчання
напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія»
(частина 2)

Схвалено на засіданні
кафедри МАХВ
як практикум
Протокол № 9
від 22 грудня 2009 року

Практикум з дисципліни: «Технологічне обладнання галузі» для студентів спеціальності 6.091700 «Технологія бродильних виробництв і виноробства» денної та заочної форми навчання. О.М. Прохоров.- К.: НУХТ, 2009. — 77с

Рецензент: **С.О. Удодов**, доц., к.т.н.

Укладачі:

О.М. ПРОХОРОВ, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск: **В.М. Таран**, проф., д.т.н.

Видання подається в авторській редакції

Зміст

Вступ.....	4
Методичні вказівки.....	5
1. Розрахунок обладнання для приймання зерна.....	6
2. Розрахунок солодовні типу «передвижна грядка» пивоварного заводу...11	
3. Розрахунок камери кондиціювання повітря для солодовень.....	14
4. Розрахунок апарата для приготування солодового молока.....	18
5. Розрахунок безперервно-діючих вертикальних сушарок солоду.....	21
6. Розрахунок апаратів розварювання зернової сировини спиртового виробництва.....	24
7. Розрахунок затворного апарата пивоварного виробництва.....	30
8. Розрахунок бродильних апаратів спиртового виробництва.....	34
9. Розрахунок сатураторів води.....	37
10. Розрахунок пластичної пастеризаційно-охолоджувальної установки.....	41
Література.....	45
Додатки.....	77

Вступ

Дисципліна «Технологічне обладнання галузі» займає особливо вагомє значення в завершенні підготовки спеціалістів в галузі бродильних виробництв.

Мета вивчення даного курсу – підготовка студентів до виробничо-технологічної проектно-конструкторської й наукової діяльності, яка пов'язана з експлуатуванням і обслуговуванням машин, використанням знань отриманих при вивченні фундаментальних і загально професійних дисциплін для рішення інженерних задач.

В результаті вивчення даної дисциплін студент повинен мати уяву:

- про основні проблеми науково-технічного прогресу в галузі бродильних виробництв;
- про технологічне обладнання галузі (класифікація, принцип дії, особливості експлуатування і обслуговування, шляхи й перспективи розвитку);
- про основи компоновання поточкових ліній;
- про проблеми раціонального використання сировини, теплової і електричної енергії;
- про проблеми підвищення якості готової продукції;
- про основи проектування технологічного обладнання.

Студент повинен знати та уміти використовувати:

- прогресивні методи експлуатування і обслуговування технологічного обладнання;
- методи оцінювання причин виникнення дефектів і браку випускаємої продукції;
- виконувати основні розрахунки технологічного обладнання;
- методи компоновки технологічного обладнання;
- оцінювати сталість та надійність технологічного процесу.

Студент повинен вміти:

- проводити теоретичні та експериментальні дослідження в області технологій і технологічного обладнання;
- знаходити оптимальні та раціональні технічні режими експлуатування обладнання;
- вибирати технологічне обладнання по основним техніко-економічним параметрам;
- оцінювати технічний стан обладнання;
- виконувати основні розрахунки технологічного обладнання галузі;
- удосконалювати та оптимізувати діюче технологічне обладнання на основі аналізу якості сировини й вимог до кінцевого продукту;
- розробити заходи по ліквідації дефектів і браку випускаємої продукції;
- проводити системний аналіз рівня й напрямку удосконалення роботи технологічної лінії.

Студент повинен мати навички:

- оцінки експлуатаційних можливостей технологічного обладнання;
- технологічного контролю по дотриманню режиму роботи обладнання в умовах працюючого виробництва.

Мета вказівок – систематизувати знання про технологічне обладнання бродильних виробництв, поглибити фахові знання й дати сучасну методику розрахунку конкретного типу обладнання.

По учбовому плану передбачено 32 години на розрахунково-практичні роботи. У кожній роботі приведені основи технологічного процесу, будова й принципи дії обладнання, вихідні дані й методика розрахунку, варіанти індивідуальних завдань, контрольні питання для самостійної підготовки, необхідні довідникові дані і список літератури.

Методичні вказівки

У восьмому семестрі (3-4 чверті) передбачено виконання 10 задач по дисципліні «Технологічне обладнання галузі». Умови задач і вихідні дані до їх виконання приведені в таблицях 1-10. Кожна задача має 100 варіантів вихідних даних. Викладач видає студенту певний варіант для всіх задач. Наприклад, варіант 7d відповідає рядку 7 та d у всіх таблицях вихідних даних.

При оформленні розрахункової роботи студент керується наступними вимогами:

1. Розрахункова робота виконується згідно виданому завданню. В іншому випадку задача не зараховується, й повертається для доопрацювання відповідно даним вимогам.

2. Розрахункові роботи виконуються на окремих аркушах паперу. По зовнішнім краям аркушів передбачається поля шириною 5 і 20 мм.

3. Титульна сторінка оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт.

4. Звіт по розрахунковій роботі містить розділи, що наведені у кожній задачі.

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

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

7. Розрахунки ведуться в системі одиниць (СИ).

8. У випадку відсутності деяких даних для рішень задачі, студент повинен їх вибрати самостійно з обов'язковою мотивацією прийнятого рішення, й указати джерела, по якому ці дані отримані.

9. Кожна розрахункова робота виконується згідно графіка учбового процесу.

10. Кожна розрахункова робота, по ступені складності, оцінена в балах.

11. Кожна розрахункова робота повинна бути захищена на протязі 2-х тижнів після виконання.

12. Кожна розрахункова вважається захищеною, коли студент набирає 60% від максимальної кількості балів.

13. При не захисті однієї із запропонованих розрахункових робіт модуль по практичним заняттям вважається не виконаний, і студент залишається на повторний курс.

1. Розрахунок обладнання для приймання зерна

Мета роботи: вивчення будови принципу дії і отримання практичних навичок по розрахунку розвантажувального, транспортуючого, очисного і зберігального обладнання підприємств бродильного виробництва.

Завдання: виконати розрахунок обладнання для приймання зерна.

1.2 Методика розрахунку обладнання приймання зерна

Потужність солодовні $A = 12000$ т. солоду/рік

Визначаємо необхідну кількість ячменя

$$A_{\text{я}} = k_1 \cdot A = 1.4 \cdot 12000 = 16.8 \cdot 10^3 \text{ т/рік}$$

де: k_1 – коефіцієнт потреби ячменя для отримання тони солоду.

Час приймання ячменя $n = 120$ діб (серпень, вересень, жовтень, листопад).

Прийmemo, що доставка залізничним транспортом складає 60%, а автомобільним – 40%.

Кількість зерна, що поступає по місяцям складає: серпень – 20%, вересень – 30%, жовтень – 30%, листопад – 20%.

Коефіцієнт нерівномірності поступлення зерна складає $k_2 = 2$.

Результати обрахунків зведено в таблицю 1

Таблиця 1

Розрахункові залежності, допоміжні дані	Залізничним транспортом	Автомобільним транспортом
Кількість зерна доставленого на підприємство: $A^{\text{з}} = A_{\text{я}} \cdot \frac{60}{100}$ $A^{\text{а}} = A_{\text{я}} \cdot \frac{40}{100}$	$10,08 \cdot 10^3 \text{ т}$	$6,72 \cdot 10^3 \text{ т}$
Кількість зерна, що поступило за місяць: 20% за серпень 30% за вересень 30% за жовтень 20% за листопад	2016т 3024т 3024т 2016т	1344т 2016т 2016т 1344т

За вересень та жовтень поступило максимум ячменя.

Визначаємо добове надходження зерна:

$$\text{залізничним транспортом } G_q^{\text{з}} = \frac{G_{\text{м}}^{\text{з}}}{n} = \frac{3024}{30} = 101 \text{ т/доба,}$$

$$\text{автомобільним транспортом } G_q^{\text{а}} = \frac{G_{\text{м}}^{\text{а}}}{n} = \frac{2016}{30} \approx 67 \text{ т/доба,}$$

де: n – кількість днів приймання ячменя за місяць.

З врахуванням нерівномірності поступлення:

$$G_q^{\text{з} \cdot \text{max}} = G_q^{\text{з}} \cdot k_2 = 101 \cdot 2 = 202 \text{ т / добу}$$

$$G_q^{\text{а} \cdot \text{max}} = G_q^{\text{а}} \cdot k_2 = 67 \cdot 2 = 134 \text{ т / добу}$$

Грузомісткість вагона $G_{\text{в}} = 60$ т, а автомобіля $G_{\text{а}} = 4$ т.

Визначимо кількість транспорту, що доставить зерно за добу.

$$n_{\epsilon} = \frac{G_q^{\text{з. max}}}{G_{\epsilon}} = \frac{202}{60} = 3,36, \text{ приймаємо } n_{\epsilon} = 4$$

$$n_a = \frac{G_q^{\text{а. max}}}{G_a} = \frac{134}{4} = 33,5, \text{ приймаємо } n_a = 34.$$

За добу, із-за допущень, буде прийнято:

$$G_q^{\text{з. q}} = G_{\epsilon} \cdot n_{\epsilon} = 60 \cdot 4 = 240 \text{ т}$$

$$G_q^{\text{а. q}} = G_a \cdot n_a = 4 \cdot 34 = 136 \text{ т}$$

Вагони з зерном потрібно розвантажити за 2 години, а то потрібно платити штраф за простої вагонів. Для розвантаження вагонів можна використати такі пристрої:

Таблиця 2

Назва розвантажувального приводу	Продуктивність т/год	Потужність пристрою кВт
Механічна лопата	100	4,5
Інерційний вагонорозвантажувач	360	10,3
Пневморозвантажувач	80	95
Розвантажувач Хохуліна	125	19,5

Вибираємо в якості розвантажувального пристрою розвантажувач Хохуліна.

Визначаємо продуктивність розвантажувача Хохуліна по ячменю

$$G_{\text{я}}^1 = G \frac{\rho_{\text{я}}}{\rho_{\text{п}}} = 125 \cdot \frac{650}{750} = 108 \text{ т/год}$$

де: $\rho_{\text{я}}$, $\rho_{\text{п}}$ густина ячменя і пшениці, кг/м³.

G- продуктивність розвантажувача.

Час розвантаження зерна, що надійшло по залізниці

$$\tau_p = \frac{G_q^{\text{з. q}}}{G_{\text{я}}^1} = \frac{240}{108} = 2,2 \text{ год.}$$

Визначаємо продуктивність норії по ячменю:

$$G_{\text{я}}^2 = G_2 \frac{\rho_{\text{я}}}{\rho_{\text{п}}} = 100 \cdot \frac{650}{750} = 87 \text{ т/год.}$$

Визначаємо найменшу масову ємність приймального бункера

$$E_{\delta} = \tau_p (G_{\text{я}}^1 - G_{\text{я}}^2) = 2,2(108 - 87) = 46,2 \text{ т.}$$

Об'ємна ємність приймального бункера визначається

$$V = \frac{E_{\delta}}{\rho_{\text{я}} \cdot \phi} = \frac{46,2}{0,65 \cdot 0,8} = 89 \text{ м}^3$$

де: ϕ - коефіцієнт заповнення приймального бункера, $\phi = 0,8$.

При певних співвідношеннях розмірів приймального бункера (a;b;h) визначаємо його висоту

$$h = \frac{V - \frac{2}{3}a^3}{2a^2} = \frac{89 - \frac{2}{3} \cdot 4^3}{2 \cdot 4^2} = 1,4 \text{ м,}$$

де: a – ширина бункера, b – довжина бункера, h – висота бункера, м.

Для розвантажування автомобілів вибираємо автомобілерозвантажувач ГУАР -10. Який має такі характеристики:

- вантажепід'ємність – 10т;

- час технологічного циклу – 3хв.

Визначаємо час розвантажування автомашин

$$\tau^a = \frac{n_a \cdot \tau_a}{60} = \frac{34 \cdot 3}{60} = 1,7 \text{ год.}$$

Продуктивність автомобільного розвантажувача

$$G_{\text{я}}^{\text{п}} = \frac{G_q^{a-q}}{\tau_a} = \frac{136}{1,7} = 80 \text{ т/год.}$$

Визначаємо продуктивність стрічкового транспортера

$$G_{\text{я}}^{\text{т}} = G^{\text{т}} \cdot \frac{\rho_{\text{я}}}{\rho_n} = 75 \cdot \frac{650}{750} = 65 \text{ т/год.}$$

Визначаємо масову ємність бункера для приймання зерна доставленого автомашинами

$$E_{\delta}' = \tau_a (G_{\text{я}}^{\text{п}} - G_{\text{я}}^{\text{т}}) = 1,7(80 - 65) = 25,5 \text{ т,}$$

а його об'ємна величина рівна

$$V' = \frac{E_{\delta}'}{\rho_{\text{я}} \cdot \varphi} = \frac{25,5}{0,65 \cdot 0,8} = 49 \text{ м}^3.$$

Ємність надвагового бункера дорівнює сумі ємностей приймальних бункерів

$$V_3 = V + V' = 89 + 49 = 138 \text{ м}^3.$$

Для зважування ячменя вибираємо ваги Д-500, які мають такі характеристики:

- ємність ковша $V_k = 1,1 \text{ м}^3$;
- продуктивність $G_4 = 60 \text{ т/год.}$

Визначаємо продуктивність ваг по ячменю

$$G_4' = G_4 \cdot \frac{\rho_{\text{я}}}{\rho_n} = 60 \cdot \frac{0,65}{0,75} = 52 \text{ т/год.}$$

Час роботи ваг приймання добової кількості ячменя

$$\tau_4 = \frac{G_q^{b-q} + G_q^{a-q}}{G_4'} = \frac{240 + 136}{52} = 7,2 \text{ год.}$$

Об'єм підвагового бункера визначаємо із умови п'яти відвісів

$$V_5 = 5 \cdot V_k = 5 \cdot 1,1 = 5,5 \text{ м}^3.$$

Приймаємо час роботи сепараційного відділення в одну зміну, яка дорівнює 7 годин роботи.

Продуктивність сепаратора визначається

$$G_6 = \frac{G_q^{b-q} + G_q^{a-q}}{\tau_c} = \frac{240 + 136}{7} = 53,7 \text{ т/год.}$$

Вибираємо сепаратор А1-БЦС-100, який має продуктивність по пшениці $G_6^n = 100 \text{ т/год.}$

Визначаємо його продуктивність по ячменю:

$$G_6^{\text{я}} = G_6^n \cdot \frac{\rho_{\text{я}}}{\rho_n} = 100 \cdot \frac{0,65}{0,75} = 87 \text{ т/год.}$$

Час роботи сепаратора за добу

$$\tau_6 = \frac{G_q^{b-q} + G_q^{a-q}}{G_6^{\text{я}}} = \frac{240 + 136}{87} = 4,3 \text{ год.}$$

Визначаємо місячні витрати ячменя

$$A_m^y = \frac{A_y}{n} = \frac{16800}{12} = 1400 \text{ т/місяць.}$$

Перехідний запас ячменя прийемо рівним двомісячній роботі виробництва

$$П = 2 \cdot A_m^y = 2 \cdot 1400 = 2800 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість зерна, що знаходиться в елеваторі на перше число місяців поступлення:

$$G_{\text{вересня}} = П + П_o - В = 2800 + 3360 - 1400 = 4760 \text{ т.}$$

$$G_{\text{жовтня}} = П + П_o - В = 4760 + 5040 - 1400 = 8400 \text{ т.}$$

$$G_{\text{листопада}} = П + П_o - В = 8400 + 5040 - 1400 = 12040 \text{ т.}$$

$$G_{\text{грудня}} = П + П_o - В = 12040 + 3360 - 1400 = 14000 \text{ т.}$$

де: П – кількість зерна, що перейшла з минулого місяця, т:

$П_o$ - кількість зерна, що поступила за минулий місяць, т;

В – витрати зерна на виробництво за минулий місяць, т.

Максимальна кількість зерна буде знаходитись в хранилищі на 1 грудня

Ємкість елеватора визначається по пшениці

$$G_E = G_{\text{грудня}} \cdot \frac{\rho_n}{\rho_y} = 14 \cdot 10^3 \cdot \frac{0,75}{0,65} = 16,2 \cdot 10^3 \text{ т.}$$

Вибираємо елеватор СКМ – 6×24 ємкістю 18000т.

Індивідуальні завдання по розрахунку обладнання для приймання зерна

Варіант	Потужність солодовні тисячі тон	Доставка, %		Місячна норма доставки, %				Варіант	Коефіцієнт нерівномірності поступлення, K_2	Співвідношення розмірів приймального бункера а:в:h	Час технологічного циклу розвантажування, хв	Час роботи сепаратора, год
		Залізничний транспорт	Автомобільний транспорт	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад					
1	5	-	100	10	30	40	20	А	2,5	1:1,5:0,5	2,0	7
2	10	20	80	10	20	45	25	Б	2,2	1:1,7:0,6	2,1	7,2
3	12	30	70	10	15	50	25	В	2,0	1:1,8:0,7	2,5	7,5
4	15	40	60	20	30	30	20	Г	1,8	1:1,9:0,6	2,6	8
5	20	50	50	20	25	25	30	Д	1,6	1:2:0,5	2,8	9
6	25	60	40	20	25	20	35	Є	1,4	1:2,1:0,6	3,0	10
7	30	70	30	30	40	20	10	Ж	1,3	1:2,2:0,7	3,2	11
8	35	80	20	20	30	40	10	З	1,2	1:2,4:0,8	3,4	12
9	40	100	-	20	25	25	30	І	1,1	1:1,8:0,5	-	13
10	50	90	10	20	30	30	20	К	1,0	1:2:0,7	2,4	14

1.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить наступні розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

1.4 Контрольні запитання

1. Класифікація споруд для зберігання зерна.
2. Класифікація та будова розвантажувального обладнання.
3. Класифікація, будова та принципи дії транспоруючого обладнання зерна.
4. Будова, принципи дії та розрахунок приймальних бункерів.
5. Визначення оптимальної ємкості приймальних бункерів.
6. Класифікація, будова та принцип дії обладнання для автоматичного зважування зерна.
7. Класифікація, будова та принцип дії зернових сепараторів.
8. Визначення максимальної ємкості елеватора.
9. Будова, принцип дії обладнання для очищення та класифікації зерна.
10. Вимоги, що пред'являються до експлуатації і обслуговування приймального обладнання для зерна.

2. Розрахунок солодовні типу «передвижна грядка» пивоварного заводу

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії і отримання практичних навичок по розрахунку солодовні типу «передвижна грядка» пивоварного заводу.

Завдання: виконати розрахунок солодовні типу «передвижна грядка» пивоварного заводу.

2.2 Методика розрахунку солодовні типу «передвижна грядка» пивоварного заводу

Продуктивність заводу по пиву $P = 7,5 \cdot 10^6$ дал/рік.

Розрахуємо потрібну річну потребу по солоду

$$G_{\text{сол}} = P \cdot q = 7,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 = 12 \cdot 10^6 \text{ кг/рік,}$$

де: q – витрати солоду на виробництво одного декалітра пива.

Розрахуємо необхідну кількість ячменю

$$G_{\text{я}} = k_1 \cdot G_{\text{сол}} = 1,4 \cdot 12 \cdot 10^3 = 16,8 \cdot 10^3 \text{ т/рік,}$$

де: k_1 – кількість ячменя, що йде на отримання 1 тони солоду.

Добові витрати ячменя

$$G_{\text{доб}} = \frac{G_{\text{я}}}{n} = \frac{16,8 \cdot 10^3}{360} = 46,7 \text{ т/доба.}$$

Добовий об'єм солоду, що отримуємо після пророщування

$$V_1 = k_2 \cdot \frac{G_{\text{доб}}}{\rho_{\text{я}}} = 2,2 \cdot \frac{46,7}{0,65} = 158 \text{ м}^3.$$

Об'єм солоду, що знаходиться на грядках

$$V = V_1 \cdot n_1 = 158 \cdot 7 = 1106 \text{ м}^3,$$

де: n – кількість днів пророщування солоду.

Визначимо сумарну площу грядок пророщування солоду

$$F = \frac{V}{h_{\text{сол}}} = \frac{11,06}{1,2} = 922 \text{ м}^2,$$

де: $h_{\text{сол}}$ – висота шару замоченого ячменя.

Визначимо довжину грядок пророщування

$$l = n \cdot z \cdot a + a = 3 \cdot 7 \cdot 1,5 + 1,5 = 33 \text{ м,}$$

де: n – кількість днів пророщування, $n=7$;

z – кількість зворушень за добу, $z=2$;

a – довжина перекидання, $a=1,5$ м.

Визначимо загальну ширину ящиків

$$B = \frac{F}{l} = \frac{922}{33} = 28 \text{ м.}$$

Розрахуємо кількість ящиків пророщування

$$n = \frac{B}{B_1} = \frac{28}{4} = 7,$$

де: B_1 – ширина ящика пророщування, $B_1=4$ м.

Визначаємо кількість замочних апаратів на одну грядку пророщування

$$m_1 = \frac{T_1}{24} = \frac{72}{24} = 3 \text{ шт.}$$

Загальна кількість замочних апаратів визначається

$$m = n \cdot m_1 + 1 = 7 \cdot 3 + 1 = 22 \text{ шт.}$$

Визначаємо масу повітряно-сухого ячменя в замочному апараті

$$G_1 = \frac{G_{\text{доб}}}{n} = \frac{46,7}{7} = 6,67 \text{ т.}$$

Визначаємо об'єм замочного апарату

$$V_2 = \frac{G_1}{\rho_{\text{я}}} \cdot k_3 \cdot \frac{1}{\varphi_2} = \frac{6,67}{0,65} \cdot 1,4 \cdot \frac{1}{0,9} = 16 \text{ м}^3,$$

де: k_3 - коефіцієнт збільшення об'єму ячменя при замочуванні, $k_3=1,4$;

φ_2 - коефіцієнт заповнення замочуваного апарата, $\varphi_2=0,9$.

Визначаємо розміри замочного апарату, розраховуємо із рівняння об'єму замочного апарата

$$V_2 = \pi \cdot \frac{D^2 \cdot H}{4} + \pi \frac{D^2 \cdot h}{12},$$

де: D – діаметр апарата, м;

H – висота циліндричної частини, $H = 0,4D$;

h – висота конуса, $h = 0,5D$.

Підставимо дані значення

$$V_2 = \pi \cdot \frac{D^2 \cdot 0,4D}{4} + \pi \frac{D^2 \cdot 0,5D}{12} = 0,314 \cdot D^3 + 0,131 \cdot D^3 = 0,445 \cdot D^3;$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_2}{0,445}} = \sqrt[3]{\frac{16}{0,445}} = \sqrt[3]{35,96} = 3,3 \text{ м};$$

$$H = 0,4D = 0,4 \cdot 3,3 = 1,32 \text{ м};$$

$$h = 0,5D = 0,5 \cdot 3,3 = 1,65 \text{ м.}$$

Визначаємо сумарні витрати повітря за повний цикл замочування ячменю

$$V_3 = q_3 \cdot G_{\text{доб}} = 150 \cdot 46,7 = 7000 \text{ м}^3/\text{добу} = 292 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарні витрати води на промивку та замочування зерна складає

$$V_4 = q_4 \cdot G_{\text{доб}} \cdot z_1 = 1,2 \cdot 46,7 \cdot 5 = 280 \text{ м}^3/\text{добу} = 11,7 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо час між вивантаженням замоченого ячменя

$$\tau_4 = \frac{T}{n \cdot m} = \frac{24 \cdot 60}{7 \cdot 3} = 68,6 \text{ хв},$$

де: T – час роботи замочного відділення за добу.

Визначаємо тепло, що виділяється за добу при пророщуванні ячменя

$$Q = G_{\text{доб}} \cdot \frac{100 - \omega}{100} \cdot \frac{p}{100} \cdot q_5 \cdot 1000 = 46,7 \cdot \frac{100 - 15}{100} \cdot \frac{7}{100} \cdot 18000 \cdot 1000 = 5 \cdot 10^7 \text{ кДж/добу} = 0,21 \cdot 10^7 \text{ кДж/год},$$

де: ω - вологість повітряно-сухого ячменя.

Індивідуальні завдання по розрахунку солодовні типу «передвижка грядка» пивоварного заводу

Варіант	Продуктивність заводу по пиву, $\cdot 10^6 \frac{\text{дал}}{\text{рік}}$	Питомі витрати ячменя, $q, \text{кг/дал}$	Висота шару замоченого ячменя, $h_{\text{сш}}, \text{м}$	Кількість зворушень солода за добу, Z	Довжина перекидання солоду за одне зворушення, a	Варіант	Ширина ящика пророщення, $B_1, \text{м}$	Коефіцієнт збільшення об'єму ячменя при замочуванні, k_3	Питомі витрати повітря, $q_3, \text{м}^3 / \text{т}$	Питомі витрати води, $q_4, \text{м}^3 / \text{т}$	Вологість по-вітряносухо-го ячменя $\omega, \%$
1	1,0	1,9	0,5	2	1,5	А	2,5	1,4	140	0,8	10
2	1,5	1,8	0,6	2	1,6	Б	3,0	1,42	145	0,9	11
3	2,0	1,7	0,7	3	1,7	В	3,5	1,44	150	1,0	12
4	3,0	1,6	0,8	2	1,8	Г	4,0	1,46	155	1,1	13
5	5,0	2,0	0,9	3	1,9	Д	4,5	1,48	160	1,2	14
6	7,5	1,9	1,0	2	2,0	Е	2,5	1,5	165	1,3	15
7	10	1,8	1,1	3	2,1	Ж	3,0	1,52	145	1,4	16
8	15	1,7	1,2	2	2,2	З	3,5	1,5	165	1,5	12
9	20	1,6	1,3	3	2,3	І	4,0	1,4	160	1,6	13
10	25	1,5	1,4	2	2,4	К	4,5	1,3	150	1,7	14

2.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить такі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

2.4. Контрольні питання

1. Класифікація солодовень.
2. Будова, принцип дії пневматичних солодовень.
3. Будова, принцип дії та розрахунок апаратів для миття зерна.
4. Будова, принцип дії та розрахунок апаратів для замочування зерна.
5. Визначення кількості та ємності замочених апаратів.
6. Особливості роботи солодовень пивоварного та спиртового виробництв.
7. Пристрої для завантажування, зворушування та розвантажування пневматичних солодовень.
8. Визначення основних розмірів пневматичних солодовень.
9. Визначення втрат зерна при солодопророщуванні на пивоварному та спиртовому виробництвах.
10. Вимоги, що пред'являються до експлуатації і обслуговувані обладнання в солодовому виробництві.

3. Розрахунок камери кондиціонування повітря для солодовень

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії, методів інтенсифікації процесу та отримання практичних навичок по розрахунку камер кондиціонування повітря.

Завдання: виконати розрахунок камери кондиціонування повітря для солодовні.

3.2 Методика розрахунку камери кондиціонування повітря для солодовні

Визначаємо тепло, що виділяється за добу при пророщуванні ячменя

$$Q = G_{\text{доб}} \cdot \frac{100 - \omega}{100} \cdot \frac{p}{100} \cdot q \cdot 1000 = 46,7 \cdot \frac{100 - 15}{100} \cdot \frac{7}{100} \cdot 18000 \cdot 1000 = 5 \cdot 10^7 \text{ кДж/добу} = \\ = 0,21 \cdot 10^7 \text{ кДж/год},$$

де: ω – вологість повітряно-сухого ячменю, %;

p – втрати сухих речовин при пророщуванні ячменю, %;

q – питомі виділення тепла, кДж/кг.

Визначимо основні параметри повітря для літніх умов пророщування ячменю

$$t_0 = 28^\circ; \quad \varphi_0 = 65\%; \quad I_0 = 60,3 \text{ кДж/кг}; \quad t_1 = 13^\circ; \quad \varphi_1 = 100\%; \quad I_1 = 35 \text{ кДж/кг};$$

$$t_2 = 16^\circ; \quad \varphi_2 = 100\%; \quad I_2 = 42 \text{ кДж/кг};$$

Визначаємо витрати повітря для відведення виділеного тепла

$$L = \frac{Q}{I_2 - I_1} = \frac{2,1 \cdot 10^6}{42 - 35} = 3,0 \cdot 10^5 \text{ кг/год},$$

де: I_1, I_2 – тепловміст повітря, що поступає під ящик пророщування і після проходження шару солоду, кДж/кг.

Визначаємо об'ємні витрати повітря

$$V = \frac{L}{\rho_{\text{п}}} = \frac{3,0 \cdot 10^5}{1,29} = 2,33 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо об'ємні витрати повітря, що проходить через камеру кондиціонування

$$V_K = k_1 \cdot V = 1,1 \cdot 2,33 = 2,56 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{год},$$

де: k_1 – коефіцієнт втрат повітря після камери кондиціонування.

Визначаємо кількість тепла, що відводиться від повітря в камері кондиціонування.

$$Q_K = L \cdot k_1 (I_0 - I_1) = 3,0 \cdot 10^5 \cdot 1,1 (60,3 - 35) = 83,5 \cdot 10^5 \text{ кДж/год}.$$

Параметри води, що підводиться і відводиться з камери кондиціонування

$$t_2' = 10^\circ, t_2'' = 13^\circ$$

Визначаємо: $\Delta t_\delta = t_0 - t_2'' = 28 - 13 = 15^\circ \text{C}$

$$\Delta t_m = t_1 - t_2' = 13 - 10 = 3^\circ \text{C}$$

$$\frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_m} = \frac{15}{3} = 5 > 2, \text{ то } \Delta t = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_m}} = \frac{15 - 3}{\ln \frac{15}{3}} = 8^\circ \text{C}.$$

Визначаємо об'єм камери кондиціонування

$$V_k = \frac{Q_k}{\Delta t \cdot K_v} = \frac{8,35 \cdot 10^6}{8 \cdot 4000} = 261 \text{ м}^3,$$

де: K_v - об'ємний коефіцієнт тепло масовіддачі камери кондиціонування.

Визначаємо січення одного ходу камери кондиціонування

$$f = \frac{V_k}{3600 \cdot V} = \frac{2,56 \cdot 10^5}{3600 \cdot 3,5} = 20,3 \text{ м}^2,$$

де: V - швидкість руху повітря в камері кондиціонування.

При співвідношенні ширини камери кондиціонування до довжини одного ходу $b=2a$, визначаємо довжину одного ходу камери кондиціонування

$$a = \sqrt{\frac{f}{2}} = \sqrt{\frac{20,3}{2}} = 3,2 \text{ м.}$$
$$b = 2 \cdot a = 2 \cdot 3,2 = 6,4 \text{ м.}$$

Приймаємо число ходів повітря в камері кондиціонування $m=4$, і визначаємо висоту камери кондиціонування $V_k = m \cdot b \cdot a \cdot h = 4 \cdot 2a \cdot a \cdot h$,

$$h = \frac{V_k}{8 \cdot a^2} = \frac{261}{8 \cdot 3,2^2} = \frac{261}{81,92} = 3,2 \text{ м.}$$

Визначаємо витрати води, що йде на кондиціонування повітря

$$W = \frac{Q_k}{(t_2'' - t_2') \cdot C_e \cdot 1000} = \frac{8,35 \cdot 10^6}{(13 - 10) \cdot 4,18 \cdot 1000} = 665,8 \text{ т/Год.}$$

Визначаємо кількість форсунок Григор'єва-Поляка в камері кондиціонування

$$z = \frac{W}{q_1} = \frac{665800}{327} = 2036 \text{ шт.}$$

де: q_1 - витрати води через одну форсунку, при тиску води 490,5 кПа.

Кут та довжина факелу води, відповідно тиску, рівні $\varphi = 65^\circ$; $l = 620 \text{ мм}$.

Діаметр перекриття однієї форсунки

$$d = 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot l = 2 \cdot \operatorname{tg} \frac{65}{2} \cdot 0,62 = 0,8 \text{ м}$$

Площа перекриття руху повітря однієї форсунки

$$S_1 = \pi \frac{d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,5 \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість форсунок, які потрібні для одного ходу камери кондиціонування

$$z_1 = \frac{f}{S_1} = \frac{20,3}{0,5} = 406 \text{ шт.}$$

При цьому виконується умова

$$z_1' = \frac{z}{m} > z_1$$
$$z_1' = \frac{2036}{4} = 509 > 406$$

Розрахуємо камеру кондиціонування для зимових умов

Параметри повітря для зимових умов

$$t_0 = -5^\circ; \quad \varphi_0 = 70\%; \quad I_0 = 0 \text{ кДж/кг}; \quad t_1 = 13^\circ; \quad \varphi_1 = 100\%; \quad I_1 = 35 \text{ кДж/кг};$$
$$x_0 = 2 \text{ г/кг}; \quad x_1 = 9 \text{ г/кг}.$$

Визначаємо теоретичні витрати води для зимових умов

$$W_T = \frac{k_1 \cdot L(x_1 - x_0)}{1000} = \frac{1,1 \cdot 3,0 \cdot 10^5 (9 - 2)}{1000} = 23,1 \cdot 10^2 \text{ кг/Год.}$$

Дійсні витрати води для зимових умов

$$W_q = \frac{100}{\omega} \cdot W_T = \frac{100}{4} \cdot 2,31 \cdot 10^3 = 57,75 \cdot 10^3 \text{ кг/Год} = 57,75 \text{ т/Год},$$

де: ω - процент випаровування води для зимових умов.

Вибираємо форсунку для тонкого розпилювання Григор'єва-Поляка, яка має такі характеристики при тиску води 490,5 кПа:

$$q_2 = 183 \text{ кг/год}; \alpha_2 = 54^0; l_2 = 507 \text{ мм.}$$

Визначаємо кількість форсунок в камері кондиціонування для зимових умов

$$z_2 = \frac{W_g}{q_2} = \frac{57,75 \cdot 10^3}{183} = 315,5.$$

Розрахуємо витрати тепла для підігрівання повітря для зимових умов

$$Q_2 = k_1 \cdot L(I_1 - I_0) = 1,1 \cdot 3 \cdot 10^5 \cdot (35 - 0) = 115,5 \cdot 10^5 \text{ кДж/год.}$$

На калорифер, в якості теплоагента поступає пара при тиску 0,5МПа, яка має такі характеристики:

$$t'_2 = 164^0 \text{ C}, \rho_2 = 3,6 \text{ кг/м}^3, I_k = 636,8 \text{ кДж/кг}, I = 2747,8 \text{ кДж/кг}, r = 2111 \text{ кДж/кг.}$$

Визначаємо витрати пара, що подається на калорифер

$$D = \frac{Q_2}{I - I_2} = \frac{115,5 \cdot 10^5}{2747,8 - 636,8} = 5,47 \cdot 10^3 \text{ кг/год} = 5,47 \text{ т/год.}$$

Індивідуальні завдання по розрахунку камери кондиціонування повітря для солодовень

Варіант	Добові Витрати ячменя $G_{доб}, m/\partial$	Вологість повітряно- сухого ячменю $\omega, \%$	Параметри повітря				Варіант	Параметр и води		Процент випарю- вання води для зимових умов, ω	Тиск, що посту- пає на калори- фер, P, Mna
			Літні умови		Зимові умови			На вхо ді t_2'	На Ви ход і t_2''		
			Тем- пера- тура $t, ^0C$	Воло- гість $\varphi, \%$	Тем- пера- тура $t, ^0C$	Воло- гість $\varphi, \%$					
1	10	12	20	80	-5	90	А	4	10	4	0,11
2	12	13	22	75	-6	88	Б	3	11	5	0,12
3	15	14	24	70	-7	86	В	5	12	6	0,15
4	18	15	26	65	-8	84	Г	7	13	7	0,18
5	20	18	28	60	-9	82	Д	6	14	8	0,20
6	22	17	30	50	-10	80	Е	4	10	9	0,25
7	25	18	25	72	-4	78	Ж	5	11	10	0,3
8	30	14	27	70	-3	76	З	7	12	6	0,4
9	35	15	23	60	-2	74	І	6	13	7	0,5
10	40	16	28	65	-1	70	К	8	14	8	0,6

3.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить такі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

3.4 Контрольні запитання

1. Класифікація способів очищення та зволоження повітря.
2. Зображення процесів: підігрівання , охолодження та зволоження повітря на І-х діаграмі.
3. Визначення кількості повітря, що піддається кондиціюванню.
4. Будова, принципи дії камер кондиціювання повітря.
5. Складання матеріального та теплового балансів камери кондиціювання повітря.
6. Способи інтенсифікації процесу тепломасообміну.
7. Схеми повторного використання повітря і води при їх кондиціюванні.
8. Розрахунок кількості форсунок та їх компоновка в камері кондиціювання.
9. Будова та принцип дії форсунок для води.
10. Особливості розрахунку і роботи калориферів повітря.

4. Розрахунок апарата для приготування солодового молока

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії обладнання для вирощування солоду і приготування солодового молока на спиртових заводах та отримання практичних навичок по їх розрахунку.

Завдання: виконати розрахунок апарата для приготування солодового молока і перемішуючого пристрою для його перемішування.

4.2 Методика розрахунку апарата для приготування солодового молока

Визначаємо добові витрати крохмалю для виробництва солоду

$$G_k = \frac{A}{q} \cdot \frac{k_1}{100} = \frac{1500}{66,5} \cdot \frac{16}{100} = 3,6 \text{ т/добу},$$

де: A –продуктивність заводу по алкоголю, дал/добу;

q –вихід алкоголю із однієї тони крохмалю;

k_1 –витрати крохмалю на виробництво солоду.

Добові витрати зерна, що використовуються для приготування солоду

$$G_z = \frac{G_k \cdot 100}{K_k} = \frac{3,6 \cdot 100}{50} = 7,2 \text{ т/добу}$$

де: K_k –середня крохмалистість зерна,%.

Визначаємо добові витрати ячменя та проса що йдуть для приготування солоду

$$G_y = G_z \cdot \frac{k_2}{100} = 7,2 \cdot \frac{70}{100} = 5,04 \text{ т/добу};$$

$$G_{\text{прос}} = G_z - G_y = 7,2 - 5,04 = 2,16 \text{ т/добу},$$

де: k_2 – процент ячмінного солоду, що йде для приготування солодового молока.

Визначаємо втрати зерна при пророщуванні солоду

$$\Delta G_z = G_z \cdot \frac{k_3}{100} = 7,2 \cdot \frac{15}{100} = 1,08 \text{ т/добу},$$

де: k_3 – процент втрат маси зерна при пророщуванні солоду.

Визначаємо масу зеленого солоду, що йде на приготування солодового молока на протязі доби

$$G_m = G_z - \Delta G_z = 7,2 - 1,08 = 6,12 \text{ т/добу}.$$

Часові витрати зеленого солоду

$$G_m^{\text{год}} = \frac{G_m}{24} = \frac{6,12}{24} = 0,255 \text{ т/год} = 255 \text{ кг/год}.$$

Визначаємо годинні витрати сухих речовин, що використовуються для приготування солодового молока.

$$CP = G_m^{\text{год}} \cdot \frac{100 - \omega}{100} = 255 \cdot \frac{100 - 14}{100} = 219,3 \text{ кг/год}.$$

Визначаємо робочий об'єм апарата для приготування солодового молока

$$V_p = \frac{CP \cdot \tau \cdot 100}{x \cdot \rho} = \frac{219,3 \cdot 2 \cdot 100}{18 \cdot 1074} = 2,27 \text{ м}^3,$$

де: τ - час роботи одного апарата солодового молока, год;

x - концентрація солодового молока, % мас;

ρ - густина солодового молока, кг/м³.

Визначаємо об'єм апарата

$$V_a = \frac{V_p}{\phi} = \frac{2,27}{0,9} = 2,52 \text{ м}^3.$$

Визначаємо основні розміри апарата для приготування солодового молока:

$$H_u = D; H_k = 0,3D; V_a = 1,1 \cdot \frac{\pi D^3}{4}; D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_a}{1,1 \cdot 3,14}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2,52}{1,1 \cdot 3,14}} = \sqrt[3]{2,919} = 1,43 \text{ м}.$$

Прийmemo $D = 1,45 \text{ м}$, $H_u = D = 1,45 \text{ м}$, $H_k = 0,3D = 0,3 \cdot 1,45 = 0,44 \text{ м}$.

Для перемішування солодового молока вибираємо пропелерну мішалку:

діаметр мішалки $d_m = 0,2D = 0,12 \cdot 1,45 = 0,29 \text{ м}$,

Число обертів мішалки $n = 1000 \text{ об/хв} = 16,7 (1/\text{сек})$

Визначаємо критерій Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{1074 \cdot 16,7 \cdot 0,29^2}{0,25 \cdot 10^{-2}} = 603400.$$

Визначаємо критерій Фруда

$$Fr = \frac{n^2 \cdot d}{g} = \frac{16,7^2 \cdot 0,29}{9,8} = 8,25.$$

Визначаємо критерії потужності

$$K_N = 0,146 Re^{0,96} Fr^{-0,26} \left(\frac{D}{d_m} \right)^{0,91} \cdot \left(\frac{t}{d_m} \right)^{1,22} = 0,146 \cdot (603400)^{0,96} \cdot (8,25)^{-0,26} \cdot (2)^{0,91} \cdot \left(\frac{0,6}{0,29} \right)^{1,22} =$$

$$= 0,146 \cdot 354308 \cdot 0,578 \cdot 1,88 \cdot 2,43 = 136592$$

Визначаємо потужність приводу мішалки

$$N = K_N \cdot \mu \cdot n^2 \cdot d^3 = 136592 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 16,7^2 \cdot 0,29^3 = 2323 \text{ Вт} = 2,3 \text{ кВт}.$$

Індивідуальні завдання по розрахунку апарату для приготування солодового молока

Варіант	Продуктивність заводу по алко-голю, дал/добу	Середня крохмальність зерна, %	Витрати крохмалю на виробництво солода $\kappa_1, \%$	Втрати маси зерна при пророщуванні солоду $\kappa_3, \%$	Варіант	Вологість зерна, $\omega, \% \text{ мас}$	Масова концентрація олодого молока, $X, \% \text{ мас}$	Розміри апарата		Число обертів мішалки $H_k, \text{ м}$
								Циліндрична частина $H_u, \text{ м}$	Конусна частина $H_k, \text{ м}$	
1	1000	50	15	14	А	14	16	0,8D	0,4D	700
2	1500	51	16	15	Б	15	17	0,9D	0,3D	750
3	1800	52	17	16	В	16	18	1D	0,45D	800
4	2000	53	18	14	Г	17	19	1,1D	0,35D	850
5	2500	54	19	15	Д	18	20	1,2D	0,45D	900
6	2800	55	20	16	Е	19	16	1,3D	0,3D	950
7	3000	56	15	14	Ж	20	17	1,4D	0,35D	1000
8	3200	57	16	15	З	14	18	1,5D	0,4D	1050
9	3500	58	17	16	І	15	19	1D	0,35D	1100
10	4000	60	18	14	К	16	20	1,2D	0,3D	1150

4.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить такі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

4.4 Контрольні питання

1. Визначення втрат зерна при солодощенні на спиртових заводах.
2. Визначення концентрації солодового молока .
3. Оцукрювання розвареної маси.
4. Будова, принцип дії апаратів для приготування солодового молока та оцукрювачів розвареної маси.
5. Будова, принцип дії дозувальних пристроїв солодового молока.
6. Порядок визначення основних розмірів апаратів періодичної та безперервної дії.
7. Умови вибору перемішуючих пристроїв.
8. Критерії подібності для механічних процесів.

5. Розрахунок безперервно-діючих вертикальних сушарок солоду

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії обладнання для сушіння солоду та отримання практичних навичок по розрахунку та оптимізації роботи солодосушарок.

Завдання: виконати розрахунки безперервно-діючої вертикальної сушарки та зобразити зміни параметрів теплоносія на I – x діаграмі.

5.2 Методика розрахунку безперервно-діючих вертикальних солодосушарок

Розміри шахти сушарки Гіпропрода

$$a \times b \times l \times h = 0,3 \times 0,4 \times 4,8 \times 13,5.$$

Розрахуємо об'єм сушильної шахти

$$V = \frac{a+b}{2} \cdot l \cdot h = \frac{0,3+0,4}{2} \cdot 4,8 \cdot 13,5 = 22,7 \text{ м}^3$$

Визначаємо об'єм, що займає одна тона зеленого, мокрого солоду

$$V_1 = \frac{G_{\text{я}}}{\rho_{\text{я}}} \cdot k_1 = \frac{1266}{650} \cdot 1,8 = 3,5 \text{ м}^3/\text{т},$$

де: $G_{\text{я}}$ - витрати ячменя для отримання 1 тони солоду.

Із продуктового розрахунку 1 тона висушеного солода займає об'єм

$$V_2 = 1,874 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Визначаємо середнє значення об'єму шахти, що займає одна тона висушеного солоду

$$V_{\text{cp}} = \frac{V_1 + V_2}{2} = \frac{3,5 + 1,874}{2} = 2,69 \text{ м}^3/\text{т}.$$

Визначаємо масу солода, що знаходиться в сушильній камері

$$G = \frac{V}{V_{\text{cp}}} = \frac{22,7}{2,69} = 8,44 \text{ т}.$$

Годинна продуктивність сушарки

$$G_1 = \frac{G}{\tau} = \frac{8,44}{20} = 0,422 \text{ т/год},$$

де: τ - час сушіння солоду, год.

Визначаємо годинні потреби заводу по солоду

$$G_2 = \frac{A}{n \cdot 24} = \frac{12000}{360 \cdot 24} = 1,389 \text{ т/год},$$

де: A - річна потреба заводу по товарному солоду, т.

Визначаємо необхідну кількість сушильних шахт

$$z_1 = \frac{G_2}{G_1} = \frac{1,389}{0,422} = 3,3,$$

приймаємо необхідну кількість сушильних шахт $z = 4$.

Складаємо баланс сухих речовин по зонам та обраховуємо витрати солоду

$$G'_{\text{сол}} \cdot \frac{100 - \omega_1}{100} = G''_{\text{сол}} \cdot \frac{100 - \omega_2}{100} = G_1 \cdot \frac{100 - \omega_3}{100},$$

$$G'_{\text{сол}} = G_1 \cdot \frac{100 - \omega_3}{100 - \omega_1} = 422 \cdot \frac{100 - 4}{100 - 40} = 675 \text{ кг/год},$$

$$G''_{\text{сол}} = G_1 \cdot \frac{100 - \omega_3}{100 - \omega_2} = 422 \cdot \frac{100 - 4}{100 - 10} = 450 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо кількість вологи, що вилучається із солоду по зонам сушіння

$$W_1 = G'_{\text{сол}} - G''_{\text{сол}} = 675 - 450 = 225 \text{ кг/год,}$$

$$W_2 = G''_{\text{сол}} - G_1 = 450 - 422 = 28 \text{ кг/год,}$$

де: $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – вологість солода у верхній, середній та нижній зоні сушильної шахти;
 $G'_{\text{сол}}, G''_{\text{сол}}$ – витрати солоду у верхній та середній зоні сушильної шахти, кг/год.

Вибираємо параметри теплоносія до калорифера, в нижній, середній та верхній зонах шахти сушіння

$$t_0 = 20^\circ \text{C} \quad t_1 = 80^\circ \text{C} \quad t_2 = 70^\circ \text{C} \quad t_4 = 40^\circ \text{C}.$$

$$\varphi_0 = 65\% \quad x_1 = 9 \text{ г/кг} \quad x_2 = 14 \text{ т/год}$$

$$x_0 = 9 \text{ г/кг} \quad I_1 = 105 \text{ кДж/кг}$$

$$I_1 = 41,9 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо витрати тепло агента (нагріте повітря) в нижній зоні сушильної шахти

$$L_1 = \frac{1000 \cdot W_2}{x_2 - x_0} = \frac{1000 \cdot 28}{14 - 9} = 5600 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо кількість тепла, що підводиться до тепло агента в калорифері

$$Q_k = L_1 (I_1 - I_0) = 5600 \cdot (105 - 41,9) = 353360 \text{ кДж/год}$$

На калорифер подається пара при тиску $P=0,2 \text{ МПа}$, яка має такі характеристики:

$$I_n = 2706 \text{ кДж/кг}; \quad I_k = 502 \text{ кДж/кг}; \quad t_n = 120^\circ \text{C}.$$

Визначаємо витрати пари для підігрівання теплоагента

$$D = \frac{Q_k}{I_n - I_k} = \frac{353360}{2706 - 502} = 160 \text{ кг/год.}$$

Теплоагент, що виходить із нижньої зони шахти (точка С) змішується зі свіжим повітрям (точка А). Отримує суміш (точка D) $x_c = 12 \text{ г/кг}$. Кількість свіжого повітря знаходимо із співвідношення

$$\frac{L_0}{L_1} = \frac{CD}{AD}; \quad L_0 = L_1 \cdot \frac{CD}{AD} = 5600 \cdot \frac{27}{27} = 5600 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо загальні витрати теплоагента у верхній зоні сушильної шахти

$$L_{\text{заг}} = L_1 + L_0 = 5600 + 5600 = 11200 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо вологовміст теплоагента, що виходить із верхньої зони сушильної шахти

$$x_4 = x_c + \frac{W_1}{L_{\text{заг}}} = 0,012 + \frac{225}{11200} = 0,032 \text{ кг/кг} = 32 \text{ г/кг.}$$

Визначаємо витрати тепла для підігрівання суміші відпрацьованого і свіжого повітря в доповнюю чому калорифері

$$Q_{\text{дон}} = L_{\text{заг}} (I_k - I_q) = 11200(78 - 63) = 168000 \text{ кДж/год,}$$

де: I_k, I_q – теплові суміші в точках D та K.

Витрати пари в доповнюючому калорифері

$$D_{\text{дон}} = \frac{Q_{\text{дон}}}{I_n - I_k} = \frac{168000}{2706 - 502} = 76 \text{ кг/год.}$$

Загальні витрати пари на сушіння солоду визначаємо

$$D_{\text{заг}} = D + D_{\text{дон}} = 160 + 76 = 236 \text{ кг/год.}$$

Індивідуальні завдання по розрахунку безперервно-діючих сушарок солоду

Варіант	Розміри шахти сушарки				Витрати ячменя для отримання тони солода	Час сушіння солоду	Потреби заводу по товарному солоду	Вологість солода по знам сушіння верхня - ω_1 середня - ω_2 нижня - ω_3 $\omega_1 \quad \omega_2 \quad \omega_3$			Варіант	Параметри повітря та теплоносія					Тиск пари що подається на калорифер,Р,МПа
	a, м	b, м	l, м	h, м								Параметри повітря		Температура теплоносія після калорифера,	Температура теплоносія після нижньої зони	Температура теплоносія на виході із верх.зони	
												t_0	φ_0				
1	0,165	0,255	2,4	7,0	1,3	15	2000	40	8	3	А	5	70	90	72	35	0,11
2	0,18	0,275	4,0	9,35	1,4	16	3000	41	9	4	Б	10	65	85	73	36	0,12
3	0,185	0,275	4,0	9,35	1,5	17	4000	42	10	5	В	15	60	80	70	34	0,13
4	0,3	0,4	4,8	13,5	1,6	18	5000	43	11	3	Г	20	55	82	71	37	0,14
5	0,35	0,4	4,8	14,0	1,3	19	6000	44	8	4	Д	25	50	84	72	38	0,16
6	0,35	0,245	5,0	14,5	1,4	20	7000	45	9	5	Є	30	45	86	74	39	0,18
7	0,165	0,255	2,4	7,5	1,5	10	8000	44	10	3	Ж	10	60	88	76	40	0,20
8	0,18	0,275	4,5	9,5	1,6	11	9000	43	11	4	З	15	50	92	78	39	0,25
9	0,185	0,3	4,5	9,5	1,3	12	10000	42	8	5	І	20	40	94	75	40	0,30
10	0,185	0,3	4,0	9,5	1,4	13	20000	41	9	4	К	25	30	80	72	35	0,35

5.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить слідуючі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

5.4 Контрольні запитання

1. Класифікація солодосушарок.
2. Будова, принцип дії солодосушарок періодичної дії.
3. Будова, принцип дії сушарок безперервної дії.
4. Складання матеріального та теплового балансів сушарок солоду.
5. Зображення на І – х діаграмі основних процесів при суміші.
6. Визначення кількості тепла, що йде на підігрівання теплоагрегата.
7. Основні методи зменшення температури сушіння солоду.
8. Зображення процесу і визначення кількості свіжого повітря, що подається у верхню зону вертикальної солодосушарки.
9. Визначення кількості тепла, що витрачається в доповнюючих калориферах.
10. Вимоги, що пред'являються при експлуатації та обслуговуванні солодосушарок.

6. Розрахунок апаратів розварювання зернової сировини спиртового виробництва

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії обладнання для розварювання зернової сировини спиртового виробництва та отримання практичних навичок по їх розрахунку.

Завдання: виконати розрахунок основних апаратів для розварювання зернової маси згідно Мічурінської схеми виробництва.

6.2 Методика розрахунку апаратів розварювання зернової сировини згідно Мічурінської схеми виробництва

Визначаємо витрати зерна для отримання програми заводу по спирту

$$G = \frac{A \cdot 100}{q \cdot k \cdot T} = \frac{3000 \cdot 100}{66,5 \cdot 50 \cdot 24} = 3,8 \text{ т/год},$$

де: A - добова продуктивність заводу по спирту, дал/доба;

q - вихід спирту із однієї тони крохмалю, дал/тона;

k - крохмалистість зерна, %;

T - час роботи заводу за добу, год.

Витрати води для приготування замісу

$$W = G \cdot G = 4 \cdot 3,8 = 15,2 \text{ т/год},$$

де: G - гідромодуль при приготуванні замісу

Визначаємо масові витрати замісу

$$G_z = G + W = G + 4G = 5G = 5 \cdot 3,8 = 19 \text{ т/год}.$$

Визначаємо сухі речовини зерна, що йде на приготування замісу

$$CP = G \cdot \frac{100 - \omega}{100} = 3,8 \cdot \frac{100 - 15}{100} = 3,2 \text{ т/год},$$

де: ω - вологість зерна, %мас.

Визначаємо масову концентрацію замісу

$$K = \frac{CP}{G_z} \cdot 100 = \frac{3,2}{19} \cdot 100 = 16,8 \% \text{ мас},$$

при даній концентрації заміс має густину $\rho_z = 1,068 \text{ т/м}^3$.

Визначаємо об'ємні витрати замісу

$$V_z = \frac{G_z}{\rho_z} = \frac{19}{1,068} = 17,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо повний об'єм змішувача

$$V_{cm} = \frac{V_z \cdot \tau_{cm}}{60 \cdot \varphi_{cm}} = \frac{17,8 \cdot 10}{60 \cdot 0,8} = 3,7 \text{ м}^3,$$

де: τ_{cm} - час змішування замісу, хв;

φ_{cm} - коефіцієнт заповнення змішувача.

Визначаємо теплоємність зерна і замісу

$$C_z = C_k \cdot \frac{100 - \omega}{100} + C_w \cdot \frac{\omega}{100} = 1,42 \cdot \frac{100 - 15}{100} + 4,19 \cdot \frac{15}{100} = 1,83 \text{ кДж/кг.град};$$

$$C_{зам} = C_k \cdot \frac{\kappa}{100} + C_w \cdot \frac{100 - \kappa}{100} = 1,42 \cdot \frac{16,8}{100} + 4,19 \cdot \frac{100 - 16,8}{100} = 3,7 \text{ кДж/кг.град},$$

де: C_k, C_w - теплоємність крохмалю і води, кДж/кг.град.

Визначаємо температуру замісу

$$t_{\text{зам}} = \frac{G \cdot C_3 \cdot t_3 + W \cdot C_W \cdot t_W}{G_{\text{зам}} \cdot C_{\text{зам}}} = \frac{3800 \cdot 1,83 \cdot 10 + 15200 \cdot 4,19 \cdot 30}{19000 \cdot 3,7} = 28^\circ \text{C}.$$

Визначаємо витрати тепла для підігрівання замісу в екстрапаровій контактній головці

$$Q_1 = G_{\text{зам}} \cdot C_{\text{зам}} \cdot (t_2 - t_{\text{зам}}) = 19000 \cdot 3,7 \cdot (60 - 28) = 2,25 \cdot 10^6 \text{ кДж/год},$$

де: t_2 - температура замісу після підігрівання в екстрапаровій головці, $^\circ\text{C}$.

Параметри екстрапари: $P = 0,15 \text{ Мпа}$, $t = 110,8^\circ\text{C}$, $i_{\text{II}} = 2692 \text{ кДж/кг}$,
 $i_{\text{K}} = 464 \text{ кДж/кг}$, $\rho_{\text{II}} = 0,85 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо витрати пари в екстрапаровій головці

$$D_1 = \frac{Q_1}{i_{\text{II}} - i_{\text{K}}} = \frac{2,25 \cdot 10^6}{2692 - 464} = 1010 \text{ кг/год}.$$

Розрахунок контактної головки.

Визначаємо витрати пари у контактній головці

$$D_2 = \frac{Q_{\text{зам}} \cdot C_{\text{зам}} \cdot (t_3 - t_2)}{i_{\text{II}} - C_w t_3} = \frac{19000 \cdot 3,7 \cdot (90 - 60)}{2749 - 419 \cdot 90} = 889 \text{ кг/год},$$

де: t_3 - температура підігрівання замісу в контактній головці.

Параметри гострої пари, що подається на контактну головку $P = 0,5 \text{ Мпа}$,
 $t = 151^\circ\text{C}$, $i_{\text{II}} = 2749 \text{ кДж/кг}$, $i_{\text{K}} = 637 \text{ кДж/кг}$, $\rho_{\text{II}} = 2,62 \text{ кг/м}^3$.

Визначимо об'ємні витрати пари

$$V_2 = \frac{D_2}{\rho_{\text{II}}} = \frac{889}{2,62} = 340 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо швидкість витоку пари в заміс

$$\omega_{\text{II}} = 44,7 \cdot K_c \sqrt{i_2 - i_{2-1}} = 44,7 \cdot 0,9 \sqrt{2747 - 2743} = 80,5 \text{ м/с},$$

де: K_c - коефіцієнт швидкості, i_2, i_{2-1} - тепловміст пари до входу в отвори і після виходу пари із отворів контактної головки.

Визначаємо сумарну площу отворів контактної головки

$$F = \frac{V_2}{3600 \cdot \omega_{\text{II}}} = \frac{340}{3600 \cdot 80,5} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Визначаємо площу отвору пари контактної головки

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 7,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2,$$

де: d - діаметр отвору, м.

Визначаємо загальну кількість парових отворів контактної головки

$$n = \frac{F}{f} = \frac{1,2 \cdot 10^{-3}}{7,1 \cdot 10^{-6}} = 169 \text{ отв}.$$

Приймаємо, що в контактній головці мається 10 рядів по 17 отворів в ряду.

Визначаємо довжину контактної головки

$$l = v \cdot \tau = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ м},$$

де: v - швидкість руху замісу в контактній головці, м/с;

τ - час перебування замісу в головці, с.

Розрахунок варочних колон.

Визначаємо витрати гострої пари у колоні першої ступені

$$D_3 = \frac{G_{зам} \cdot C_{зам} (t_4 - t_3) + D_2 \cdot C_W (t_4 - t_3)}{i_{II} - C_W \cdot t_4} = \frac{19000 \cdot 3,7(145 - 90) + 889 \cdot 4,19(145 - 90)}{2749 - 4,19 \cdot 145} = 1900 \text{ кг/год},$$

де: t_4 - температура замісу на виході із колони першої ступені, $^{\circ}\text{C}$;

Визначаємо повний об'єм колони першої ступені

$$V_{K1} = V_3 \cdot \frac{\tau_3}{60 \cdot \varphi_3} = \frac{17,8 \cdot 20}{60 \cdot 0,85} = 7 \text{ м}^3,$$

де: τ_3 - час перебування замісу в колоні першої ступені, хв.;

φ_3 - ступінь заповнення колони першої ступені.

При висоті колони $h_3 = 6,5 \text{ м}$, визначаємо її діаметр

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{K1}}{\pi \cdot h_{k1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7}{3,14 \cdot 6,5}} = 1,2 \text{ м}.$$

Варочна колона другої ступені складається із трьох апаратів, а їх об'єм рівний об'єму варочної колони першої ступені.

Визначаємо об'єм однієї колони другої ступені

$$V_4 = \frac{V_{K1}}{z} = \frac{7}{3} = 2,3 \text{ м}^3$$

де: z - кількість колон другої ступені.

Визначаємо діаметр варочної колони другої ступені

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_4}{\pi \cdot h_{k2}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 5,5}} = 0,7 \text{ м},$$

де: h_{k2} - висота варочної колони другої ступені, м.

Розрахунок паросепаратора.

Складаємо матеріальний та тепловий баланси паросепаратора:

$$G_{зам} + D_2 + D_3 + G_p + E, \quad G_p = G_{зам} + D_2 + D_3 - E,$$

$$G_{зам} \cdot C_{зам} \cdot t_4 + (D_2 + D_3) \cdot C_W \cdot t_4 = G_p \cdot C_p \cdot t_5 + E \cdot i_E$$

Визначаємо масові витрати екстрапари, що виділяється в паросепараторі

$$E = \frac{G_{зам} \cdot C_{зам} \cdot (t_4 - t_5) + (D_2 + D_3) \cdot (C_W - C_p) \cdot (t_4 - t_5)}{i_E - C_p \cdot t_5} =$$

$$= \frac{19000 \cdot 3,7(145 - 110) + (889 + 1900) \cdot (4,19 - 3,7) \cdot (145 - 110)}{2692 - 3,7 \cdot 110} = 1100 \text{ кг/год},$$

де: t_5 - температура замісу на виході із пара сепаратора, $^{\circ}\text{C}$;

$C_p = G_{зам}$ - теплоємність розвареної маси рівна теплоємності замісу;

i_E - тепловміст екстрапари, кДж/кг.

Визначаємо об'ємні витрати екстрапари

$$V_5 = \frac{E}{\rho_5} = \frac{1100}{0,85} = 1294 \text{ м}^3/\text{год},$$

де: ρ_5 - густина екстрапари, кг/м^3 .

Визначаємо діаметр паросепаратора

$$d_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_5}{\pi \cdot 3600 \cdot v_5}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1294}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,3}} = 1,2 \text{ м},$$

де: v_5 - швидкість екстрапари в паросепараторі, м/с.

Визначаємо висоту паро сепаратора

$$h_5 = \frac{4 \cdot V_3 \cdot \tau_5}{\pi \cdot d_5^2 \cdot \varphi \cdot 60} = \frac{4 \cdot 17,8 \cdot 20}{60 \cdot 3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 0,3} = 4,2 \text{ м.}$$

де: τ_5 - час переброжування замісу в паросепараторі, хв.;

φ - степінь заповнення сепаратора.

Розрахунок охолоджувача (витримувача).

Визначаємо масові витрати розвареної сировини, що виходить із паросепаратора

$$G_p = G_{зам} + D_2 + D_3 - E = 19000 + 889 + 1900 - 1100 = 20690 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо концентрацію розвареної сировини

$$K_2 = \frac{CP}{G_p} \cdot 100 = \frac{3200}{20690} \cdot 100 = 15,5\% \text{ мас.}$$

Визначаємо об'ємні витрати розвареної сировини

$$V_p = \frac{G_p}{\rho_2} = \frac{20690}{1063} = 19,5 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де: ρ_2 - густина розвареної маси, кг/м³.

Визначаємо теплоємність розвареної маси

$$C_p = C_K \cdot \frac{\kappa_2}{100} + C_W \left(\frac{100 - \kappa_2}{100} \right) = 1,42 \cdot \frac{15,5}{100} + 4,19 \left(\frac{100 - 15,5}{100} \right) = 3,76 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град};$$

де: C_K, C_W - теплоємність крохмалю та води, кДж/кг $\cdot$ град.

Складаємо матеріальний та тепловий баланс охолоджувача

$$G_p = G_{охл} + E_2, G_{охл} = G_p - E_2;$$

$$G_p \cdot C_p \cdot t_5 = G_{охл} \cdot C_{охл} \cdot t_6 + E_2 \cdot i_2.$$

Визначаємо масові виділення вторинної пари в охолоджувачі

$$E_2 = \frac{G_p \cdot C_p \cdot (t_5 - t_6)}{i_2 - C_{охл} \cdot t_6} = \frac{20690 \cdot 3,76 \cdot (110 - 60)}{2609 - 3,76 \cdot 60} = 1632 \text{ кг/год.},$$

де: t_5, t_6 - температура розвареної маси, що входить й виходить із охолоджувача, $^{\circ}\text{C}$;

i_2 - тепловміст вторинної пари, що виходить із охолоджувача.

В охолоджувачі створено тиск $P_6 = 0,02 \text{ МПа}$ і вторинна пара має слідуючі

характеристики: $t_6 = 60^{\circ}$, $\rho_6 = 0,1284 \text{ кг/м}^3$, $i_{п6} = 2609 \text{ кДж/кг}$, $i_{к6} = 250 \text{ кДж/кг}$.

Визначаємо об'ємні вилучення вторинної пари із охолоджувача

$$V_6 = \frac{E_2}{\rho_6} = \frac{1632}{0,1284} = 12600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахуємо діаметр охолоджувача

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot V_6}{3600 \cdot \pi \cdot \omega_6}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,25}} = 1,9 \text{ м.},$$

де: ω_6 - швидкість вторинної пари в охолоджувачі, м/с.

Визначаємо масові витрати охолодженої маси

$$G_{охл} = G_p - E_2 = 20690 - 1632 = 19058 \text{ кг/год.}$$

Об'ємні витрати охолодженої маси

$$V_{охл} = \frac{G_{охл}}{\rho_2} = \frac{19058}{1063} = 17,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Робочий об'єм оцукрювання визначаємо із умови перебування замісу в апараті

$$V_7 = \frac{V_{\text{охл}} \cdot \tau_2}{60} = \frac{17,9 \cdot 5}{60} = 1,5 \text{ м}^3$$

Для створення вакуума в охолоджувачі використаємо барометричний конденсатор. Складаємо тепловий баланс барометричного конденсатора

$$E_2 \cdot i_2 + W \cdot C_W \cdot t_6 = (E_2 + W) \cdot C_W \cdot t_6,$$

де: W - масові витрати води, що подається в конденсатор, кг/год;

t_6 - температура води, $^{\circ}\text{C}$;

t_6 - температура барометричної води, $^{\circ}\text{C}$.

$$t_6 = t_6 - 10 = 60 - 10 = 50^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо витрати води

$$W = \frac{E_2 \cdot i_2 - C_W \cdot t_6}{C_W \cdot (t_6 - t_6)} = \frac{1632 \cdot 2609 - 4,19 \cdot 50}{4,19 \cdot (50 - 20)} = 33800 \text{ кг/год.}$$

Розрахунок трубчатого теплообмінника (охолоджувача).

Трубчатий теплообмінник призначений для охолодження розвареної маси від температури t_7 до температури t_8 за допомогою холодної води t_2' та t_2'' .

Складаємо схему протivotічного руху розвареної маси та охолоджуємої води

$$\begin{array}{ccc} t_7 = 60 & & t_8 = 25 \\ \hline & \longrightarrow & \end{array}$$

$$\text{Знаходимо } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{10}{5} = 2, \text{ то середній}$$

$$\begin{array}{ccc} t_2'' = 50 & & t_2' = 20 \\ \hline \longleftarrow & & \end{array}$$

температурний напір визначаємо

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{10 + 5}{2} = 7,5^{\circ}\text{C}.$$

$$\Delta t_6 = 10$$

$$\Delta t_m = 5$$

Визначаємо кількість тепла, що виділяється від розвареної маси в трубчатому теплообміннику

$$Q_7 = G_{\text{охл}} \cdot C_{\text{охл}} \cdot (t_7 - t_8) = 19058 \cdot 3,76 \cdot (60 - 25) = 2,51 \cdot 10^6 \text{ кДж/год.}$$

Визначаємо витрати води, що подається на трубчатий теплообмінник

$$M = \frac{Q_7}{C_W (t_2'' - t_2')} = \frac{2,51 \cdot 10^6}{4,19 \cdot (50 - 20)} = 20000 \text{ кг/год,}$$

де: t_2'', t_2' - температура води, що подається і відводиться із теплообмінника.

Визначаємо поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q_7}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{2,51 \cdot 10^6}{2900 \cdot 7,5} = 115 \text{ м}^2,$$

де: K - коефіцієнт теплопередачі, вибираємо по таблицям для примусового руху середовища та теплоагенту, Вт/ $\text{м}^2\text{K}$.

Визначаємо діаметр труби для руху розвареної маси

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega_1 \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,9}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 3600}} = 0,11 \text{ м,}$$

де: ω_1 - швидкість руху замісу в трубі, м/с.

Розрахуємо довжину труби для охолодження замісу

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d} = \frac{115}{3,14 \cdot 0,11} = 333 \text{ м.}$$

Визначаємо діаметр зовнішньої труби, в між трубний простір якої подається охолоджена вода

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot M}{\pi \cdot \omega_2 \cdot 3600 \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20000}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 3600 \cdot 1000}} + 0,11^2 = 0,13 \text{ м,}$$

де: ω_2 - швидкість руху води в між трубному просторі, м/с;

ρ - густина води, кг/м³.

Індивідуальні завдання по розрахунку апаратів розварювання зернової сировини спиртового виробництва

Варіант	Добова продуктивність заводу по спирту, А, дал/доба	Гідромодуль замісу, Г	Вологість зерна ω %мас	Температура		Тиск гострої пари, Р, МПа	Діаметр отворів контактної головки d , мм	Варіант	Температура води, що подається на барометричний конденсатор t_g , °C	Температура води, що подається і відводиться на трубчатий теплообмінник к		Швидкість руху розвареної маси в трубі ω_1 , м/с	Швидкість руху води в між трубному просторі теплообмінника ω_2 , м/с
				Зерна t_z	Води для приготування замісу, t_w					t_1'	t_2''		
1	800	3	10	5	30	0,15	1,5	А	10	12	51	0,3	1,0
2	1000	3,2	12	7	31	0,17	2,0	Б	12	13	47	0,4	1,2
3	1200	3,4	14	8	32	0,18	2,5	В	14	14	48	0,5	1,4
4	1500	3,6	11	10	35	0,20	3,0	Г	16	15	50	0,6	1,6
5	1800	3,8	13	11	33	0,25	3,5	Д	18	16	42	0,7	1,8
6	2000	4,0	15	13	36	0,30	4,0	Є	20	17	43	0,8	2,0
7	2500	4,2	16	15	37	0,35	4,5	Ж	22	18	49	1,0	2,2
8	3000	4,4	17	17	38	0,40	5,0	З	13	19	50	1,2	2,4
9	3500	3,1	18	18	39	0,45	2,8	І	15	20	51	1,4	2,6
10	4000	3,5	25	25	40	0,50	3,8	К	17	21	52	1,5	2,8

6.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить наступні розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

6.4 Контрольні запитання

1. Схеми розварювання зернової сировини спиртового виробництва.
2. Будова та принцип дії змішувачів зернової муки та води.
3. Будова, принцип дії контактних головок.
4. Будова та принцип дії варочних колон.
5. Паросепаратор. Матеріальний та тепловий баланси парогенератора.
6. Будова та принцип дії витримувача розвареної маси.
7. Теплообмінники для охолодження замісу.
8. Складання матеріальних та теплових балансів для апаратів розварювання зернової сировини.
9. Особливості експлуатації та обслуговування апаратів для розварювання зернової сировини.
10. Основні способи економії енергії при розварюванні зернової сировини.

7.1. Розрахунок заторного апарата пивоварного виробництва

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії і отримання практичних навичок по розрахунку заторних апаратів пивоварного виробництва.

Завдання: виконати розрахунок заторного апарата настійним методом.

7.2 Методика розрахунку заторного апарата

Визначаємо максимальну добову продуктивність заводу

$$V_g = \frac{A \cdot k_1}{n}, \text{ дал/доба,}$$

де: A - річна програма заводу по випуску пива, дал/рік;

k_1 - коефіцієнт збільшення продуктивності заводу в літній період, $k_1 = 1,2$;

n - кількість робочих днів в рік, $n=323$.

Визначаємо добові витрати солода

$$G = V_g \cdot q \text{ кг/доба,}$$

де: q - питомі витрати солода для виробництва дала пива, кг/дал, $q=1,75$ кг/дал.

Визначаємо масу затора

$$G_z = \frac{G}{m} \cdot (1 + \mu), \text{ Т}$$

де: m - кількість варок сусла за добу;

μ - гідромодуль затору, $\mu = \frac{W \cdot m}{G}$.

Визначити витрати муки (солодової) і води на одну варку

$$G_1 = \frac{G}{m}, \text{ кг,}$$

$$W_1 = \mu \cdot G_1, \text{ кг.}$$

Визначаємо концентрацію затора

$$x = \frac{0,97 \cdot G_1}{G_z} \cdot 100, \% \text{ мас.}$$

Визначити об'єм затору

$$V = \frac{G_z}{\rho_z}, \text{ м,}$$

де: ρ_z - густина затору, кг/м³.

Визначаємо діаметр заторного апарату

$$D = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi(k_1 + k_2)}}, \text{ м}$$

$$\text{де: } k_1 = \frac{H_u}{2 \cdot D}, k_2 = \frac{h_{cf}}{D \cdot 6}, k_3 = \frac{h_{kp}}{D}$$

k_1, k_2 - коефіцієнти співвідношення розмірів апарату

$$H_u = 2k_1 D, h_{cf} = 6k_2 D$$

Поверхня заторного апарату

$$F \cong \pi D^2, \text{ м}^2.$$

Розраховуємо температуру заторної маси

$$t_3 = \frac{G_1 \cdot C_k \cdot t_k + W \cdot C_w \cdot t_b}{G_z \cdot C_s}, \text{ град,}$$

де: C_k - теплоємність крохмалю, кДж/кг.град, $C_k = 1,42$ кДж/кг.град,

C_w - теплоємність води, $C_w = 4,19$ кДж/кг.град,

C_3 - теплоємність затору,

t_k, t_b - температура солодової муки і води.

Визначаємо витрати тепла на підігрівання затору до температури $t_3 = 50^\circ C$

$$Q_1 = G_c \cdot C_3 (t_3 - t_s), \text{ кДж}$$

Теплове навантаження для нагрівання затору до t_3

$$q_1 = \frac{Q_1}{\tau_1}, \text{ кВт},$$

де: τ_1 - час нагрівання затору, сек.

Визначаємо витрати тепла при витримуванні сусла при t_3

$$Q_2 = \alpha_{cm} \cdot F \cdot (t_3 - t_n), \text{ кДж},$$

де: α_{cm} - коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарата в навколишнє середовище,

$$\alpha_{cm1} = 4,19 \cdot (8,4 + 0,06 \cdot \frac{t_3 - t_n}{2}), \text{ кДж/м}^2\text{град},$$

t_n - температура повітря в варному цеху, град.

Теплове навантаження під час відстоювання сусла

$$q_2 = \frac{Q_2}{\tau_2}, \text{ кВт},$$

де: τ_2 - час відстоювання сусла при t_3 , $\tau_2 = 3600$ с.

Визначаємо кількість тепла для підігрівання затору до $t_4 = 62^\circ C$

$$Q_3 = G_3 \cdot C_3 \cdot (t_4 - t_3),$$

$$q_3 = \frac{Q_3}{\tau_3}.$$

Визначаємо кількість тепла, що витрачається під час паузи при t_4

$$Q_4 = \alpha_{cn2} \cdot F \cdot (t_4 - t_n), \text{ кДж}$$

$$\alpha_{cn2} = 4,19 \cdot (8,4 + 0,06 \cdot \frac{t_4 - t_n}{2}) \text{ кДж/м}^2\text{град}$$

$$q_4 = \frac{Q_4}{\tau_4}$$

де: τ_4 - час відстоювання сусла при t_4 , $\tau_4 = 18000$ сек.

Визначаємо кількість тепла для підігрівання затору до $t_5 = 75^\circ C$,

$$Q_5 = G_3 \cdot C_3 \cdot (t_5 - t_4), \text{ кДж}$$

$$q_5 = \frac{Q_5}{\tau_5}, \text{ кВт}$$

де: τ_5 - час підігрівання води до t_5 .

Визначаємо кількість тепла, що витрачається під час паузи t_5

$$Q_6 = \alpha_{cn3} \cdot F \cdot (t_5 - t_n), \text{ кДж},$$

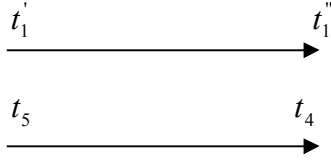
$$\alpha_{cn3} = 4,19 \cdot (8,4 + 0,06 \cdot \frac{t_5 + t_n}{2}), \text{ кДж/м}^2\text{град},$$

$$q_6 = \frac{Q_6}{\tau_6}, \text{кВт},$$

де: τ_6 - час відстоювання затору при $t_6, \tau_6 = 1200$ сек.

Вибираємо найбільше із значень $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$ наприклад, q_5 - найбільше.

Визначаємо основні характеристики



$$\Delta t_{\delta} = t_1'' - t_4$$

$$\Delta t_m = t_1' - t_5$$

$$t_1' = t_1'' = t_{nap}$$

де: t_{nap} - температура пари при певному тиску пари.

$$\text{При } t_{nap} \quad \begin{aligned} \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} \leq 2 & \quad \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{2} \\ \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} > 2 & \quad \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_m}{\lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} \end{aligned}$$

Визначаємо поверхню підігрівання заторного апарату

$$F_1 = \frac{q}{K \cdot \Delta t_{cp}},$$

де: K - коефіцієнт теплопередачі від пари до затору кДж/м²град.

Визначаємо витрати пари на процес затирання

$$P = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6}{i_n - i_x}, \text{кг}$$

де: i_n, i_x - тепловміст пари і конденсату, кДж/кг

Завдання по розрахунку заторного апарату пивоварного заводу
(настійний метод)

Варіант	Річна програма заводу по пиву	Кількість варок за добу, т	Гідромодуль затору	Тиск пари, МПа	Час нагрівання затору до t3, сек	Варіант	Коефіцієнт теплопередачі	Коефіцієнти			Час процесу, хв			Параметри пари				Температура води, йде на затирання	Температура муки, що йде на затирання
								k_1	k_2	k_3	τ_1	τ_3	τ_5	t_{nap}	i_n	i_k	ρ_n		
1	1,0	3,6	3,5	0,107	300	A	7900	0,20	0,1	0,4	4	9	15	102	2679	427	0,64	50	5
2	1,5	3,7	3,6	0,117	350	Б	8000	0,22	0,09	0,41	5	9,2	15,2	104	2683	437	0,69	48	6
3	2,0	3,8	3,7	0,127	400	В	8200	0,24	0,095	0,42	6	9,4	14,8	107	2686	447	0,74	46	7
4	2,5	4,0	3,8	0,137	450	Г	8400	0,26	0,08	0,43	7	9,6	14,6	109	2689	456	0,79	44	8
5	3,0	4,2	3,9	0,147	500	Д	8600	0,21	0,085	0,44	8	9,8	14,4	111	2693	465	0,85	42	9
6	3,5	4,6	4,0	0,157	550	Є	8800	0,23	0,07	0,45	9	10	14,2	113	2696	473	0,9	40	10
7	4,0	6,0	4,2	0,167	600	Ж	8100	0,25	0,075	0,46	10	10,2	14	115	2698	481	0,95	49	11
8	4,5	6,5	4,4	0,177	650	З	8300	0,27	0,06	0,47	11	10,4	13,8	116	2701	488	1,004	47	12
9	5,0	8,0	4,6	0,186	700	И	8500	0,28	0,065	0,48	12	10,6	13,6	118	2703	495	1,06	45	13
10	5,5	12,0	5,0	0,196	750	К	8700	0,29	0,05	0,49	13	10,8	13,4	120	2706	502	1,109	51	14

7.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить слідуючі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

7.4 Контрольні запитання

1. Сутність методу приготування затору пивоварного виробництва.
2. Будова, принцип дії заторних апаратів.
3. Будова, принцип дії фільтраційних апаратів.
4. Будова, принцип дії сушварильних апаратів.
5. Матеріальний та тепловий баланс процесів, що відбуваються в заторному апараті.
6. Предзаторник, особливості будови і роботи.
7. Технологічні особливості при виборі перемішуючих пристроїв заторних апаратів.
8. Методи економії тепла у варильних відділеннях пивоварних заводів.
9. Визначення теплофізичних характеристик затору.
10. Особливості експлуатації та обслуговування варильних апаратів пивоварних заводів.

8.1 Розрахунок бродильних апаратів спиртового виробництва

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії і отримання практичних навичок по розрахунку бродильних апаратів спиртового виробництва.

Завдання: виконати розрахунок бродильного апарата спиртового виробництва.

8.2 Методика розрахунку бродильного апарата спиртового виробництва

Визначаємо об'єм бражки для виробництва програми підприємства по спирту

$$V = \frac{A \cdot 10 \cdot 100}{x_{бр}} = \frac{A}{x_{бр}} \text{ м}^3/\text{добу},$$

де: A - продуктивність заводу, дал/доба.

$x_{бр}$ - міцність бражки, % об.

Годинні витрати бражки

$$V_{год} = \frac{V}{24}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Робочий об'єм бродильного апарату

$$V_a = \frac{V_{год} \cdot \tau}{n}$$

де: τ - час зброджування сусла, год;

n - кількість бродильних апаратів в батареї, шт..

Повний об'єм бродильного апарата

$$V_{\phi} = \frac{V_a}{\phi}, \text{ м}^3$$

де: ϕ - коефіцієнт заповнення апарата.

Маса сусла, що знаходиться в бродильному апараті

$$G = V_a \cdot \rho_c, \text{ Т},$$

де: ρ_c - густина сусла, Т/м³

Визначаємо кількість цукрів, що зброджуються

$$G_{сб} = \frac{G \cdot k_1}{100} \text{ Т/ГОД},$$

де: k_1 - процент зародження цукрів за годину, $k_1=1,0$.

Визначаємо кількість тепла, що виділяється при зброджуванні цукрів

$$Q = G_{сб} \cdot 1000 \cdot q, \text{ кДж/год},$$

де: q - питомі витрати при зброджуванні 1 кг цукру, $q = 613 \text{ кДж/кг}$

Визначаємо діаметр, D , висоту циліндричної H_u і конусної h_k частин апарата

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_{\phi}}{\pi \cdot k_2}}, \text{ М},$$

де: $k_2 = k_3 + 2 \cdot \frac{1}{3} k_4$; $k_3 = \frac{H_u}{D}$; $k_4 = \frac{h_k}{D}$

k_2, k_3, k_4 - коефіцієнти

$H_u = D \cdot k_3, h_k = D \cdot k_4$, м.

Визначаємо поверхню бродильного апарату

$$F = \pi \cdot D \cdot k_3 + \pi \cdot D \left(\frac{D}{2} + \sqrt{\left(\frac{D}{2} \right)^2 + (D \cdot k_4)^2} \right) \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість тепла, що виноситься із апарату виділяємими газами

$$Q_1 = k_5 \cdot Q, \text{ кДж/год},$$

де: k_5 - доля тепла, що виноситься з газами, $k_5 = 0,06 \div 0,1$

Визначаємо кількість тепла, що втрачається в навколишнє середовище через поверхню апарата

$$Q_2 = a_{cn} \cdot F \cdot (t_{\theta} - t_n),$$

де: коефіцієнт тепловіддачі від стінки апарату в навколишнє середовище

$$a_{cn} = 4,19 \cdot \left(8,4 + 0,06 \cdot \frac{t_{\theta} + t_n}{2} \right), \text{ кДж/м}^2\text{град};$$

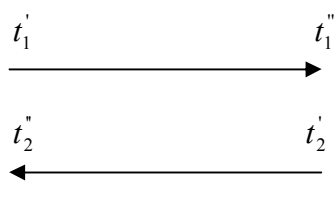
t_{θ} - температура зброджування сусли, град;

t_n - температура повітря в бродильному відділенні, град.

Визначаємо кількість тепла, що відводиться охолоджує мого водою

$$Q_0 = Q - (Q_1 + Q_2), \text{ кДж/год}$$

Визначаємо основні температурні характеристики



$$\begin{aligned} \Delta t_{\theta} &= t_1'' - t_2' \\ \Delta t_m &= t_1' - t_2'' \\ t_1' &= t_1'' = t_{\theta} \end{aligned}$$

t_1', t_2'' - початкова і кінцева температура охолоджуємої води, град.

$$\text{При} \quad \begin{aligned} \frac{\Delta t_{\theta}}{\Delta t_m} \leq 2 \quad & \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\theta} + \Delta t_m}{2} \\ \frac{\Delta t_{\theta}}{\Delta t_m} > 2 \quad & \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\theta} + \Delta t_m}{\lg \frac{\Delta t_{\theta}}{\Delta t_m}} \end{aligned}$$

Визначаємо масові витрати охолоджуємої води

$$M = \frac{Q_0}{C_{\theta} (t_2'' - t_2') \cdot 1000}, \text{ т/год}$$

де: C_{θ} - теплоємність води, $C_{\theta} = 4,19$ кДж/кг.град.

Визначаємо об'ємні витрати охолоджуємої води

$$V_{\theta} = \frac{M}{\rho_{\theta}}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де: ρ_{θ} - густина води, $\rho_{\theta} = 1 \text{ т/м}^3$.

Визначаємо діаметр труби змієвикового охолоджувача

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega \cdot 3600}}, \text{ м},$$

де: ω - швидкість води в трубах змієвика, м/с

Визначаємо поверхню охолодження змієвика

$$F_1 = \frac{Q_0}{K \cdot \Delta t_{cp}},$$

де: K - коефіцієнт теплопередачі охолоджувача, кДж/м²град.

Довжина труб змієвикового охолоджувача

$$l = \frac{F_1}{\pi \cdot d}, \text{ м.}$$

Визначаємо кількість витків змієвика і його висоту

$$Z = \frac{l}{\pi \cdot D_3}, \text{ шт.}$$

$$h_3 = \Delta h \cdot Z, \text{ м.}$$

де: D_3 - діаметр змієвикового охолоджувача $D_3 = D - 1,0$, м

Δh - відстань між суміжними витками змієвика, м.

$$\Delta h = 2d, \text{ м.}$$

Індивідуальні завдання по розрахунку бродильних апаратів спиртового виробництва

Варіант	Продуктивність заводу, A , дал/доба	Міцність бражки, % об	Час збро-жування замісу, τ , год	Коефі-цієнт запов-нення апарата, φ	Варіант	Коефі-цієнт K_3	Коефі-цієнт K_4	Темпера-тура збро-жування замісу t_6 , град	Темпера-тура по-вітря в бро-дильному відді-ленні, t_n , град	Темпера-тура води на вході до зміє-вика, t_1' , град	Темпера-тура води на виході із охолодж у-вача, t_2'' , град	Швид-кість води в трубах змієвик а ω , м/с	Коефіці-єнт тепло передачі охолоджу вача, K , $\text{кДж/м}^2\text{гра}$
1	1000	6	65	0,80	А	1	0,11	24	18	19	23	1,0	2200
2	1200	7	66	0,82	Б	1,05	0,12	25	19	18	22	1,2	2400
3	1400	8	67	0,84	В	1,1	0,13	26	20	17	24	1,4	2600
4	1600	9	68	0,86	Г	1,15	0,14	27	21	16	21	1,6	2800
5	2000	10	69	0,88	Д	1,2	0,15	28	22	15	26	1,8	2850
6	2400	11	70	0,90	Є	1,25	0,16	29	23	14	20	2,0	2900
7	2800	6,5	71	0,92	Ж	1,3	0,17	30	24	13	27	2,2	2950
8	3000	8,5	72	0,94	З	1,35	0,18	25	24	12	18	2,4	3000
9	3200	9,5	73	0,96	І	1,4	0,19	26	20	11	20	2,6	3050
10	3500	10,5	74	0,98	К	1,45	0,2	27	25	10	25	2,8	3100

8.3 Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить слідуючі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

8.4 Контрольні запитання

1. Класифікація і сутність методів зброджування замісів спиртового виробництва.
2. Складання матеріального та теплового балансів бродильного апарата.
3. Визначення кількості спирту і діоксиду вуглецю, що утворилося під час зброджування цукрів.
4. Будова, принцип дії бродильних апаратів.
5. Обладнання дріжджевих відділень спиртового виробництва.
6. Будова, принцип дії апаратів для уловлення спиртових парів.
7. Методи інтенсифікації процесу зброджування цукрів.
8. Визначення ємності та основних розмірів бродильного апарата.
9. Методи інтенсифікації процесу тепловідведення від бродильного апарата.
10. Особливості експлуатації та обслуговування апаратів бродильного відділення спиртового виробництва.

9.1 Розрахунок сатураторів води

Мета роботи: вивчення будови, принципу дії та отримання практичних навичок по розрахунку сатураторів.

Завдання: виконати розрахунок об'ємно-зрошувального сатуратора.

9.2.Методика розрахунку сатуратора

Визначаємо концентрацію CO_2 у газі, що відводиться із сатуратора

$$y_2 = y_1(1 - \eta) = 0,5 (1 - 0,52) = 0,24(\text{моль})$$

де: y_1 - мольна доля CO_2 у газовій фазі, що поступає в сатуратор;

η - ступінь вилучення CO_2 із газової фази.

Визначаємо мольну продуктивність сатуратора по воді

$$L = \frac{V \cdot \rho}{M_{H_2O}} = \frac{3,0 \cdot 1000}{18} = 166,67 \text{ (кмоль/год)},$$

де: V - об'ємні витрати води, $м^3 / \text{год}$;

ρ - густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Визначаємо мольні і масові витрати

$$G = L \frac{x_1 - x_2}{y_1 - y_2} = 166,67 \frac{0,005 - 0,002}{0,5 - 0,24} = 1,92 \text{ кмоль/год},$$

де: x_2 - мольна концентрація вуглецю у готовій воді, % моль.

$$x_2 = \frac{\frac{x_1 / M_{H_2O}}{100 - x_1} + \frac{x_1}{M_{CO_2}}}{\frac{0,5 / 44}{18} + \frac{0,5}{44}} = \frac{0,5 / 44}{\frac{100 - 0,5}{18} + \frac{0,5}{44}} = 0,002\% \text{ моль},$$

де: x_1 - мольна концентрація вуглецю у непідготовленій воді.

Масові витрати CO_2 складають:

$$G_{CO_2} = G \cdot M_{CO_2} = 1,92 \cdot 44 = 84,48 \text{ кг/год}.$$

Визначити швидкість газу в колоні при режимі заклинання

$$y + 0,1922 \cdot x^2 + 0,2041 \cdot x + 0,5584 = 0.$$

Значення параметрів визначаємо по формулі:

$$x = 2 + \lg \left(\frac{L}{G} \cdot \sqrt{\frac{\rho_r}{\rho_p}} \right) = 2 \cdot \lg \left(\frac{166,67}{0,24} \cdot \sqrt{\frac{1,98}{1000}} \right) = 3,54$$

$$y = \lg \left(\frac{\omega_0^2 \cdot a}{G \cdot E^3} \cdot \frac{\rho_r}{\rho_p} \cdot \mu_p^{0,2} \right)$$

де: L, G - масові витрати води; газу, кг/год ,

ρ_r, ρ_p - густина газу і рідини, $\rho_r = 1,98 \text{ кг/м}^3$, $\rho_p = 1000 \text{ кг/м}^3$,

a, E - питомі поверхня і пористість насадки.

Визначаємо робочу швидкість газу в колоні

$$\omega = 0,75 \omega_0$$

Визначаємо геометричні розміри абсорбційної колони

- січення:

$$S = \frac{G}{3600 \cdot \omega \cdot \rho_r},$$

де: G - масові витрати газу кг/год ;

- діаметр

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}}.$$

Визначаємо масові питомі витрати газової і рідинної фаз

$$W_G = \frac{G}{3600 \cdot S},$$

$$W_P = \frac{L}{3600 \cdot S}.$$

Визначення критерії Рейнольдса і Прантля для газової фази

$$Re_G = \frac{4W_G}{a \cdot \mu_G} = \frac{4 \cdot 0,435}{420 \cdot 13,7 \cdot 10^{-6}} = 302,3,$$

де: μ_G - кінематична в'язкість діоксида вуглецю,

при $t = 10^0 C$, $\mu_G = 13,7 \cdot 10^{-6}$ Па.с.

$$Pr' = \frac{\mu_G}{\rho_G \cdot D_G} = \frac{13,7 \cdot 10^{-6}}{1,98 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6}} = 3,84,$$

де: D_G - коефіцієнт дифузії вуглецю

Визначення висоти одиниць переносу для газової фази

$$h_G = 0,615 d_{екв} (Re)^{0,345} (Pr')^{\frac{2}{3}} = 0,615 \cdot 0,06 (302,3)^{0,345} (3,84)^{\frac{2}{3}} = 0,65 \text{ м.}$$

Визначення критерії Рейнольдса і Прантля для рідинної фази при температурі абсорбції

$$Re_P = \frac{4 \cdot W_P}{a \cdot \mu_P} = \frac{4 \cdot 0,857}{420 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3}} = 6,24,$$

$$Pr'_P = \frac{\mu_P}{\rho_P \cdot D_P} = \frac{1,3 - 8 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 1,95 \cdot 10^{-8}} = 67,07,$$

де: ρ_P, μ_P, D_P густина, кінематична в'язкість, коефіцієнт дифузії для рідини.

При $t = 10^0 C$: $\rho_P = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\mu_P = 1,308 \cdot 10^{-3}$, $D_P = 1,95 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Приведена товщина плівки води на кільцях

$$V_{прив} = \left(\frac{\mu_P^2}{\rho_P^2 \cdot g} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{(1,308 \cdot 10^{-3})^2}{1000 \cdot 9,81} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,64 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

$$h_P = 11,9 \cdot V_{прив} (Re_P)^{0,25} (Pr'_P)^{0,5} = 11,9 \cdot 0,64 \cdot 10^{-4} (6,24)^{0,25} (67,07)^{0,5} = 0,0099 \text{ м.}$$

Визначаємо питомі мольні навантаження в абсорбері

$$l = \frac{L}{G} = \frac{166,67}{1,92} = 86,8,$$

де: L, G - мольні витрати води і газу, кмоль/год.

Визначаємо парціальний тиск на вході в абсорбер

$$P = P \cdot y_1 = 0,15 \cdot 0,5 = 0,075 \text{ МПа} = 0,75 \text{ бар},$$

де: P - тиск у сатураторі, МПа

y_1 - мольна доля CO_2 , що поступає в абсорбер.

Визначаємо коефіцієнт розподілення газу при певній температурі

$$m_{px} = \frac{1245}{a - b \cdot P} = \frac{1245}{1,73 - 0,245 \cdot 0,75} = 803,23 \text{ бар},$$

де: a, b - коефіцієнти.

Визначити рівняння робочої лінії процесу абсорбції в сатураторі

$$y = \frac{(y_1 - l \cdot x_2) - (y_1 - l)x}{(1 - l \cdot x) - (1 - l)x} = \frac{(0,5 - 86,8 \cdot 0,002) - (0,5 - 86,8)x}{(1 - 86,8 \cdot 0,02) - (1 - 86,8)x}$$

Визначити концентрацію води при концентрації у газовій фазі

$$y' = \frac{y_1 + y_2}{2} = \frac{0,5 + 0,24}{2} = 0,37 \text{ моль},$$

$$x_1 = \frac{(y_1 - l \cdot x_2) - y'(1 - x_2)}{(y_1 - l) - (1 - l)y'} = \frac{(0,5 - 86,8 \cdot 0,002) - 0,37(1 - 0,002)}{(0,5 - 86,8) - (1 - 86,8) \cdot 0,37} = 0,000788.$$

Визначити рівноважні значення концентрації у газовій фазі у відповідних точках абсорберу:

- на вході в абсорбер (x_2, y_1, m_{px})

$$y_1^* = \frac{m_{px} \cdot x_2}{P} = \frac{803,23 \cdot 0,002}{2} = 0,402,$$

- для середньої точки (x', y', m_{px})

$$y^{1*} = \frac{m_{px} \cdot x'}{P} = \frac{803,23 \cdot 0,00079}{2} = 0,317,$$

- на виході із абсорберу (x_1, y_2, m_{px})

$$y_2^* = 0,$$

де: P - тиск в абсорбері в барах.

Визначити рухому силу процесу в відповідних точках

$$\Delta_1 = y_1 - y_1^* = 0,5 - 0,402 = 0,098,$$

$$\Delta' = y' - y^{1*} = 0,37 - 0,317 = 0,053,$$

$$\Delta_2 = y_2 - y_2^* = 0,24.$$

Визначити число одиниць переносу процесу абсорбції при умові:

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} < 10, \frac{0,098}{0,24} < 10.$$

$$N_{ог} = \frac{y_1 - y_2}{6} \left(\frac{1}{\Delta} + \frac{1}{\Delta_1} + \frac{1}{\Delta_2} \right) = \frac{0,5 - 0,24}{6} \left(\frac{1}{0,098} + \frac{1}{0,053} + \frac{1}{0,24} \right) = 1,43.$$

Визначити коефіцієнт розподілення CO_2 в фазах

$$m_{yx} = \frac{m_{px}}{P} = \frac{803,23}{1} = 803,23.$$

Визначити висоту одиниці переносу із газової фази до рідинної

$$h_{ог} = h_r + \frac{m_{yx}}{l} h_p = 0,65 + \frac{803,23}{86,8} \cdot 0,0099 = 0,742.$$

Розрахувати висоту шару насадки в абсорбері

$$H = N_{ог} \cdot h_{ог} = 1,43 \cdot 0,742 = 1,061.$$

Визначити ємність резервуара

$$V_p = V \cdot \tau = 3000 \cdot 0,54 = 1620 \text{ л} = 1,62 \text{ м}^3.$$

Повний об'єм резервуара

$$V_a = \frac{V_p}{\phi} = \frac{1,62}{0,78} = 2,08.$$

Визначити геометричні розміри резервуара

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_a}{\pi \left(k_1 + \frac{2}{3} k_2 \right)}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 2,08}{3,14 \cdot \left(1,9 + \frac{2}{3} \cdot 0,16 \right)}},$$

$$L = k_1 \cdot D; \quad k_1 = 1,9$$

$$l = k_2 \cdot D; \quad k_2 = 0,16$$

Індивідуальні завдання по розрахунку сатуратора

Варіант	Продуктивність, V	Тиск у сатураторі, Р МПа	Вміст CO_2 у початковому виноматеріалі, х, %мас	Температура виноматеріалу, $t, ^\circ C$	Варіант	Ступінь насичення виноматеріалу, % мас	Вміст CO_2 у повітряній суміші, х, % моль	Ступінь вилучення CO_2 з повітряної суміші $\eta, \%$	Тип насадки	Час перебування виноматеріалу у резервуарі	Коефіцієнт заповнення резервуара	Співвідношення довжини циліндричної частини резервуара $K_1 = L/D$	Співвідношення висоти конічної частини резервуара $K_2 = L/D$
1	0,5	0,1	0	2	А	0,2	40	40	Не регул. Рашінга 10х10х1,5	0,4	0,9	2,5	0,10
2	1,0	0,2	0,001	3	Б	0,25	45	42	Не регул. Рашінга 15х15х2	0,42	0,88	2,4	0,11
3	1,5	0,3	0,002	4	В	0,3	50	44	Не регул. Рашінга 25х25х3	0,44	0,86	2,3	0,12
4	2,0	0,4	0,003	5	Г	0,35	55	46	Палля 25х25х3	0,48	0,84	2,2	0,13
5	2,5	0,5	0,004	6	Д	0,4	60	48	Палля 35х35х4	1,5	0,82	2,1	0,14
6	3,0	0,15	0,005	7	Є	0,45	65	50	Сідля Берля 12,5	0,52	0,8	2,0	0,15
7	3,5	0,25	0,006	8	Ж	0,5	70	52	Сідля Берля 25	0,54	0,78	1,9	0,16
8	4,0	0,35	0,007	9	З	0,55	75	54	Гравій 42	0,56	0,76	1,8	0,17
9	4,5	0,45	0,008	10	І	0,6	30	56	Кокс кусковий 24,4	0,58	0,74	1,7	0,18
10	5,0	0,55	0,009	11	К	0,65	35	58	Інтакокс 25	0,6	0,72	1,6	0,20

9.3.Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить слідуючі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;

схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

9.4.Контрольні запитання

1. Основні вимоги до вод, що підлягають насиченню діоксидом вуглецю.
2. Закони Генрі та Рауля.
3. Способи насичення напоїв діоксидом вуглецю.
4. Класифікація установок для насичення напоїв газоподібним діоксидом вуглецю.
5. Будова й принцип дії об'ємно-зрошувального сатуратора.
6. Методи інтенсифікації масообмінних процесів насичення напоїв діоксидом вуглецю.
7. Принцип дії установок для насичення напоїв рідинним діоксидом вуглецю.
8. Принцип дії установок з використанням твердого діоксиду вуглецю.
9. Складання рівняння робочої лінії процесу абсорбції діоксиду вуглецю рідиною.
10. Вимоги, що пред'являються до експлуатації та обслуговування сатураторів.

10. Розрахунок пластичної пастеризаційно-охолоджувальної установки

Мета роботи: вивчення будови принципу дії та отримання практичних навичок по розрахунку пластичної пасеризаційно-охолоджувальної установки.

Завдання: виконати розрахунки та скомпанувати пластинчасту пастеризаційну установку.

10.2 Методика розрахунку пластичної пастеризаційно-охолоджувальної установки

Температура пива в кінці секції рекуперації

$$t_2 = t_1 + (t_3 - t_1) \cdot \varepsilon = 19 + (64 - 19) \cdot 0,71 = 51^0 C.$$

Температура пива після секції рекуперації

$$t_n = t_1 + (t_3 - t_2) = 19 + (64 - 51) = 32^0 C.$$

Середній температурний напір в секції рекуперації при характерній для неї постійній різниці температур

$$\Delta \bar{t}_{рек} = t_3 - t_2 = 64 - 51 = 13^0 C.$$

$S_{рек}$, характеризуючі умови температурних режимів

$$S_{рек} = (t_2 - t_1) / \Delta \bar{t}_{рек} = (51 - 19) / 13 = 2,5.$$

Секція пастеризації

Середній температурний напір

$$\Delta t''_{\theta} = t'_{\theta} - t_3 = 88 - 64 = 24^0 C,$$

$$\Delta t''_{\mu} = t''_{\theta} - t_2 = 73 - 51 = 22^0 C,$$

$$\Delta \bar{t}_n = \frac{\Delta t''_{\theta} - \Delta t''_{\mu}}{2,3 \ln \left(\frac{\Delta t''_{\theta}}{\Delta t''_{\mu}} \right)} = \frac{24 - 22}{2,3 \ln \left(\frac{24}{22} \right)} = 10^0 C.$$

Тоді S_n , який характеризує умову подібності пастеризації

$$S_n = \frac{t'_{\theta} - t''_{\theta}}{\Delta \bar{t}_n} = \frac{88 - 73}{10} = 1,5.$$

Секція охолодження водою

Середній температурний напір

$$\Delta t^{\theta}_{\theta} = t_5 - t'_{\theta} = 18 - 13 = 5^0 C,$$

$$\Delta t^{\theta}_{\mu} = t_n - t''_{\theta} = 32 - 18 = 14^0 C,$$

$$\Delta \bar{t}_{\theta} = \frac{\Delta t^{\theta}_{\theta} - \Delta t^{\theta}_{\mu}}{2,3 \ln \left(\frac{\Delta t^{\theta}_{\theta}}{\Delta t^{\theta}_{\mu}} \right)} = \frac{14 - 5}{2,3 \ln \frac{14}{5}} = 3,8^0 C.$$

Тоді $S_{\theta} = (t_n - t_5) / \Delta \bar{t}_{\theta}$, який характеризує умови подібності охолодження

$$S_{\theta} = \frac{32 - 18}{3,8} = 3,7^0 C.$$

Визначаємо кількість пакетів у секції

Визначаємо число каналів у пакеті

$$m = \frac{V}{S \cdot v_n},$$

$$f_n = f_p = f_{охл} = 0,416 m^2,$$

$$S = 0,0024 \text{ м}^2,$$

$$\nu_n = 0,03 \text{ м/с},$$

$$V = \frac{\Pi}{\rho_n}$$

$$V = \Pi = 3250 \text{ л/год} = 3,25 \text{ м}^3 / \text{год} = 9,0 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{сек}$$

тоді

$$m = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{0,0024 \cdot 0,03} = 12,5 \approx 14.$$

Секція рекуперація теплоти

Площа робочої поверхні секції

$$F_{рек} = \frac{\Pi \cdot C_n \cdot (t_2 - t_1)}{K_{рек} \cdot \Delta \bar{t}_{рек}},$$

$$\Pi = V \cdot \rho = 9 \cdot 10^{-4} \cdot 1030 = 0,927 \text{ кг/с},$$

$$F_{рек} = \frac{0,927 \cdot 4020 \cdot (51 - 19)}{1640 \cdot 13} = 5,6 \text{ м}^2.$$

Кількість пластин у секції

$$n_{рек} = \frac{F_{рек}}{f_{рек}} = \frac{5,6}{0,146} = 38,4 \approx 40 \text{ шт.}$$

Число пакетів у секції

$$x = \frac{n_{рек}}{2 \cdot m} = \frac{40}{2 \cdot 14} = 1,4 \approx 2 \text{ шт.}$$

Секція пастеризації

Площа робочої поверхні секції

$$F_n = \frac{\Pi \cdot C_m \cdot (t_3 - t_2)}{K_n \cdot \Delta \bar{t}_n} = \frac{0,927 \cdot 4020 \cdot (64 - 51)}{1270 \cdot 10} = 3,8 \text{ м}^2.$$

Кількість пластин у секції

$$n_n = \frac{F_n}{f_n} = \frac{3,8}{0,146} = 26 \text{ шт.}$$

Кількість пакетів у секції

$$x_n = \frac{\Pi_n}{2 \cdot m} = \frac{26}{2 \cdot 14} = 0,93 \approx 1 \text{ шт.}$$

Секція охолодження водою

Площа робочої поверхні секції

$$F_6 = \frac{\Pi_n \cdot C_n \cdot (t_n - t_5)}{K_{охл} \cdot \Delta \bar{t}_6} = \frac{0,927 \cdot 4020 \cdot (32 - 18)}{1390 \cdot 3,8} = 9,8 \text{ м}^2$$

Кількість пластин у секції

$$n_6 = \frac{F_6}{f_6} = \frac{9,8}{0,146} = 67,3 \approx 68 \text{ шт.}$$

Кількість пакетів

$$x = \frac{n_6}{2 \cdot m} = \frac{68}{2 \cdot 14} = 2,4 \approx 3 \text{ шт.}$$

Об'єм витримувача та режим руху у секціях

Приймаємо діаметр витримувача у відповідності з ГОСТом на труби з нержавіючої сталі D=0,075м.

Швидкість руху пива у витримувачі буде

$$\omega = \frac{8 \cdot V}{\pi \cdot D^2}.$$

Час витримування $\tau = 100\text{с}$. Тоді, враховуючи коефіцієнт заповнення витримувача $\varphi = 0,7$, висота витримувача буде

$$L_{\text{вит}} = \frac{\omega \cdot \tau}{\varphi} = \frac{v_n \cdot \tau}{\varphi} = \frac{0,03 \cdot 100}{0,7} = 4,28 \approx 4,3\text{м},$$

$$L_{\text{вит}} = \frac{8 \cdot V}{\pi \cdot D^2} \cdot \frac{\tau}{\varphi} = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{V}{D^2} \cdot \frac{\tau}{\varphi} = \frac{8 \cdot 9 \cdot 10^{-4} \cdot 100}{3,14 \cdot 0,075^2 \cdot 0,7} = 58\text{м}.$$

Так як у нас швидкість руху продукту в усіх секціях однакова і дорівнює $V_n = 0,03\text{м/с}$, а еквівалентний діаметр $d_e = 0,0076\text{м}$, тоді:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot l}{\nu} = \frac{0,03 \cdot 0,0076}{1,52 \cdot 10^{-6}} = 150.$$

Так як $\text{Re} = 150 < 2400$, то це відповідає ламінарному режиму руху продукту.

Індивідуальні завдання по розрахунку охолоджувально-пасеризаційних установок

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Продуктивність $V, \text{л/год}$	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
Густина продукту, кг/м^3	970	980	990	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120
Коефіцієнт рекуперації ε	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78
Температура $t_1, ^\circ\text{C}$	10	11	12	13	14	15	16	17	1	19
Температура $t_2, ^\circ\text{C}$	5	15	20	21	22	18	19	15	10	14
Температура $t_3, ^\circ\text{C}$	55	56	57	58	59	60	62	65	70	75
початкова температура гарячої води, $t'_{\text{гв}}$	80	85	90	75	80	85	90	100	110	120
кінцева температура гарячої води $t''_{\text{гв}}$	60	65	70	65	64	70	72	80	85	100
початкова температура холодної води $t'_{\text{хв}}$	3	6	7	8	9	10	11	12	5	6
кінцева температура холодної води $t''_{\text{хв}}$	8	13	20	18	15	16	18	19	15	14
Варіант	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Теплоємність продукту, $\text{С Дж/(кг}\cdot\text{C)}$	3600	3700	3800	3200	3100	2800	3900	2750	3650	3850
Коеф. теплопередачі в секції пастеризації $K_{\text{нас}}, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$	900	920	940	960	980	1000	1150	1200	950	1050
Коеф. теплопередачі в секції рекуперації? $K_p, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$	1150	1200	1400	1450	1500	1300	1550	1600	1650	1700
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Коеф. теплопередачі в секц. охол. $K_0, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$	1100	1150	1300	1500	1600	1450	1650	1700	1750	1900
Час витримування, сек	60	70	80	90	100	120	130	140	150	160
Коеф. заповнення витримувача, φ	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88
Площа робоча однієї частини $f, \text{м}^2$	0,1	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
Швидкість руху тепло- агентів, м/с	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28
Еквівалентний діаметр каналу, м	0,0074	0,0076	0,0078	0,008	0,0074	0,0076	0,0078	0,008	0,0073	0,0075

10.3.Порядок оформлення розрахункової роботи

Звіт по розрахунковій роботі оформляється згідно вимог до оформлення розрахунково-графічних робіт і містить слідуючі розділи:

- мета роботи;
- розрахункова частина;
- схематичне зображення розрахункового обладнання та проставлення його розрахованих розмірів.

10.4.Контрольні запитання

1. Будова й принцип дії пластичних теплообмінників.
2. Визначення темперного напору по кожній секції установки.
3. Визначення витрат тепла по секціям установки, використовуючи тепловий графік.
4. Визначення початкових та кінцевих температур кожної секції пастеризатора.
5. Класифікація пластичних теплообмінників.
6. Класифікація пластин теплообмінника.
7. По тепловому графіку визначити коефіцієнт економічної ефективності процесу пастеризації.
8. Визначення кількості каналів, що входять у один пакет.
9. Переваги та недоліки пластичних теплообмінників.
- 10.Визначення ємності витримувача.
- 11.Вимоги, що пред'являються до експлуатації і обслуговування пластичних теплообмінників.

СПИСОК ОСНОВНОЇ ТА ДОДОТКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна:

1. Андреев А.А., Брызгалов Л.И. Производство кормовых дрожжей.-М.: Лесная пром-сть, 1986. – 248с.
2. Балашов В.Е., Оборудование по производству пива и безалкогольных напитков.- М.: Лег.и пищ. Пром.-сть, 1984. – 248 с.
3. Гурський П.В., Перцевский Ф.В., Гулий І.С. та ін. Практикум. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв: Навч. посібник. Харків 2001. -230с.
4. Жбанков Б.В. Оборудование ликеро-водочного производства.- М.: Лег. и пищ, пром.-сть, 1983. -152с.
5. Колосков С Л, Яровенко В., Стабников В.Н. и др. Оборудование спиртовых заводов. – М.: Пищ.пром-сть, 1975 – 295 с.
6. Котляр Л.И. Основы монтажа, эксплуатации и ремонта технологического оборудования. – Изд. 2-е. переб. и доп. – М.: «Колос», 1997. -272 с.
7. Машины и аппараты пищевых производств. В 2-х кн. Учеб. для вузов. Под ред. акад. РАСХН В.А.Панифилова.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.- 591с.
8. Попов В.И. Примеры расчетов по курсу технологического оборудования предприятий бродильной промышленности.- М.: Пищ. пром.-сть, 1983. - 591с.
9. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности. Под ред. И.Т. Кретов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 591с.
10. Промышленная технология лекарств: /Учебник. В 2-х т./ В.И. Чуешов М.Ю. Чернов Л.М. Хохлова и др./; Под ред. проф. проф. В.И. Чуешова.- Х: МТК- Книга; Издательство НФАУ, 2002.
11. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности. /под. ред. А.И.Драгилева: 2-е изд., перераб. и доп.: - М.: Агропромиздат, 1983. -399с.

Додаткова

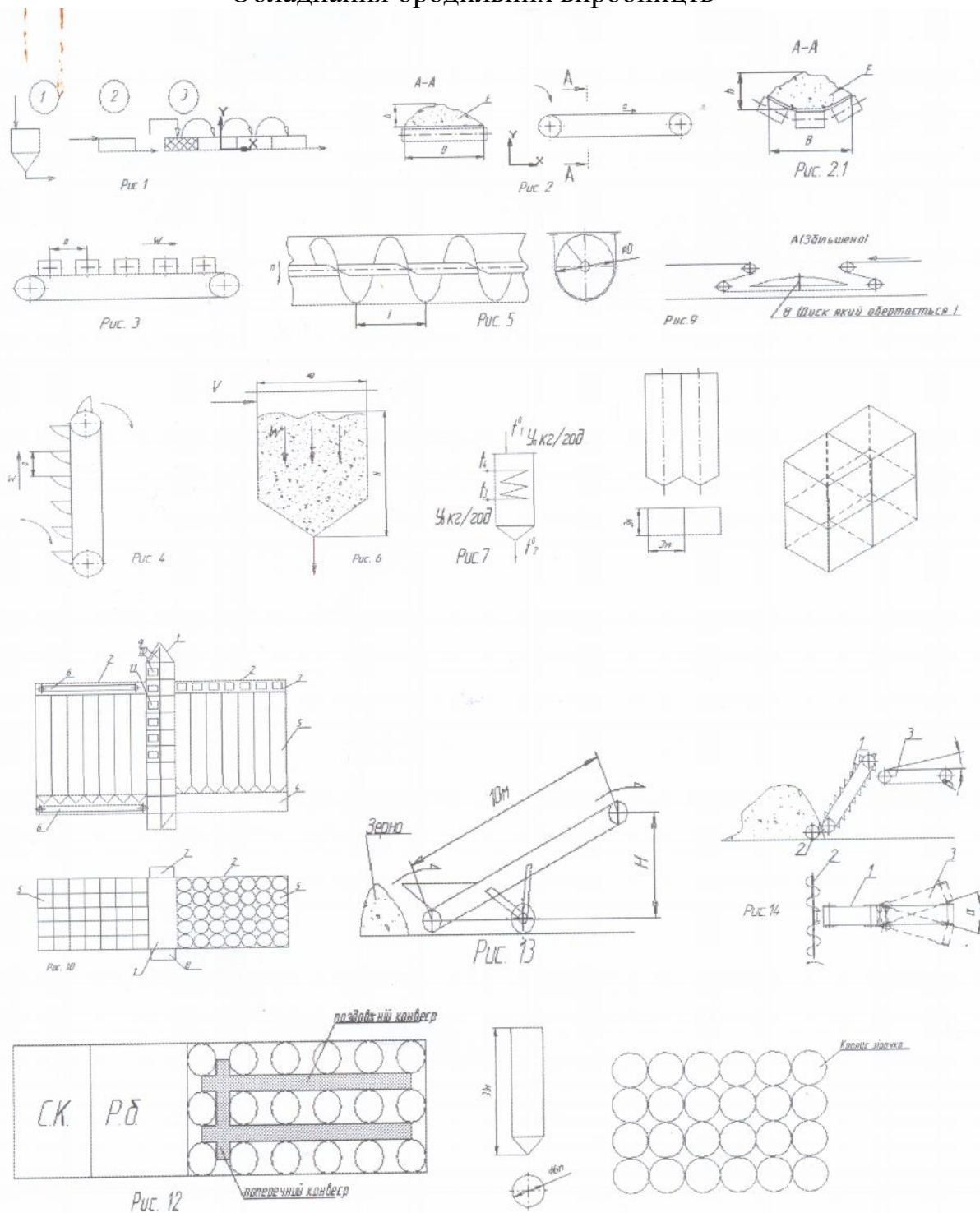
1. Анистиренко В.А. Прямоточные контактные устройства брагоректификационных установок.- М.: Лег. и пищ. пром.-сть. 1983. - 159с.
2. Балашов В.В. Повышение эффективности пивоваренного производства.- М.: пищ. пром-сть, 1979. -136с,
3. Балашов В.Е., Верховский А.С., Мозговой В.С. Механизация прогрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ в пивобезалкогольной промышленности. – М.: Пищ.пром-сть, 1978, -144с.
4. Балашов В.Е., Рудольф В.В. Техника в технологи производства пива и безалкогольных напитков.- М.: -Лег. и пищ. пром.-сть, 1981, -248 с.

5. Балашов В.К. Практикум по расчету технологического оборудования для производства пива и безалкогольных напитков. М.: Агропромиздат, 1988. -190с.
6. Балашов В.Е., Беленький С.М. и др. Справочник по производству безалкогольных напитков. – М.: Пищ.пром-сть, 1979. -363 с.
7. Забродский А.Г. Производство кормовых дрожжей на мелассно-спиртовых заводах. –М.: Пищ. пром.-сть, 1972. -367 с.
8. Забродский А.Г. Производство кормовых дрожжей из мелассной барды. – К.: Техника, 1977. -118 с.
9. Зайчик Ц.Р. Оборудование предприятий винодельческой промышленности.- М.: Пищ. пром.-сть, 1977. – 400с.
10. Зайчик Ц.Р. Автоматы для мойки бутылок. – М.: Пищ. пром-сть, 1978. - 129с.
11. Зайчик Ц.Р. Сборник задач по расчетам оборудования винодельческого производства. –М.: Лег. и пищ. пром.-сть, 1983. -200 с.
12. Кащури А.Н. Домарецкий В.А. Совершенствование переработки сырья для производства безалкогольных напитков. – К.: Урожай, 1987. -128 с.
13. Соколов А.Я. Основы расчета и конструирование машин и автоматов пищевых производств. –М.:Машиностроение, 1969. -489 с.
14. Соколов А.Я. Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна. –М.: Колос, 1967, -489с.
15. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. –М.: МашиностроениеЮ 1983, -447 с.
16. Степанов И.А., Галасов П.Н. Автоматические линии розлива пищевых гидкостей. – М.: Пищ. пром.-сть, 1971, 360 с.
17. Шишацкий Ю.И., Семенов Н.Ф., Федеров В.А. и др.. Справочник механика дрожжевого завода. – М.: Агропромиздат, 1987. – 295 с.

Навчально-методична література

1. Технологічне обладнання галузі. Методичні вказівки до виконання вхідного контролю знань для студентів спеціальностей 6.091700 «Технологія цукристих речовин і виноробство» денної форми навч. /Уклад.: Меньяло П.І. та ін.. –К.: НУХТ, 2002. -8с.

Обладнання бродильних виробництв



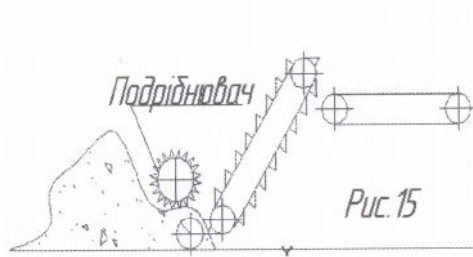


Рис. 15

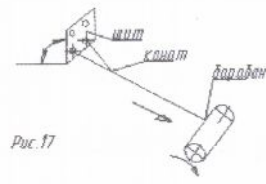


Рис. 17

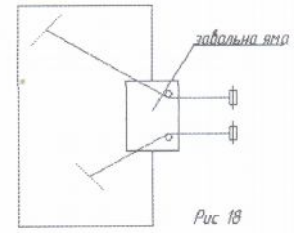


Рис. 18

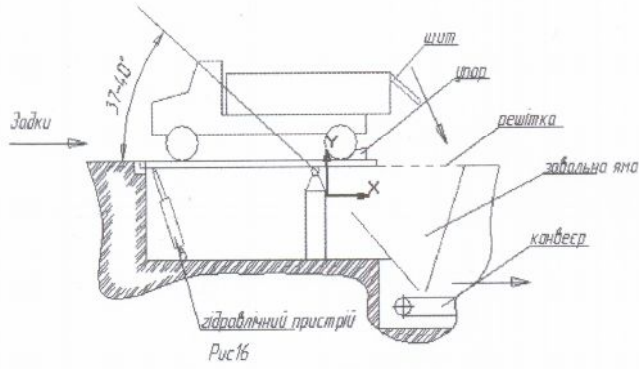


Рис. 16

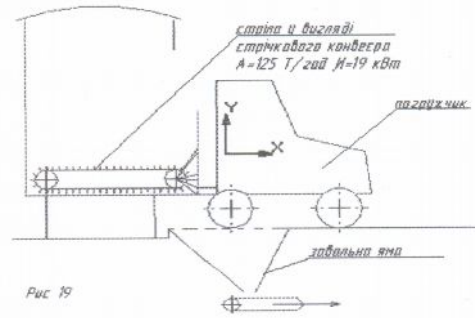


Рис. 19

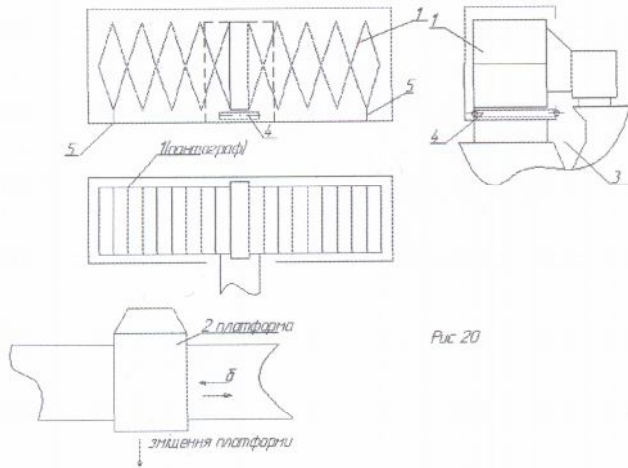


Рис. 20

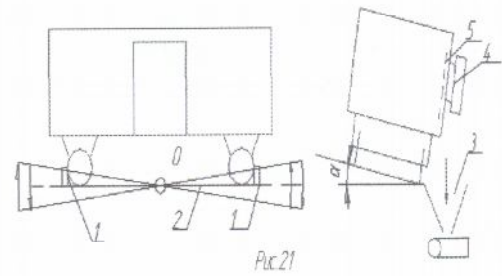


Рис. 21

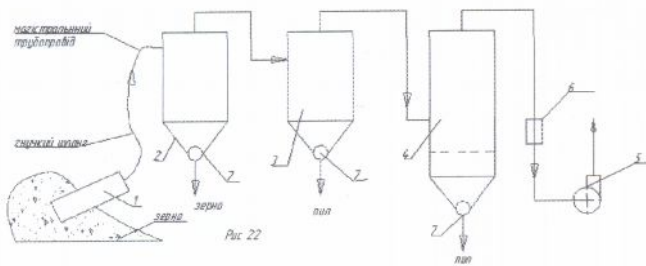


Рис. 22

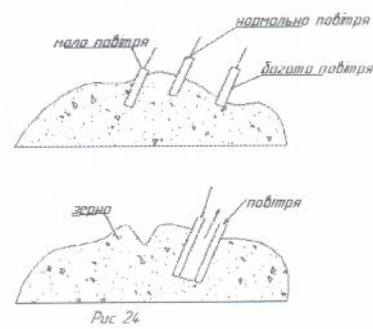
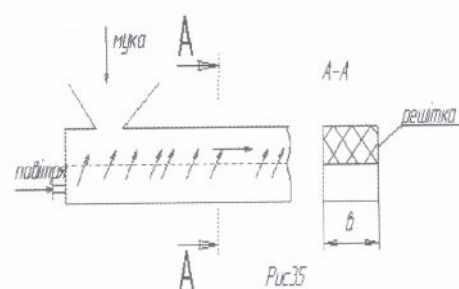
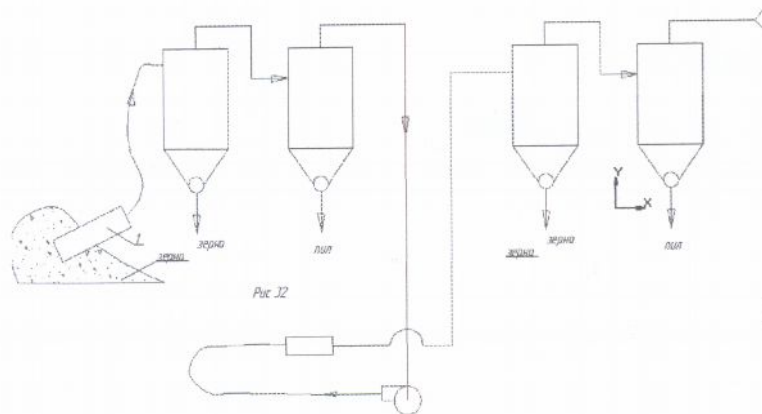
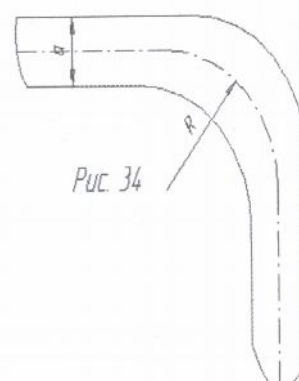
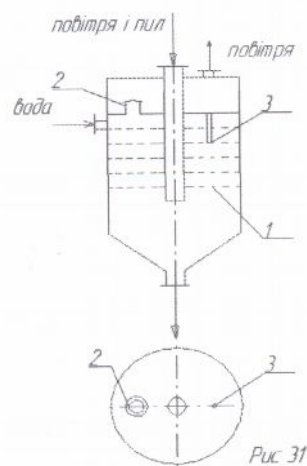
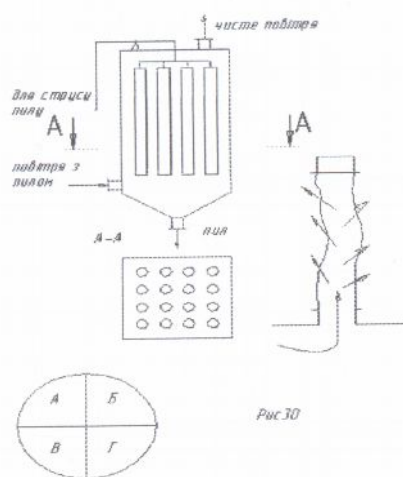
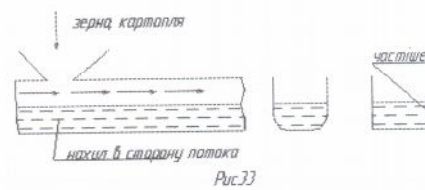
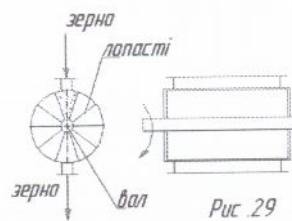
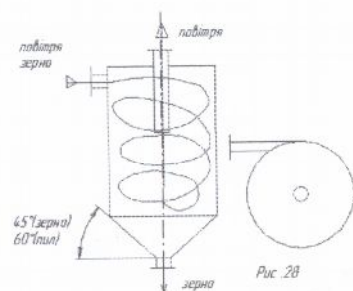
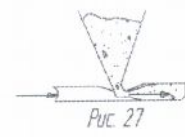
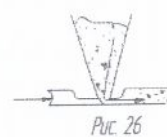
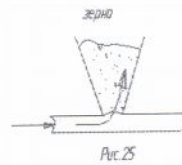
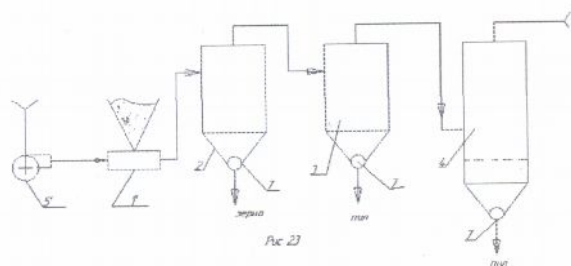


Рис. 24



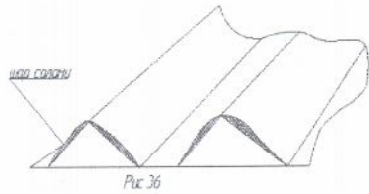


Рис. 36

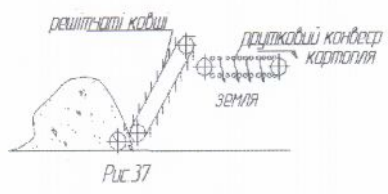


Рис. 37

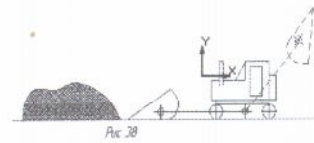


Рис. 38

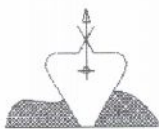


Рис. 39

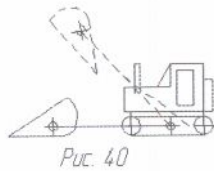


Рис. 40

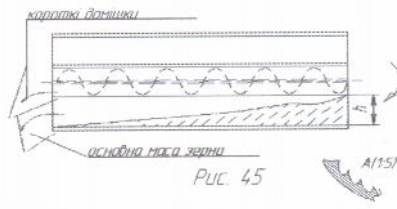


Рис. 45



Рис. 46

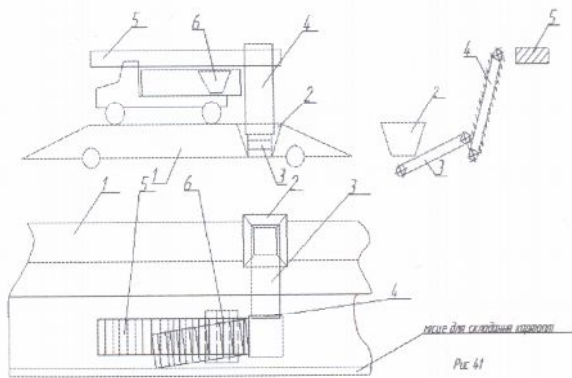


Рис. 41

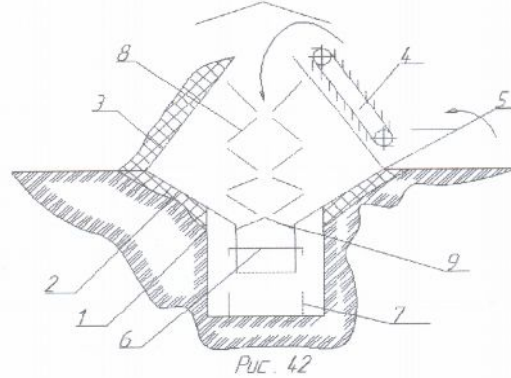


Рис. 42

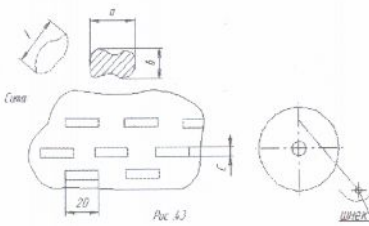


Рис. 43

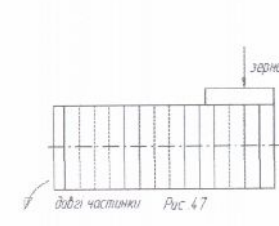


Рис. 47

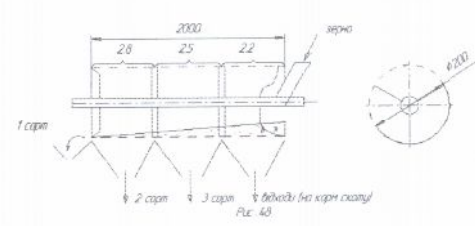


Рис. 48

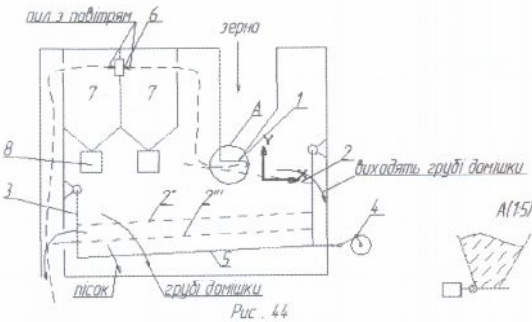


Рис. 44

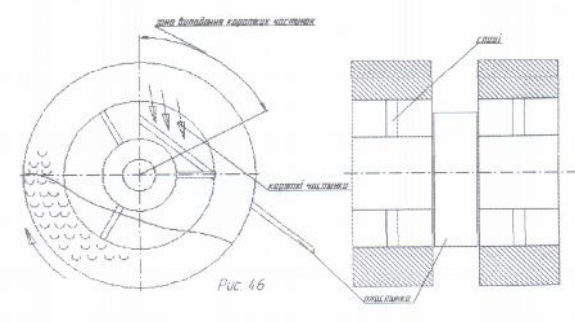
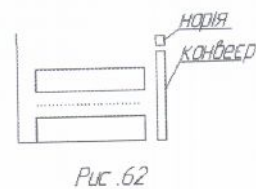
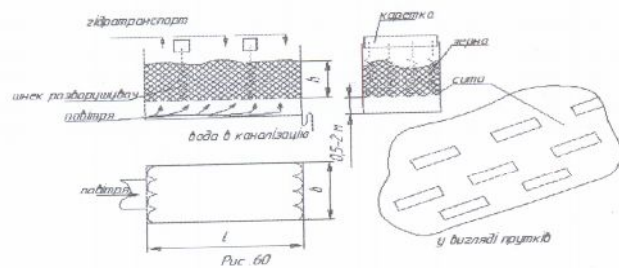
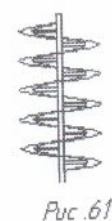
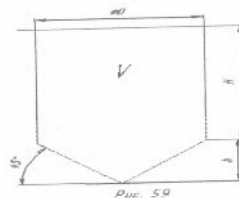
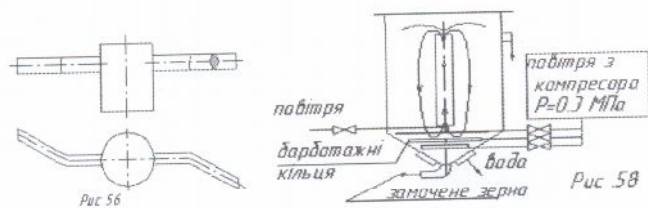
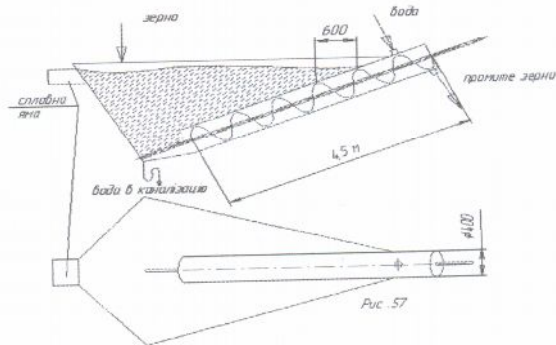
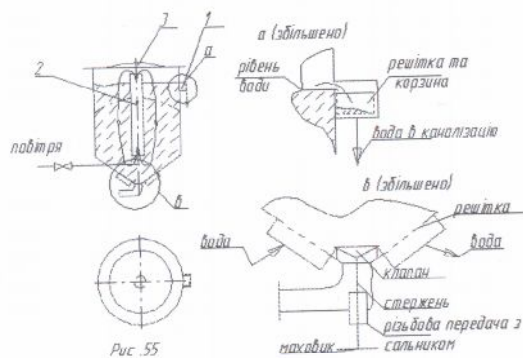
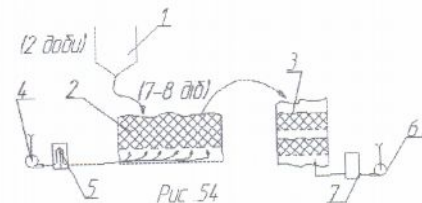
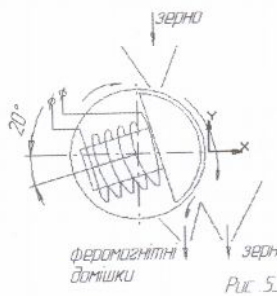
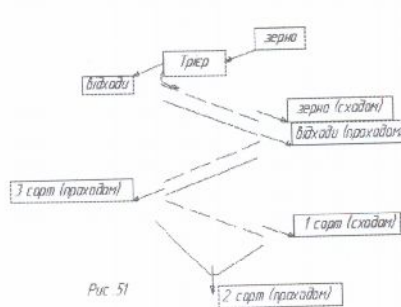
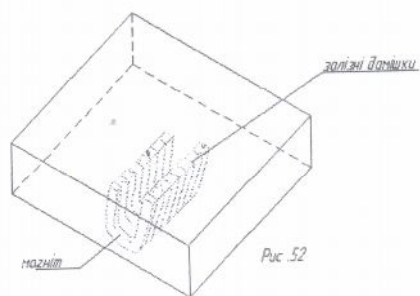
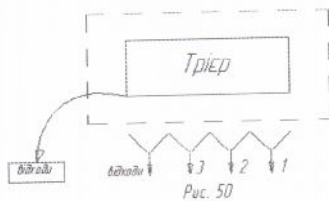
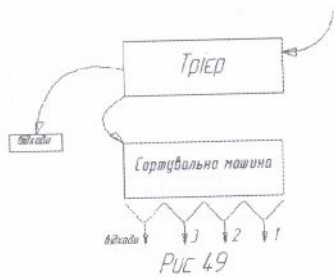
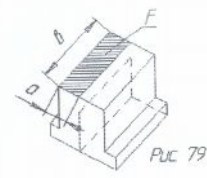
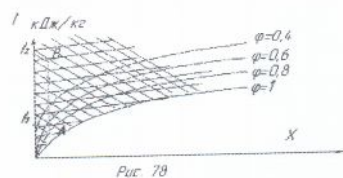
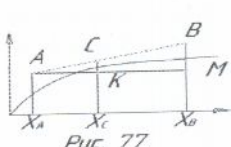
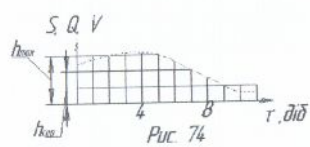
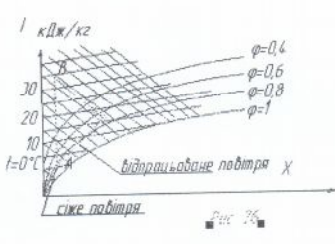
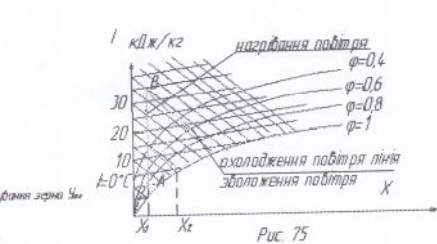
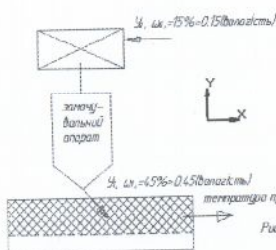
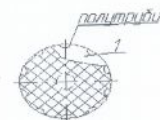
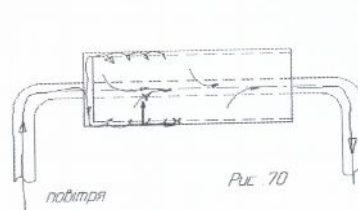
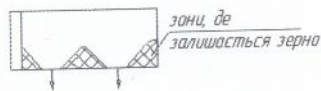
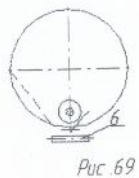
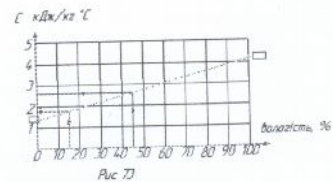
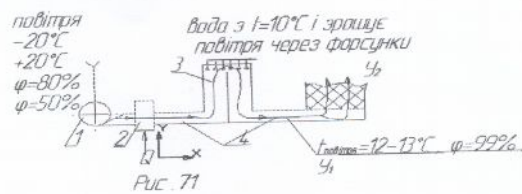
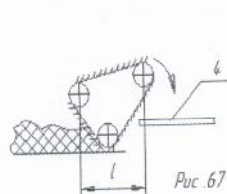
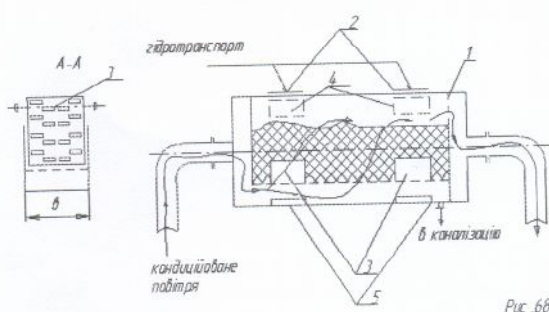
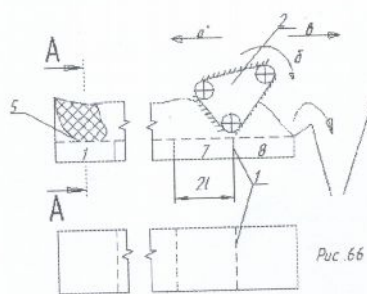
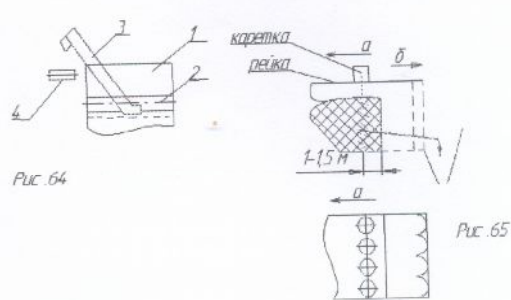
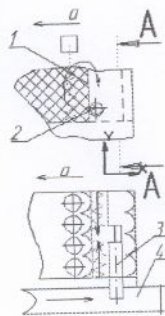
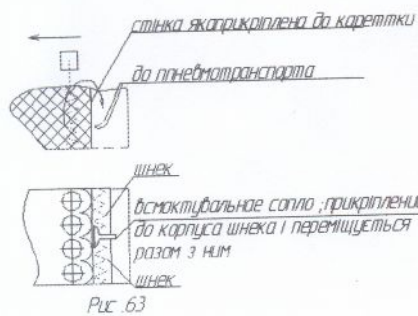
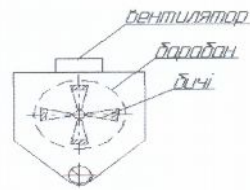
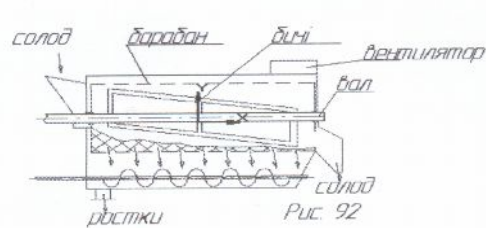
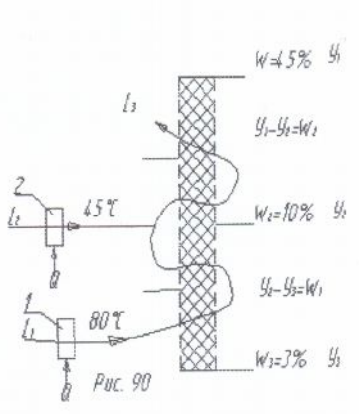
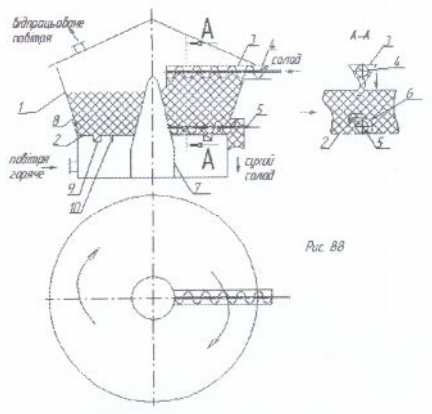
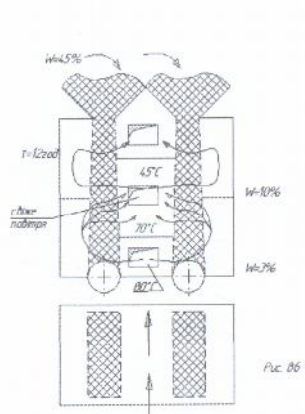
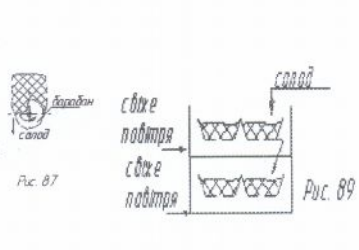
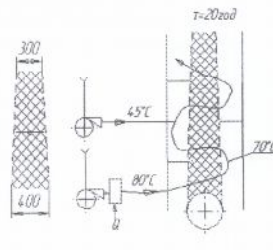
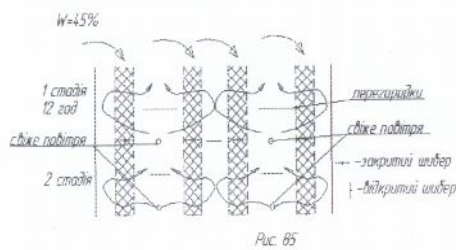
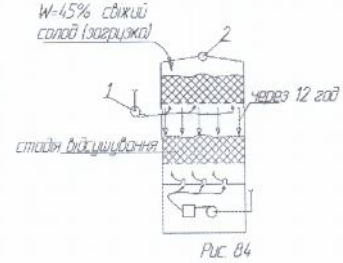
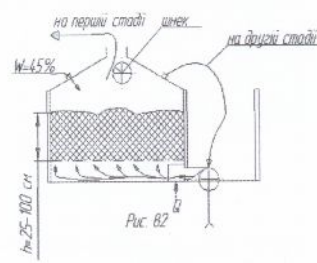
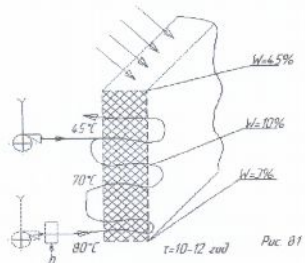
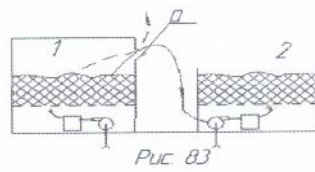
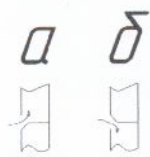
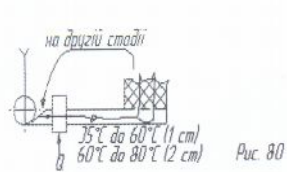


Рис. 46







PUC 91

PLC 93

Рис. 96

At 9%

Aug. 95

Рис. 97

Рис. 98

PUC 99

PUC 102

PUE 100

PUC 101

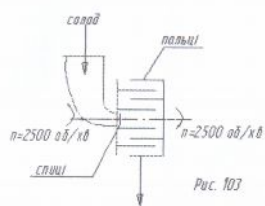


Рис. 103

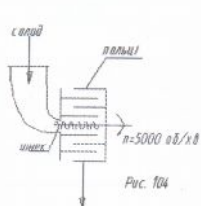


Рис. 104

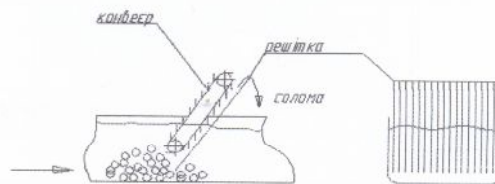


Рис. 105

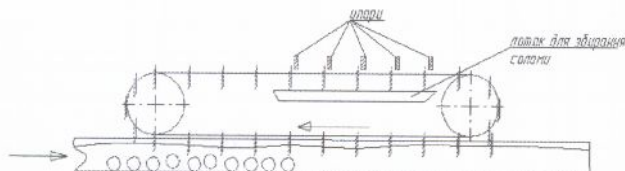


Рис. 106

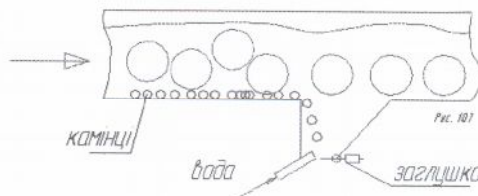


Рис. 107

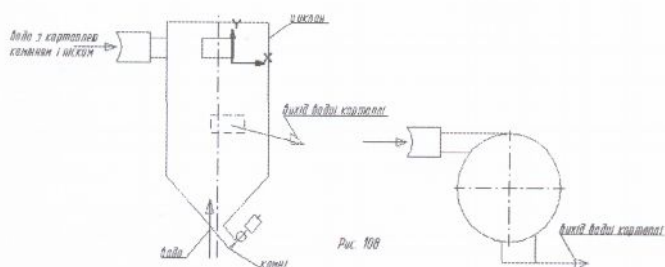


Рис. 108

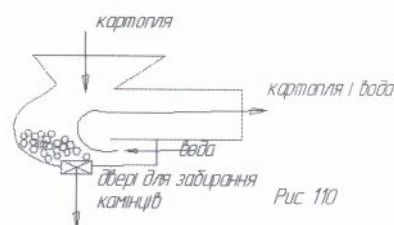


Рис. 110

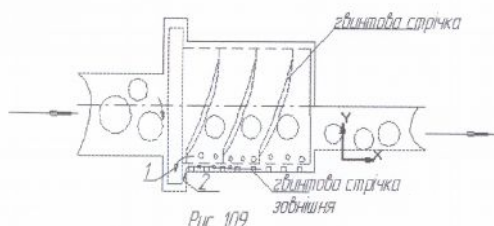


Рис. 109

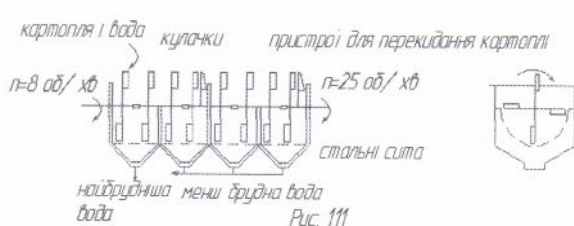


Рис. 111

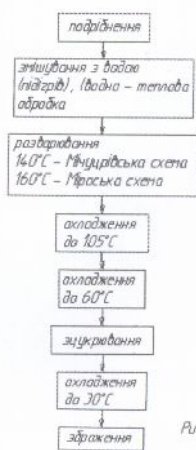


Рис. 112

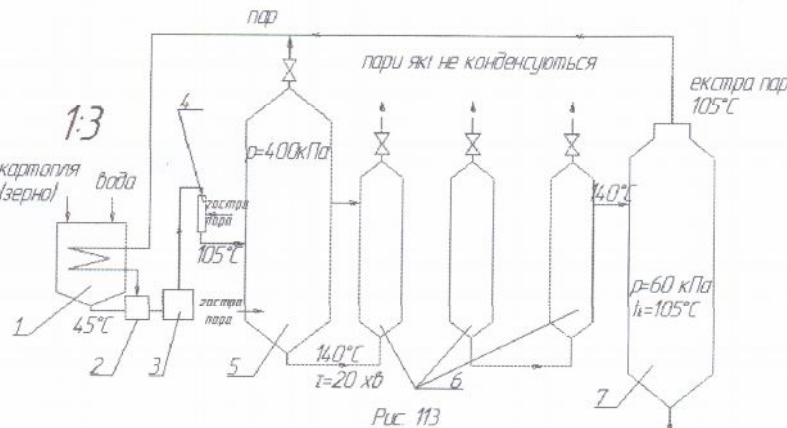
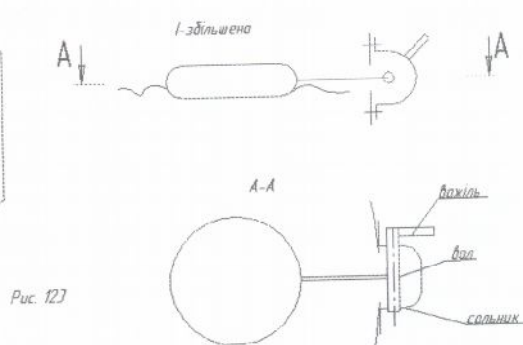
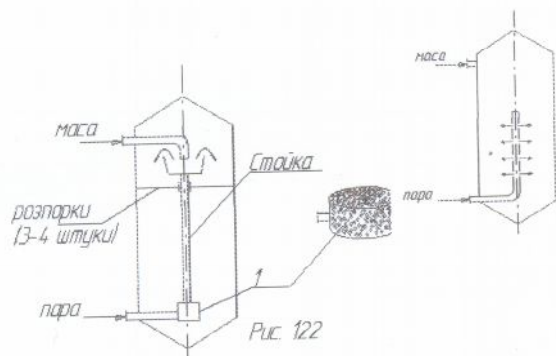
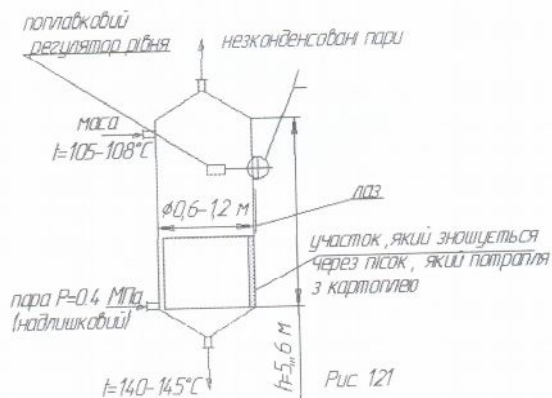
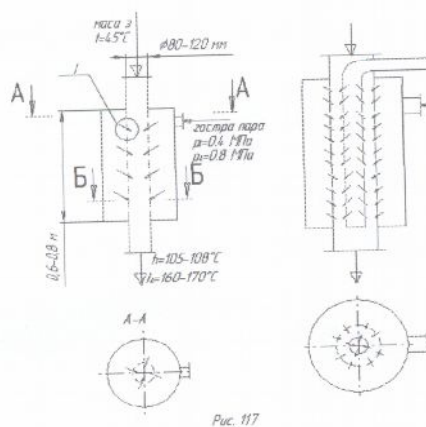
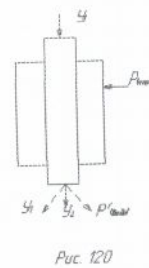
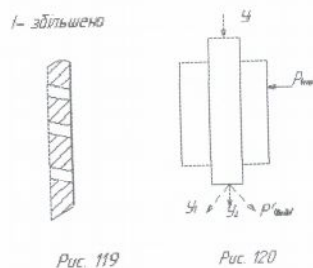
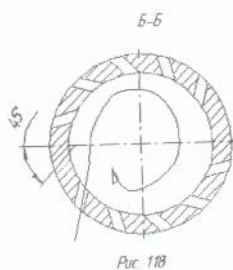
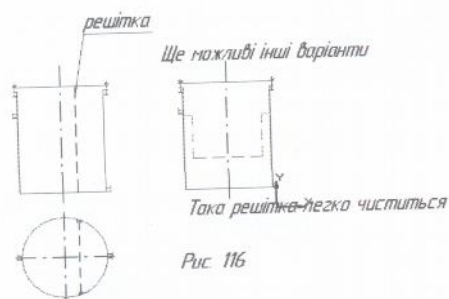
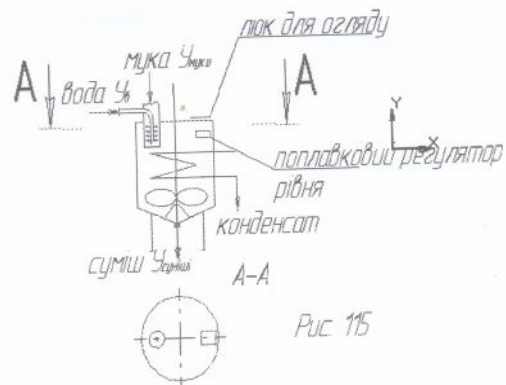
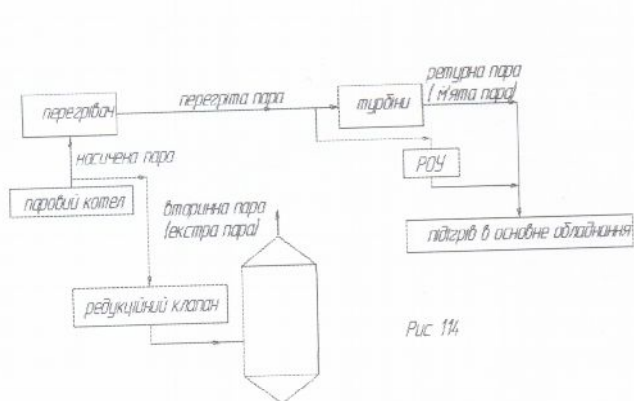


Рис. 113



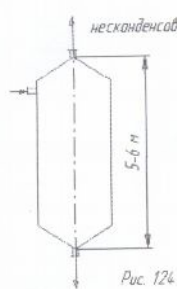


Рис. 124

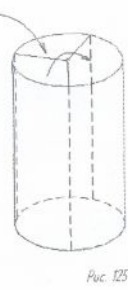


Рис. 125

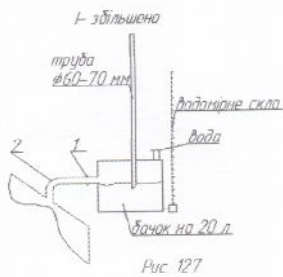


Рис. 127

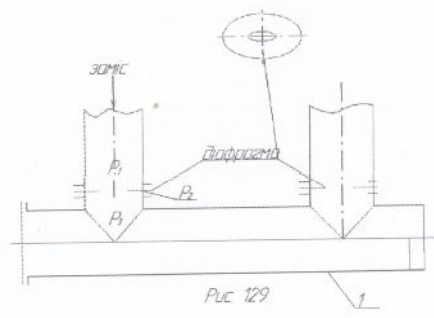


Рис. 129

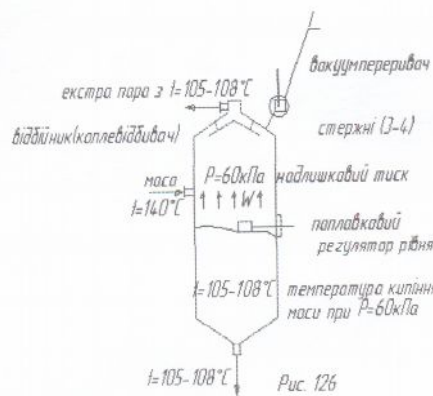


Рис. 126

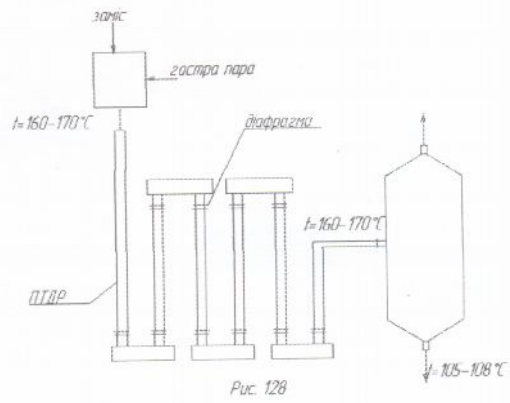


Рис. 128

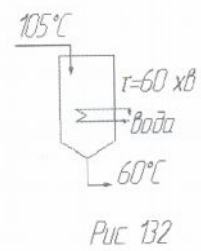


Рис. 132

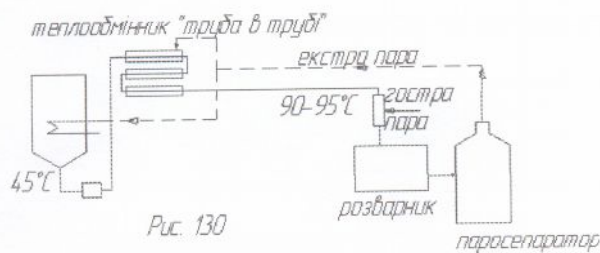


Рис. 130

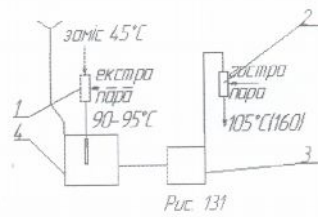


Рис. 131

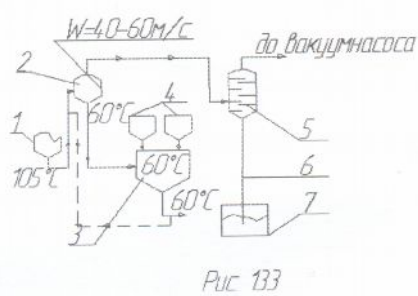


Рис. 133

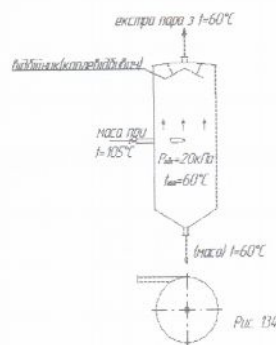


Рис. 134

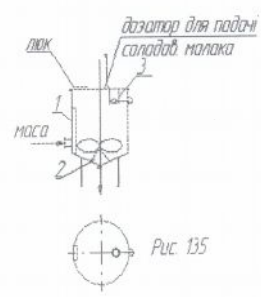


Рис. 135

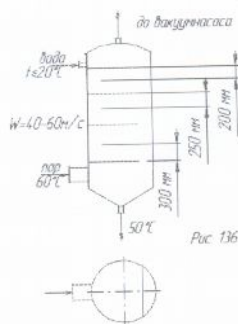


Рис. 136

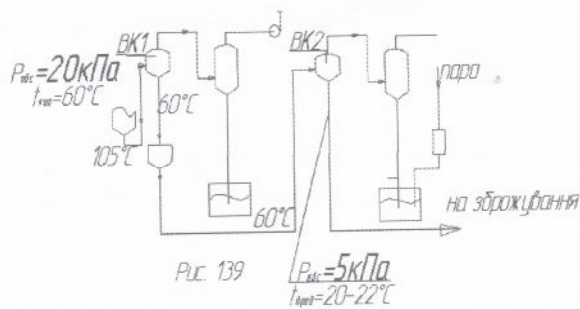


Рис. 139

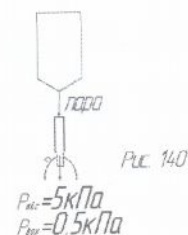


Рис. 140

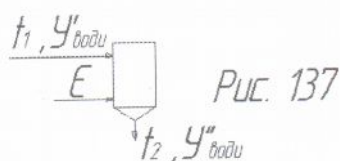


Рис. 137



Рис. 138

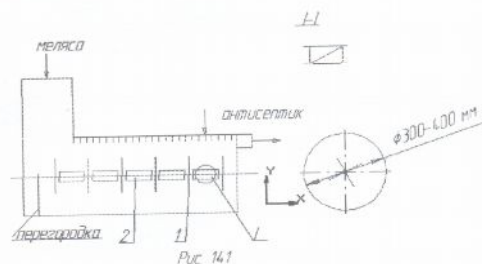


Рис. 141

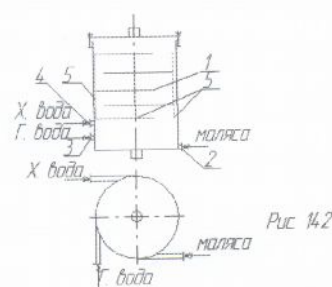


Рис. 142

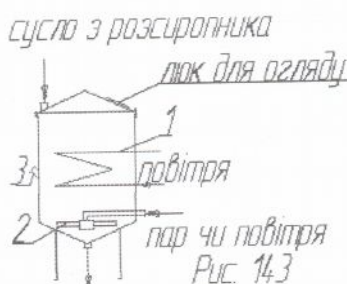


Рис. 143

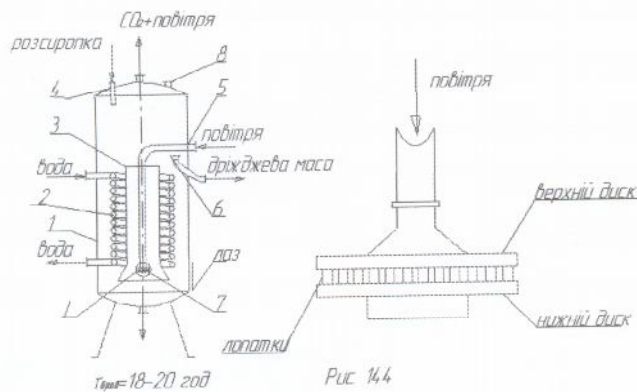
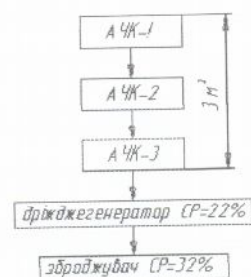


Рис. 144

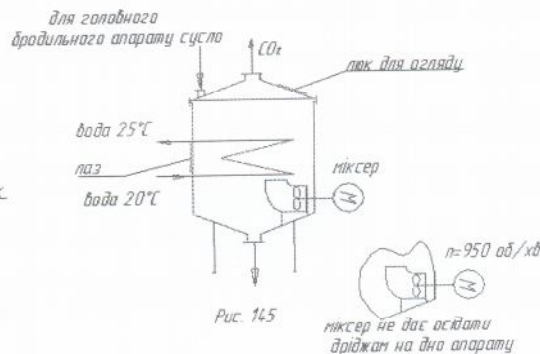


Рис. 145



мелочий пристрій у вигляді
пустотилої кулі,
яка має штибери однієї частини

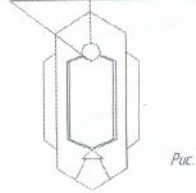


Рис. 146

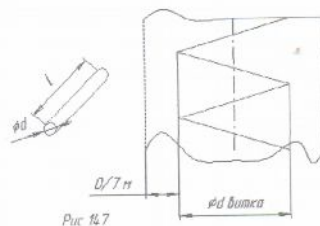
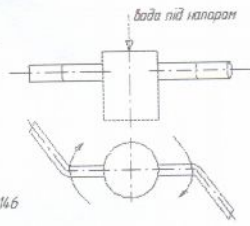


Рис. 147

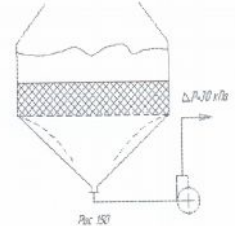


Рис. 150

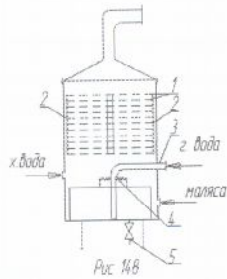


Рис. 148

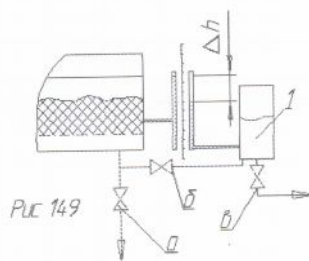


Рис. 149

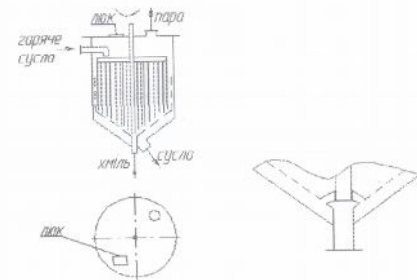


Рис. 154

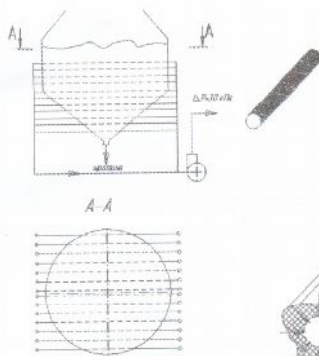
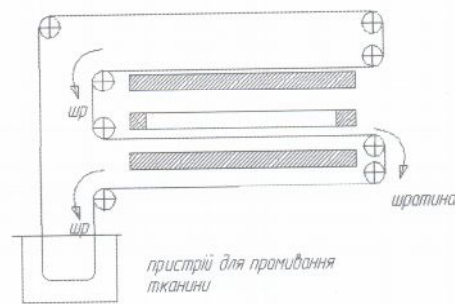


Рис. 151



пристрій для промивання
тканини

Рис. 153

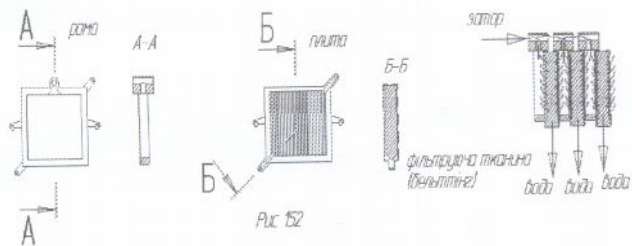


Рис. 152

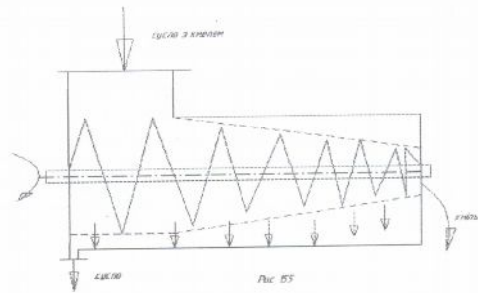


Рис. 155

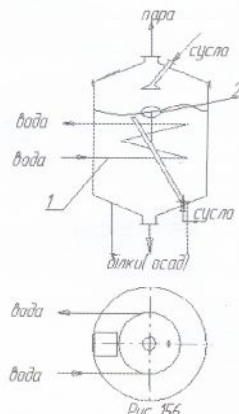


Рис. 156

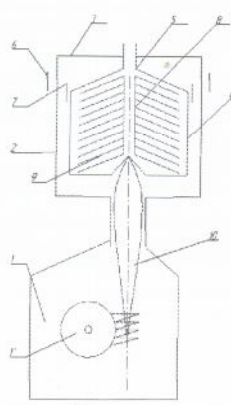


Рис. 157

Обладнання виноробних виробництв

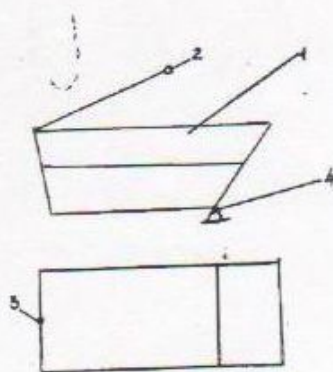


Рис. 1

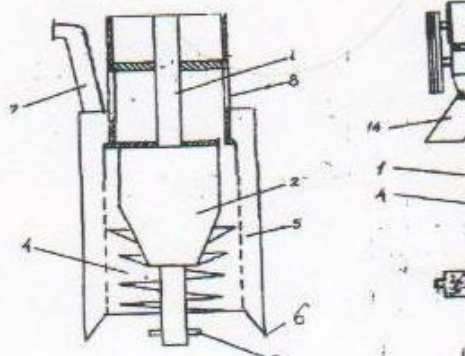


Рис. 4.

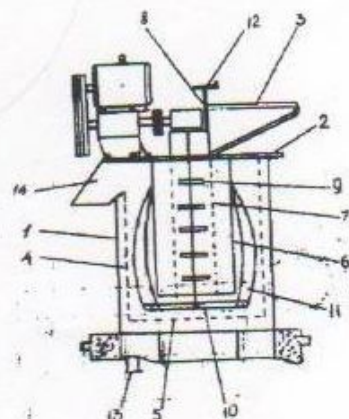


Рис. 7

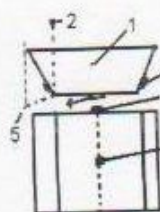


Рис. 2.

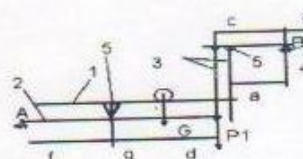


Рис. 3

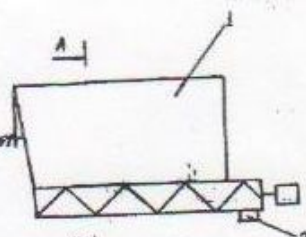


Рис. 5.

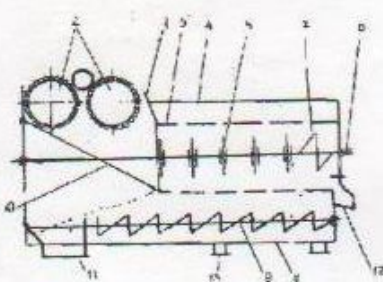
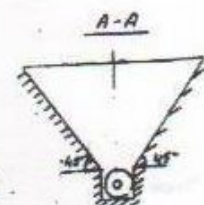


Рис. 6

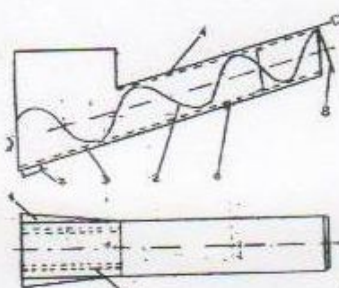


Рис. 9.

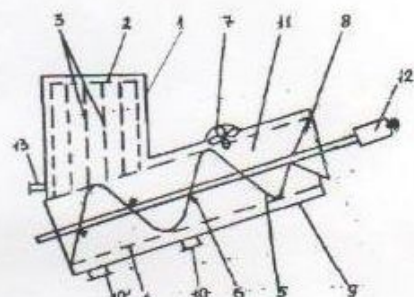


Рис. 10

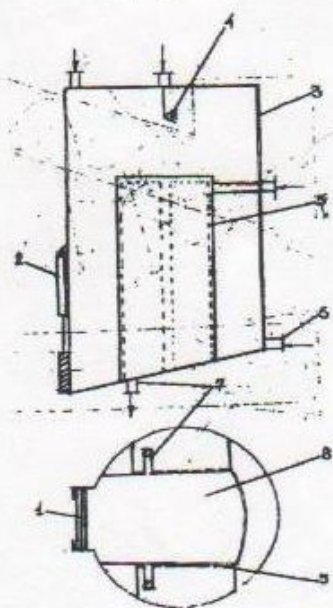


Рис. 8

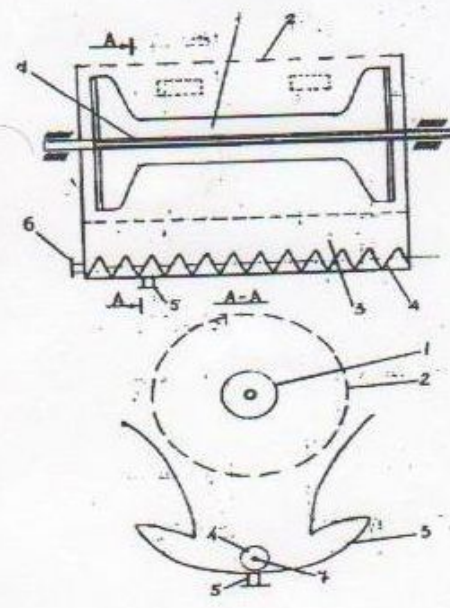


Рис. 12.

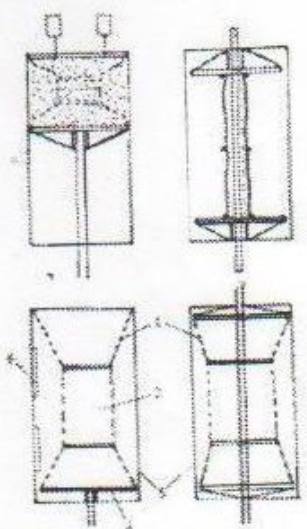


Рис. 11



Рис. 23

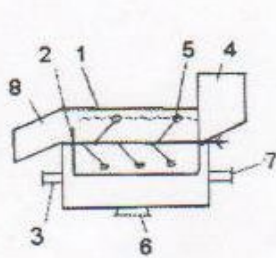


Рис. 25

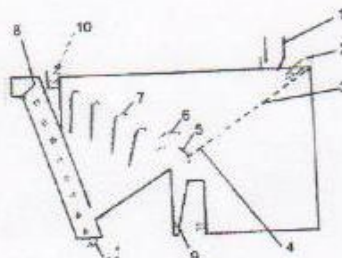


Рис. 26

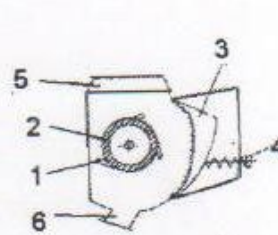


Рис. 29

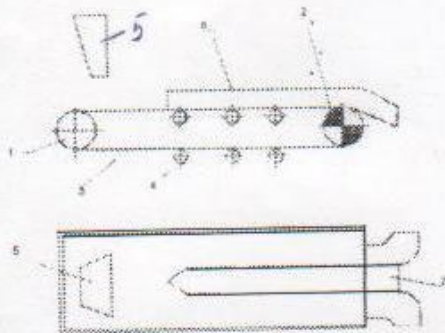


Рис. 27

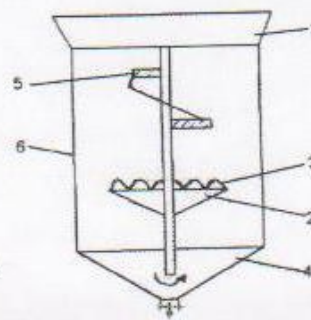


Рис. 28

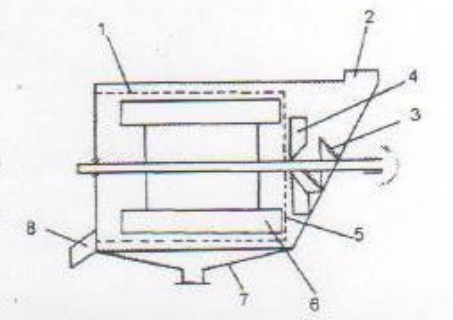


Рис. 30

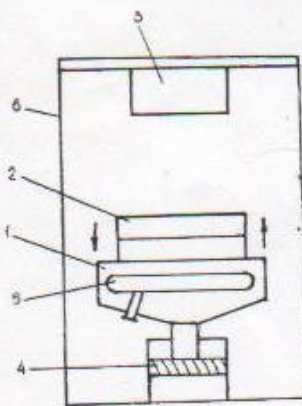


Рис. 31

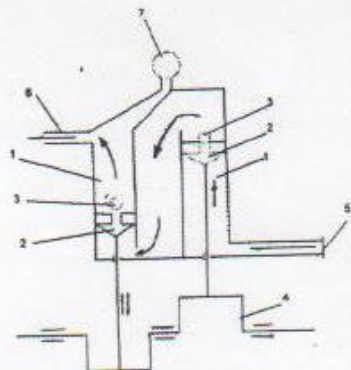


Рис. 33

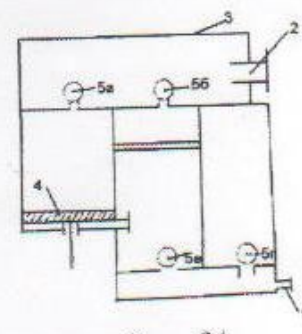


Рис. 34

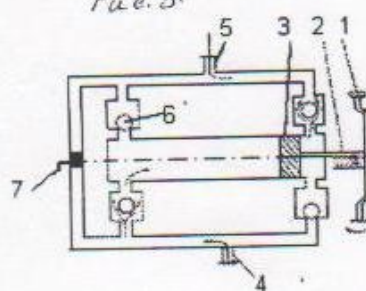


Рис. 32

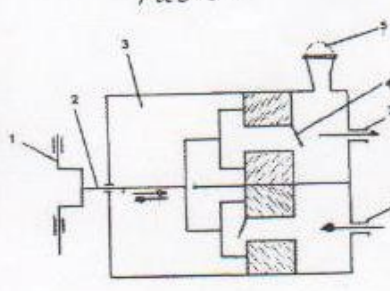


Рис. 35

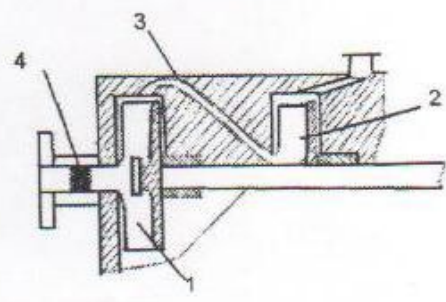


Рис. 37

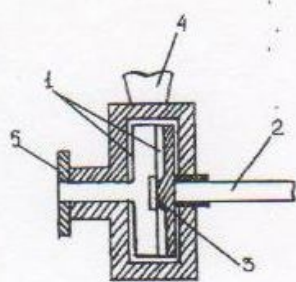


Рис. 36

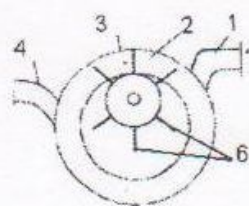


Рис. 38

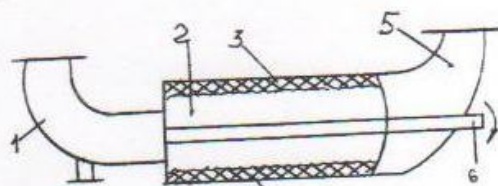


Рис. 39

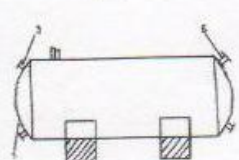


Рис. 40



Рис. 41

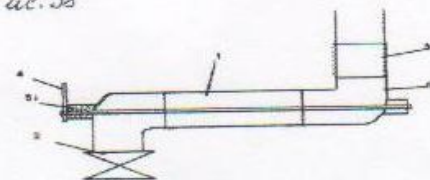


Рис. 42

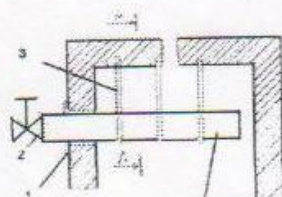


Рис. 43



Рис. 44

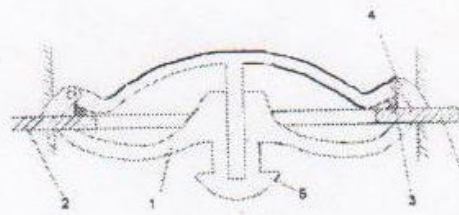


Рис. 45

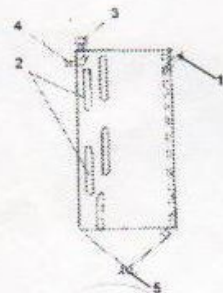


Рис. 46

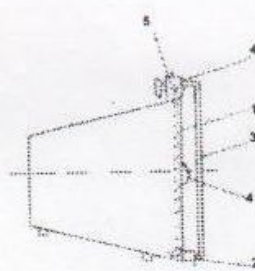


Рис. 47



Рис. 48

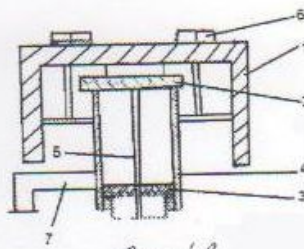


Рис. 49

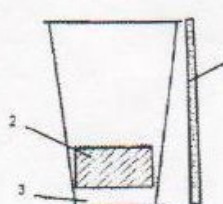


Рис. 50

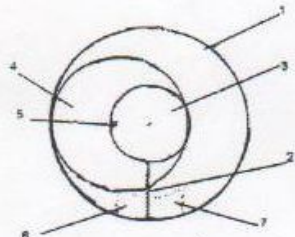


Рис. 51

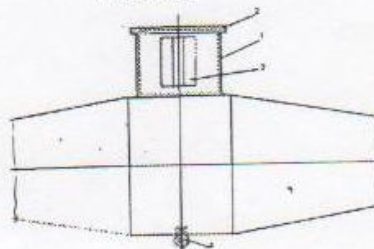


Рис. 52

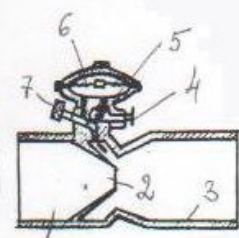


Рис. 53

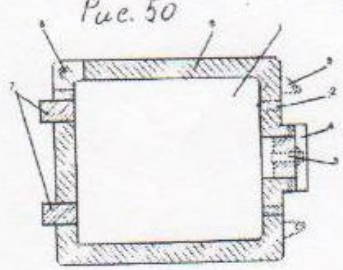


Рис. 54

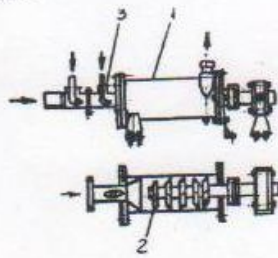


Рис. 55

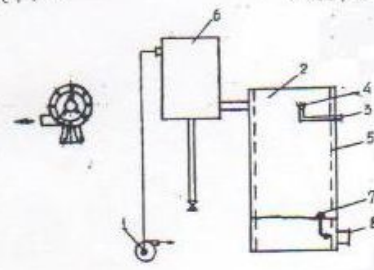


Рис. 56

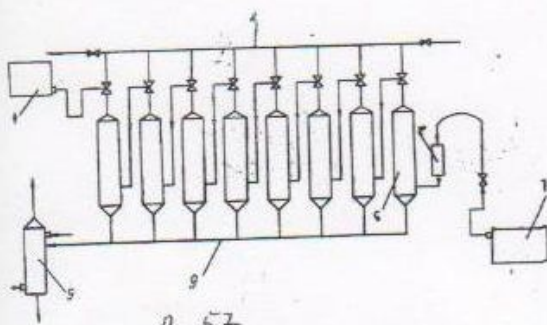


Рис. 57

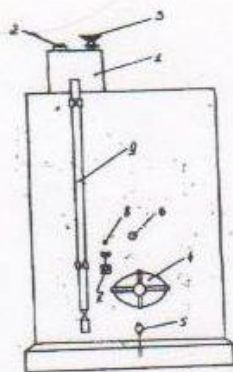


Рис. 58

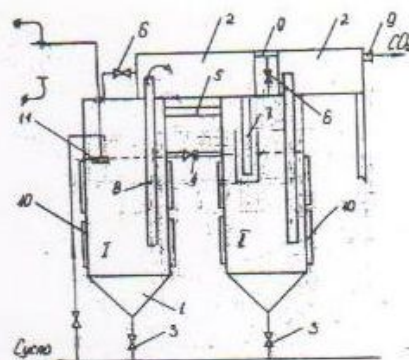


Рис. 59

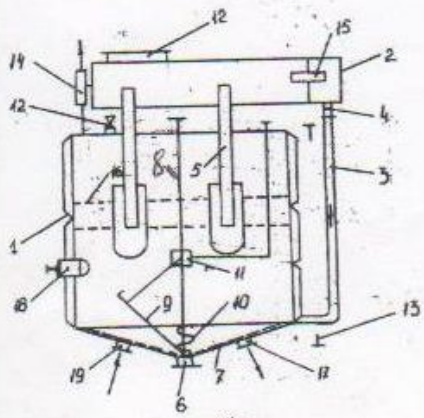


Рис. 60

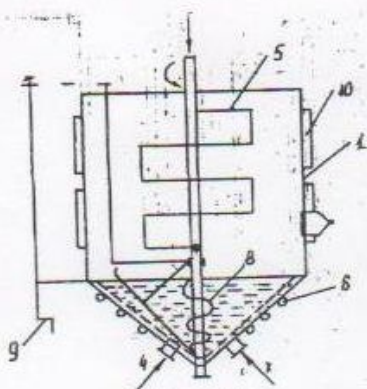


Рис. 61

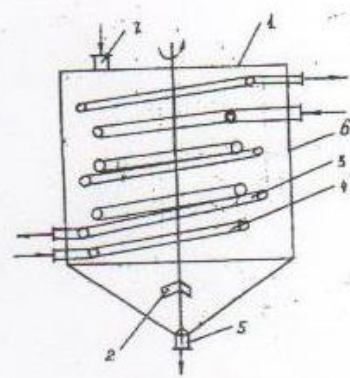


Рис. 63

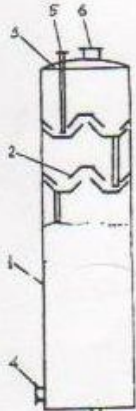


Рис. 64

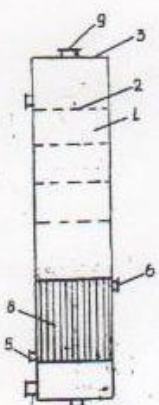


Рис. 65



Рис. 66

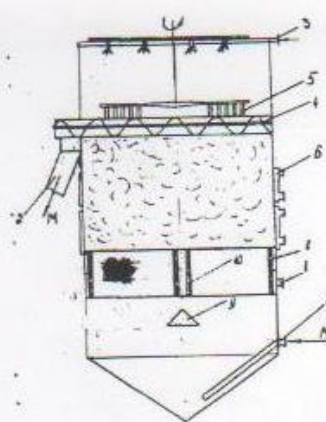


Рис. 62

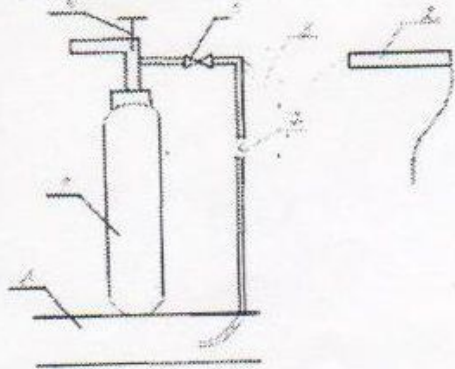


Рис. 67

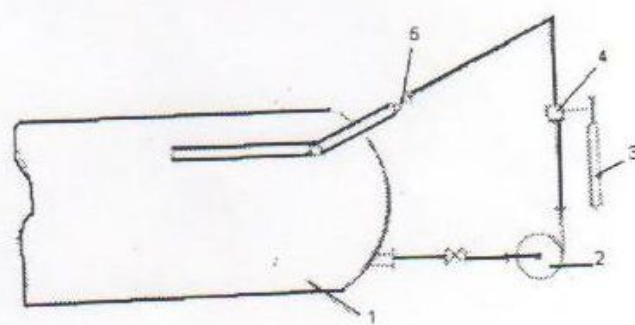
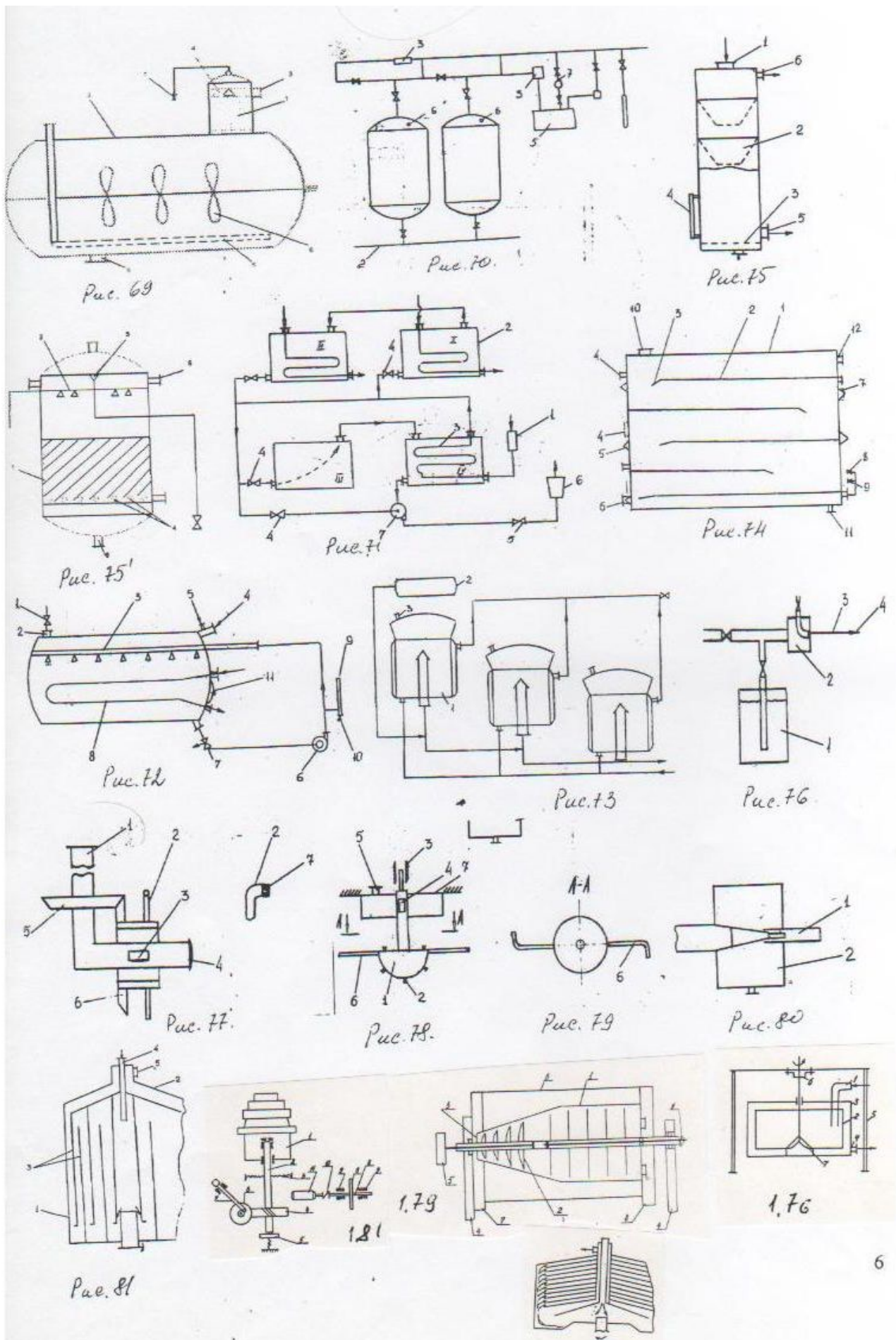


Рис. 68



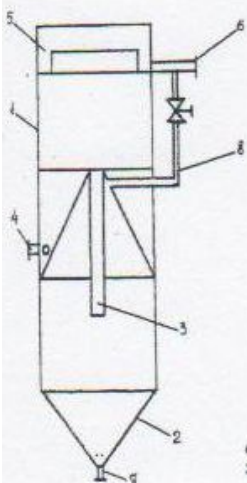


Рис. 82

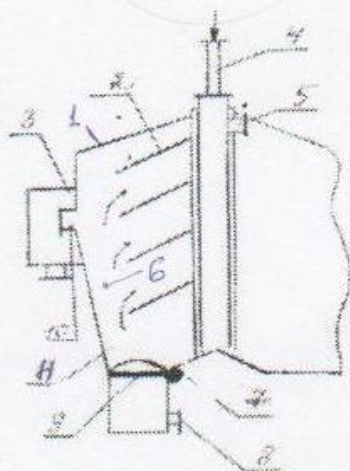


Рис. 83

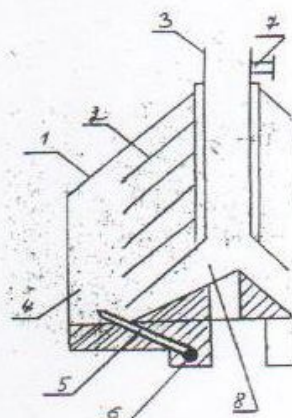


Рис. 84

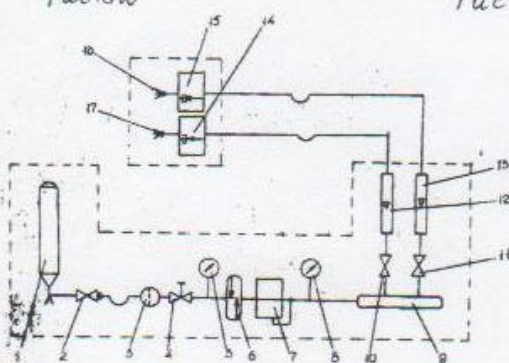


Рис. 85

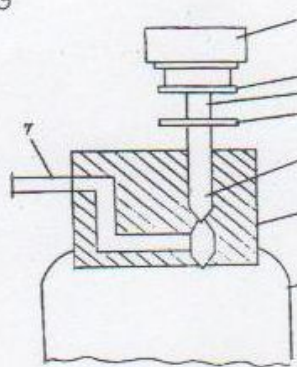


Рис. 86

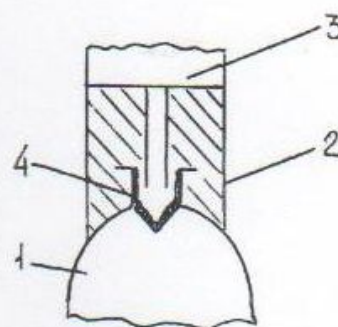


Рис. 87

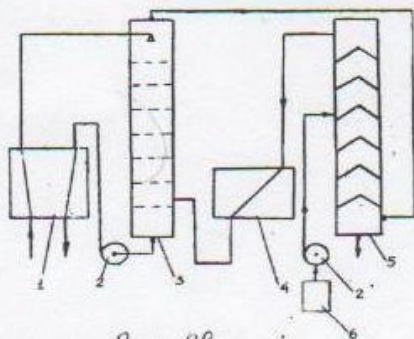


Рис. 88

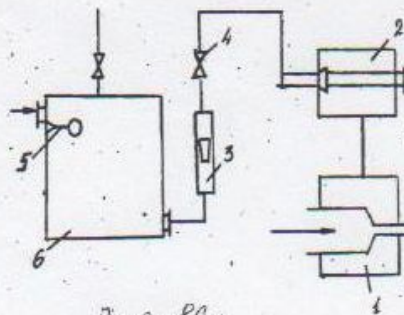


Рис. 89

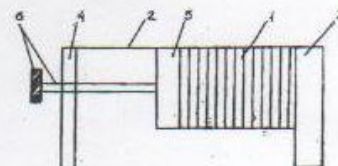


Рис. 90

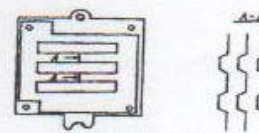


Рис. 91

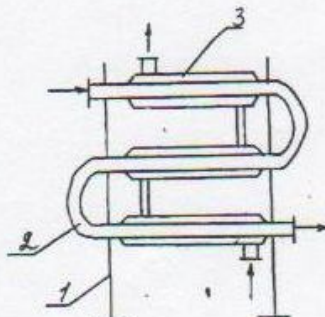


Рис. 93

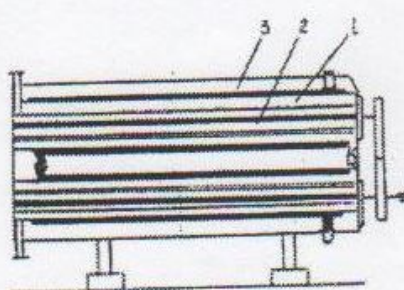


Рис. 94

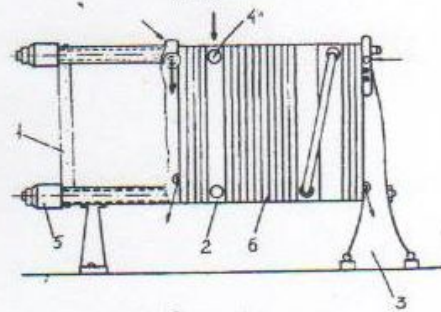


Рис. 92

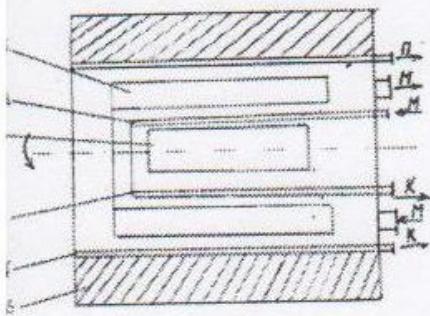


Рис. 95

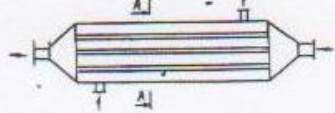


Рис. 96

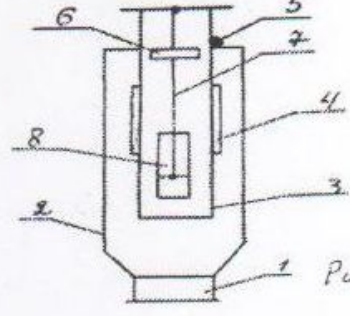


Рис. 99

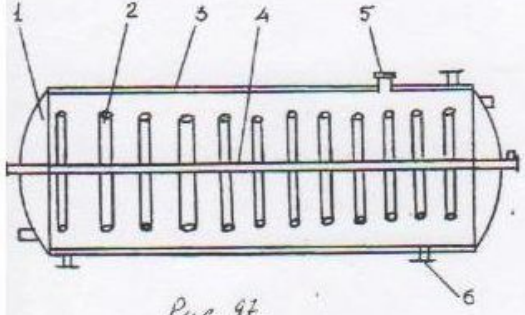


Рис. 97

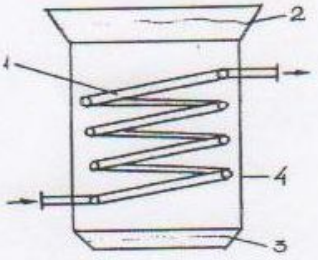


Рис. 98

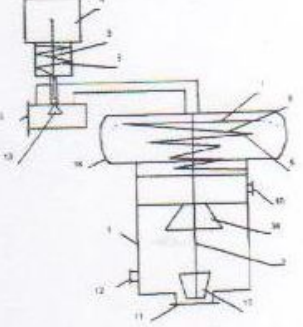


Рис. 100

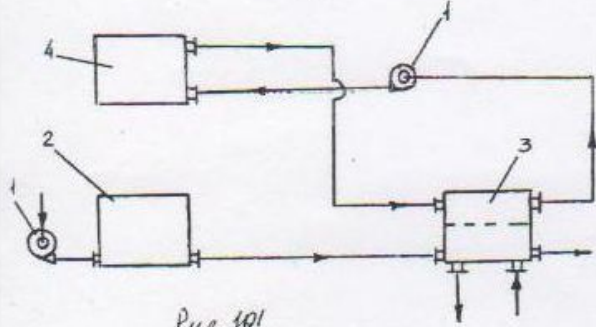


Рис. 101

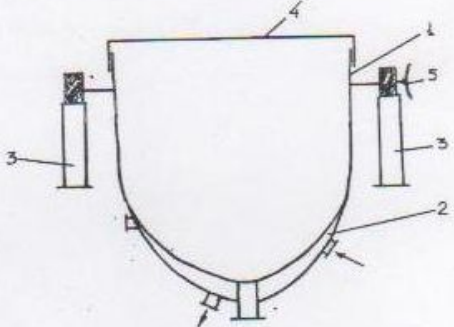


Рис. 102

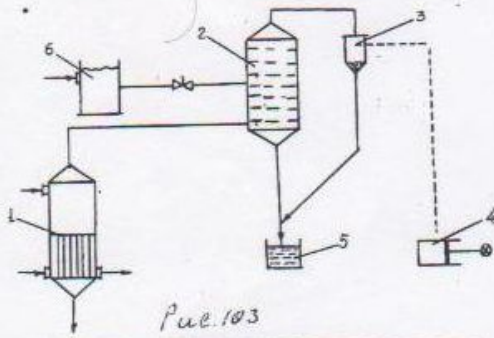


Рис. 103

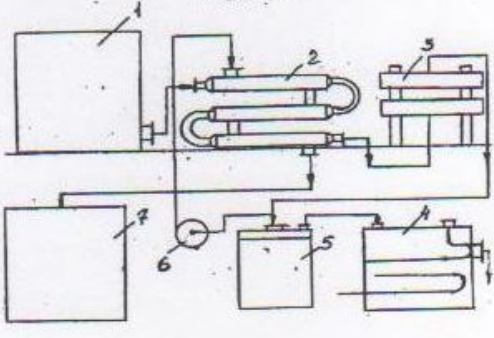


Рис. 104

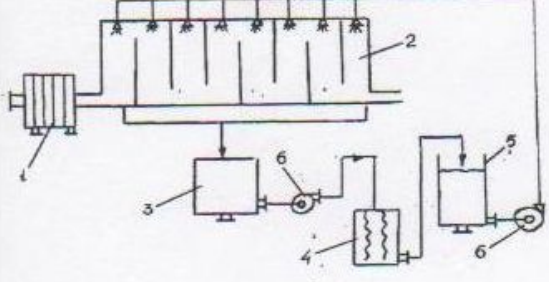
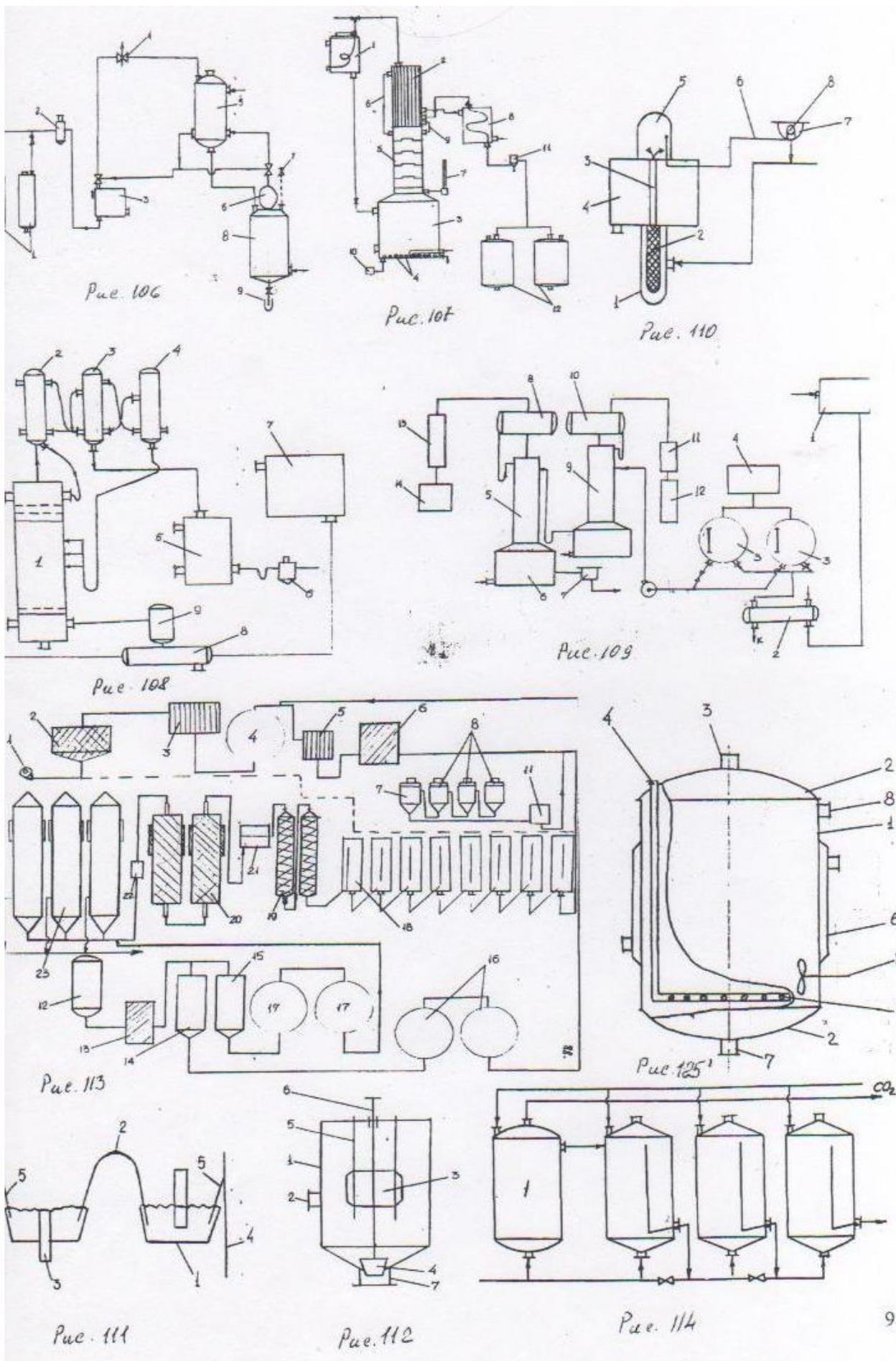
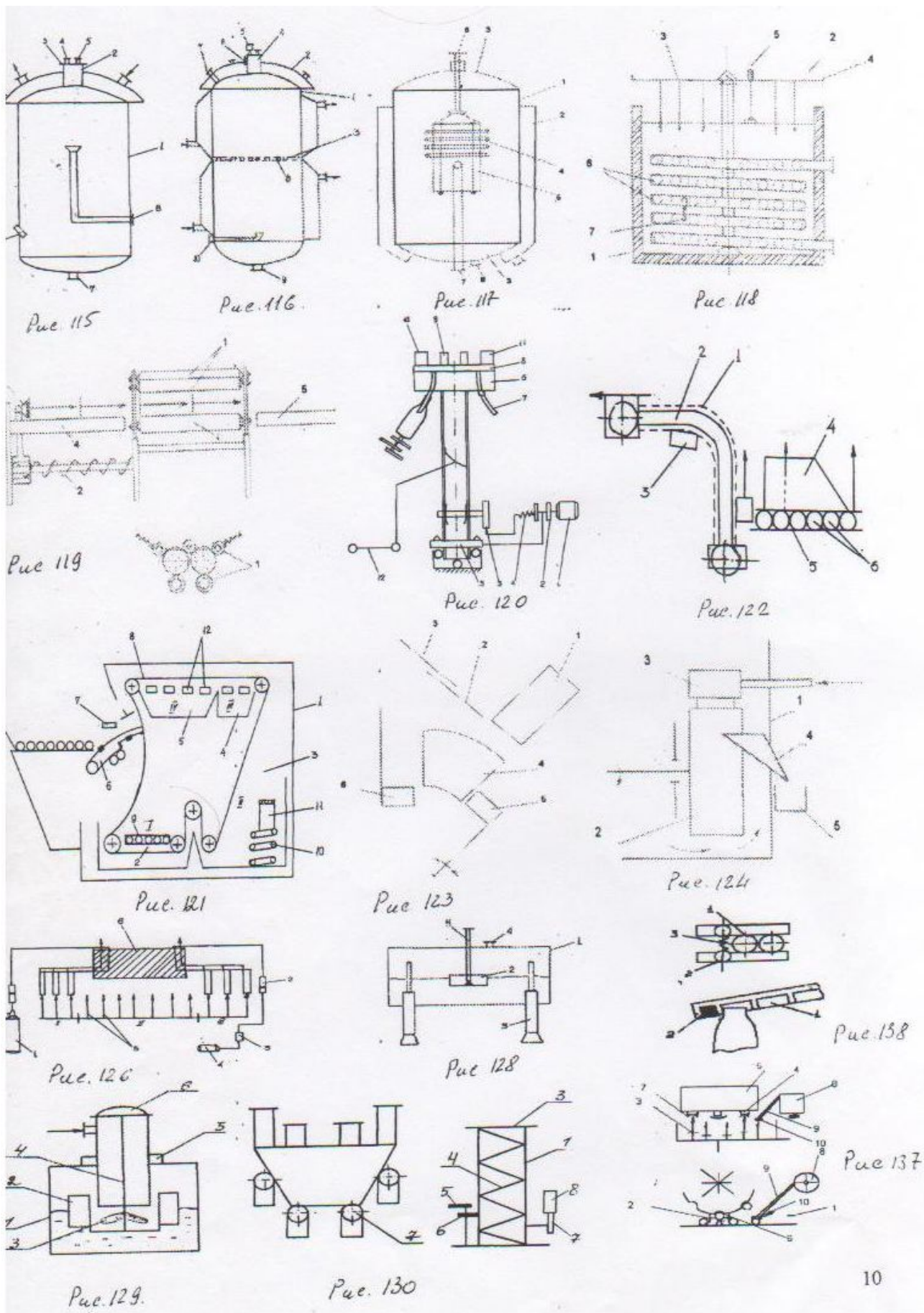
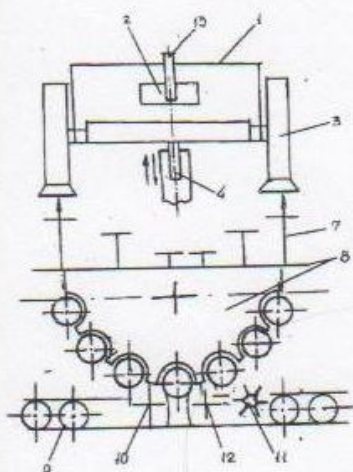


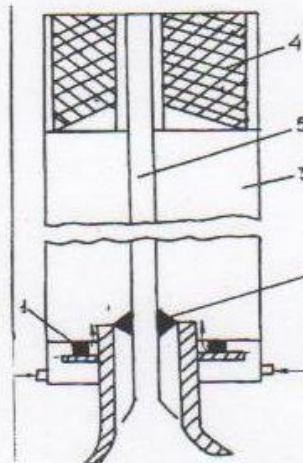
Рис. 105



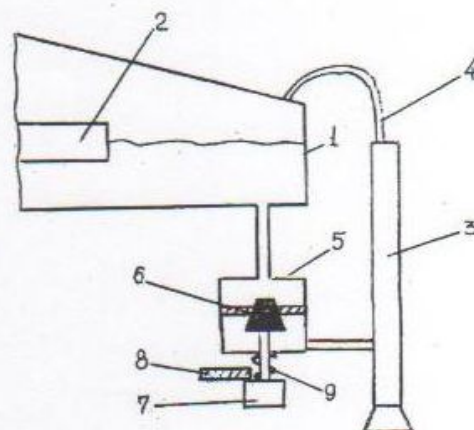




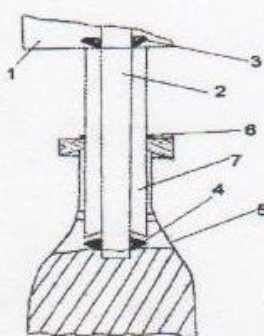
Pue. 127



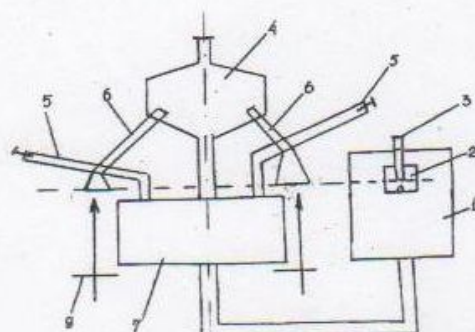
Pue. 131



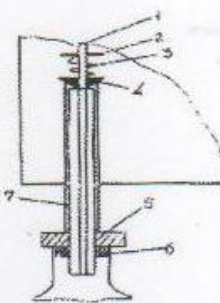
Pue. 132



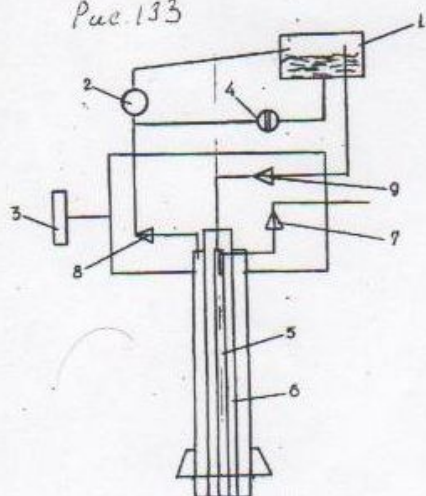
Pue. 133



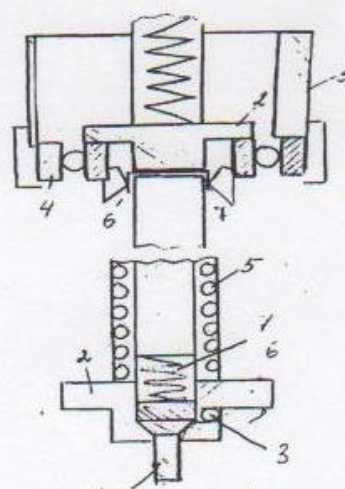
Pue. 134



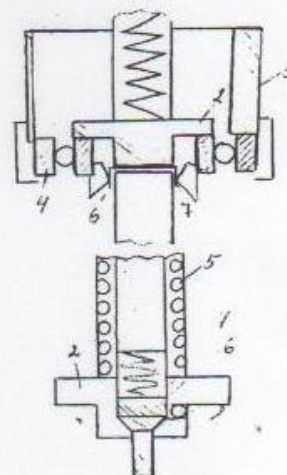
Pue. 135



Pue. 136

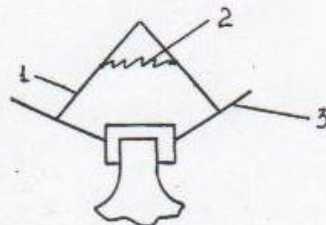


Pue. 140

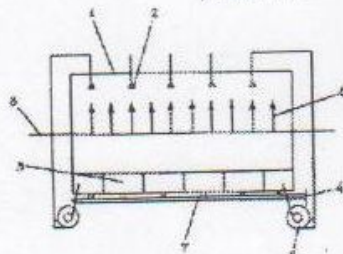


Pue. 140

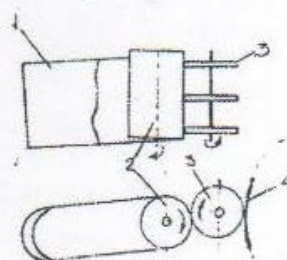
Pue. 141



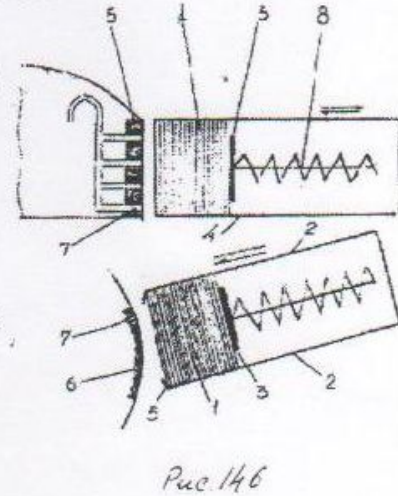
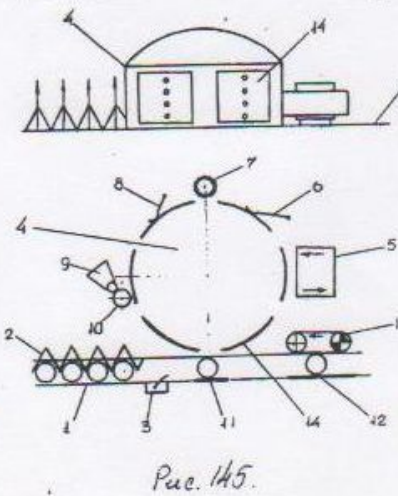
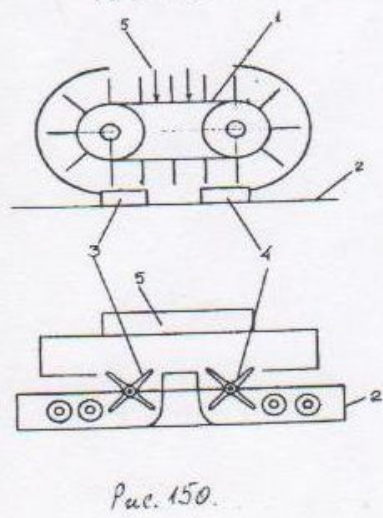
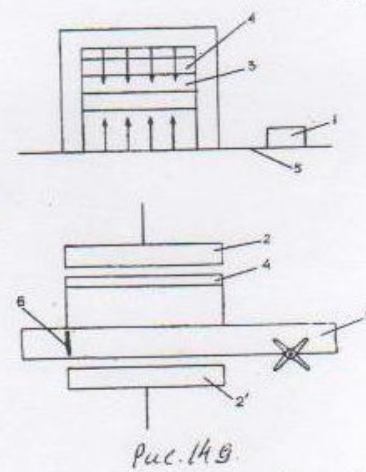
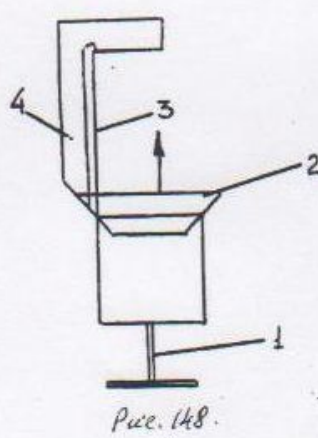
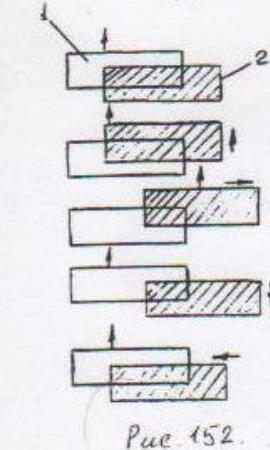
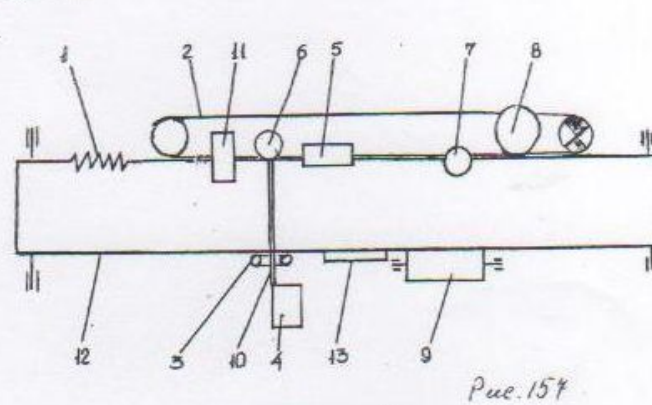
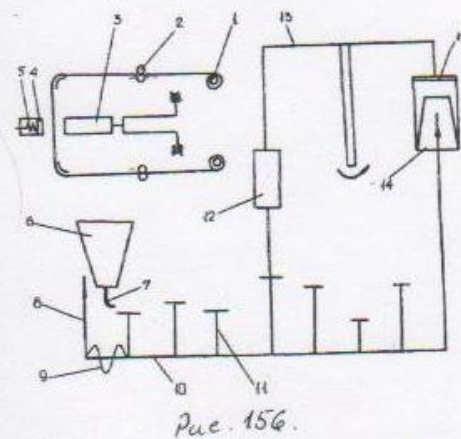
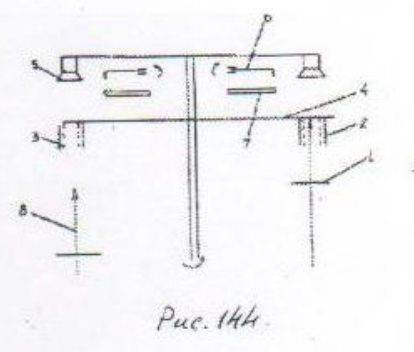
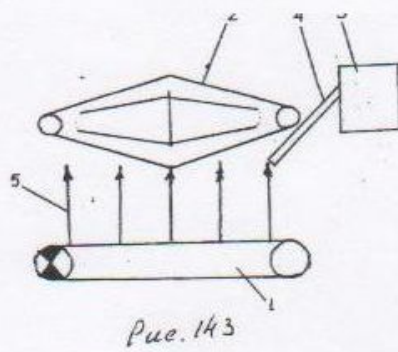
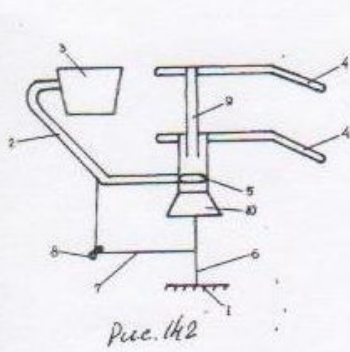
Pue. 139

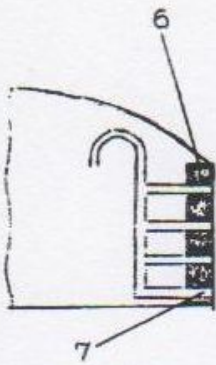


Pue. 157

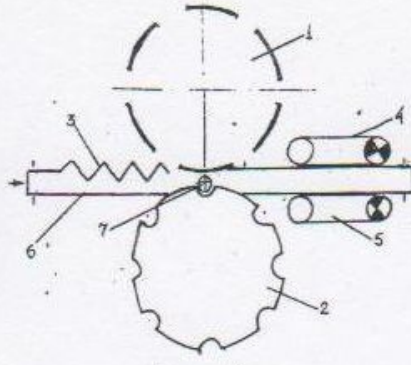


Pue. 147

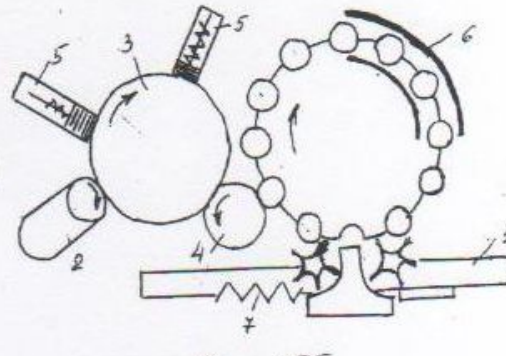




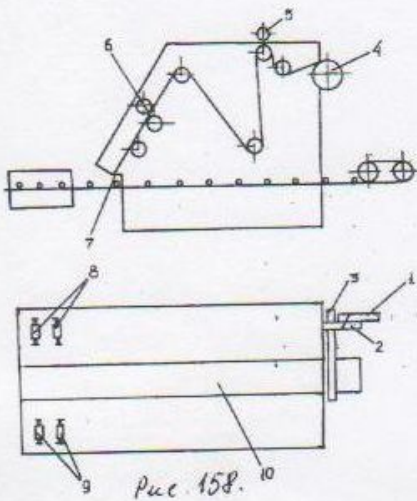
Pue. 153



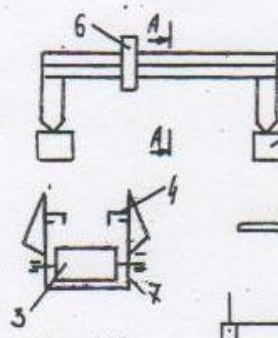
Pue. 154



Pue. 155

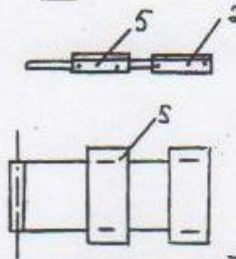


Pue. 158

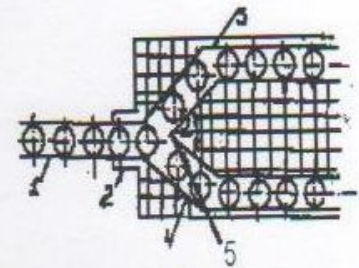


Pue. 161

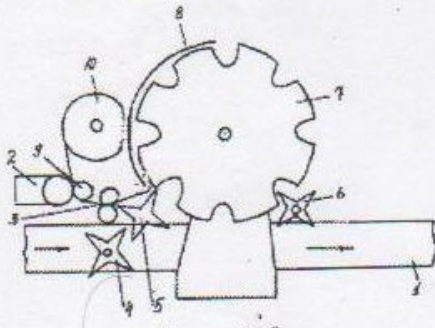
Pue. 160



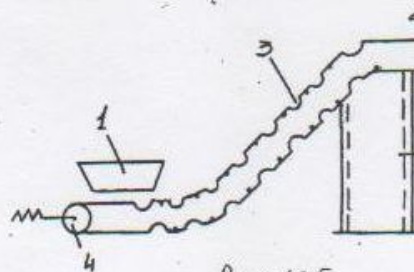
Pue. 162



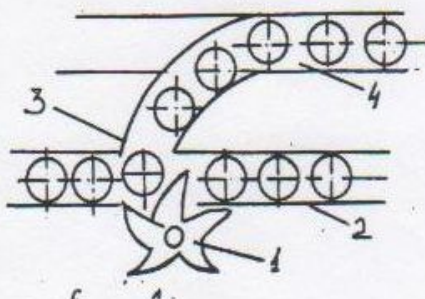
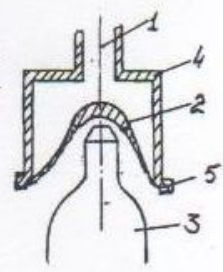
Pue. 163



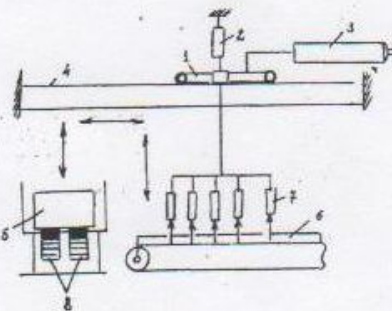
Pue. 159



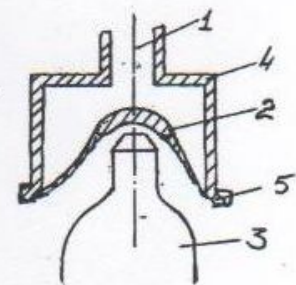
Pue. 165



Pue. 164



Pue. 166



Pue. 167

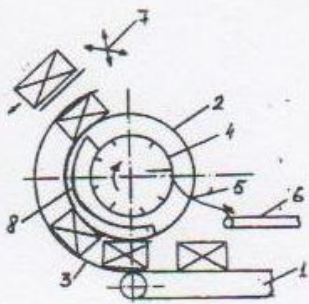


Рис. 168

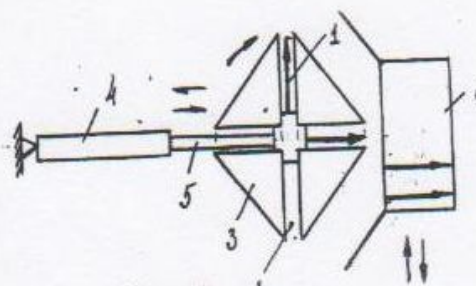


Рис. 170

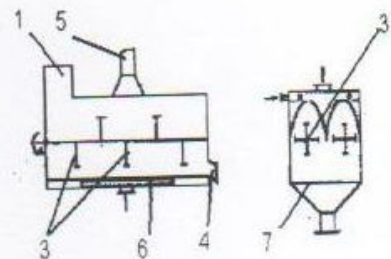


Рис. 176

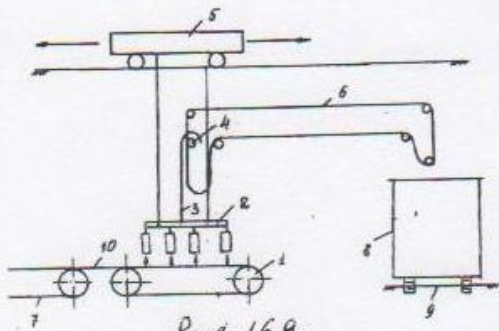


Рис. 169.

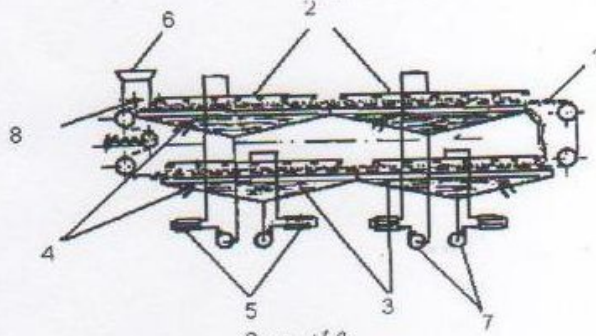


Рис. 172

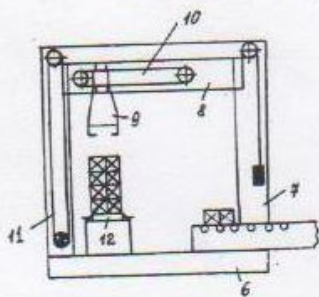


Рис. 171

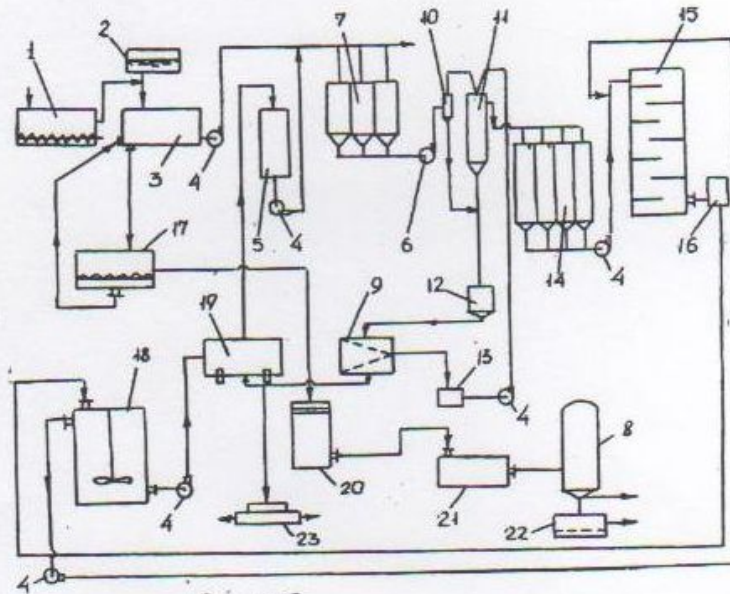
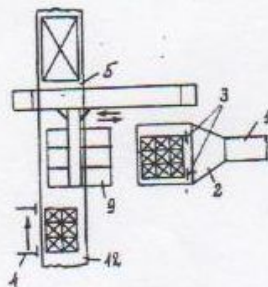


Рис. 175

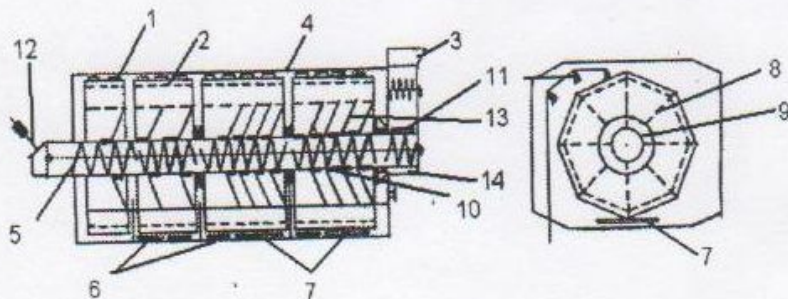


Рис. 174

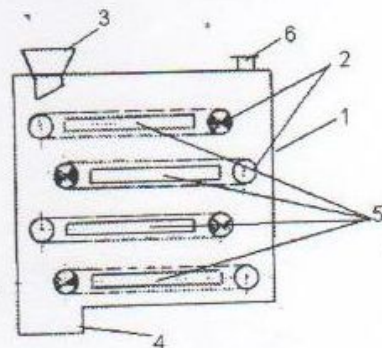


Рис. 177

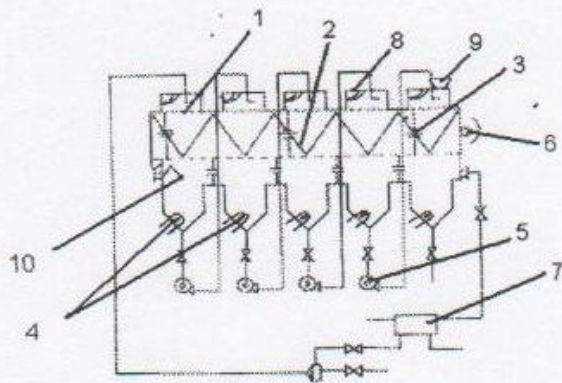


Рис. 175

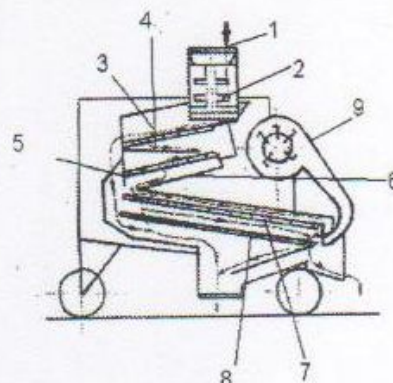


Рис. 178

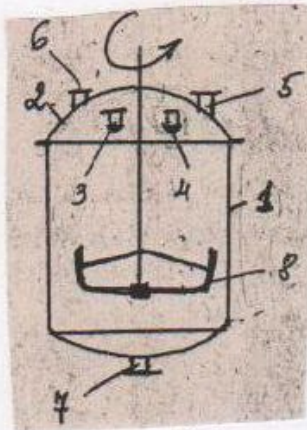


Рис. 186

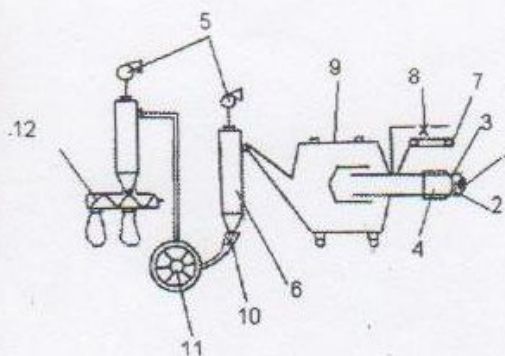


Рис. 179

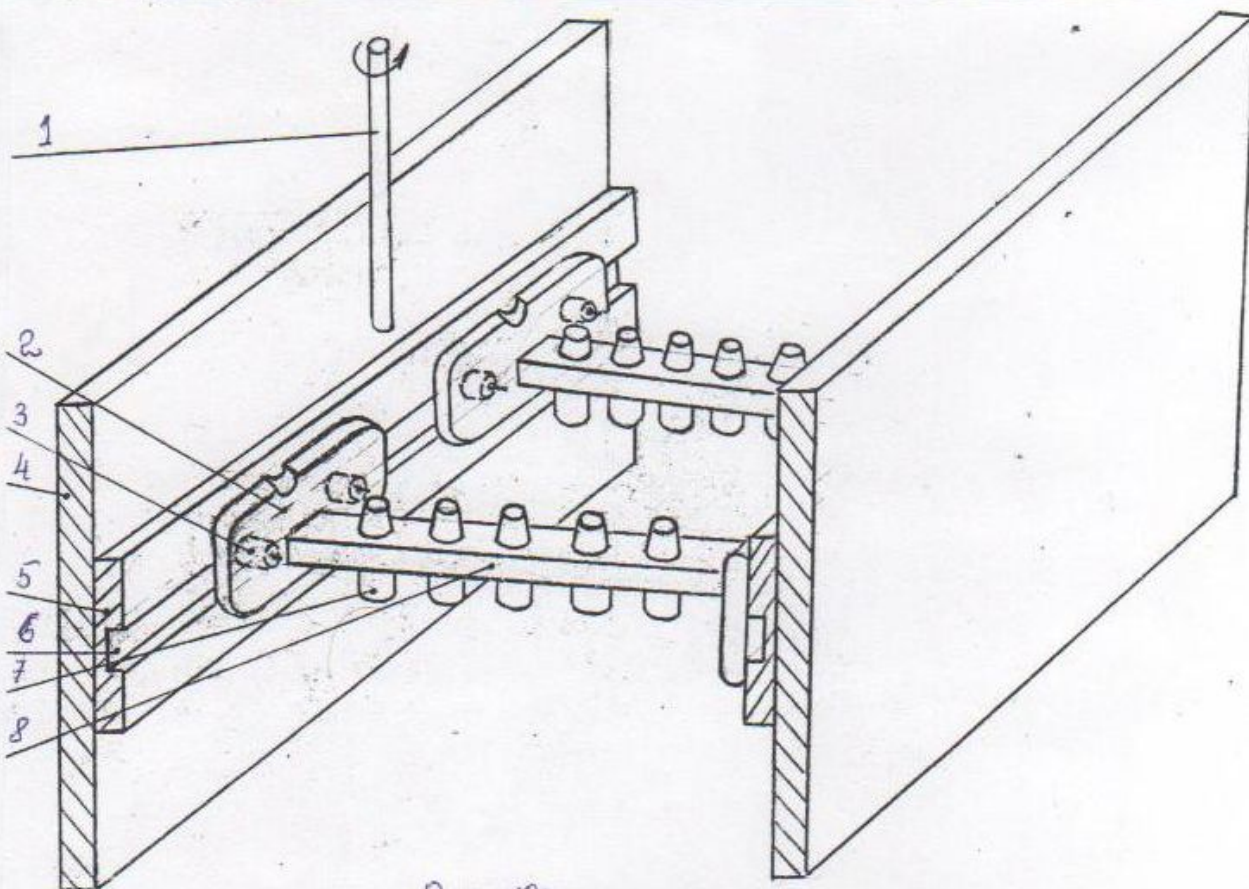


Рис. 180

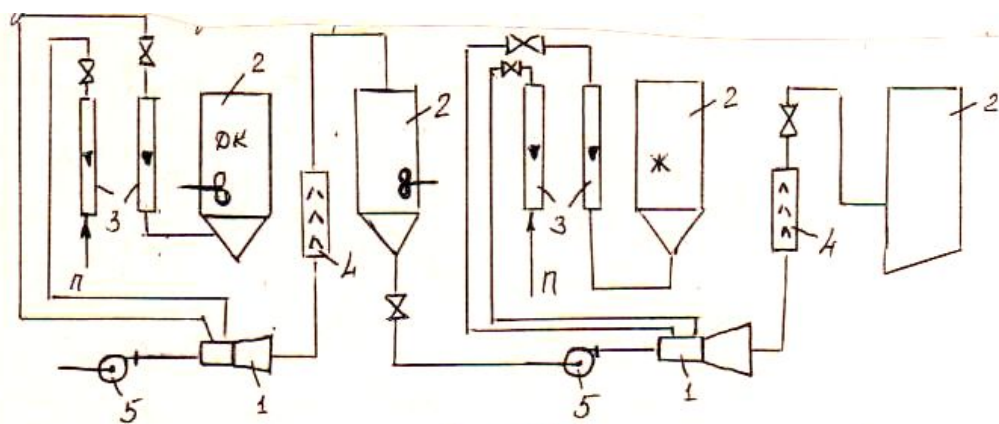


Рис. 181

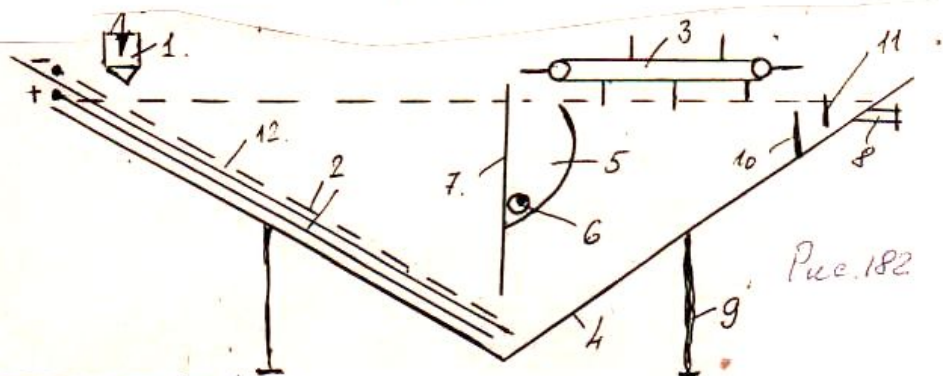


Рис. 182

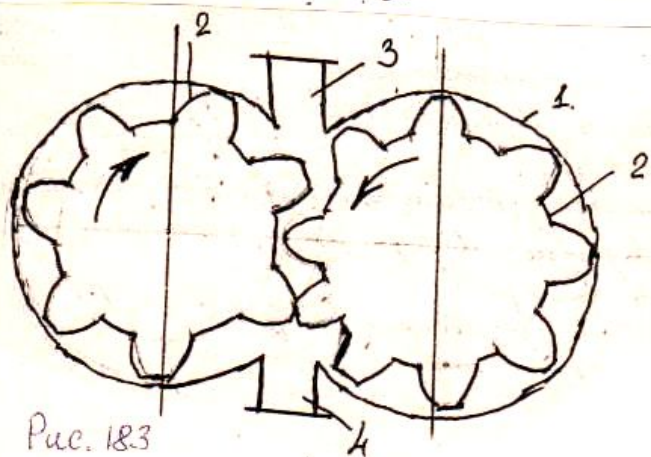


Рис. 183

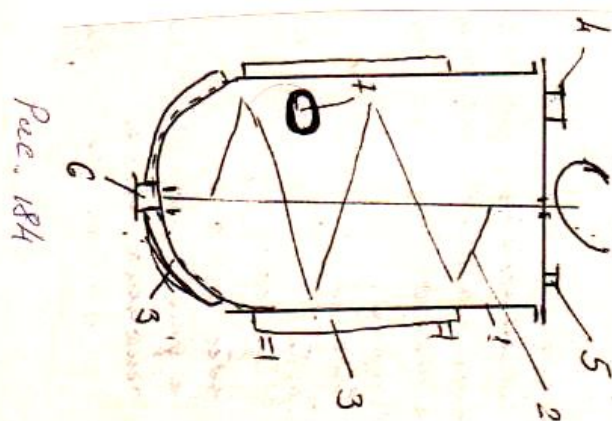


Рис. 184

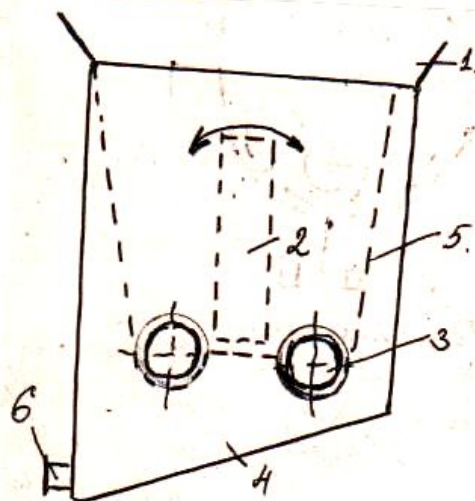
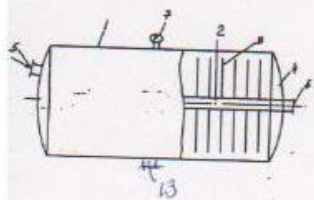
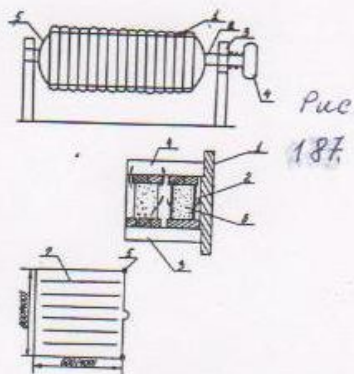


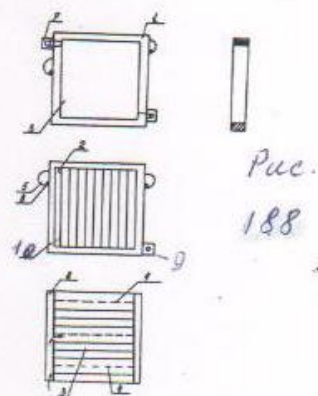
Рис. 185



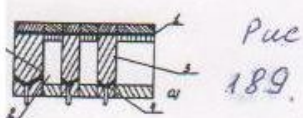
Puc. 186



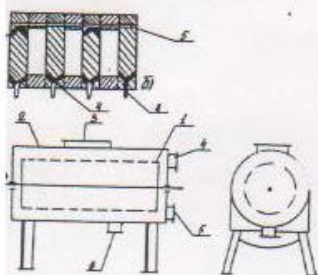
Puc. 187



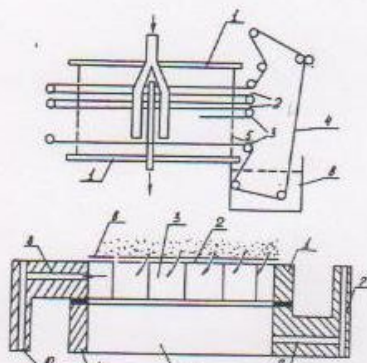
Puc. 188



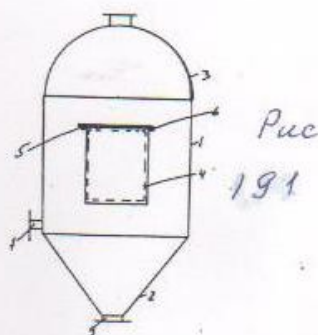
Puc. 189



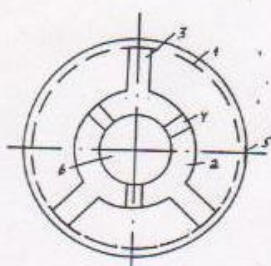
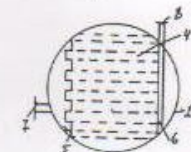
Puc. 192



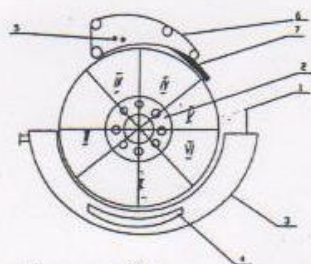
Puc. 190



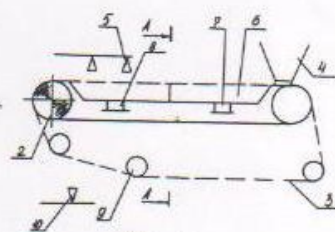
Puc. 191



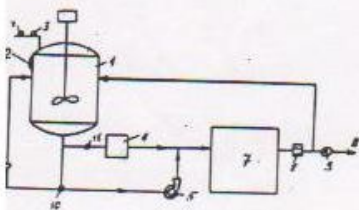
Puc. 193



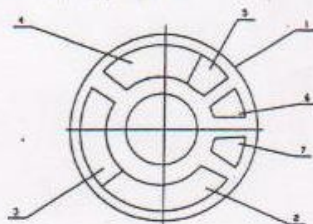
Puc. 194



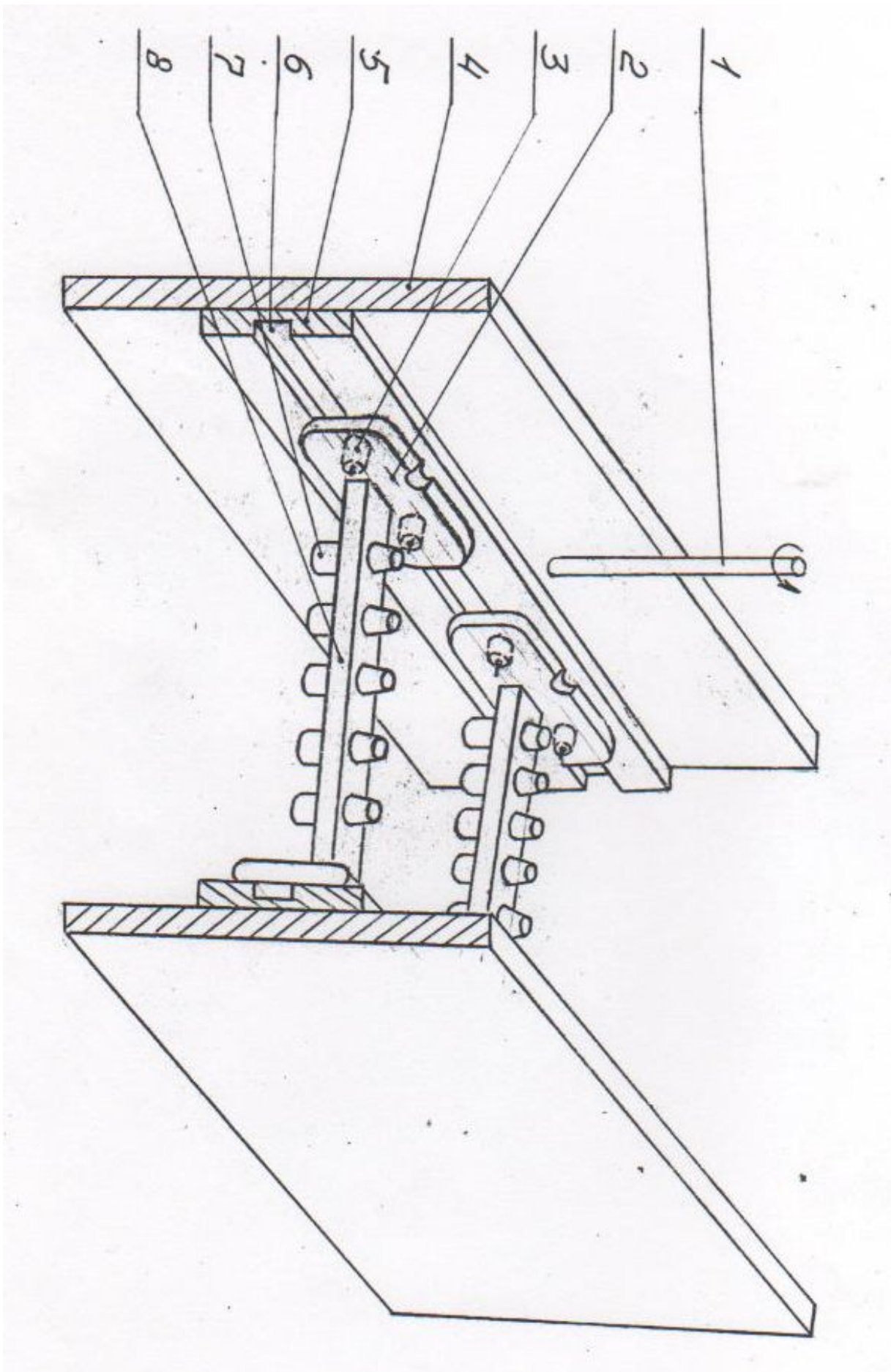
Puc. 196

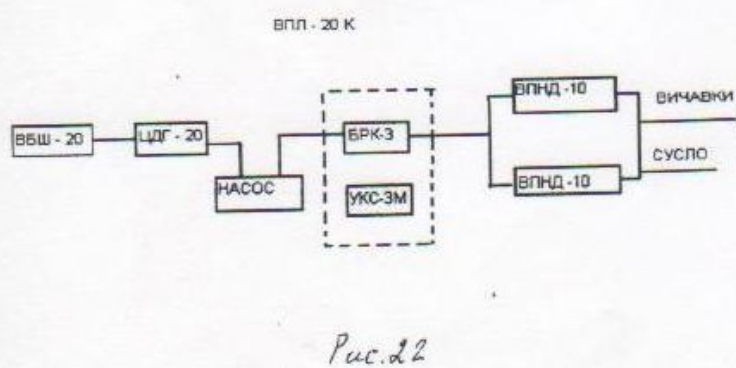
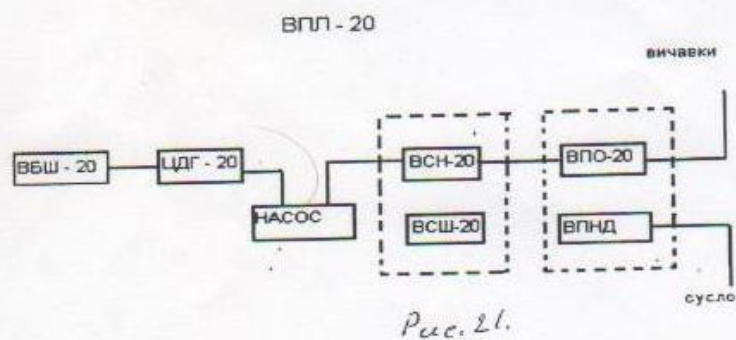
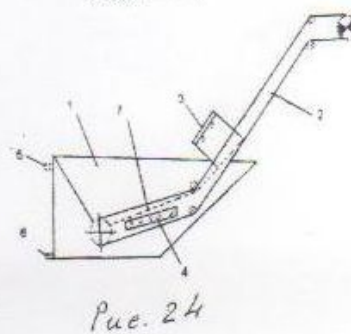
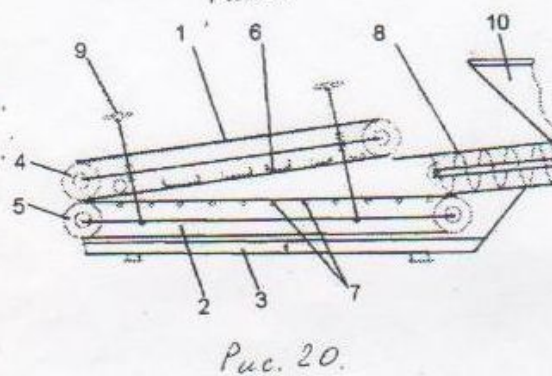
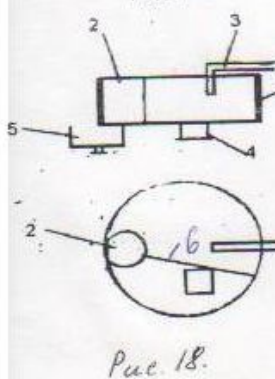
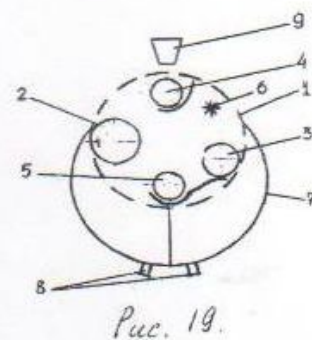
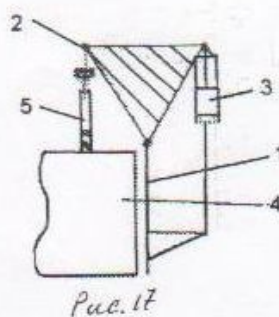
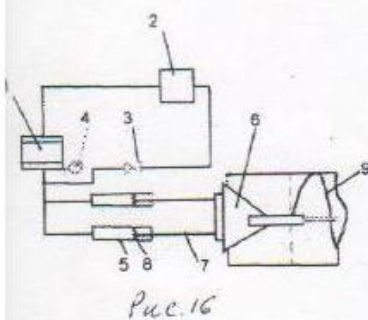
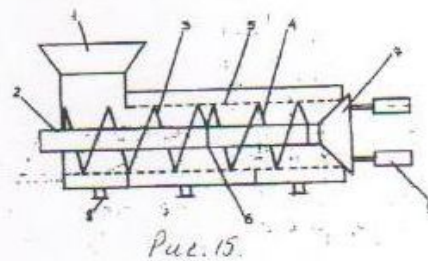
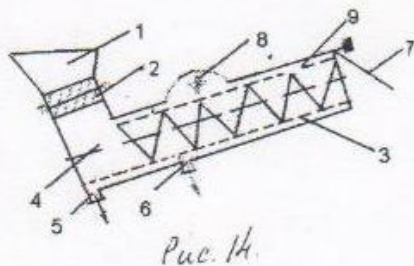
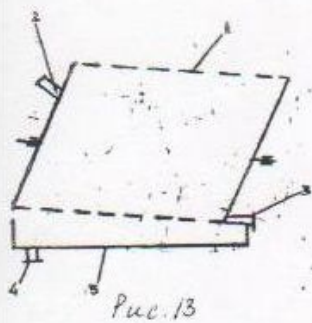


Puc. 197



Puc. 195





Навчальне видання

Технологічне обладнання галузі

Практикум

для студентів спеціальності 6.091700
«Технологія бродильних виробництв і виноробства»
денної та заочної форми навчання
напряму 0917 «Харчова технологія та інженерія»
(частина 2)

Видання подається в авторській редакції

Підп. до друку 01.04.10. Ум. друк. арк. 4,81. Наклад 130 пр.
Зам. № 019-10А

РВЦ НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68
www.book.nuht.edu.ua

Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.

