

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

**О.О. СЕРЬОГІН  
В.В. ПОНОМАРЕНКО  
Д.М. ЛЮЛЬКА**

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ  
ЧАСТИНА 1**

для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»  
(спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв»)  
денної та заочної форм навчання

Всі цитати, цифровий та фактичний  
матеріал, бібліографічні відомості  
перевірені. Написання одиниць  
відповідає стандартам

Підпис(и) автора(ів) \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 р.

**СХВАЛЕНО**  
на засіданні кафедри  
теоретичної механіки та ресур-  
соощадних технологій  
Протокол № 8  
від 28.03.2011 р.

**КИЇВ НУХТ 2011**

**Серьогін О.О., Пономаренко В.В., Люлька Д.М.** Технологічне обладнання харчових виробництв: Конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (спеціальності «Обладнання переробних і харчових виробництв») денної та заочної форм навчання – **К.: НУХТ, 2011. – 160 с.**

Рецензент **А.В. Башта**, канд. техн. наук

**О.О. СЕРЬОГІН**, доктор техн. наук,  
**В.В. ПОНОМАРЕНКО**, кандидат техн. наук,  
**Д.М. ЛЮЛЬКА**

© О.О. Серьогін, 2011  
© В.В. Пономаренко, 2011  
© Д.М. Люлька, 2011  
© НУХТ, 2011

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ	5
1 Сировина для харчових виробництв	6
2 Технологічні середовища харчових виробництв	7
3 Класифікація обладнання харчових виробництв	17
4 Продуктивність машин. Основні техніко-економічні показники обладнання	21
Запитання для самоперевірки	24
I Обладнання для зберігання сировини	25
I.1 Бункери для зберігання муки	25
I.2 Зберігання ячменю	27
Запитання для самоперевірки до розділу I	28
II Устаткування для миття сільськогосподарської сировини	29
II.1 Класифікація обладнання	29
II.2 Обладнання для миття цукрових буряків	30
II.3 Обладнання для миття плодів і овочів	36
II.4 Машини для миття зерна	40
II.5 Обладнання для миття тваринної сировини	43
II.6 Обладнання для миття тари	45
Запитання для самоперевірки до розділу II	47
III Устаткування для розбирання рослинної і тваринної сировини	48
III.1 Підготовка рослинної сировини	49
III.2 Підготовка тваринної сировини	50
III.3 Машини для підготовки зернових	51
III.4 Машини для підготовки винограду	59
III.5 Машини очищення коренеплодів і ягід	60
III.6 Машини для протирання рослинної сировини	63
III.7 Установки для зняття шкір з тварин	64
III.8 Машини для видалення оперення з тушок птиці	67
III.9 Машини для обробки риби	70
Запитання для самоперевірки до розділу III	72
IV Обладнання для механічного подрібнення харчових мас	74
IV.1 Основи теорії подрібнення	74
IV.2 Класифікація подрібнюючих машин	77
IV.3 Подрібнення ударом	78
IV.4 Інженерні розрахунки дробарок	84
IV.4.1 Розрахунок молоткових (кулачкових) дробарок	84
IV.4.2 Розрахунок кулькових дробарок	86
IV.4.3 Розрахунок пальцевих подрібнювачів	87

IV.4.4 Розрахунок вальцевих (валкових) подрібнювачів	88
IV.5 Подрібнення роздавлюванням	90
IV.6 Подрібнення харчових продуктів різанням	91
IV.7 Гомогенізація харчових продуктів	95
Запитання для самоперевірки до розділу IV	99
V Обладнання для перемішування харчових продуктів	100
V.1 Основи теорії перемішування	100
V.2 Класифікація обладнання для перемішування	100
V.3 Обладнання для перемішування рідких харчових продуктів	101
V.4 Перемішування сипких харчових продуктів	106
V.5 Перемішування пластичних мас	107
Запитання для самоперевірки до розділу V	117
VI Обладнання для розділення грубодисперсних харчових суспензій та емульсій	118
VI.1 Розділення неоднорідних систем в гравітаційному полі	118
VI.2 Розділення рідких неоднорідних систем фільтруванням	122
VI.2.1 Фільтрування під дією тиску	123
VI.2.2 Обладнання для фільтрування під тиском	123
VI.2.3 Фільтрування в полі дії відцентрових сил	129
VI.2.3.1 Осаджувальні центрифуги	130
VI.2.3.2 Фільтрувальні центрифуги	131
VI.3 Розділення газових сумішей	133
VI.3.1 Розділення газових неоднорідних сумішей осадженням і фільтруванням	135
VI.3.2 Розділення газових неоднорідних сумішей в полі дії відцентрових сил	138
VI.3.3 Електричні пиловловлювачі	142
VI.4 Розділення флотацією	144
VI.5 Мембранне розділення	145
VI.5.1 Теоретичні основи мембранних процесів	145
VI.5.2 Класифікація баромембранних процесів	146
VI.5.3 Зворотний осмос	146
VI.5.4 Ультрафільтрація	147
VI.5.5 Мікрофільтрація	148
VI.5.6 Конструкція мембранних апаратів	148
Запитання для самоперевірки до розділу VI	151
VII Обладнання для пресування та гранулювання	152
VII.1 Основи теорії пресування та гранулювання	152
VII.2 Обладнання для обробки продуктів пресуванням	153
Запитання для самоперевірки до розділу VII	158
Література	159

## ВСТУП

Харчова промисловість за обсягом валової продукції займає 2 місце після машинобудування та металообробки, третє за кількістю робітників, п'яте за вартістю основних виробничих фондів. Харчова промисловість об'єднує 22 спеціалізовані галузі, що включають більше 40 основних виробництв.

В цілому в Україні вона виробляє понад 10 тис. найменувань продукції. Особливістю харчової промисловості є високий рівень матеріалоемності. Так, в собівартості харчової продукції витрати на сировину і матеріали складають понад 85...90 % загальної вартості.

В даний час найбільший економічний ефект дають ті рішення, які направлені на раціональне використання сировини і матеріалів, впровадження матеріалозберігаючої техніки і технологій. В якості головного важеля інтенсифікації народного господарства ставиться кардинальне прискорення НТП, широке впровадження новітньої техніки і нових технологій, що забезпечить високу ефективність виробництва.

Харчова промисловість являє собою сукупність послідовних технологічних процесів по переробці сировини рослинного та тваринного походження з метою отримання харчових продуктів із заданими властивостями і терміном зберігання.

Важливою особливістю харчових виробництв є необхідність виконання санітарно-технічних вимог, пов'язаних з охороною здоров'я споживачів.

В харчових виробництвах потрібно виділити найбільш характерні етапи технологічного процесу:

1. Зберігання, підготовка сировини (відділення від домішок, миття), тари та обладнання до основних технологічних процесів.
2. Механічні процеси подрібнення продуктів, розділення їх на фракції.
3. Процеси змішування компонентів.
4. Теплова дія на продукти харчування.
5. Масообмінні процеси перетворення харчових продуктів.
6. Фасування, упаковка.
7. Транспортування.

При теперішній великій кількості харчових виробництв існує така ж різноманітність технологічного обладнання.

По характеру дії на оброблюваний продукт обладнання харчових виробництв поділяється на три групи:

– апарати для зміни фізико-хімічних властивостей продуктів або їх агрегатного стану під дією фізико-механічних, біомеханічних, теплових чи електричних процесів;

– машини, в яких на продукт здійснюється механічна дія, що приводить до зміни їх форми і розмірів при збереженні початкових властивостей;

– транспортуючі машини для транспортування сировини, продуктів, напівфабрикатів.

Характерна особливість машин — існування рухомих робочих органів, які здійснюють відповідну механічну дію на оброблюваний продукт.

Особливістю апаратів є наявність визначеного простору (робочої камери), в якому відбувається дія на продукт з метою зміни його властивостей.

Необхідно відмітити наступні характерні особливості харчових виробництв:

– контакт продукту чи харчового середовища з елементами машини і апаратів;

– часовий фактор, коли технологічний процес має жорсткі часові межі.

Взаємодія системи продукт-матеріал оцінюється і регламентується Міністерством охорони здоров'я України з точки зору споживача. При цьому для кожного виду продукту є матеріали, які дозволені чи заборонені до використання. Наведемо приклад: мідь заборонена до використання в обладнанні молочних заводів і дозволена в обладнанні цукрової промисловості. Алюміній дозволено використовувати в молочній промисловості взагалі, але у виробництві дитячого молочного харчування він заборонений.

## **1 Сировина для харчових виробництв**

Джерелами сировини для виробництва більшості продуктів є продукти сільгосподарського виробництва. Так, сировиною для виробництва цукру є цукрові буряки та цукрова тростина. У цукровій тростині вміст цукру майже у 2 рази менший, ніж у буряках, але кількість цукру з 1 га тростини в 2 рази більша.

Сировиною для виробництва крохмалю є зерно злакових культур: кукурудза, пшениця, рис, сорго, а також картопля та стовбури хлібного дерева.

Сировиною для виробництва пива та квасу є солод, що отримується при проростанні зерна злакових культур. Зерно пророщують з метою накопичення амінолітичних ферментів для розчеплення складних крохмальних молекул на прості цукри, що засвоюються дріжджами. Солод використовується також при виробництві спирту, а також в хлібопеченні для зцукрювання заварок, і у вигляді смакових і ароматичних добавок для окремих сортів хліба.

Сировиною для виробництва хліба є також зерно злакових культур. В основному — жито і пшениця.

Кондитерська промисловість виробляє різноманітний асортимент продукції, що нараховує багато найменувань. В залежності від технологічного процесу і типу сировини кондвироби ділять на:

– цукрові кондитерські вироби (шоколади, цукерки, мармеладопастильні вироби, халва, карамель, ірис, драже та ін.);

– борошняні кондвироби (печиво, крекери, пряники, торти, кекси, вафлі та ін.).

Сировиною для отримання кондитерських виробів є цукор, глюкоза, патока, мед, жири, молоко та молочна продукція, яйця, какао, горіхи, борошно, крохмаль та ін.

Масложирова промисловість забезпечує рослинними маслами, маргаринами, майонезом. Сировиною є насіння маслинних культур. До яких відносять: соняшник, бавовна, льон, соя, конопля, гірчиця, рапс, арахіс і т.п.

Основною сировиною для плодоовочевих консервів є овочі і фрукти, які вміщують вуглеводи, органічні кислоти, вітаміни і мінерали. Однак овочі і фрукти не можуть довго зберігатися. Під дією мікроорганізмів вони швидко псуються, тому надійним засобом їх довгого зберігання є сушіння та консервування.

В харчовій промисловості довгий час застосовувалися технології отримання продукції із зерна злакових культур. Ця форма і зараз є традиційною, але поряд з цим виникає можливість отримання продуктів харчування із зелених рослин, особливо масляних бобових.

На базі таких технологій отримують цінні харчові продукти, особливо при додаванні різноманітних добавок. Так, при отриманні 1 кг сиру утворюється  $\approx 10$  кг сироватки, з якої одержують молочний цукор, що є наповнювачем при виробництві дитячого харчування, а також у фармацевтичній промисловості.

Сировиною для молочних виробів є натуральний продукт – молоко корів, кіз, овець і т.д.

Умови нетривалого періоду зберігання молока диктують необхідність його переробки і виготовлення таких продуктів для населення як молоко пастеризоване, стерилізоване, вершки, кефір, тверді сири і т.п.

При виробництві м'ясних виробів, таких як ковбаси використовують м'ясо переважно сільськогосподарських тварин і великої рогатої худоби, свиней, коней, овець, птиці та ін. Крім основної сировини використовується також допоміжна сировина — субпродукти, жири.

## **2 Технологічні середовища харчових виробництв**

У харчовій промисловості переробляють сировину і отримують готові продукти в різному агрегатному стані: твердому, рідкому, паро- і газоподібному. Для розрахунку процесів і апаратів необхідно знати властивості харчових продуктів і сировини.

Технологічні середовища харчових виробництв по складу і властивостям можна умовно поділити на органічні і неорганічні. До органічних середовищ відносять органічні вуглецевмісні сполуки рослинного та тваринного походження. До неорганічних — хімічно активні водні розчини неорганічних кислот, лугів, солей і т.п.

Сильними корозійно-активними середовищами являються середовища хлібопекарського виробництва, в яких використовуються розчини, рідкі дріжджі і затори для їх приготування, житнє тісто, опара, тісто з пшеничної муки та деякі напівфабрикати. Продуктами бродіння заквасок, тіста і напівфабрикатів хлібопекарського виробництва являються: етиловий спирт, вуглекислий газ, різні ор-

ганічні кислоти, головним чином молочна і оцтова, деякі альдегіди і складні ефіри. Титруєма кислотність може змінюватися в межах 3-4°Неймана, рН=6,0-4,2.

Середовище бурякопереробного відділення цукрового виробництва, як правило, нейтральне чи малоокисле (рН=6-7, температура 14-45°С): ставкова і річкова вода з різним вмістом твердих речовин і мікроорганізмів (0,005-30г/л) і розчинених солей, дифузійний сік з вмістом 15% цукру в водному розчині і нецукрів, в які входить до 5% азотистих і безазотистих з'єднань.

Середовища сокоочисного відділення цукрової промисловості по складу більш різноманітні і мають підвищену лужність (рН=8-14, температура 65-102°): вапнякове молоко, дефекований та сатурований соки з вмістом великої кількості гідроксиду кальцію, карбонату кальцію, оксиду кремнію і інших зв'язаних часток, які мають достатньо високі абразивні властивості.

Середовища продуктового відділення — малолужні (рН=8 - 9) з вмістом великої кількості цукру (25-65%). Ці середовища можна умовно поділити на дві групи: утфелі (продукти кристалізації) і афінаційні маси, які вміщують до 40-70% цукру, патоки і велику кількість нецукрів.

Технологічні середовища виноробного виробництва дуже агресивні до вуглецевих сталей. Агресивність різних сортів вин визначається вмістом в них цукру і спирту, які значно коливаються в залежності від сорту вина. Так столові (сухі) вина не містять цукру, а тільки 9-14об. % спирту, міцні вина вміщують 8-10% цукру і 16-20 об. % спирту, солодкі десертні вина — 8-20 % цукру і більше 13 об. % спирту, столові напівсолодкі вина — 3-7 % цукру і 7-12 об. % спирту.

Середовища спиртового виробництва — корозійно-активні, так як містять сухі речовини, незброджений цукор, органічні кислоти, складні ефіри, сивушні масла, альдегіди та ін. До цих середовищ можна віднести бражку (зернову, патокову, тростинну), спирт-ректифікат, спирт-сирець, барду (зернову, тростинну, ацетонобутилову), а також горілку та різні лікери.

До середовищ кондитерської промисловості відносяться: цукрові і карамельні сиропи з додаванням лимонної та молочної кислот, патоки, фруктово-ягідні відварки, сульфітоване пюре і начинки, а також велика кількість харчових есенцій і барвників, які спричиняють корозію матеріалів.

Деякі види харчових середовищ мають абразивні властивості, наприклад, кетчупи, томатні пасти, майонез, соуси. Абразивні властивості мають також більшість сипких середовищ.

Багато харчових продуктів є однорідними і неоднорідними сумішами.

До однорідних сумішей відносяться розчини, наприклад цукрові, водно-спиртові, соки і т. д. Однорідні суміші характеризуються концентрацією розчиненої речовини.

До неоднорідних відносяться суміші твердої речовини з рідиною, а також суміші різних нерозчинних одна в іншій рідин. Для характеристики неоднорідних сумішей вводять поняття об'ємної або масової долі, наприклад долі твердої речовини в рідині.

Загалом в обладнанні харчових виробництв робочим середовищем може бути: рідина, емульсія, піна, суспензія, тверде тіло, сипучий матеріал.



**Рідини** є тіло без суцільної структури зі значними силами зачеплення між молекулами. Рідини можуть бути ньютонівські і не ньютонівськими .

Ньютонівськими рідинами є такі , в яких в'язкість не залежить від напруги зрушення і підкоряються закону Ньютона

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx},$$

де  $\tau$  - дотична напруга зрушення шарів рідини один відносно іншого;  
 $\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості рідини;  
 $dv/dx$  - градієнт швидкості.

Не ньютонівськими рідинами є такі, в яких в'язкість залежить від напруги зрушення. Всі не ньютонівські рідини в свою чергу діляться на:

- *бінгамівські* пластичні рідини : мають початкову межу текучості, нижче якої вони не течуть і ведуть себе як тверді тіла (в основному це є концентровані суспензії, масляні фарби, лаки);

- *псевдопластичні*, зі збільшенням швидкості зсуву ефективна в'язкість рідини зменшується (відносяться багато полімерних матеріалів, деякі емульсії);

- *дилатантні* рідини – зі збільшенням швидкості ефективна в'язкість зростає.

Прикладом дилатантних рідин може бути концентровані суспензії крохмалю.

**Емульсії** – дисперсна система , що складається з кількох нерозчинних одна в іншій рідин. Одна рідина є суцільною фазою інші –дисперсною (у вигляді капель).

Густина і в'язкість емульсії залежить від її складу. Наприклад густину емульсії( $\rho_e$ ) можна розрахувати за формулою:

$$\rho_e = \rho_o \varphi + \rho_c (1 - \varphi),$$

де  $\rho_o, \rho_c$  - густина дисперсної фази і середовища, відповідно,  
 $\varphi$  - об'ємна доля дисперсної фази в емульсії.

Дуже часто зустрічаються **газові емульсії** – система, що складається з дисперсної фази і бульбашок газу і рідини. Газові емульсії утворюються при барботажі газу через рідину. Основним показником ,що характеризує кількість газової фази в рідині є газовміст ( $\Gamma$ ): відношення об'єму газової фази до об'єму суміші при заданих температурі і тиску:

$$\Gamma = \frac{V_g}{V_g + V_p},$$

де  $V_g$  - об'єм газової фази,  
 $V_p$  - об'єм рідини.

До газових емульсій відносяться **піни** – висококонцентровані дисперсні системи, що складаються з газових бульбашок, розділених такими плівками рідини. Стійкість піни залежить в основному від наявності поверхнево-активних речовин, тиску пари та ін..

**Суспензії** — дисперсна система, що складається з частинок твердої речовини (дисперсної фази) розподілених в рідкому суцільному середовищі (дисперсній фазі).

Суспензії є грубодисперсними системами з середнім розміром частинок  $10^{-3}$  мм. Тому суспензії є нестійкими і можуть бути розділені седиментацією (відстоюванням), в полі дії відцентрових сил (центрифугування), фільтруванням.

**Сипучий матеріал** — дисперсна фаза, що складається з твердих частинок довільної фази, що знаходиться в контакті.

В залежності від діаметру частинок  $d$  сипучий матеріал може бути:

- в пилоподібному стані ( $d < 0,05$  мм)
- в порошкоподібному стані ( $0,05 < d < 0,5$ )
- в дрібнозернистому стані ( $0,5 < d < 2$ )
- в грубозернистому стані ( $2 < d < 10$ )
- в грудковому ( $d > 10$  мм)

Величини, які характеризують стан штучного матеріалу є гранулометричний склад, його фізичні властивості, механічні.

*Гранулометричний склад* — сипучий матеріал складається з полідисперсних частинок, що розрізняються як формою так і розміром. Гранулометричний склад є характеристика, що показує, який відсоток (по масі, об'єму, поверхні, тиску частинок) складають дані частинки по відношенню до всієї маси аналізованої проби. Для експериментального визначення гранулометричного складу найчастіше використовують ситовий, седиментаційний, мікроскопічний методи аналізу.

До фізичних властивостей сипучих матеріалів відносяться вологість, гігроскопічність, густина, насипна густина, температура плавлення, вибухопожежобезпечність.

*Гігроскопічність* — властивість сипучого матеріалу сорбувати вологу з повітря.

*Густина* сипучого матеріалу — густина речовини, з якої складається частинка.

*Насипна густина* — маса одиниці об'єму, який займає матеріал при його вільному розміщенні.

*Вибухо-пожежобезпечність*. Вибухо-пожежобезпечними є повітряні суміші, нижня концентраційна межа запалення якої менша  $65$  г/м<sup>3</sup>. Пилоповітряні суміші, концентрація твердих частинок в яких вища  $65$  г/м<sup>3</sup> є пожежобезпечними.

До механічних властивостей сипучих матеріалів відноситься *аутогезія* — сили взаємодії між частинками сипучих матеріалів.

Крім того між твердою поверхнею і частинками технологічної речовини виникають сили взаємодії — *адгезія*.

*Когезія* — зв'язок між молекулами, що приводить до утворення твердого тіла.

*Агломерація* — укрупнення частинок.

Для оцінки поведінки сипучого матеріалу під дією зовнішнього навантаження використовують такі характеристики як: кут природного укосу, початковий опір зрушенню, коефіцієнт внутрішнього тертя та ін.

Усі властивості речовин можна поділити на фізичні (густина, питома вага, в'язкість, поверхневий натяг та ін.) і теплофізичні (питома теплоємність, теплопровідність та ін.). Дані про ці властивості для різних речовин і розчинів залежно від температури і тиску наводяться в довідниках.

Розглянемо основні властивості речовин.

**Густина  $\rho$**  - це відношення маси тіла  $M$  (речовини) до його об'єму  $V$ . Описується формулою:

$$\rho = M/V$$

і виражається в кілограмах на  $1 \text{ м}^3$ , тоннах на  $1 \text{ м}^3$  або грамах на  $1 \text{ см}^3$ .

Густина являє собою величину, зворотну питомому об'єму  $v_{num}$  тобто об'єму, займаному одиницею маси речовини;

$$\rho = 1/v_{num},$$

де  $v_{num} = V/M$ .

Густина розчину залежить від його концентрації  $C$ .

Відношення густин двох речовин називається відносною густиною. Зазвичай відносну густина речовин визначають відносно густини дистильованої води:

$$\rho_{від} = \rho / \rho_в,$$

де  $\rho$  - густина речовини;  $\rho_в$  - густина води.

Густина суспензії  $\rho_c$  ( $\text{кг/м}^3$ ) обчислюють за формулою:

$$\rho_c = \rho_{тв}\varphi + \rho_p(1-\varphi),$$

де  $\rho_{тв}$  - густина твердих часток в суспензії,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\varphi$  - доля твердої фази в суспензії;  $\rho_p$  - густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ .

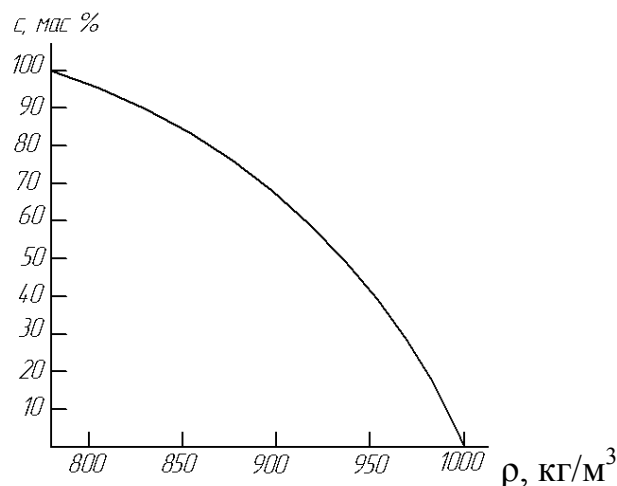


Рис. 1.1 Залежність густини  $\rho$  водно-спиртового розчину від його концентрації  $C$

Густина цукрових сиропів, фруктових соків, молока з цукром при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  знаходять за формулою:

$$\rho_{20} = 10(1,42x(100-x)),$$

де  $x$  - концентрація сухих речовин, %.

При температурах, відмінних від  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , використовується формула

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,5(t-20),$$

де  $t$  - температура продукту,  $^\circ\text{C}$ .

Густина томатопродуктів розраховують по формулі:

$$\rho_{20}=1016,76+4,4x-0,53t.$$

Сипкі продукти (зерно, цукровий пісок, картопляна крупка і т. д.) характеризуються насипною густиною.

$$\rho_n=(1-E)\rho_{me}$$

де  $\rho_n$  - насипна густина сипкого продукту, кг/м<sup>3</sup>;

$E$  – порозність (пористість) сипкого матеріалу.

Для вільно насипаних матеріалів порозність зазвичай знаходиться в межах  $E=0,38..0,42$ .

Густина газів (кг/м<sup>3</sup>) обчислюють за формулою Клапейрона:

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 p}{T p_0} = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{273 p}{T p_0},$$

де  $\rho_0=M/22,4$  - густина газу за нормальних умов ( $T_0=273$  К;  $p_0=1013$  кПа), кг/м<sup>3</sup>;

$M$  - молекулярна маса газу, кг/моль;

$T$  - абсолютна температура, К.

Густина суміші газів

$$\rho_{см}=n_1\rho_1 + n_2\rho_2+ \dots,$$

де  $n_1, n_2$  - об'ємні долі компонентів газової суміші;

$\rho_1, \rho_2$  - відповідно густини компонентів.

**Питома вага  $\gamma$**  — це відношення ваги тіла (речовини) до його об'єму. На відміну від густини питома вага не є фізико-хімічною характеристикою речовини, оскільки залежить від місця виміру. Між питомою вагою і густиною існує співвідношення  $\gamma = \rho \cdot g$  де  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup> (9,81 м/с<sup>2</sup>).

**В'язкість** — це властивість газів і рідин чинити опір дії зовнішніх сил, що викликають їх течію.

Згідно з гіпотезою Ньютона при паралельно-струминній (ламінарній) течії середовища в'язкість проявляється в тому, що при зрушенні сусідніх шарів середовища один відносно іншого з'являється сила протидії. Ця сила характеризується напругою зрушення, або, як його ще називають, напруженням внутрішнього тертя, або дотичною напругою, яка пропорційна швидкості відносного зрушення шарів рідини. Напруження зрушення є відношенням сили опору середовища, що виникає між шарами, що рухаються, до площі поверхні зіткнення шарів середовища.

Напруження зрушення:

$$\tau = -\mu(dv/dl),$$

де  $dv/dl$  - градієнт швидкості ( $dv$  - зміна швидкості течії при віддаленні на відстань  $dl$  від поверхні шару в перпендикулярному до нього напрямі).

Знак "мінус" вказує на те, що напруга зрушення гальмує шар, що рухається з відносно більшою швидкістю. Це рівняння виражає закон внутрішнього тертя Ньютона.

Коефіцієнт пропорційності  $\mu$  називають динамічним коефіцієнтом в'язкості або динамічною в'язкістю.

Для ньютонівських середовищ динамічна в'язкість характеризує опір ламінарної течії. Якщо зміна швидкості течії при віддалені від поверхні шару на відстань 1 м по нормалі дорівнює 1 м/с, то напруга зрушення складає 1 Па.

Динамічна в'язкість  $\mu$  (у Па\*с) може бути виражена формулою:

$$\mu = (P/F)(dv/dl),$$

де  $P$  - сила, прикладена ззовні, Н;  
 $F$  - площа дії сили, м<sup>2</sup>; ( $P/F$  - тиск зрушення, Па);  
 $l$  - відстань між шарами, м;  
 $v$  - швидкість зрушення, м/с.

Динамічна в'язкість залежить від температури і визначається по довідниках. При 20 °С динамічна в'язкість води складає:  $\mu = 1 \cdot 10^{-3}$  Па\*с

Кінематична в'язкість (чи коефіцієнт кінематичної в'язкості) визначається за формулою:

$$\nu = \mu / \rho$$

в квадратних метрах за секунду. Кінематична в'язкість середовища густиною 1 кг/м<sup>3</sup>, динамічна в'язкість якої дорівнює 1 Па\*с, складає 1 м<sup>2</sup>/с.

Динамічну в'язкість неоднорідної рідкої суміші обчислюють наступним рівнянням:

$$\text{при } \mu_d > \mu_c; \varphi \geq 0,3 \quad \mu_{см} = \frac{\mu_c}{1-\varphi} \left(1 + \frac{6\varphi\mu_d}{\mu_c + \mu_d}\right);$$

$$\text{при } \mu_d < \mu_c; \varphi \geq 0,3 \quad \mu_{см} = \frac{\mu_c}{1-\varphi} \left(1 - \frac{1,5\varphi\mu_d}{\mu_c + \mu_d}\right).$$

де  $\mu_d, \mu_c$  - динамічна в'язкість відповідно до дисперсної і суцільної фаз;  
 $\varphi$  - доля дисперсної фази.

Багато рідин, які використовуються в харчовій промисловості, не підкоряються закону внутрішнього тертя Ньютона. Такі рідини, а до них відносяться розчини полімерів, дисперсні і пластинчасті системи та ін., є не ньютонівськими.

Для деяких не ньютонівських рідин, таких, як бінгамівські (пасти, концентровані суспензії), псевдо пластичні (розчини полімерів), дилатантні, характерні різні відхилення властивостей від ньютонівських рідин. Їх опір ламінарній течії характеризується ефективною в'язкістю  $\mu_{еф}$ , під якою розуміють динамічну в'язкість ньютонівської рідини при тому ж градієнті швидкості.

Для ньютонівських рідин залежність між напругою здвигу  $\tau$  і градієнтом швидкості  $dv/dl$  згідно із законом внутрішнього тертя Ньютона виражається прямою, що проходить через початок координат з тангенсом кута нахилу, рівним динамічній в'язкості  $\mu$ .

Динамічна в'язкість не ньютонівських рідин не залишається постійною, а змінюється залежно від швидкості здвигу, його тривалості, а також від конструкції трубопроводу або апарата. Залежності  $\tau$  від  $dv/dl$  для не ньютонівських рідин являються криволінійними. Ці залежності називаються кривими течії.

Ефективну в'язкість визначають за рівнянням:

$$\mu_{еф} = K(dv/dl)^{n-1},$$

де  $K$  - показник консистентності;

$n$  - індекс течії.

Ефективна в'язкість пов'язана з плинністю  $\tau$  наступним співвідношенням:

$$\tau = K(dv/dl)^n = K(dv/dl)^{n-1} (dv/dl) = \mu_{ef} dv/dl.$$

На рис. 1.2 показані криві течії різних ньютонівських і не ньютонівських рідин. Як видно, бінгамівська рідина має властивості ньютонівської тільки вище за межу плинності ( $\tau > \tau_{np}$ ). Крива течії псевдо пластичної рідини на прямолінійних ділянках  $0a$  і  $bc$  підкоряється закону течії ньютонівської рідини з максимальною і мінімальною (на ділянці  $bc$ ) в'язкістю, а на криволінійній ділянці  $ab$  її течія описується рівнянням:

$$\tau = \mu_{ef} dv/dl.$$

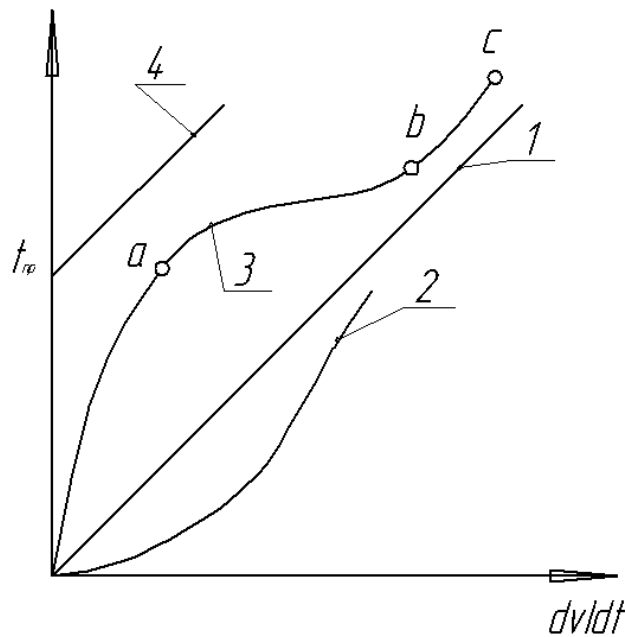


Рис. 1.2 Криві течії: 1 - чиста вода; 2 - концентрована суспензія; 3 - псевдо пластична рідина; 4 - бінгамівська рідина

Таким чином, ефективна в'язкість псевдо пластичної рідини зменшується зі збільшенням градієнта швидкості ( $n < 1$ ). Чим менше  $n$ , тим більше відрізняється течія псевдо пластичної рідини від ньютонівської.

Ефективна в'язкість концентрованих суспензій, які відносяться до дилатантних рідин, зростає зі збільшенням градієнта швидкості ( $n > 1$ ).

В'язкість суспензій незалежно від розміру твердих часток при об'ємній долі твердої фази  $\varphi$  не більше 10% розраховуються як:

$$\mu_c = \mu_p (1 + 2,5\varphi),$$

а при  $\varphi > 10\%$  - як

$$\mu_c = \mu_p (1 + 4,5\varphi).$$

Динамічну в'язкість (мПа\*с) соків, сиропів, згущеного і натурального молока, при температурі  $t$  визначають за формулою:

$$\mu_t = 12,9\mu/t^{0,85},$$

де  $\mu$  - в'язкість при 20 °С. Для натурального молока:

$$\mu = 0,7 \exp(0,06 + 0,08x),$$

де  $x$  - концентрація сухих речовин.

Динамічна в'язкість (мПа\*с) рослинної олії:

$$\mu = 0,175 / (10 \exp(0,31 + 0,026t)),$$

а томатопродуктів (Па\*с):

$$\mu = 0,0199 x^{2,94} t^{-1,17}.$$

Динамічну в'язкість газових сумішей можна знайти за формулою:

$$M_{см} / \mu_{см} = m_1 M_1 / \mu_1 + m_2 M_2 / \mu_2,$$

де  $M_{см}$ ,  $M_1$ ,  $M_2, \dots$  - молекулярні маси газової суміші і окремих її компонентів;

$\mu_1$ ,  $\mu_2$  - динамічна в'язкість газової суміші і окремих її компонентів;

$m_1$ ,  $m_2$  - об'ємні доли компонентів в газовій суміші.

Для перерахунку динамічної в'язкості газів на температури, відмінні від  $t=273$  К, користуються формулою:

$$\mu_t = \mu_0 (273 + C/T + C) * (T/273)^{1,5},$$

де  $\mu_0$  - динамічна в'язкість при 273 К;

$C$  - коефіцієнт Сатерленда (для азоту  $C=114$ , для кисню  $C=131$ , для повітря  $C=124$ );

$T$  - температура газу, К.

**Поверхневий натяг  $\sigma$**  - це величина, чисельно рівна роботі, яку треба витратити для того, щоб при постійній температурі збільшити на одиницю площі поверхню розділу фаз. Поверхневий натяг рідини визначають так само, як величину, чисельно рівну силі, що діє на одиницю довжини контуру поверхні розділу і прагне скоротити цю поверхню до мінімуму. Завдяки поверхневому натягу крапля рідини за відсутності зовнішніх дій набуває форми кулі.

Поверхневий натяг залежить від температури і зменшується з її підвищенням. Значення поверхневого натягу для деяких рідин наведено в таблиці. 1.1.

Таблиця 1.1 Поверхневий натяг рідин

Рідина	Температура. °К	Поверхневий натяг $\sigma * 10^3$ Н/м
Вода	0	75,6
	20	72,8
Масло оливкове	20	32,0
Спирт:		
етиловий	20	24,1
метиловий	20	22,6
Кислота оцтова	20	27,8

**Теплоємність** — це відношення кількості теплоти, яка підводиться, до відповідної зміни його температури. Теплоємність одиниці кількості речовини називають питомою теплоємністю. У розрахунках використовують масову, об'ємну і молярну питомі теплоємності.

Питома теплоємність залежить від того, при якому процесі (ізобарному, ізохорному, адіабатному, політропному, ізотермічному) відбувається обмін енергією між речовиною і навколишнім середовищем.

Найчастіше в розрахунковій практиці використовуються ізобарна теплоємність  $c_p$  та ізохорна теплоємність  $c_v$ , які пов'язані між собою рівнянням:

$$c_p - c_v = R,$$

де  $R$  - універсальна газова стала, Дж/(моль\*К); Дж/(кг\*К).

Відношення  $c_p / c_v = K$  називається показником адиабати.

Масова питома теплоємність показує, яку кількість теплоти потрібно надати речовині масою 1 кг, щоб підвищити його температуру на один градус.

Теплоємність рідин і газів залежить від температури та збільшується з її підвищенням. Експериментальні значення питомих теплоємностей харчових продуктів наведені в довідниках у вигляді таблиць та емпіричних формул.

Питомі теплоємності рідин змінюються в діапазоні від 0,8 до 4,19, газів - від 0,5 до 2,2, твердих речовин - від 0,13 до 1,8 кДж/(кг\*К).

Питома теплоємність неоднорідних систем визначається рівнянням:

$$c_p = c_a \mu_a + c_b \mu_b + c_c \mu_c + \dots,$$

де  $c_a, c_b, c_c$  - масові питомі теплоємності компонентів;

$\mu_a, \mu_b, \mu_c$  - масові долі відповідних речовин в суміші.

Питому теплоємність томатопродуктів (Дж/(кг\*К)) розраховують за формулою:

$$c = 4228,7 - 20,9x - 10,85t,$$

для рослинної сировини:

$$c = c_c(1 - 0,01w) + 41,87w,$$

де  $c_c$  - питома теплоємність сухих речовин;

$w$  - вологість, %.

Питома теплоємність сахарози:

$$c = 4190 - 0,01x * 2510 - 7,54t + 4,61(100 - Ч),$$

де  $x$  - концентрація сухих речовин;  $Ч$  - чистота продукту, %.

тіста:

$$c = 1675(1 + 0,015w),$$

зерна:

$$c = 1550 + 26,4w$$

**Теплопровідність** — це перенесення енергії від більш нагрітих ділянок тіла до менш нагрітих в результаті теплового руху і взаємодії мікрочасток, що призводить до вирівнювання температури тіла.

Інтенсивність теплопровідності в твердих матеріалах, рідинах і газах характеризується коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$ , який є теплофізичним параметром речовини і показує, яка кількість теплоти проходить через 1 м<sup>2</sup> поверхні впродовж 1 години при градієнті зміни температур в напрямку, перпендикулярному до ізотермічної поверхні, рівному 1.

Коефіцієнт теплопровідності рідини при температурі близько 30 °С може бути розрахований за формулою:

$$\lambda_{30} = A_1 c \rho^3 \sqrt{\rho / M},$$

де  $A_1$  - коефіцієнт, залежний від ступеня асоціації рідини: для асоційованих рідин, наприклад води:  $A_1 = 3,58 * 10^{-8}$ , для неасоційованих рідин, наприклад бензолу,  $A_1 = 4,22 * 10^{-8}$ ,



$c$  - питома теплоємність рідини, Дж/(кг·К);

$\rho$  - густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$M$  - молекулярна маса.

Коефіцієнт теплопровідності рідини при температурі  $t$ :

$$\lambda_i = \lambda_{30}(1 - \varepsilon(t - 30)),$$

де  $\varepsilon$  - температурний коефіцієнт, що набуває наступних значень: для метилового спирту і оцтової кислоти  $\varepsilon=1,2$ ; для пропилового і етилового спиртів  $\varepsilon=1,4$ .

Теплопровідність фруктових соків, сиропів, молока з цукром (Вт/(м·К)) визначають за формулою:

$$\lambda_i = \lambda_{20} + 0,00068(t - 20);$$

при 20 °С  $\lambda_{20} = 0,593 - 0,025x^{0,53}$ ,

де  $x$  - концентрація сухих речовин.

Теплопровідність томат-продуктів:

$$\lambda = (528 - 404x + 2,05t) * 10^{-3};$$

розчинів сахарози при температурах до 80 °С при  $0 \leq x \leq 65\%$ :

$$\lambda = (1 - 5,479 * 10^{-3}x)(0,5686 + 1,514 * 10^{-3}t - 2,2 * 10^{-6}t^2).$$

### 3 Класифікація обладнання харчових виробництв

**Виробничий процес** (від латин. processus - просування) — це сукупність послідовних дій для досягнення певного результату.

**Технологія** — це ряд прийомів, що проводяться напрямлено з метою отримання з початкової сировини продукту з заданими властивостями. Завдання технології як науки полягає у виявленні фізичних, хімічних, механічних та інших закономірностей з метою визначення і використання на практиці найбільш ефективних і економічних виробничих процесів.

Все технологічне устаткування поділяється на машини і апарати.

Технологічні процеси, що засновані на механічній роботі зі зміною форми, положення, розміру або інших властивостей оброблюємих об'єктів є механічними і якщо вони відбуваються за допомогою машин - машинними. **Технологічна машина** являю собою сукупність органічно зв'язаних між собою робочих органів, джерела механічної енергії (двигуна) і допоміжних пристроїв.

**Робочі органи** – органи, які безперервно або за допомогою інструментів впливають на оброблюваний об'єкт.

**Допоміжні пристрої** – перетворювачі одного виду енергії в інший, або перетворювачі механічного руху (зміна траєкторії або швидкості, зміна силових моментів).

Розрізняють три основні класи машин:

– машини - двигуни перетворення одного виду енергії в іншу (приклад: електродвигуни, турбіни...);

– машини знаряддя - технологічні машини для перетворення енергії в конкретну роботу (приклад: для обробки продукту зміни його форми, властивостей...);

– обчислювальні машини ( для перетворення інформації).

**Технологічний апарат** (від латин. apparatus - устаткування) — цей пристрій, пристосування, устаткування, призначене для проведення технологічних процесів.

В апаратах здійснюються процеси, що проходять за рахунок хімічних, біохімічних або других подібних реакцій або зв'язані з впливом на оброблюваний об'єкт силового поля (теплого, електричного, гравітаційного).

Характерною ознакою апаратів є наявність реакційного простору або робочої камери.

Усе різноманіття основних процесів харчових технологій залежно від закономірностей їх протікання можна звести до п'яти основних груп: гідромеханічні, теплообмінні, масообмінні, механічні, біохімічні.

**Гідромеханічні процеси** — це процеси, швидкість яких визначається законами механіки і гідродинаміки. До них відносяться процеси переміщення рідин і газів по трубопроводах і апаратах, перемішування в рідких середовищах, розподіл суспензії і емульсії шляхом відстоювання, фільтрування, центрифугування, псевдозрідження зернистого матеріалу.

**Теплообмінні процеси** — це процеси, пов'язані з перенесенням теплоти від більш нагрітих тіл (чи середовищ) до менш нагрітих. До них відносяться процеси нагрівання, пастеризації, стерилізації охолодження, конденсації, випарювання і т. п. Швидкість теплових процесів визначається законами теплопередачі.

**Масообмінні, або дифузійні, процеси** — процеси, пов'язані з перенесенням речовини в різних агрегатних станах з однієї фази в іншу. До них відносяться абсорбція і десорбція, перегонка і ректифікація, адсорбція, екстракція, розчинення, кристалізація, зволоження, сушка, сублимація, діаліз та ін. Швидкість масообмінних процесів визначається законами масообміну.

**Механічні процеси** - це процеси чисто механічної взаємодії тіл. До них відносяться процеси подрібнення, класифікації (фракціонування) сипких матеріалів, пресування та ін.

**Хімічні і біохімічні процеси** — процеси, пов'язані зі зміною хімічного складу і властивостей речовини, швидкість протікання яких визначається законами хімічної кінетики

По ступені автоматизації обладнання харчових виробництв може бути поділене на: автоматичне, напівавтоматичне (всі технологічні операції і в більшій ступені допоміжні виконуються без втручання людей).

Період, необхідний для обробки продукції визначається тривалістю циклу. За період циклу процес обробки продукції відбувається по стадіях. Перехід з однієї стадії до іншої може проходити ступенево (з розривами) або безперервно. При безперервній обробці продукції технологічний процес проходить в потоці. При цьому швидкість потоку і довжину шляху необхідно вибирати так, щоб час проходження потоку був рівний або менший тривалості циклу.

Технологічний процес є завжди циклічний, але може бути по різному організованим у часі та просторі. У відповідності до цього його апаратурне оформлення може бути різним.

Уявимо протікання технологічного процесу зі змінною  $U$ , яка прагне до свого кінцевого стану і залежить від ряду факторів  $x$ ,  $y$ ,  $z$  і  $\tau$ .

$$U = f(x, y, z, \dots, \tau).$$

Ця рівність характерна для обладнання періодичної дії. Якщо процес безперервний, то формула має такий вигляд:

$$U = f(x, y, z, \dots, l).$$

При забезпеченні постійної дії факторів  $x$ ,  $y$ ,  $z$  і постійної швидкості руху  $v$  форма потокового руху називається потоковою. Якщо швидкість руху періодично змінюється, то процес стає перервнопотоковий. Якщо матеріал в машині рухається рівномірно з постійною швидкістю, то процес безперервнопотоковий.

Аналіз технологічного процесу, вибір оптимального технологічного варіанту і всебічний огляд обставин, що впливають з особливостей застосовування обладнання, визначають вибір типу і конструкції машин. Значна роль в цьому надається виду вихідної сировини і готового продукту. В залежності від того чи є сировина і готовий продукт поштучним або масовим утворюються різні комбінації, а саме:

- масовий продукт – масова сировина;
- поштучний продукт – масова сировина;
- масова сировина – поштучний продукт;
- поштучна сировина – поштучний продукт.

При апаратурному оформленні значно простіше механізувати процеси переробки масової або поштучної сировини в масовий продукт і значно складніше при виробництві поштучної продукції.

Обробка продуктів в машині здійснюється робочими органами, під дією яких оброблювані матеріали роблять періодичні рухи з поверненням у вихідне положення. Робочі органи можуть бути нерухомими, здійснювати безперервний і рівномірний рух або працювати з зупинками.

Період часу між двома вихідними положеннями робочих органів відповідає кінематичному циклу, що визначається за формулою:

$$T_k = t_p + t_x + t_z,$$

- де  $t_p$  – час робочого ходу;  
 $t_x$  – час холостого ходу;  
 $t_z$  – тривалість періодичних зупинок.

Класифікація технологічних машин за характером дії і способом відносного руху оброблюваного матеріалу ґрунтується на різниці у формах організації технологічного процесу в часі і просторі та включає три класи машин:

- 1 – циклічні однопозиційні непрохідні;
- 2 – багатопозиційні перервнопотокові машини з циклічними механізмами;
- 3 – безперевні потокові машини.

При використанні машин першого класу оброблюваний матеріал займає одну позицію на протязі всього часу обробки або робить обмежені переміщення. Процес не має вираженої лінійної залежності, основний робочий орган підводиться до оброблюваного матеріалу почергово або одночасно. В апаратах цього типу робочі органи нерухомі або виконують переміщення. Якщо матеріа-

лом є тверде тіло, то воно може бути закріплено нерухомо, обертатися навколо своєї осі або виконувати переміщення в рамках своєї позиції, але такі, що не дозволяють встановлення наступного об'єкту до закінчення обробки попереднього. Машини першого класу бувають з послідовним виконанням операцій, з паралельним та послідовно-паралельним.

В машинах другого класу оброблюваний матеріал переноситься періодично від позиції до позиції, а в період зупинок в цих позиціях проходить обробка матеріалу. В кожній позиції присутні свої робочі органи, що виконують різні робочі операції, на які розділений весь технологічний процес. В залежності від того, як виконується перенесення матеріалу від позиції до позиції, розрізняють дві групи машин цього класу:

- машини, що мають рухомі з зупинками спеціальні транспортні пристрої;
- машини, в яких продовжується передача матеріалу самим рухомим органом або спеціальними механізмами.

Робота машин третього класу ґрунтується на принципі суміщення технологічних операцій з безперервним і рівномірним рухом оброблюваних продуктів. Транспортування їх проходить рівномірно рухомим конвеєром або рівномірно-рухомим ротором. Оброблювана продукція закріплюється в гнізді каруселі, яка при рівномірному обертанні переносить його від позиції до позиції без зупинок. В кожній позиції знаходиться свій робочий орган, який виконує задану операцію. До однопотокових машин цієї групи відносяться автомати для обробки риби, карусельні автомати для випікання вафельних стаканчиків тощо. Також відносяться групи одноопераційних машин, де кожна операція проходить на окремому рівномірнообертovому роторі, який має гнізда зі своїми робочими органами. В цих машин продовжується безперервний рух у своєму гнізді разом з інструментом, який обробляв його за період обертання ротора. Після закінчення операції матеріал знімається і передається на інший ротор, де відбувається наступна операція. Типовими машинами цього класу є розливні автомати, які виконують одну операцію.

Для виробництва певного виду продукції, в відповідності з технологічним процесом розроблюється технологічна схема, що включає послідовність виконання операцій починаючи від підготовки сировини і закінчуючи готовою продукцією.

Така технологічна схема, включає різні типи обладнання і виконує задані операції та зветься машино-апаратурною схемою. Всяка машино-апаратурна схема (МАС) умовно розділена на ділянки: підготовка сировини до виробництва, приготування напівфабрикатів і отримання готової продукції.

Все технологічне обладнання, що входить в машино апаратурну схему за функціональними ознаками поділяється на:

- машини для очищення і миття сировини, тари, допоміжних матеріалів;
- обладнання для подрібнення сировини;
- обладнання для сортування і розділення сипких, рідких і грубо дисперсних матеріалів;
- обладнання для пресування продуктів;

- обладнання для перемішування і отримання однорідної маси;
- обладнання для формування і поштучного розділення пластичних харчових мас;
- обладнання для герметизації тари з харчовими продуктами;
- дозуюче і вагове обладнання;
- обладнання для пакування і фасування
- обладнання для проведення масообмінних процесів;
- обладнання для проведення теплової обробки продуктів;
- промислові печі;
- холодильні установки;
- транспортні машини.

#### 4 Продуктивність машин. Основні техніко-економічні показники обладнання

Продуктивність машини характеризується кількістю продукції, що виготовляється за одиницю часу. Розрізняють три види продуктивності: дійсну, теоретичну і технологічну. *Дійсна продуктивність* визначає ту кількість продукції, яку машина виробляє за одиницю часу, включаючи наладку, зупинки і зміну інструменту. Для машин циклічної дії вона визначається за формулою:

$$G = \frac{n}{T_3},$$

де  $n$  – кількість циклів за час роботи;  
 $T_3$  – загальна кількість годин роботи.

*Теоретична продуктивність* – це кількість продукції, яку могла б виготовити машина за одиницю часу при безперервній роботі:

$$G_1 = \frac{n}{T_m},$$

де  $T_m$  – машинний час роботи.

Відношення дійсної продуктивності до теоретичної характеризує затрати робочого часу і називається коефіцієнтом використання теоретичної продуктивності:

$$\eta = \frac{G}{G_1}.$$

*Технологічна продуктивність* – це максимально можлива кількість продукції, яку могла б виготовити машина без витрат часу на зупинки:

$$G_2 = \eta \cdot G_1.$$

Відношення теоретичної продуктивності до технологічної визначається коефіцієнтом продуктивності:

$$\eta_2 = \frac{G_1}{G_2}.$$

Якість технологічних машин закладена при її конструюванні, забезпечується при виготовленні, проявляється і підтримується в експлуатації. Тому

якість експлуатуємої машини визначається якістю її конструкції, виготовлення і експлуатації.

Якість експлуатації машини – це сукупність властивостей машини, що обумовлюють її можливість виготовлення і експлуатації. Основні властивості машини, що обумовлюють якість її конструкції умовою можна розбити на три групи:

1. Виробничі техніко – економічні,
2. Експлуатаційні техніко – економічні в тому числі функціональні і критерії надійності,
3. Експлуатаційні. Не економічні.

Як бачимо оцінити якість конструкції машини можемо по багатьох критеріях. Назвемо основні з них.

До виробничих техніко-економічних відносяться такі показники, як:

- технологічність конструкції - простота конструкції і відповідність передовій технології машинобудування,
- трудомісткість виготовлення і складання,
- степінь стандартизації, взаємозамінності деталей і вузлів,
- матеріалоємність, енергоємність.

До функціональних показників якості конструкції відносяться наприклад такі як:

- точність виконання операцій;
- експлуатаційна енергоємність;
- надійнісні показники роботи машини: фактична продуктивність і ресурс, безвідмовність в роботі, довговічність, ремонтна технологічність.

До групи експлуатаційних не економічних показників можливо віднести властивості, які носять не явно виражене економічне забарвлення:

- безпечність,
- естетичність,
- престижність і т.п.

Крім цього неповного переліку показників є ще специфічні показники, які дозволяють оцінити якість машини по відношенню до еталонної.

Коротко розглянемо деякі найважливіші параметри якості конструкції машини.

Основними показниками, що характеризують машину, є коефіцієнт корисної дії двигуна, механічний та тепловий коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт габаритності.

Коефіцієнт корисної дії двигуна характеризується відношенням потужності, що віддає електричний двигун, до потужності, що він споживає:

$$\eta = \frac{N_{\text{дв}}}{N} = \frac{N_{\text{дв}} - \Delta N}{N_{\text{дв}}},$$

де  $\Delta N$  - втрата потужності.

Показником якості машини є механічний коефіцієнт корисної дії двигуна:

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_3}{N_2},$$

де  $N_2$  – потужність на вхідному валу;

$N_3$  – потужність, що витрачається на виконання механічної роботи при подоланні технологічного опору.

В машинах і апаратах, робота яких зв'язана з тепловою енергією, основним показником є тепловий коефіцієнт корисної дії, що визначається як відношення корисної теплоти до всієї теплоти, підведеної до нагрівача.

Затрати електричної енергії на пуск та роботу машини віднесені до одиниці випущеної продукції характеризують питомі затрати енергії і дають можливість зрівняти між собою економічність машин різних конструкцій і різної продуктивності.

Матеріалоємність технологічної машини ( $H$ ) є відношення маси – нетто машини  $m$  на її годинну продуктивність  $G$

$$M = \frac{m}{G_{год}}$$

Показником ефективності машини є коефіцієнт габаритності:

$$K_2 = \frac{b \cdot h \cdot l}{G},$$

де  $b$  – довжина машини;  $h$  – висота;  $l$  – ширина;  $G$  – продуктивність.

Що стосується показників надійності роботи машини то можна відмітити той факт, що зі збільшенням швидкостей та навантажень кількість вимушених зупинок в процесі експлуатації машин стає більшим, а їх фактична продуктивність росте в меншій мірі, ніж теоретично можлива, зменшується термін роботи машини. Необхідно підтримувати таке співвідношення між затратами на виготовлення машини і затратами в сфері експлуатації (обслуговування і ремонт), щоб наступні затрати були мінімальними.

Основні терміни і визначення щодо надійності обладнання

Роботоздатність – стан машини, при якому вона здатна виконувати задані функції з можливими перервами на ремонт до повного руйнування, при якому відновлення втраченої роботоздатності стає неможливим або економічно не вигідним.

Справність – стан машини, при якому вона відповідає основним і другорядним вимогам, що закладені в нормативно-технічній документації.

Відмова – стан машини, що полягає в порушенні її роботоздатності. Відмови пов'язані з руйнуванням деталей або їх поверхні і можуть бути повними або частковими. За своїм характером відмови діляться на раптові і поступові, ліквідуємі і неліквідуємі.

Наробка на відмову – середній час роботи машини до першої відмови. Для відновлюваних машин розраховують також час між двома сусідніми відмовами.

Безвідмовність – властивість машини зберігати роботоздатність без вимушених перерв на протязі заданої наробки.

Довговічність – властивість машини зберігати свою роботоздатність до кінцевого стану з необхідними перервами на технічне обслуговування і ремонт.

Ремонтопридатність – пристосованість машини до попередження, виявлення, усунення відмов та неполадок за допомогою технічного обслуговування

і ремонту. Сукупність властивостей безвідказності, довговічності і ремонтно-придатності визначають загальну надійність.

Зберігаємість – властивість машини зберігати експлуатаційні показники після строку її транспортування, зберігання та монтажу.

### **Запитання для самоперевірки**

1. Що таке машина, апарат? Їх особливості.
2. Що може бути сировиною для харчових виробництв.
3. Властивості технологічних середовищ.
4. Рідини, емульсії, суспензії. Їх характеристика.
5. Характеристики сипучого матеріалу.
6. Фізичні властивості речовини: густина, питома вага, в'язкість, поверхневий натяг, теплоємність, теплопровідність. Їх визначення, характеристики.
7. Як класифікуються технологічні процеси в залежності від закономірностей їх протікання.
8. Класифікація технологічних машин за характером дії і способом відносного руху оброблюваного матеріалу.
9. Дійсна, теоретична та технологічна продуктивності машин. Визначення, характеристика.
10. Техніко-економічні показники якості конструкції машини.
11. Показники якості конструкції машини: коефіцієнт корисної дії, матеріалоємність.
12. Основні терміни і визначення надійності роботи обладнання.



# І ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СИРОВИНИ

## І.1 Бункери для зберігання муки

Місткості для зберігання умовно поділяють на силоси і бункери.

*Силос* є циліндричною або призматичною ємністю з відношенням її висоти без конічної частини до меншого розміру поперечного перетину, рівним або більше 1,5. *Бункером* називається місткість, у якої це відношення менше 1,5.

В хлібопекарській промисловості найбільш широкого поширення набули бункера і силоси наступних марок ХЕ-160А; ХЕ-233; М-111; А1-ХБЮ; ХБГ.

Для зберігання муки використовуються залізобетонні або металеві місткості прямокутної, квадратної або круглої форми і різних розмірів залежно від потрібної потужності підприємства і умов їх розміщення. Нижня частина силосів має форму конуса або усіченої піраміди.

На рис. І.1 схематично представлений бункер марки М-118, що складається з днища 3 з двома аерожолобами і секцій, нижньої 4, опорної 5, середньої 6, верхньої 7 з кришкою 8.

Аерожолоби складаються з пористих керамічних плит 1, покритих зверху бельтингом 2 і розташовані в днищі під кутом  $12^\circ$  до горизонту.

Під час вивантаження муки під керамічні плити через патрубки 14 подається стисле повітря для його аерування. Над нижньою секцією є вісім опор 12, які можуть кріпитися на балках міжповерхових перекриттів або на інших несучих опорах.

У верхній частині бункера розташовані завантажувальні патрубки 10. У днищі бункера є фланець 6 для приєднання дозатора або живильника, за допомогою яких мука з бункера подається на виробництво.

На бічних сторонах бункера є оглядові вікна 11. Для доступу в бункер при його очищенні огляді або ремонті є лазові люки 13.

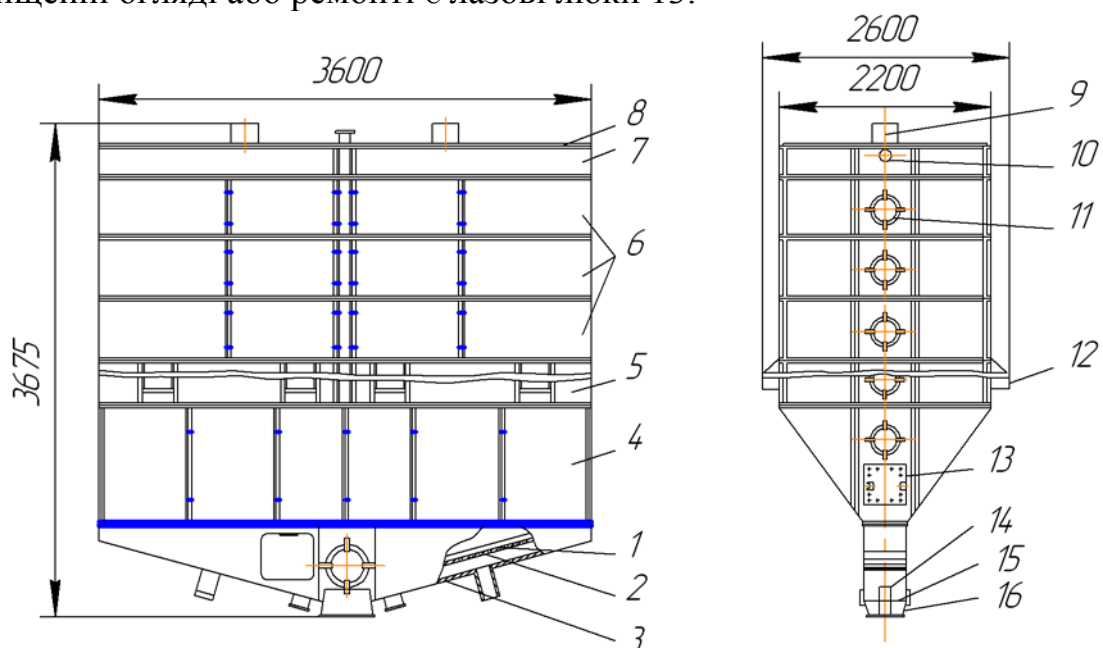


Рис. І.1 Бункер для зберігання муки М-118

На рис. 1.2 представлений силос марки ХЕ-160А. Силос складається з циліндричної і конічної частин. Конічна частина силосу має нахил до горизонту.

Силос складається з трьох частин кришки 1, обичайки 4 і конічної підставки 12. В нижній частині обичайки є лазовий люк 8, що герметично закривається, призначений для доступу всередину силосу з метою його очищення або ремонту.

Конічна підставка складається з опорного швелерного кільця 10 з опорами 11, верхнього конуса, який закінчується розвантажувальним отвором 9.

Для руйнування зависання у верхньому конусі силосу передбачено вісім продувочних труб 13, рівномірно розташованих по колу і сполучених з колектором подачі стислого повітря 14, який у свою чергу приварений зовні верхнього конуса. Шість труб направлено по внутрішній поверхні конуса вгору, а дві вниз. Стисле повітря в колектор імпульсами подається від компресора

Для контролю муки в силосі змонтовані датчики верхнього 5 і нижнього рівня 15.

При тривалому зберіганні муки в бункерах вона втрачає властивості сипучості і злежується тим інтенсивніше, чим вище її вологість і висота бункера. Над випускним отвором утворюються звід, що приводить до припинення витікання муки з ємкості.

Для боротьби з зависанням муки в бункерах, окрім аеруємих днищ, застосовують різні пристрої: електровібратори, зворушувачі, і т. п. Окрім цього, для можливого зменшення утворення заторів до бункерів і силосів повинні висуватись наступні вимоги: внутрішня поверхня повинна бути гладкою, без щілин і отворів, конусна частина повинна мати достатній ухил і володіти мінімальним коефіцієнтом тертя.

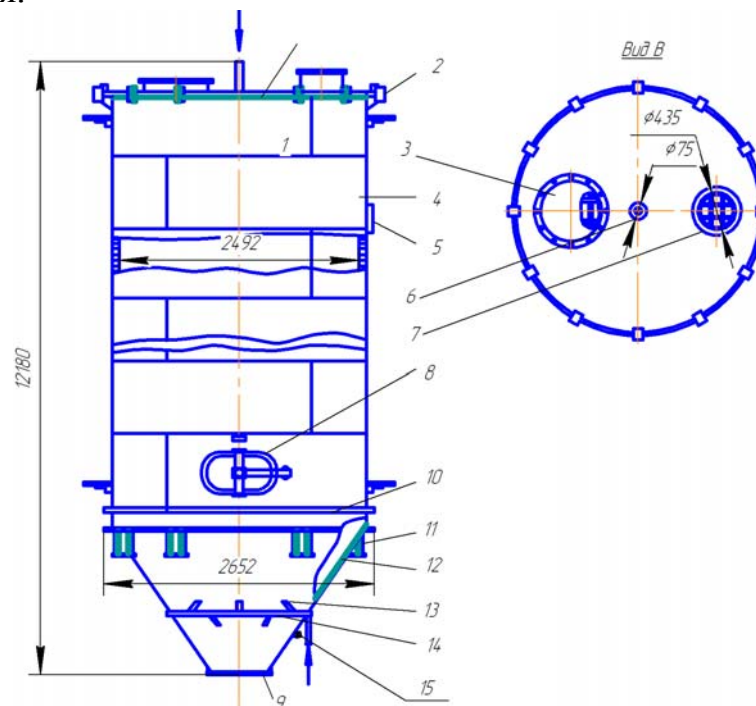


Рис. 1.2 Силос для зберігання муки ХЕ – 160 А

## I.2 Зберігання ячменю

Ячмінь зберігають переважно в силосах на старіших підприємствах його можуть зберігати також на підлозі в засіках.

Більшість силосів споруджують із залізобетону. Вони володіють низькою теплопровідністю, високою вогнестійкістю і відрізняються відносно невеликою вартістю експлуатації. Силоси бувають в плані круглими, прямокутними або такими, що примикають один до одного у вигляді сотів (для максимального використання наявного простору). Щоб гарантувати повне вивантаження зерна, слід забезпечити кут випуску в  $40^\circ$ . Проте слід враховувати, що силос спорожняється нерівномірно і залежно від різних чинників при спорожненні виникає розсортування матеріалу за розміром зерен (рис. I.3).

Силоси із сталевого листа дешевші і легші в монтажі, проте сталь володіє високою теплопровідністю. Внаслідок інтенсивнішого дихання шари ячменю, розташовані біля стінок силосу, починають швидко запотівати, із-за чого може початися конденсація води.

У силосах всіх типів слід передбачити аерацію і регулярну пересипку ячменю. При аерації необхідно контролювати стан повітря (температуру, вологість). Спостереження за температурою слід вести на різних рівнях силосу.

Загальний об'єм силосів в солодовенному заводі повинен бути розрахований на прийом 80-100% зерна, що переробляється в заготівельну кампанію.

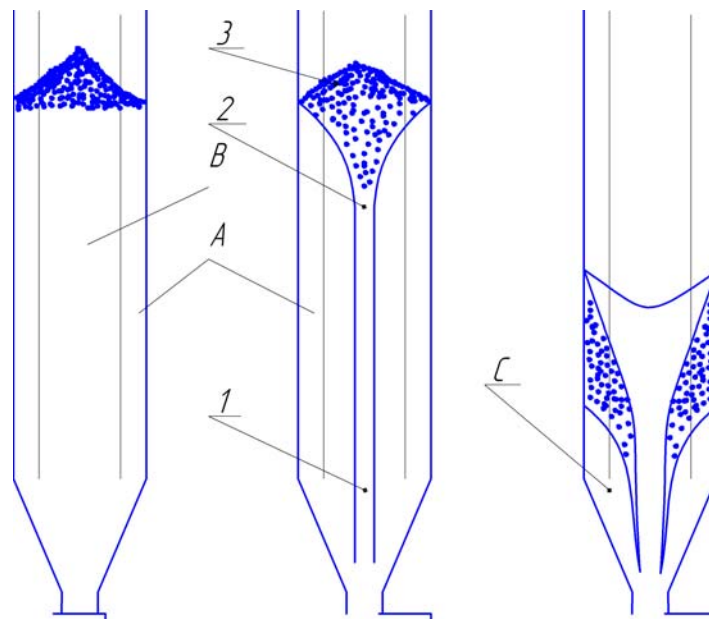


Рис. I.3 Розсортування ячменю при силосному зберіганні і вивантаженні:

А – зона з легшим продуктом; В – зона з важчим продуктом;  
С – застійна зона з легшим продуктом; 1, 2, 3 – вивантаження продукту  
(послідовність виходу після відкриття шибера)

В даний час зберігання ячменю на складах майже не застосовується, оскільки воно вимагає дуже великих витрат праці і площ, а солодовні підприємства, як правило, обладнані силосами. Проте на старих і невеликих солодовнях скла-

ди ще збереглися, і в них партії ячменю зберігають в засіках роздільно, щоб мати можливість і переробляти ячмінь по партіях.

Для аерації ячмінь перекачують з одного складу на іншій. У деяких солодовнях є самотечійні поверхові зерносховища — розміщені на декількох поверхах один над одним склади, в підлозі яких обладнані отвори, розташовані на рівних відстанях один від одного. Для аерації відкривають шибер, і зерно самопливом зсипається через невеликий розподільник в нижче розташований склад.

В ході зберігання вологість повітря впливає на вологість ячменю, який може ставати сухішим або вологішим (табл.І.1).

Табл. І.1 Залежність вологості ячменю від вологості повітря

Вологість ячменю, %	Відносна вологість повітря, %
13,5	60
14,0	65
15,0	70
16,0	75
17,0	80
19,0	85
21,0	90

При контакті з ячменем повітря охолоджується (якщо повітря тепліше за ячмінь), і знижується його здатність утримувати вологу, яка віддається ячменю. Тому вікна приміщень складів при холодному зовнішньому повітрі слід завжди тримати відкритими. Холодне, сухе нічне повітря завжди висушує ячмінь.

Проте навесні, коли ячмінь холодний, при підвищенні зовнішньої температури повітря виникає небезпека збільшення вологості ячменю. Необхідно уміти використовувати погодні умови для аерації ячменю.

Висота засипки в сховищі залежить від допустимого навантаження на перекриття і вологості ячменю. Чим вище вологість ячменю, тим менше повинна бути висота його шару.

### Запитання для самоперевірки до розділу І

1. Яка різниця між бункерами та силосами для зберігання муки.
2. Робота бункерів для зберігання муки.
3. Зберігання ячменю в силосах. .
4. Розсортування ячменю при силосному зберіганні.
5. Вплив вологості повітря на умови зберігання продукту в силосах.

## II УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ МИТТЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

*Миття* — це процес видалення з поверхні сировини залишків землі, піску, сторонніх важких і легких домішок (каменів, листя, гілок, соломи й ін.) проточною або оборотною водопровідною водою. Мийна вода повинна забезпечувати змочування поверхонь, диспергування забруднень (набрякання, пептизація і дроблення білкових речовин, омилення жирів) і стабілізацію забруднень, що відокремилися від поверхні, у миючій воді.

Мийка сільськогосподарської сировини виконується в три стадії: попереднє ополіскування для видалення легко з'єднаних забруднень, основна мийка спеціальними миючими розчинами для розчинення або переводу в стан суспензії забруднень, що прилипли до поверхонь, остаточне ополіскування для видалення всіх слідів залишків забруднень. У деяких випадках за мийкою слідує процес стерилізації.

Чистота поверхонь, що відмиваються, визначається по відсутності слідів забруднень, миючих засобів, а також по кількості мікроорганізмів на них.

Інтенсифікація процесу мийки при оптимальній температурі води можлива за рахунок турбулізації миючої води біля забруднених поверхонь для забезпечення виникнення дотичних напружень, які створюють механічний ефект, що руйнує забруднення і прискорює фізико-хімічну взаємодію. Турбулізація здійснюється різними способами: повітряним барботуванням; механічним перемішуванням, насадками, приведенням миючої води в коливальний рух за допомогою динамічних вібраторів або гідродинамічних випромінювачів, турбулізацією миючої води затопленими струменями і т.п.

Після відмочування забруднення з поверхні сировини видаляються щітками або рідинними струменями.

Мийку рослинної сировини проводять зануренням у воду (відмочування), ополіскуванням струменями води з насадок, використанням щіткових пристроїв, активним перемішуванням. У більшості мийних машин застосовують комбінацію перерахованих способів мийки.

Для кожного виду сировини потрібно свій спосіб і режим мийки.

### II.1 Класифікація обладнання

Для мийки харчової рослинної сировини і санітарної обробки устаткування застосовуються мийні машини різних типів і конструкцій. Вони класифікуються: за характером процесу (безперервно і періодично діючі); по виду оброблюваних об'єктів (для миття сировини); по типу пристроїв, що переміщують об'єкти, що відмиваються, (лінійні і барабанні); по способу впливу миючого середовища (шприцеві, відмочні й відмочно-шприцеві). З різноманіття мийних машин найбільше поширення одержали лопатеві, стрічкові, барабанні, вібраційні, комбіновані, елеваторні, щіткові й ін.

До мийних машин пред'являються наступні вимоги: високий ступінь чистоти об'єктів, що відмиваються, виключення псування сировини або бою і деформації тари, мінімальна витрата води й енергії, простота виготовлення й обслуговування, висока експлуатаційна надійність, малі габаритні розміри і маса.

Вибір мийної машини визначається структурно-механічними і міцнісними властивостями рослинної сировини, а також характером і кількістю забруднень на поверхні сировини.

## II.2 Обладнання для миття цукрового буряка

Бурякомийні машини класифікуються на:

- одно- або двокорпусні з постійним рівнем води (КМЗ-57М, КМЗ-61 і ін.);
- комбіновані (із двома рівнями води) типу СКМ, СКД-6.

Земля і глина легше за все відмиваються при інтенсивному терті коренів один по другому. Тому в початковій стадії мийки буряк повинний знаходитися в скупченому стані, тобто на початку корпуса бурякомийки повинне бути відділення зі зниженим рівнем води.

При переміщенні буряка уздовж корпуса машини, коли в основному забруднення від буряка вилучені, краще мити буряк у менш скупченому стані більш чистою водою. Для остаточного відділення легких спливаючих домішок дзеркало води над буряком повинний бути спокійним. Для цього в миючій частині необхідно мати відділення з високим рівнем води, у якому дзеркало води вище рівня буряка на 300...400 мм. Такий режим мийки забезпечується в комбінованих бурякомийних машинах.

**Бурякомийні машини з постійним рівнем води** призначені для мийки буряка, що має порівняно невисоке забруднення домішками. До цього типу відносяться однокорпусні бурякомийки, усередині яких розташовані один або два вали, і двокорпусні (КМЗ-61).

Однокорпусні бурякомийки відрізняються від двокорпусних пристроєм камене- і пісковловлювачів, конструкцією вузлів, що викидають буряк, і способом подачі води.

**Однокорпусна бурякомийна машина** (рис. II.1) складається з миючої 5 і розвантажувальної 17 частин, розділених перегородкою 10. Знизу перегородки мається отвір 40, розмір якого регулюється за допомогою лебідки 39.

Усередині миючої частини встановлений горизонтальний вал 6, на якому в чавунних рознімних муфтах 8 закріплені лопаті (кулаки) 7. Ці лопаті мають округлу форму, щоб знизити імовірність ушкодження буряка. Вал складається з двох частин, з'єднаних муфтою. У передній частині мийки на горизонтальному валу розташований шнек 4. Його призначення – розрихлити буряки, що надходять у мийку, і сприяти підйому на поверхню води легких домішок. Зворушувач приводиться в обертальний рух від привода, що складає з електродвигуна і редуктора 1. Корпус миючої частини машини має подвійне дно: верхнє 21 – перфороване і нижнє 23 – суцільне.

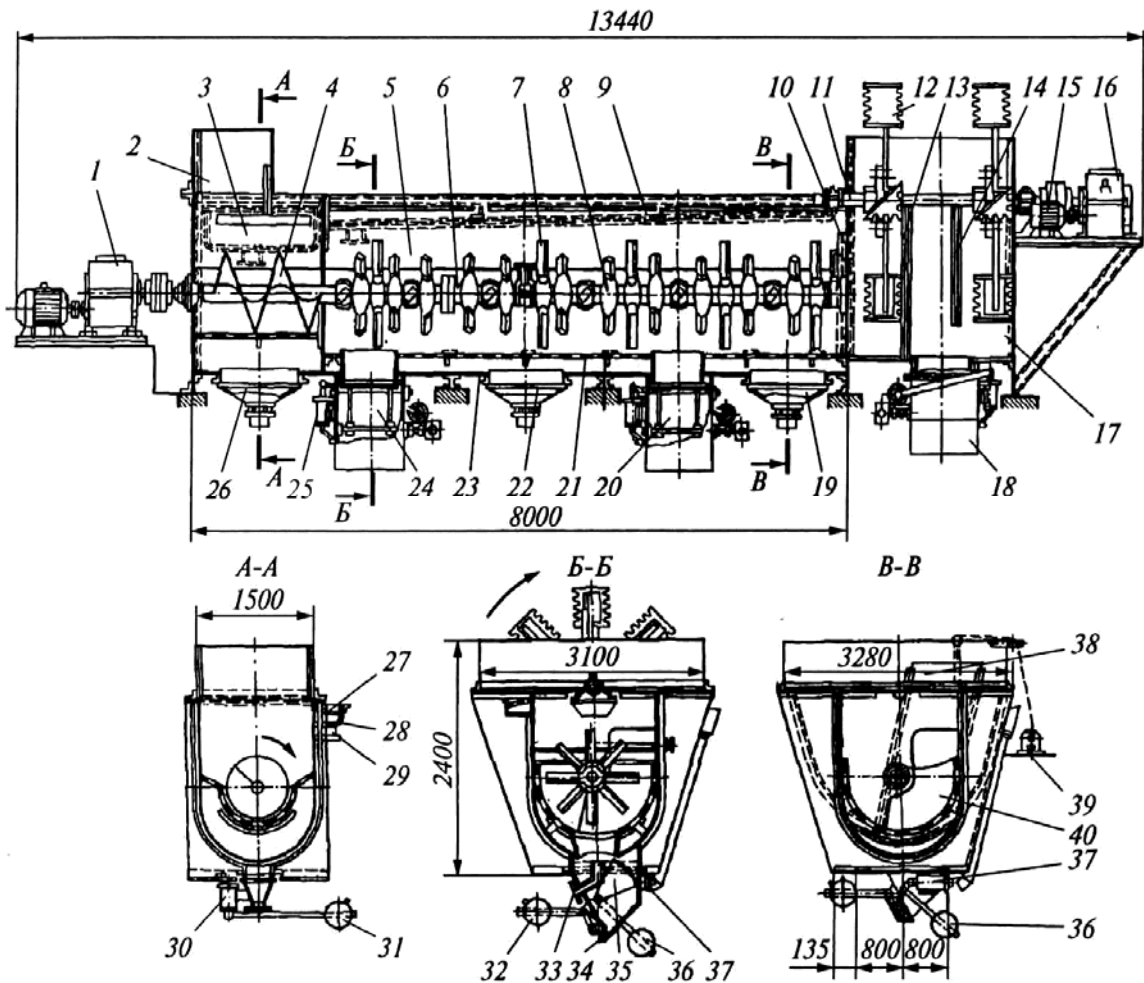


Рис. П.1 Бурякомийна машина

Розвантажувальна частина машини розділена перегородками 13 і 14 на три відділення. Перегородка 13 – глуха, а перегородка 14 має внизу отвір. У розвантажувальній частині встановлений ротор 11, на якому укріплені ковші 12. Вал розвантажувального ротора 11 приводиться в обертальний рух від трьохшвидкісного електродвигуна 15 через редуктор 16.

Для відділення важких домішок від буряка в миючій і розвантажувальній частинах знаходяться каменевловлювачі 18, 20 і 24. Каменевловлювачі являють собою кишені, нижні отвори яких мають кришки 34, що відкриваються за допомогою гідроциліндрів 25 і противагами 32. Верхній отвір каменевловлювачів закривається секторним шиберам 35 за допомогою гідроциліндра 37 і утримується у відкритому стані противагою 36. Для того щоб у каменевловлювач разом з важкими домішками не надходив буряк, по трубі 33 підводиться вода під тиском 0,4...0...0,5МПа. У робочому положенні секторний шибера відкритий, а нижня кришка закрита. Пісок і земля, змиті з буряка, через перфороване днище миючої частини машини надходять у пісколовки 19, 22 і 26, кришки яких при чищенні відкриваються гідроциліндрами 30 і закриваються противагами 31.

Принцип дії бурякомийки полягає в наступному. Буряк надходить через лоток 2 на шнек і далі – у мийну частину, де буряки перемішуються лопатями,

перетираються і в результаті чого з їх поверхні видаляються забруднення. Буряк переміщається до викидаючої частини.

У миючій частині машини легкі домішки спливають на спокійну поверхню води, що знаходиться на рівні 300...400мм вище кулаків. В одній зі стінок корпуса встановлюють жолоб 9 з перфорованим 27 і суцільним 28 днищами. У цей жолоб через щілини в стінці корпуса попадають легкі домішки з поверхні води за допомогою струменів води, що витікають з отвору труби, розташованої з протилежної сторони машини. Легкі домішки затримуються на перфорованому днищі жолоба і періодично видаляються.

**Комбіновані бурякомийні машини** призначені для мийки сильно забруднених буряків. У них є відділення зі зниженим рівнем води для кращого відмивання прилиплої до поверхні буряка домішок і відділення з високим рівнем води для кращого уловлювання легких домішок. У цих машинах передбачаються протитечійний рух буряка і води, автоматична підтримка рівня води, надійне видалення легких спливаючих домішок і видалення дрібних осілих домішок по всій довжині миючої частини бурякомийки.

**Бурякомийна машина СКД-6** (рис. П.2) складається з двох мийних відділень і одного розвантажувального 20.

Перше мийне відділення 6 з низьким рівнем води призначено для відмивання коренеплодів буряка шляхом інтенсивного їхнього перетирання між собою. В другому відділенні 13 з високим рівнем води коренеплоди остаточно відмиваються, і від них відокремлюються важкі і легкі домішки.

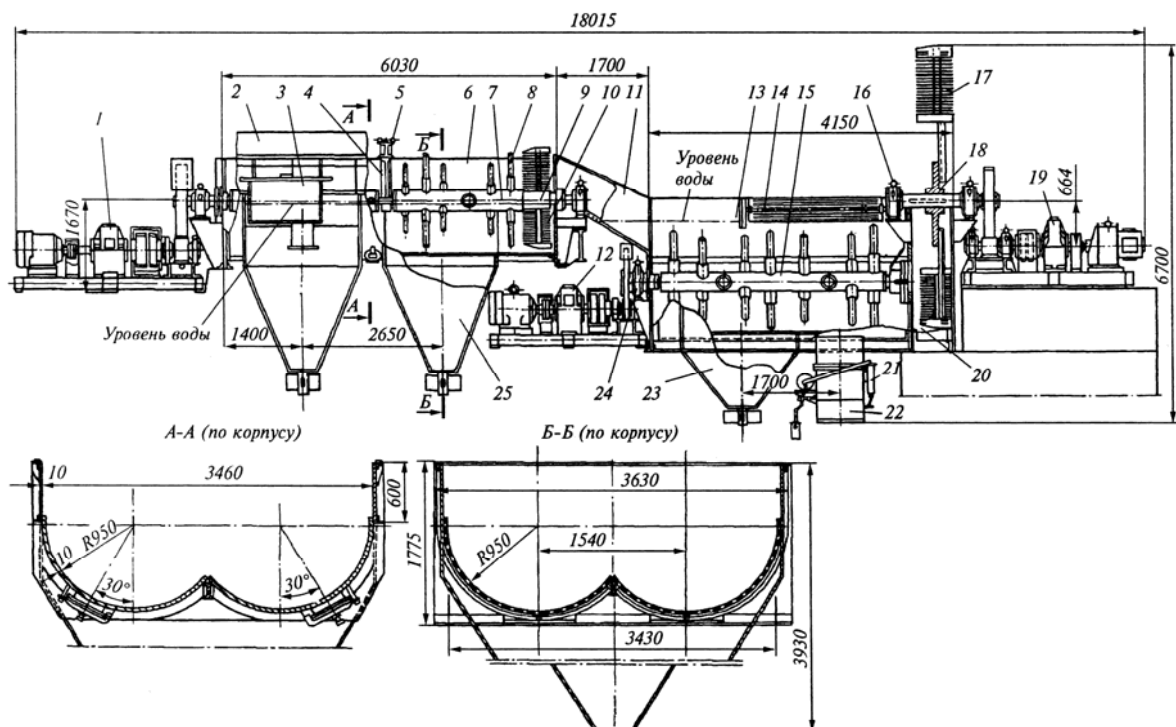


Рис. П.2 Бурякомийна машина СКД-6

Днище корпуса під кожним шнеком виконано у виді напівциліндра, причому в місцях установки пісколовок 23 і 25 воно перфороване. У відділенні з низьким рівнем води пісколовки розміщені послідовно, а у відділенні з високим рів-



нем води – паралельно (тут встановлений також каменевловлювач 22). Кришки каменевловлювача і пісколовок відкриваються періодично за допомогою гідроциліндрів 21, керованих автоматичною системою з програмним керуванням.

У кожному мийному відділенні встановлено по два горизонтальних зворушувача, розташованих паралельно. У першому відділенні вали зворушувачів 7 мають по одній проміжній опорі 4, змащення яких здійснюється водою, що подається під тиском по трубопроводах 5. На кожному валу 9 по гвинтовій лінії приварені цапфи з лопатями 8. Їхнє призначення – перемішувати буряк і транспортувати її вздовж корпусу машини.

На кінцях зворушувачів першого відділення перед торцьовою стінкою знаходяться перекидаючі лопати 10 зварені з круглих сталевих прутків, за допомогою яких буряк з відділення з низьким рівнем по лотку 11 направляється в друге відділення. В другому мийному відділенні в опорах 24 встановлені два зворушувача 15, що приводяться в обертання від приводів 1 і 12.

В кінці другого відділення розташовані лопати 17, що прикріплені до валу в опорах 16. Привід лопат здійснюється від електродвигуна 19 постійного струму, що дозволяє регулювати частоту обертання лопат, що викидають буряк, від 0,1 до  $7 \text{ хв}^{-1}$ .

Легкі домішки, що спливають на поверхню води в другому відділенні, видаляють за допомогою соломоловлювача 14, що складається з відбійного барабана і шнека. Рівень води в першому відділенні звичайно нижче центра зворушувачів на 50 мм і підтримується шибером, що знаходиться в переливному бункері 3. Цей бункер 3 має направляючі 2 для завантаження буряка. В другому мийному відділенні автоматично підтримується рівень води вище лопатей зворушувача на 400 мм.

**Барабанна мийки корнеклубнеплодів** (А. с. № 755264, А23 N12/00) призначена для підвищення інтенсивності перетирання буряка, зниження ступеня його забруднення і зменшення бою.

На рис. П.3 зображений загальний вид мийки. На рамі 1 змонтовані привод 2, підшипники 3, вали 4 і 5 з вісьма блоками автомобільних коліс 6, на яких встановлений циліндричний барабан 7 із завантажувальним конусом 8, вивантажувальним здвоєним конусом 9 і торцевим перфорованим днищем 10. В середині барабана 7 по всій довжині укріплені (рис. П.4) по спіралі перфоровані витки 11 з гофрами 12, а між витками 11 розташовані клинчасті уступи 13, робочі поверхні 14, що виконані криволінійними. У вивантажувальному здвоєному конусі 9 витки 15 встановлені з перемінним кроком і поступовим збільшенням висоти витка на виході. У циліндричній частині барабана змонтована труба 16 з отворами 17 для виходу води. Верхня частина витків 11 виконана сферичною.

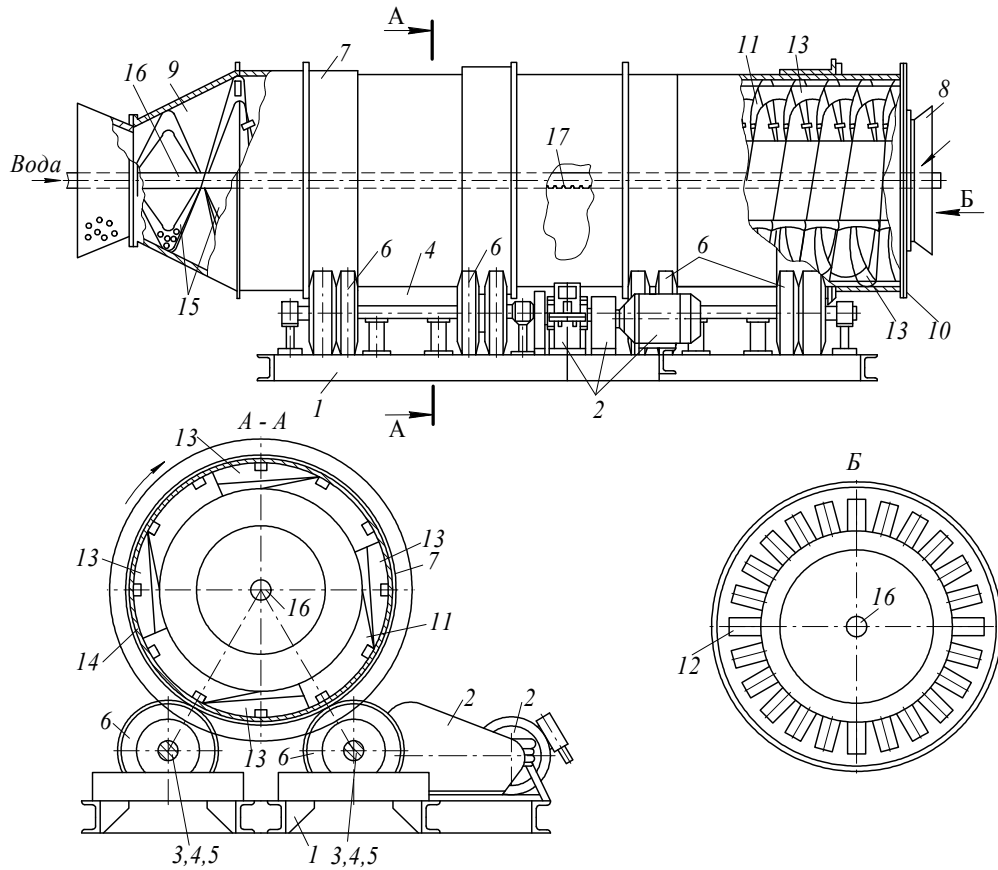


Рис. П.3 Барабанна мийки корнеклубнеплодів

Мийний барабан 7 встановлений у горизонтальній площині, безперервне обертання якого здійснюється за рахунок зусиль тертя, що виникають між барабаном і автомобільними колесами.

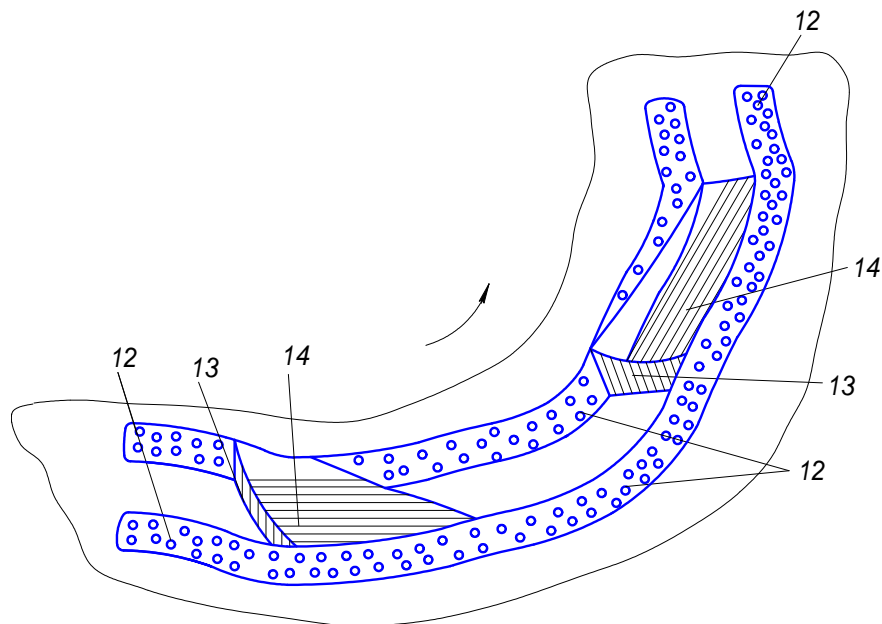


Рис. П.4 Виток бурякомийної машини

### Машина для мийки буряків Ш1-ПМД.

Технологічна схема станції мийки буряка ( рис. П.5) розроблена на основі бурякомийки, ротаційного сепаратора 12, збірника циркуляційної води 13, насоса 14, водовідділювачів 1 і 11.

Коритні комбіновані бурякомийки Ш1-ПМД-2 і Ш1-ПМД-3 однакові по конструкції і складаються із двох відділів. Перший — з низьким рівнем води 2 містить у собі два паралельно встановлених кулачкових вали 3 з індивідуальними приводами 19, пісковловлювач 17, дренажний пристрій 18 і поперечну перегородку 4 з вирізами для проходу буряка. Друге - з високим рівнем води 5 і складається із двох вивантажувальних шнеків 10 з індивідуальними приводами 9, спеціального вловлювача легких домішок 6, двох вловлювачів важких домішок 15 і 16, коробка для прийому плаваючих коренеплодів буряка 7, двох соплоапаратів 8. Вловлювачі важких домішок 15, 16 встановлені відповідно в нижній частині відділення й на похилій стінці в місці перекидання буряка з відділення з низьким рівнем.

Кулачкові вали з індивідуальними приводами відділення з низьким рівнем води й вивантажувальні шнеки відділення з високим рівнем води забезпечують високу маневреність роботи бурякомийки. Несинхронне обертання кулачкових валів на технологічні параметри бурякомийки не впливає. У відділенні з низьким рівнем води відбувається інтенсивне перетирання буряка в збезводненому режимі, а потім її мийка в напівсухому (напівмокрому) або мокрому режимах, обраних залежно від забруднення буряка й здійснюваних зміною програми.

У бурякомийці здійснений протитечія мийної води й буряка. Чиста вода подається двома соплоапаратами у верхню частину вивантажувальних шнеків.

Для ефективного вловлювання легких домішок у відділенні з високим рівнем води створений циркуляційний контур мийної води.

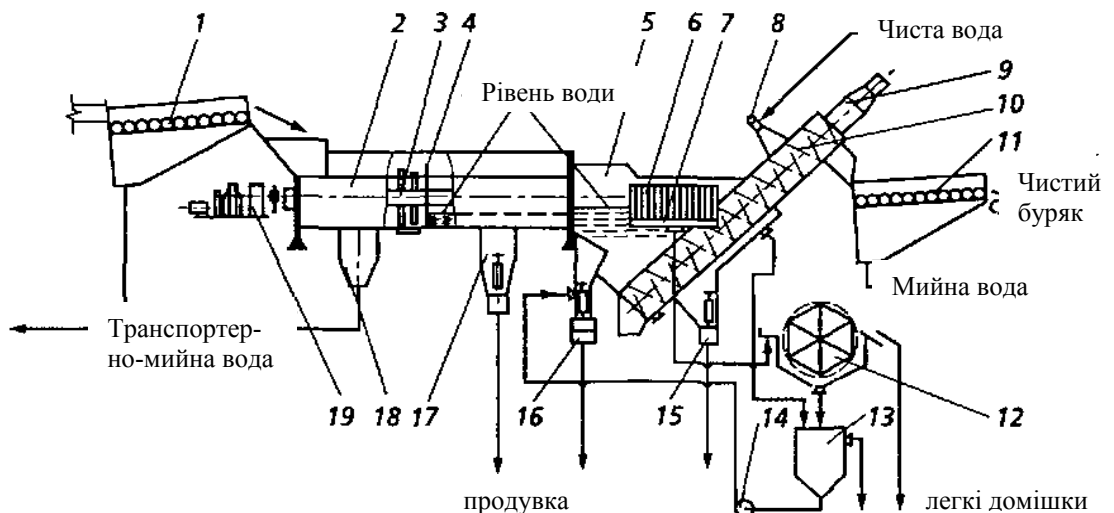


Рис. П.5 Технологічна схема станції мийки з комбінованою бурякомийкою Ш1-ПМД

### II.3 Обладнання для миття плодів і овочів

**Лінійні мийні машини КУМ-1, КУВ-1, КУМ** (рис. II.6) призначені для мийки овочів і плодів (крім коренеплодів, для яких потрібне попереднє відмочування).

Машини КУМ-1 і КУВ-1 укомплектовані нагнітачем повітря, що дозволяє мити овочі і плоди як з м'якою, так і з твердою оболонкою. Машина КУМ, що не має нагнітача повітря, застосовується для первинної мийки мало забруднених овочів і плодів з м'якою структурою.

В усіх трьох машинах конвеєрні ланцюги, зірочки, підшипники, натяжні пристрої, а в мийних машинах КУМ-1 і КУВ-1 і нагнітач повітря є уніфікованими.

Кожна мийна машина складається з ванни 1, транспортерної стрічки 2, душового пристрою 3 і привода 4. На каркасі ванни 1 змонтовані усі вузли.

Транспортерна стрічка на машині КУВ-1 виконано з дюралюмінієвих роликів діаметром 75 мм.

Машини КУМ-1 і КУМ укомплектовані взаємозамінними роликівими і пластинчастим транспортерними стрічками для роботи на дрібному продукті.

При роботі машин плоди надходять у мийне відділення ванни безупинно. Для більш інтенсивної мийки забрудненого продукту в мийній ванні машин КУМ-1 і КУВ-1 створюється барботаж за допомогою стиснутого повітря.

Вимитий продукт із мийного відділення переміщується похилим конвеєром, у верхній частині якого (перед вивантаженням) продукт обполіскується водою з душового пристрою. Вивантаження продукту відбувається через лоток, що регулюється по висоті. Величина шару продукту, що надходить на транспортерну стрічку, у машинах КУМ-1 і КУМ регулюється засувкою.

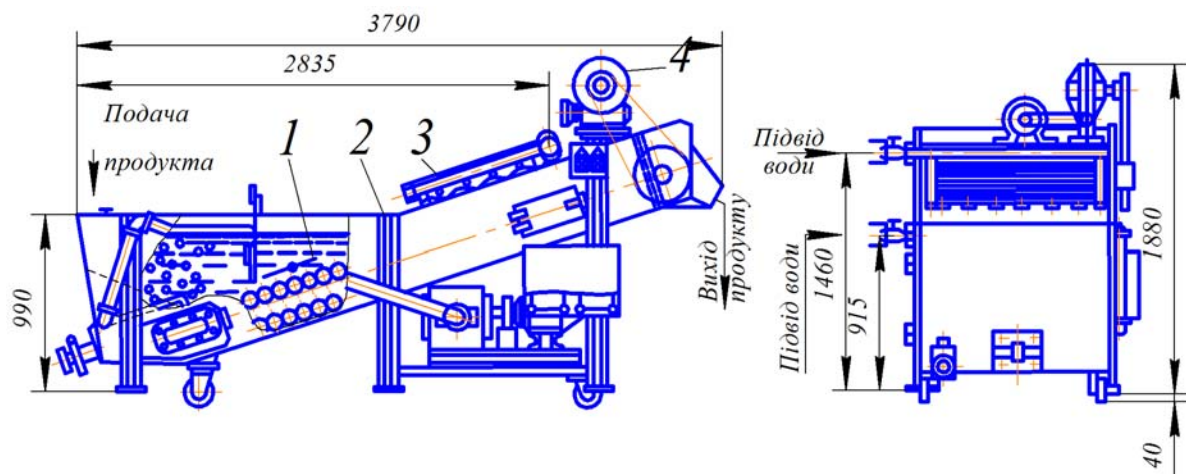


Рис. II.6 Лінійна мийна машина

### Барабанна мийна машина А9-КМ-2.

Мийка в барабанних мийних машинах здійснюється при обертанні барабана за рахунок інтенсивного перемішування сировини й ударів падаючої сировини об поверхню води. Ефективність процесу мийки визначається співвідношенням сил, що діють на сировину. При малому числі обертів барабана сировина розташовується в його нижній частині. Зі збільшенням числа оборотів барабана зростає кут підйому сировини (у гладких барабанах), і чим число оборотів більше, тим вищий підйом, відрив і висота падіння сировини. Зі збільшенням кута підйому ефективність процесу мийки підвищується в результаті кращого перемішування і більшої висоти падіння сировини. Однак при значному числі оборотів барабана може наступити такий момент, коли відцентрова сила перевищить силу ваги і сировина протягом всього обороту буде притиснута до стінок барабана, тобто процес мийки буде порушений.

Барабан може бути циліндричним, конічним, горизонтальним або похилим. Безупинно діючі машини виготовляють з похило або горизонтально розташованим барабаном. У першому випадку сировина просувається уздовж барабана завдяки нахилу, у другому – за допомогою спіралі або спеціальних насадок, приварених до внутрішньої поверхні барабана, якщо він циліндричний, або за рахунок конусності.

Барабанна мийна машина А9-КМ-2 (рис. П.7) призначена для мийки твердих плодів і овочів (коренеплодів, груш, яблук і т.д.). Вона складається з каркаса 11 з укріпленої на ньому ванною 12, що розділена перегородкою на дві частини. У кожній частині ванни розміщено по барабану 2 і 3, що однакові по довжині і діаметру. За барабаном 3 розташований третій барабан 4. Усі три барабани приводяться в обертальний рух загальним валом 7.

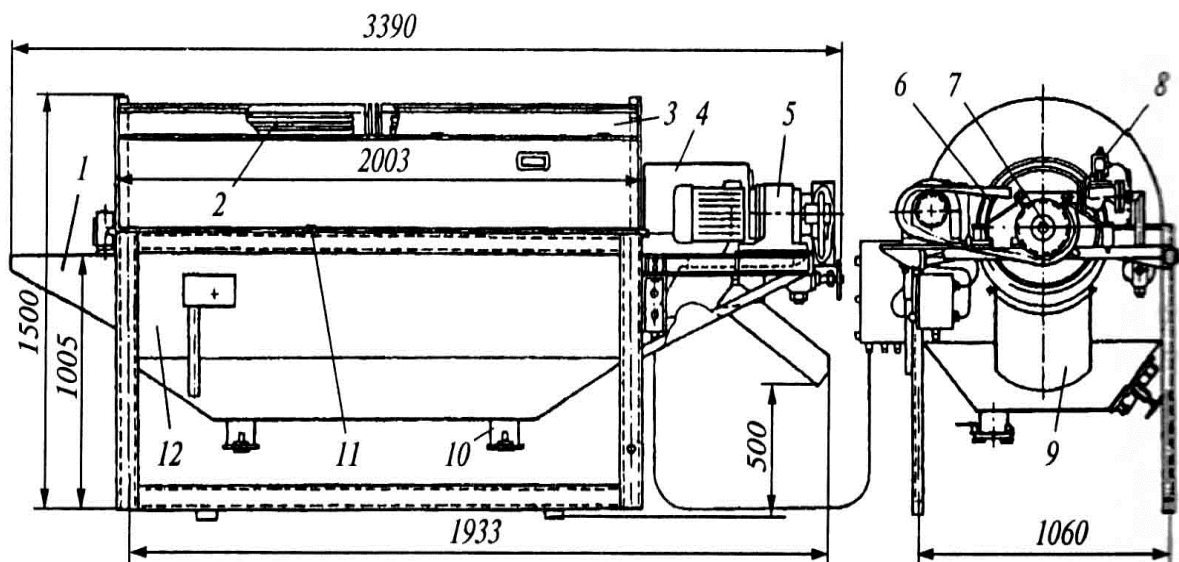


Рис. П.7 Барабанна мийна машина А9-КМ-2

Перші два барабани призначені для відмочування і відділення забруднень. На поверхні цих барабанів мають щілини, через які проходять забруднення й

осаджуються на дні ванни. Забруднення віддаляються з машини через люк 10. Третій барабан призначений для чистового ополіскування водою, для чого він обладнаний душовим пристроєм, а його поверхня перфорована. Привод машини здійснюється від мотор-редуктора 5 через ланцюгову передачу 6. Вода в душовий пристрій подається через запірний магнітний вентиль 8, зблокований із приводним електродвигуном.

Сировина в машину подається через прийомний лоток 1, з нього надходить у барабан 2, потім лопатами перекидається спочатку в барабан 3, а з нього спеціальним ковшем – у барабан 4. Промита сировина вивантажується з машини через лоток 9.

**Машина Т1-КУН** призначена для мийки петрушки, кропу, листів хрону, м'яти. Машина (рис. II. 8) складається зі станини 1, викидача 2, виносного конвеєра 3 і привода 4.

Станина являє собою зварну конструкцію з листової сталі. Верхня частина станини утворює ванну, що складається з двох відсіків попередньої й контрольної мийки. Між відсіками розташований перекидач, що складається з двох перфорованих пластин, закріплених на обертовому валу.

У відсіку контрольної мийки розташований виносний конвеєр. У нижній частині станини розміщений привід з електродвигуном і редуктором, що через ланцюгову передачу обертає викидач і виносний конвеєр.

Перед початком роботи ванна машини наповнюється водою. Зелень через вікно невеликими порціями завантажується у ванну, де потоком води переміщується до викидача, що передає її в другий відсік, і потім на виносний конвеєр. Тут зелень обполіскується і виводиться з машини.

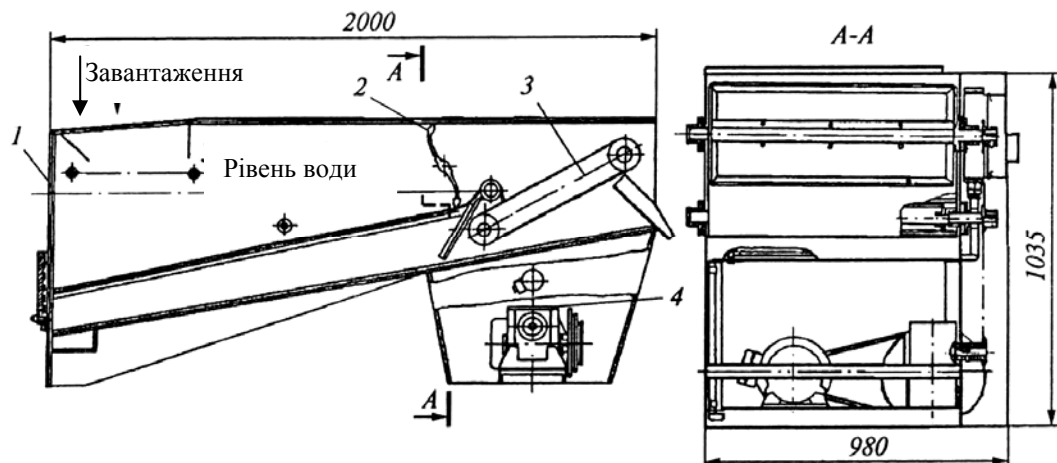


Рис. II.8 Машина Т1-КУН

**Мийні машини типу А9-КМБ** (рис. II.9) призначені для мийки томатів і іншої м'якої по консистенції сировини.

В даний час у промисловості використовуються три типи машин цієї марки (А9-КМБ-4, А9-КМБ-8, А9-КМБ-16), що розрізняються тільки по ширині і швидкості руху роликового конвеєра.

Основою машини служить ванна 1, що прикріплена до двох спарених підставок – передньої 14 і задньої 10, що виготовлені з кутового прокату. Ванна має

люк 16 для видалення забруднень з ванни при санітарній обробці машини і клапан 15 для періодичного видалення забруднень без зупинки машини. У ванні встановлені похила решітка, роликівий конвеєр 3 і повітряний барботер. Роликівий конвеєр 3 приводиться в рух від мотор-редуктора 8 через ланцюгову передачу 6.

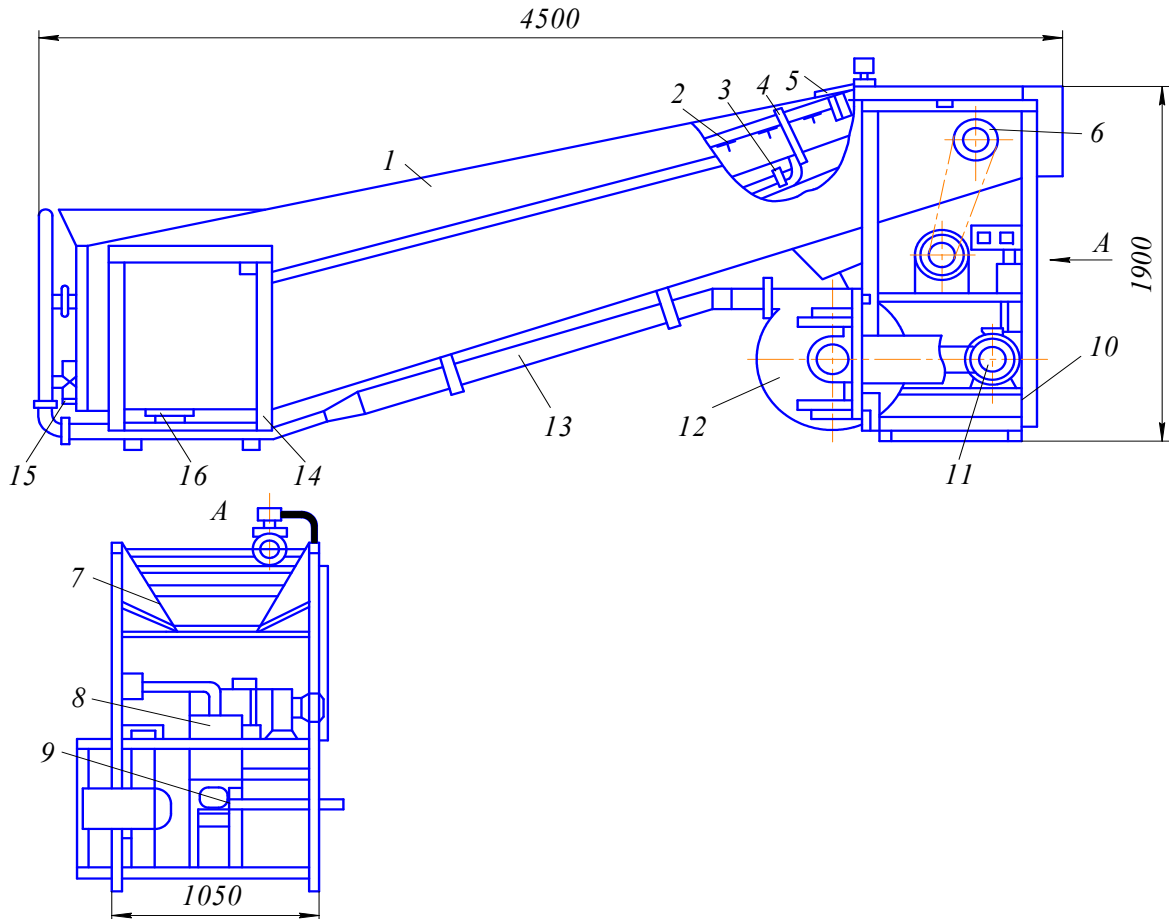


Рис. П.9 Мийна машина А9-КМБ

В кінці ванни над роликівим конвеєром 3 розташований шприцювальний пристрій 4 з насадками 2 для чистового ополіскування сировини.

Вода в шприцювальний пристрій 4 подається через запірний магнітний вентиль 5, заблокований із приводом машини і перекриваючий подачу води в шприцювальний пристрій 4 при зупинці машини.

При санітарній обробці машини, а також при ремонті роликівий конвеєр 3 за допомогою підйомника 9 повертається навколо осі верхніх зірочок і виводиться з ванни. Привод підйомника ручний. Для подачі повітря в барботер на задній підставці 10 встановлений вентилятор 12 високого тиску з індивідуальним електродвигуном 11. До повітряного барботера повітря подається по повітропроводу 13.

Сировина подається у ванну на похилу решітку, під якою розташований барботер. Висхідні потоки повітря надають руху сировині у ванні, інтенсифікуючи відмочування і відділення забруднень.

З похилої решітки сировина попадає на роликовий транспортер 3, де продовжується процес відмивання і відділення забруднень від сировини за рахунок тертя плодів при їхньому повороті обертовими роликами конвеєра. Сировина при виході з ванни перед надходженням на лоток 7 ополіскується струменями чистої води, що подаються з насадок 2 шприцевих колекторів.

#### II.4 Машини для миття зерна

Зволоження і мийка зерна — це процеси підготовки зерна до розмелювання. При зволоженні в зерні відбуваються фізико-біологічні зміни, у результаті яких полегшується відділення оболонки від зерна при незначних втратах ендосперми, при мийці очищається поверхня зерна, відділяються важкі і легкі домішки, відділяються мікроорганізми.

Для зволоження і миття зерна на борошномельних заводах застосовують:

- машини, у яких зерно зволожують холодною або теплою водою з метою зміни при гідротермічній обробці його фізичних властивостей;
- машини для зволоження зерна паром перед шелушінням або плющенням при переробці різних культур у крупу;
- машини, що відокремлюють домішки, які відрізняються від зерна гідродинамічними властивостями.

Промисловість випускає три типи зволожувальних машин: водоструменеві, водорозпилюючі для додавання води в розпиленому стані і комбіновані мийні машини з вертикальною віджимною колонкою.

Більш рівномірне змочування поверхні зерна досягається в машинах, у яких вода в зерно додається в розпиленому стані.

У комбінованих мийних машинах вода служить середовищем для виділення домішок, що важко відділяються при сухому способі очищення. Доцільно подавати зерно в мийну ванну в зоні утворення висхідних потоків води, тобто проти напрямку обертання зернових шнеків.

**Машина А1-БМШ** (рис. II.10) призначена для мийки, віджиму і луцення зерна. Машина являє собою корпус 9 і траверсу 6, виконані з чавуна і скріплені між собою трьома пустотілими металевими стійками 11, що утворюють станину машини. До траверси болтами прикріплена кришка 19, що разом із траверсою утворить кільцевий канал. Через нього продукт вивантажується з машини.

Один з основних робочих органів машини – ротор 15, що складається з вала і п'яти розеток. До них болтами прикріплені десять бичів, скріплених унизу сталевим кільцем. На кожному бичі знаходиться 15 гонок, кожна з яких розташована під кутом 40° до горизонталі. Угорі на п'ятьох бичах розташовані чавунні гонки, що відкидають зерно у випускний патрубок.



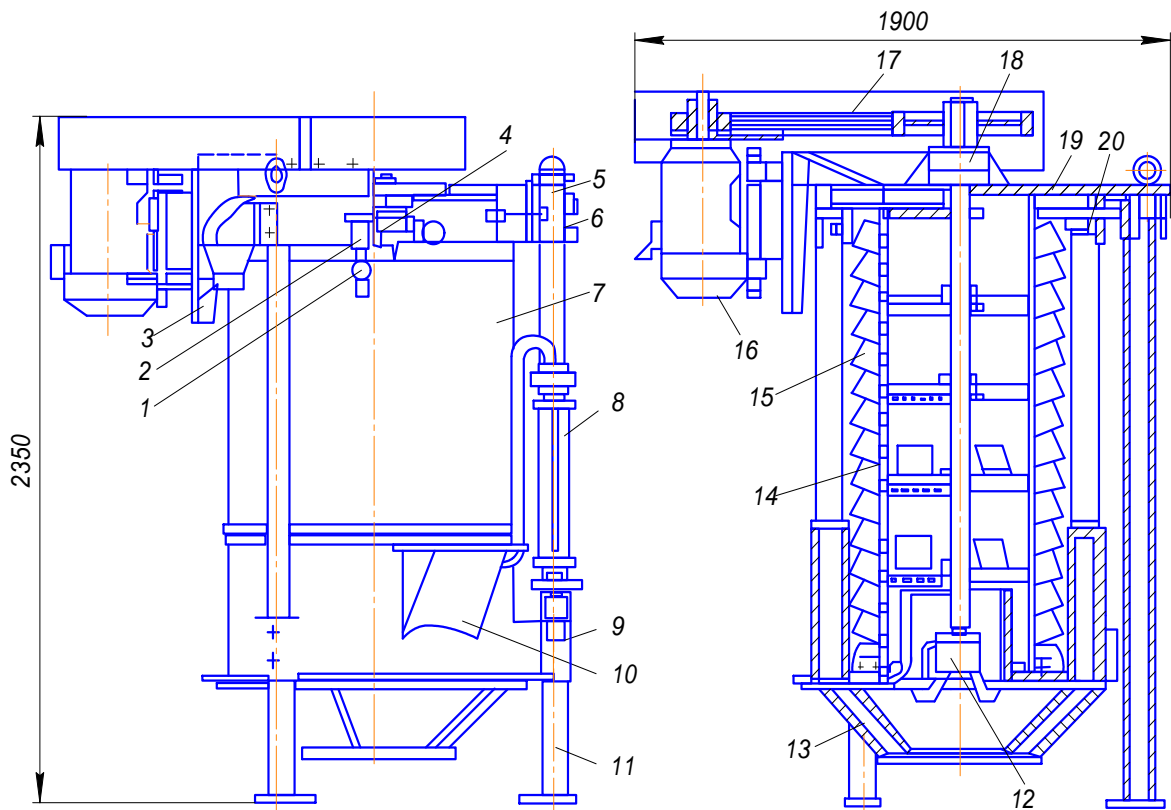


Рис. П.10 Машина А1-БМШ для мокрого луцнення зерна

На нижніх гонках прикріплені регульовані пластини, а на двох нижніх розетках – по п'ять додаткових гонок, що відкидають зерно з центра машини в робочу зону.

Нижня частина ротора розташована на висоті 300 мм у кільцевому каналі (між стінками внутрішнього і середнього циліндрів корпусу машини), що утворює мийну зону. Вал ротора обертається у верхньому 18 і нижньому 12 підшипникових вузлах. Корпуси останніх прикріплені до верхньої кришки і корпусу. Після зборки ротор балансують.

Ротор приводиться в рух електродвигуном 16 за допомогою клинопасової передачі 17. Електродвигун шарнірно закріплено на кронштейні кришки. Натяг ременів забезпечують натяжними гвинтами і поворотом плити.

Ситовий циліндр 14 складається з двох половин, з'єднаних болтами через дві регульовальні планки. Його встановлюють так, щоб вихідна частина еліптичних отворів розміром 1,1×10 мм була звернена по напрямку обертання ротора. Зовні зона розташування ситового циліндра закрита кожухом 7. У вільний простір якого попадають оболонки зерна і відпрацьована вода, що потім видаляються з машини.

З поверхні ситового циліндра 14 і кожуха прохідні частки видаляються змивним пристроєм. Він складається з трубчастого пластмасового кільця 20 із двома рядами отворів, мембранного вентиля 4 з електромагнітним приводом, фільтра 2, запірного вентиля 1 і випускного патрубку 3.

Принцип дії машини полягає в наступному. Зерно через прийомний патрубок 10 рівномірно подається в мийну зону машини. Одночасно сюди надходить вода. Її витрату контролюють ротаметром 8. Зерно, що попало в нижню частину

машини, підхоплюється гонками і піднімається нагору, проходячи зону мийки, віджимання і лушіння, камеру викиду. Рівень води в зоні мийки змінюють установкою знімної кришки з отворами. Надлишок води з миючої зони видаляється через верхній край середнього циліндра або через отвори знімної кришки. Зерно в момент підйому під дією відцентрової сили, що створюється ротором, відкидається до поверхні ситового циліндра.

В результаті тертя зернин між собою і об сито поверхня зерна очищається від надірваних оболонок і частково від зародка і борідки, при цьому з поверхні зерна видаляється надлишкова волога.

Прохідні частки, пройшовши через отвори в ситовому циліндрі, падають вниз. Частки, що осіли на зовнішній поверхні кожуха, періодично змиваються водою і разом з основною масою відходів через кільцевий конусний канал 13 виводяться з машини.

**Машина мийна А1-БМГ** (рис. П.11) призначена для мийки круп і зернобобових. У машині здійснюється видалення легких домішок, власне мийка продукту і видалення забрудненої води з поверхні зернових.

Мийна машина складається зі станини 9, на якій змонтовані телескопічний живильник 1, мийної ванни 2, ситового кузова 3 і системи трубопроводів. Живильник 1 являє собою дві коаксиально встановлені труби, виконані з можливістю осьового переміщення і з фіксацією в будь-якому положенні. Вони служать для подачі крупи у воду на будь-яку глибину в залежності від виду крупи.

Мийна ванна 2 складається зі зварного корпусу 4 з нержавіючої сталі і миючого шнека 5 з лопатками 6. Шнек 5 діаметром 220 мм і кроком 180 мм встановлений під кутом  $20^\circ$  до горизонту, так що його останні витки виходять з води. У розвантажувальній частині шнека між витками встановлені лопатки 6 для перемішування крупи. Кут нахилу лопаток регулюється в залежності від необхідної інтенсивності мийного процесу. Корпус 4 мийної ванни 2 має зливний патрубок для брудної води з легкими домішками.

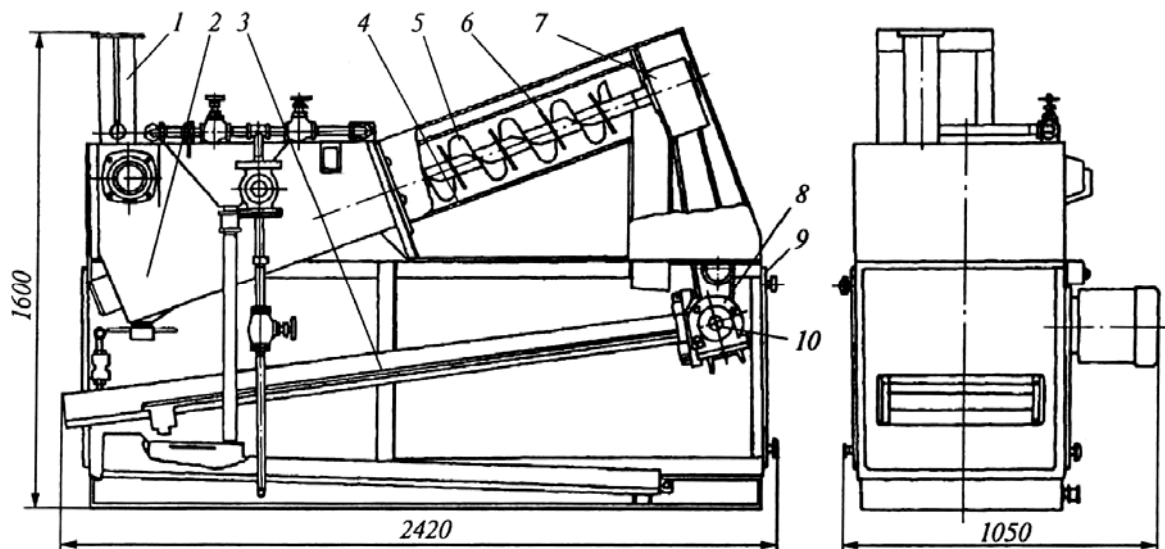


Рис. П.11 Мийна машина А1-БМГ

Ситовий кузов 3 призначений для відділення води від вимитої крупи і від легких домішок і являє собою зварний каркас з нержавіючої сталі, всередині якого встановлені дві ситові рамки з металотканими ситами. Кузов робить коливальні рухи з частотою 950 кол./хв. і амплітудою 1,5 мм, що створює ексцентриковий механізм 10. Вода, відділена від продукту, по піддонах надходить у систему відвідних трубопроводів.

Електродвигун 8 встановлюється на рамі машини і за допомогою муфти з'єднується з валом вібратора, а з останнього за допомогою клинопасової передачі обертання передається черв'ячному редукторові 7, на тихохідному валу якого закріплюється вал шнека мийної ванни.

Мийна машина А1-БМГ працює наступним чином. Крупа подається в живильник 1 машини в залежності від виду крупи або на поверхню води, або на визначену глибину. Легкі домішки спливають і разом із брудною водою через зливний патрубок надходять на друге сито кузова 3, де від них відокремлюється вода а домішки виводяться в збірник відходів.

Крупа в мийній ванні 2 перемішується і транспортується шнеком 5 до впускного патрубку, потім надходить на вібросито, де від неї відокремлюється вільна вода, і виводиться з машини.

**Інженерні розрахунки.** *Продуктивність  $\Pi$  (кг/с) мийних машин періодичної дії*

$$\Pi = V\rho\alpha / (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3),$$

де  $V$  – місткість миючої камери, м<sup>3</sup>;  $\rho$  – насипна щільність зерна, кг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт заповнення миючої камери зерном;  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  – відповідно тривалість завантаження, мийки і розвантаження, с.

*Продуктивність  $\Pi$  (кг/с) мийних машин безперервної дії*

$$\Pi = Sv\rho,$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу переміщуваного шару сировини, м<sup>2</sup>;  $v$  – подовжня швидкість переміщення сировини по миючій камері, м/с;  $\rho$  – насипна щільність зерна, кг/м<sup>3</sup>.

*Продуктивність  $\Pi$  (кг/с) шнекової мийної машини*

$$\Pi = 15\pi(D^2 - d^2)tn\varphi\rho_m k_1,$$

де  $D$  – зовнішній діаметр шнека, м;  $d$  – діаметр вала, м;  $t$  – крок шнека, м;  $n$  – частота обертання шнека, хв<sup>-1</sup>;  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;  $\rho_m$  – насипна щільність продукту, кг/м<sup>3</sup>;  $k_1$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу подовжньої осі шнека до горизонтальної площини.

## II.5 Обладнання для миття тваринної сировини

**Барабанна мийна машина БСН-2М** (рис. II.12) застосовується для мийки туш дрібних тварин після знекровлювання.

Машина БСН-2М має перфорований сталевий барабан 9 з обичайкою хвилястої форми. До обичайки прикріплені плоскі днища з цапфами, що встановлені в підшипниках 10, розміщених на станині 13. Всередині обичайки передбачений люк для завантаження-вивантаження туш, що закривається відкидною

кришкою 15. Знизу барабан поміщений у піддон 12 з люком із затвором 11 для вивантаження продукції. Зверху барабан закритий кожухом 16, що має люк із кришкою 14. Барабан приводиться в обертання від мотор-редуктора 1 через ланцюгову передачу, що складається з ланцюга 3, натяжного ролика 4, відомої 2 і веденої 7 зірочок.

У системі керування передбачений пульт керування 5, кінцевий вимикач 6 і гальмо, що дозволяють зупинити барабан у положенні, зручному для завантаження. При необхідності барабан можна повертати вручну маховиком 8.

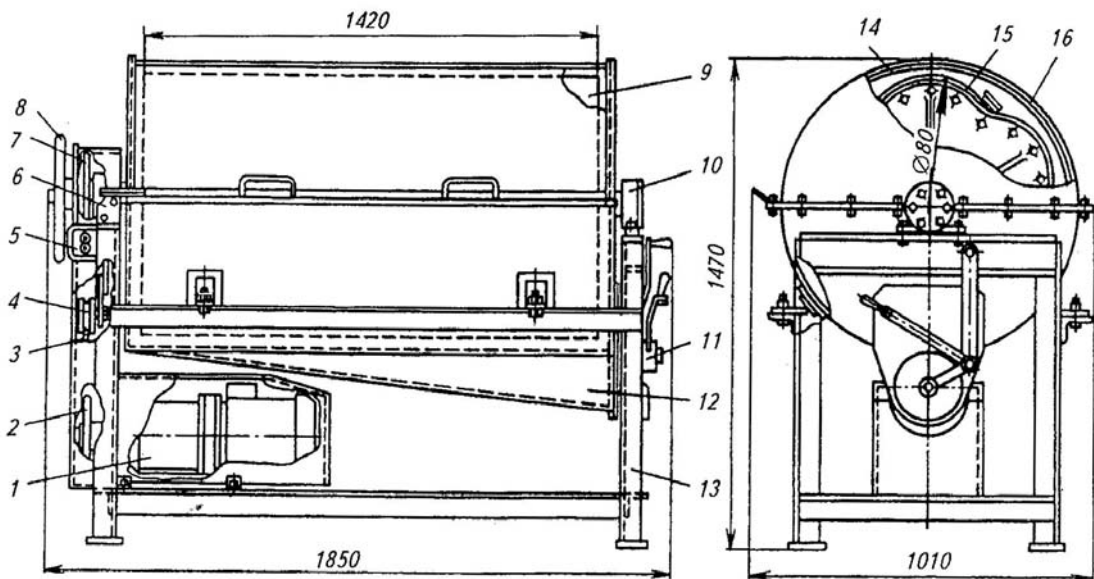


Рис. П.12 Барабанна мийна машина БСН-2М

**Мийна машина ДО7-ФМГ** (рис. П.13) застосовується для мийки туш свиней в шкірі після знекровлювання.

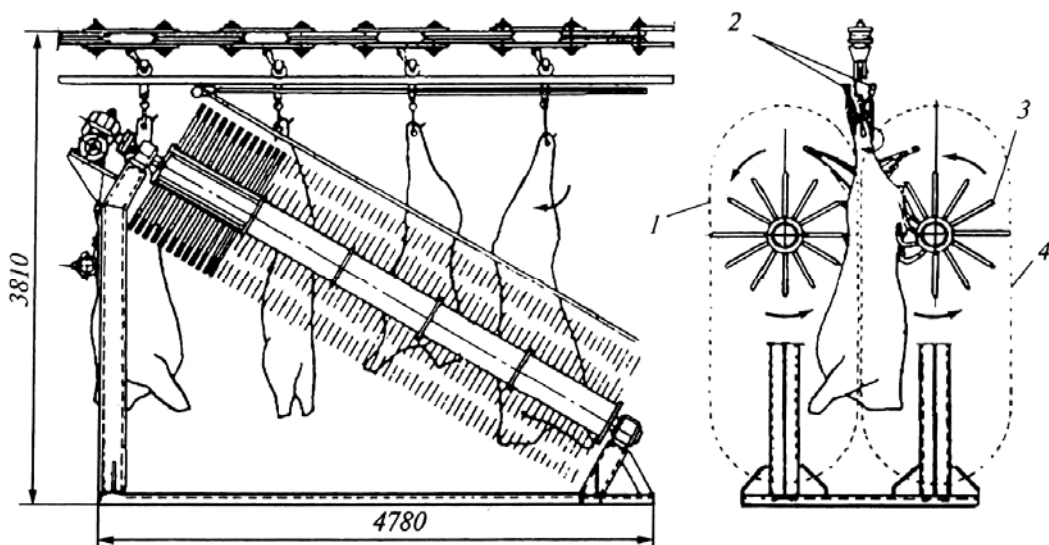


Рис. П.13 Мийна машина ДО7-ФМГ для туш свиней у шкірі після знекровлювання

Машина складається з двох каркасів 2 і 3. Всередині кожного каркаса під кутом  $25^\circ$  до горизонтальної площини в підшипниках кочення встановлений щітковий барабан 4. В ньому закріплені капронові нитки діаметром 1 мм. Привід кожного барабана здійснюється від індивідуального електродвигуна через муфту і редуктор.

Над барабанами встановлені зрошувальні труби 1 з форсунками, через які з водогінної мережі подається вода для мийки туш. Зовні барабани закриті кожухами. Барабани обертаються назустріч один одному, і при проходженні туші між ними щітками здійснюються мийка і видалення механічних забруднень.

**Інженерні розрахунки.** *Продуктивність машин для мийки туш тварин П* (кг/год.)

$$P = 3600 mv / l,$$

де  $m$  – маса однієї гаси, кг;  $v$  – швидкість руху ланцюгового транспортера, м/с;  $l$  – крок розташування туш на ланцюговому транспортері, м.

## II.6 Обладнання для миття тари

Мийні машини для тари та сировини класифікуються за наступними ознаками:

- за принципом дії - безперервної та періодичної дії;
- в залежності від об'єкту оброблення;
- за типом пристроїв, які переміщують об'єкти відмивання - лінійні, барабанні, карусельні;
- за способом впливу мийного середовища - на шприцювальні, відмочні, відмочувально-шприцювальні;
- за кількістю відмочних ван.

**Пляшккомийна машина** (рис. II.14) призначена для миття скляної тари і може знайти вживання в лініях розфасовки продуктів в пляшки, банки і подібну тару в харчовій, хіміко-фармацевтичній і інших галузях промисловості.

Машина працює таким чином. Подавальний транспортер 17 підводить пляшки до пристрою 11 для завантаження, за допомогою якого вони завантажуються в гнізда пляшконосіїв 13. За один кінематичний цикл прийнятий час проходження пляшконосіїв 13 відстані, рівної кроку  $t$ . За цей же час відбувається завантаження одного пляшконосія пляшками. Кривошип робить один оборот за половину кінематичного циклу. В цей же час пляшконосії 13 переміщуються на відстань, рівній  $t/2$ , і роблять один вистій. За наступний оборот кривошипа пляшконосіїв 13 переміщуються ще на відстань  $t/2$  і роблять ще один вистій. Таким чином, за один кінематичний цикл пляшконосіїв 13 переміщуються в два етапи на крок  $t$ , роблячи два вистої. В один з вистоїв пристрій 11 для завантаження завантажує в пляшконосій 13 партію пляшок, рівну числу гнізд в пляшконосіїв 13. Пляшки проходять послідовно ванни 2 і 3, де вони відмочуються спочатку у воді, а потім в лужному розчині, далі переміщуються до шприцюва-

льних пристроїв 15. Під час кожного з вистоїв відбувається шприцювання пляшок, під час переміщення пляшконосіїв 13 відбувається спорожнення пляшок від води, що залишилася після шприцювання. Таким чином, за один кінематичний цикл шприцювання здійснюється двічі. Вимиті пляшки за допомогою пристрою 12 для вивантаження встановлюються на відповідний транспортер 18 і поступають до подальшого устаткування лінії розлива.

З метою зменшення габаритів пляшкоминої машини, зниження енерговитрат і металоємності, кількість зубів храпового колеса виконано в ціле число раз більшим, ніж кількість зубів приводної зірочки транспортера пляшконосіїв, а труби шприцювальних пристроїв встановлені з кроком, в те ж ціле число раз меншим, ніж крок між пляшко носіям.

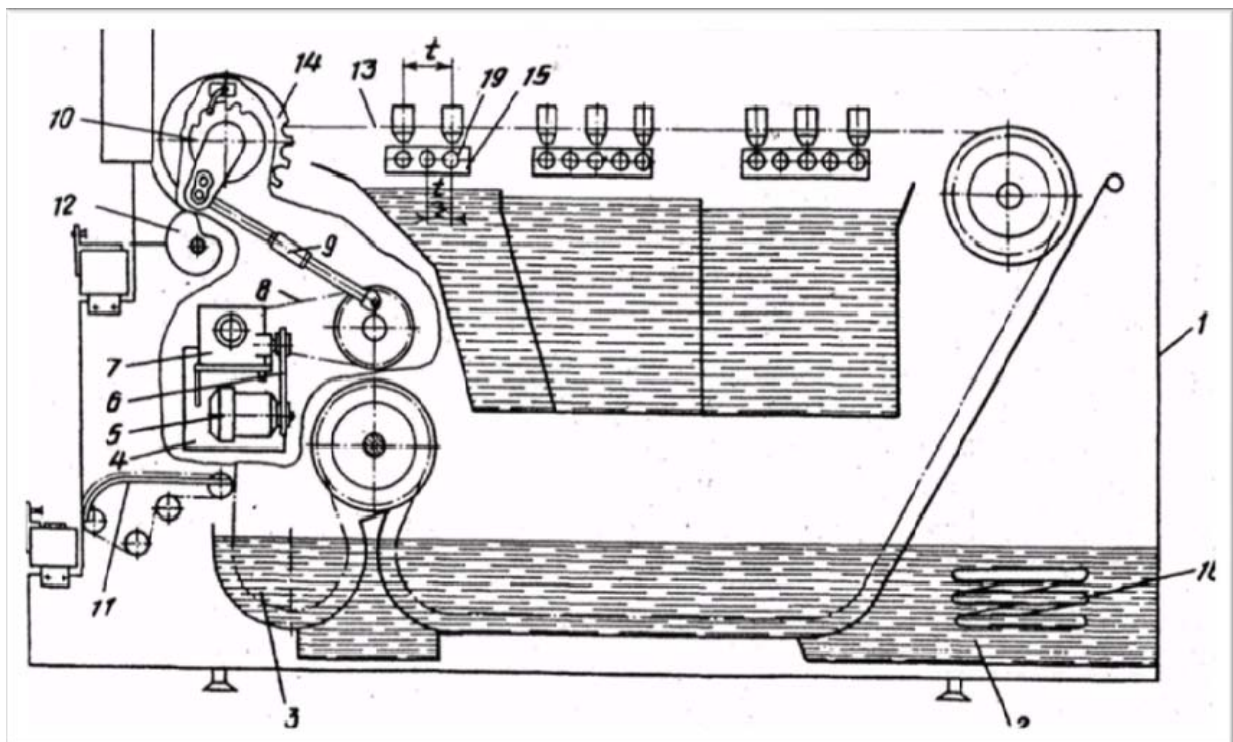


Рис П.14 Пляшкомийна машина

1 – корпус; 2,3 – відмочувальні ванни; 4 – привід; 5 – електродвигун;  
6 – варіатор; 7 – редуктор; 8 – ланцюгова передача, 9 – храповий механізм;  
10 – храпове колесо, 11 – пристрій для завантаження пляшок; 12 – пристрій для  
вивантаження пляшок, 13 – транспортер пляшко носіїв; 14 – привідна зірочка;  
15 – шприцювальний пристрій, 16 – підігрівач; 17 – подавальний транспортер;  
18 – відповідний транспортер; 19 – форсунки

Крім розглянутої пляшкоминої машини є другі конструкції, які принципово не відрізняються від описаної. Шлях проходження тари починається з завантаження в пляшконосії, проходження ванн замочування, відмивання, шприцювання, просушування та вивантаження.

## **Запитання для самоперевірки до розділу II**

1. Мийка сільськогосподарської сировини.
2. Класифікація обладнання для миття сировини.
3. Бурякомийці машини з низьким, високим рівнем води.
4. Барабанна мийна машина для буряків. Устрій, принцип роботи.
5. Машина для мийки буряків Ш1-ПМД.
6. Обладнання для мийки плодів і овочів.
7. Машини для миття зерна. Машина А1-БМШ. Устрій, принцип роботи.
8. Продуктивність мийних машин безперервної та періодичної дії.
9. Обладнання для миття тваринної сировини. Продуктивність машин для мийки туш тварин.
- 10.Пляшкомийні машини. Устрій, принцип роботи.

### III УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ РОСЛИННОЇ І ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ

**Розбирання** — це процес розділення малоцінних в харчовому відношенні частин рослинної і тваринної харчової сировини на складові частини.

Розбирання пов'язане з очищенням сировини від зовнішнього покриву (плодової оболонки, шкірки коренеплодів, шкіри тварин, пера птахів і т. п.), видаленням неїстівних і малоцінних в харчовому відношенні частин (скелетних структур, кісточок плодів, крові, кісток і сухожилів тварин і т. п.), а також з витяганням корисних компонентів (соку, цукру, жиру і т. п.). Якісне здійснення процесу розбирання харчової сировини багато в чому визначає ефективність проведення подальших процесів його обробки.

Для розбирання харчової сировини рослинного і тваринного походження застосовуються наступні способи очищення від зовнішнього покриву: фізичний (термічний), пароводотермічний, механічний, хімічний, комбінований, випалення повітрям.

**Фізичний (термічний) спосіб очищення.** Суть парового способу очищення овочів і картоплі полягає в короткочасній обробці (картоплі протягом 60.70 с, моркви протягом 40.50 с, буряків протягом 90 с і т. д.) парою (під тиском 0,30...0,50 Мпа і при температурі 140...180 °С) для проварювання поверхневого шару тканини з подальшим різким зниженням тиску.

В результаті обробки парою шкірка і тонкий поверхневий шар м'якоті (1...2 мм) сировини прогріваються, під дією перепаду тиску шкірка спучується, лопається і легко відділяється від м'якоті. Потім овочі поступають в мийно-очисну машину, де в результаті тертя бульб між собою і гідравлічної дії струменів води під тиском 0,2 Мпа шкірка змивається і видаляється.

**Пароводотермічний спосіб очищення** передбачає гідротермічну обробку (водою і парою) овочів і картоплі. В результаті такої обробки ослабляються зв'язки між клітками шкірки і м'якоті, і створюються умови для механічного відділення шкірки.

Пароводотермічна обробка сировини складається з наступних стадій:

- теплової обробки сировини паром в чотири етапи: 1) нагрівання, 2) бланширування, 3) попередня і 4) остаточна парова обробка;
- водяної обробки, яка здійснюється частково в автоклаві за рахунок конденсату, що утворюється, а в основному — в термостаті протягом 5...15 хв. залежно від виду і розмірів сировини в мийно-очисній машині;
- механічної обробки, яка проводиться в мийно-очисній машині за рахунок тертя бульб між собою;
- охолодження під душем після обробки в мийно-очисній машині.

**Механічний спосіб очищення** полягає у видаленні шкірки продуктів тваринного і рослинного походження шляхом стирання її шорсткими (абразивними) поверхнями, а також у видаленні неїстівних або пошкоджених тканин і органів овочів і фруктів, видалення насіння або кісточок у фруктів, зріз хвостика і шийки у цибулі, видаленні листової частини і тонких корінців у коренеплодів ножами і



т.п.. Очищення методом стирання шкірки проводиться при безперервній подачі води для змивання і видалення відходів.

**Хімічний спосіб очищення** полягає в тому, що овочі, картопля і деякі фрукти і ягоди (сливи, виноград) обробляють нагрітими розчинами лугів, переважно розчинами їдкою натру (каустичної соди), рідше – їдкою калію або негашеного вапна.

Сировину, призначену для очищення, завантажують в киплячий лужний розчин. В процесі обробки протопектин шкірки піддається розщеплюванню, зв'язок шкірки з клітками м'якоті порушується і вона легко відділяється і змивається водою в щіткових, роторних або барабаних мийних машина протягом 2...4 хв. під тиском 0,6...0,8 Мпа.

**Комбінований спосіб очищення** передбачає поєднання двох і більше чинників, що впливають на оброблювану сировину (пари і лужного розчину, лужного розчину і механічного очищення, лужного розчину і інфрачервоного нагріву і ін.).

**Випалення повітрям** проводиться при температурі 800...1300°C протягом 8...10 с, в підшкірному шарі картоплі волога майже миттєво перетворюється на пару, яка і відокремлює шкірку від м'якоті бульби і розриває її. Випалення ведеться у футерованих барабанах, що обертаються, обігриваються продуктами згорання природного газу або рідкого палива. Він може бути здійснений в печах з електронагрівом при переміщенні продукту в лотках ланцюговим транспортером.

### III.1 Підготовка рослинної сировини

Очищення зерна від пилу, надірваних оболонок, а також часткове відділення зародка проводиться в оббивних машинах.

*Щіткові* машини призначені для очищення поверхні і борідки зерна від пилу і зняття надірваних оболонок, що утворюються після пропуску зерна через оббивні машини.

У технологічному процесі переробки круп'яних культур із зерна видаляють квіткові плівки, плодові і насінні оболонки. Залежно від структурно-механічних, фізико-хімічних властивостей зерна, його біологічних особливостей луцення проводять в *луцильних і шліфувальних* машинах різних конструкцій.

Процес шліфування полягає в остаточному видаленні з поверхні зерна ядра оболонок (і частково зародка), що залишилися після луцення, а також в обробці круп до встановленої форми (округлої, кулястої) і необхідного зовнішнього вигляду.

*Гребневіддільні* машини призначені для дроблення винограду і відділення гребенів. Причому під дробленням розуміється руйнування шкірки ягід і їх клітинної структури, що полегшує отримання соку. Процес дроблення винограду проводиться з відділенням або без відділення гребенів. У першому випадку в суслі менше дубильних речовин, зате в другому – процес прискорюється за ра-

хунок того, що гребені перешкоджають спресуванню мезги і покращують дренаж.

*Протиральні* машини використовуються у виробництві пюреподібних продуктів, соків, концентрованих томатопродуктів і інших рослинних напівфабрикатів.

*Протирання* — це процес відділення маси плодоовочевої сировини від кісточок, насіння, шкірки шляхом продавлювання на ситах через отвори з діаметром 0,7...5,0 мм.

*Фінішування* — це додаткове, тонше подрібнення протертої маси шляхом пропускання через сито з діаметром отворів менше 0,4 мм.

В процесі протирання або фінішування маса, що переробляється, потрапляє на поверхню рухомого бича. Під дією відцентрової сили вона притискається до робочого сита. Напівфабрикат через отвори проходить в збірник, а відходи просуваються до виходу з робочого сита.

## III.2 Підготовка тваринної сировини

**Зняття шкур і пір'яного покриву з туш.** Відділення шкіри можливе механічним, тепловим, хімічним або комбінованим способами. На підприємствах м'ясної промисловості найбільшого поширення набули машини для механічного відділення шкіри. Залежно від виду туш їх підрозділяють на установки для крупної і дрібної рогатої худоби і для свинячих туш.

Зйомка шкур – фізико-механічний процес руйнування зв'язків між шкірою і шарами, що пролягають нижче. Застосовують механічну зйомку шкур шляхом розрізу і розриву підшкірного шару. При розрізанні знімають шкіру мінімальної товщини. Питома сила при розрізанні підшкірного шару складає 0,7...1,0 кН на 1 м лінії розрізу при витраті енергії 30...40 кДж/м<sup>2</sup>. Для розриву підшкірного шару потрібна питома сила 2...5 кН/м, робота руйнування рівна 4,10 кДж/м<sup>2</sup>. Метод розриву легко механізувати; при цьому отримують хорошу якість поверхні туші і шкіри.

Принцип роботи більшості машин і автоматів, що знімають оперення з тушок птаха, заснований на використанні сили тертя гумових робочих органів по оперенню. При цьому необхідно, щоб сила тертя, що виникає при зіткненні поверхні робочого органу з оперенням, перевищувала силу зчеплення оперення з шкірою тушки.

Іноді на птахопереробних підприємствах стикаються з необхідністю переробки водо плаваючої птиці в період линьки. При цьому на автоматах для обскубування на тушках після обробки залишаються невидалені пеньки. Пеньки з тушок такого птаха видаляють воскуванням, під час якого з тушок віддаляються і інші залишки оперення.

Воскування позитивно впливає на якість обробки: згладжуються дефекти технологічної обробки, поліпшуються колір і товарний вид тушок птиці завдяки утворенню тонкого глянцевого шару воску на поверхні.

Лускоз'ємні машини діляться на дві групи: для групової і поштучної обробки риби. Групова обробка проводиться в барабанах, внутрішня робоча поверх-

ня яких утворена різними типами скребків. Поштучна обробка риби проводиться барабанами, на зовнішній поверхні яких є скоби, насічки або рифи. Очищення риби здійснюється шляхом механічної дії на луску поверхонь, що обертаються.

На рис. III.1 приведена класифікація способів очищення харчової сировини від зовнішнього покриття. Вибір способу для очищення сировини визначається видом овочів і фруктів, що поступають на обробку, видом продукції, що випускається.

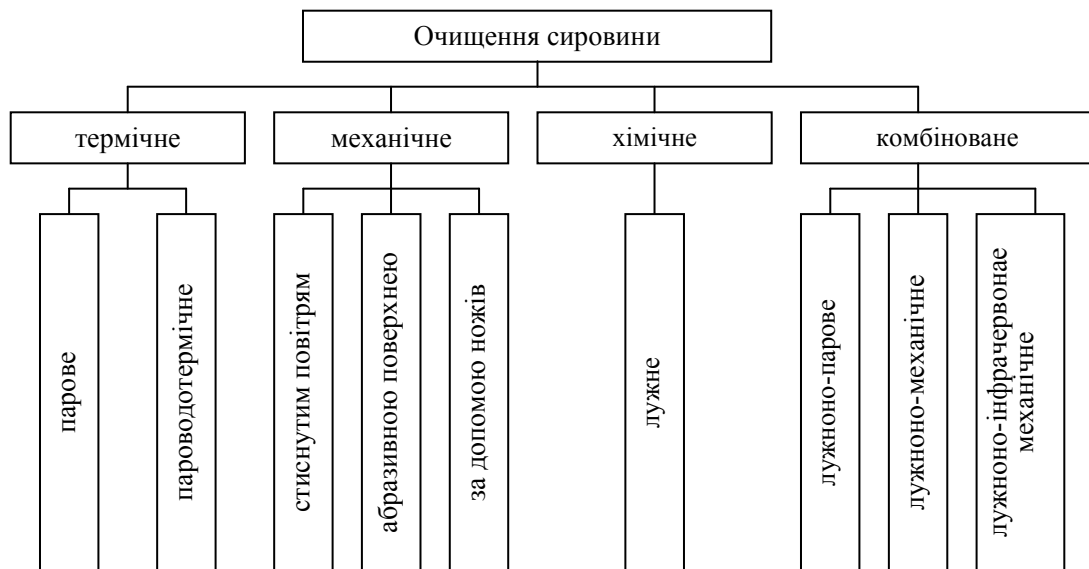


Рис. III.1 Класифікація способів очищення

### III.3 Машини для підготовки зернових

Основним робочим органом оббивальних машин є бичевий ротор, що обертається і знаходиться в нерухомому сітчастому циліндрі. Між бичами і циліндром встановлюють певний зазор. Зерно під дією відцентрових сил бичевого ротора, що обертається, відкидається до сітчастого циліндра і піддається багаторазовій механічній дії з боку бичів в результаті ударів, тертя об ситову поверхню і між зернівками. В результаті пил, пісок, частинки плодкових оболонок, зародок і борідки відділяються від зерна і проходять через отвори сита. Залежно від виду оббивальної машини зерно і продукти лущення об'єднуються або виводяться роздільно.

**Горизонтальна оббивальна машина РЗ-БГО-6** (рис. III.2) складається з приймального пристрою, корпусу 1, бичевого ротора, сітчастого циліндра, приводу, випускних пристроїв і станини.

Приймальний пристрій складається з патрубку 2, що подає зерно в магнітний апарат 3. Останній забезпечений вантажним клапаном. Приймальний пристрій встановлений з боку приводу машини. Блок магнітів розташований в лотку, який можна легко зняти і видалити металоманітні домішки.

Корпус 1 зварений з листового матеріалу і встановлений на станині.

З однієї сторони зроблена кришка з запорними ручками. У корпусі передбачені отвори для приймального пристрою, аспіраційного патрубку 5 і випуску проходу. Бичевий ротор 6 складається з порожнистого валу, з торців якого приварені півосі, що встановлені в шарикопідшипниках. На консольній частині півосі розташований привідний шків.

На порожнистому валу по твірній закріплено гвинтами вісім бичів, що являють собою поздовжні сталеві пластини. До кожного бича приварені короткі гонки, причому на чотирьох бичах гонки встановлені під кутом  $80^\circ$ , а на останніх – під кутом  $60^\circ$  до осі ротора. Гонки кожного бича мають різну висоту: п'ять крайніх гонок з обох його кінців коротші середніх. В результаті цього зерно в різних зонах має різну швидкість. Відносний рух потоків збільшує інтенсивність тертя і відповідно підвищує ефективність очищення зерна.

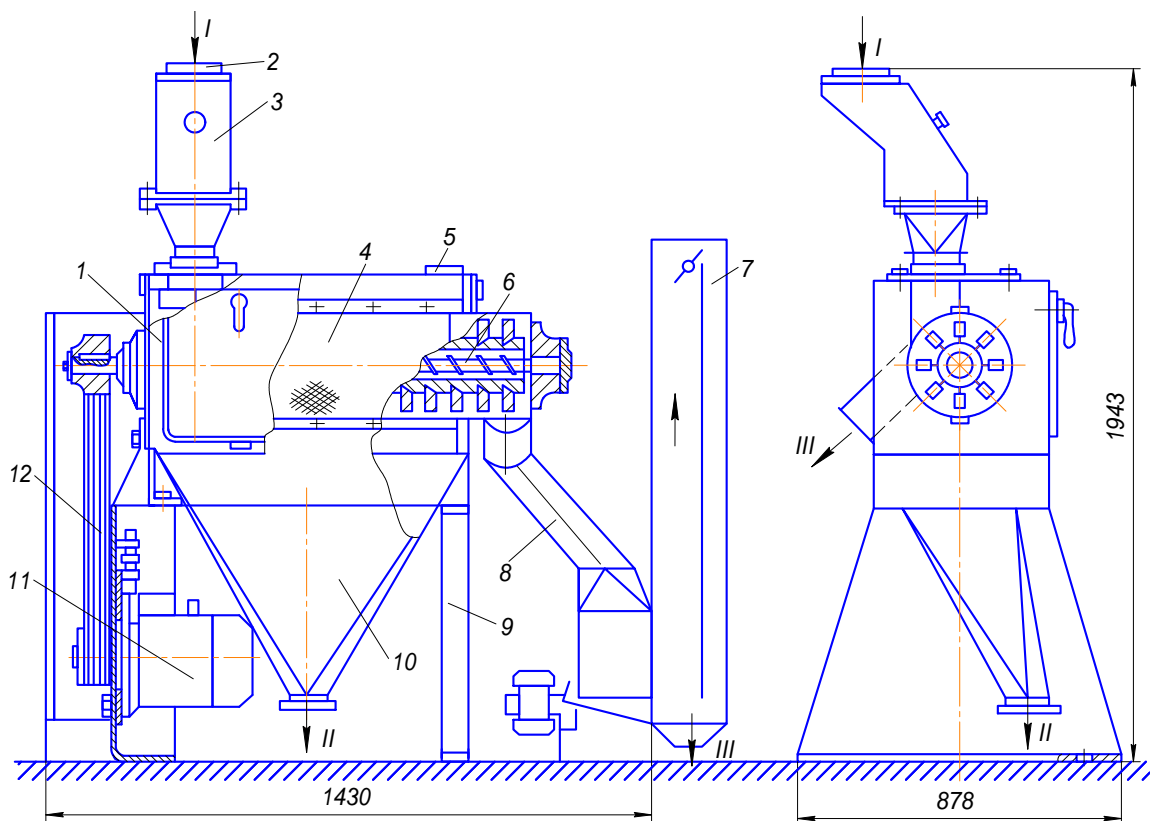


Рис. III.2 Горизонтальна оббивальна машина РЗ-БГО-6

Сітчастий циліндр 4 складається з двох половин, з'єднаних у вертикальній площині. Сітка прикріплена до дерев'яної рами гвинтами. Сітчастий циліндр зажимають на циліндричних патрубках живильника і випускного пристрою.

Привід машини здійснюється від електродвигуна 11 через клинопасову передачу 12.

Випускні пристрої призначені для виведення частинок, відокремлених від зерна, проходом через сито і очищеного зерна – сходом з нього. Для виведення частинок, відокремлених від зерна, під сітчастим циліндром встановлений випускний бункер 10, прикріплений до корпусу машини. Очищене зерно виводиться через випускний патрубок 8, що встановлений в торці сітчастого циліндра з боку, протилежною прийому. Випускний патрубок повернений так, що

зерно з машини поступає на віброживильник вертикального пневмосепаратора 7.

**Вертикальна оббивальна машина РЗ-БМО-6** (рис. III.3) складається з наступних основних вузлів: приймального пристрою, корпусу, сітчастого циліндра, бичевого ротора, приводу, випускного пристрою.

Приймальний патрубок 1 складається з прозорого циліндрового стакана, нижня частина якого встановлена на кришці корпусу, а до верхньої – прикріплений гнучкий рукав. Він сполучає стакан з трубою, що подає зерно. Завантажувальна воронка має два конуси 2 і 3, концентрично встановлених один над іншим, що запобігає зайвому накопиченню зерна.

Живильний циліндр 4 приварений до нижнього конуса 3 воронки. До його нижньої частини примикає розподільний диск 5, підвішений до конуса на трьох пружинах 12. Натягнення пружин відрегульоване так, щоб за відсутності зерна забезпечувалося притиснення диска до циліндра.

Циліндричний корпус 8 – це зварна нерозбірна конструкція з листового металу. Вертикальний сітчастий циліндр 11 зібраний з трьох секторів. Вони сполучені між собою болтами через три подовжні дерев'яні накладки. Вгорі і внизу сітчастий циліндр встановлений на внутрішні кільця корпусу машини. частина для оберігання від передчасного зносу закрита з внутрішньої сторони на висоту 250 мм суцільним металевим листом. Циліндр виконаний з металевої сітки. Площа сітчастої поверхні 12,8 м<sup>2</sup>.

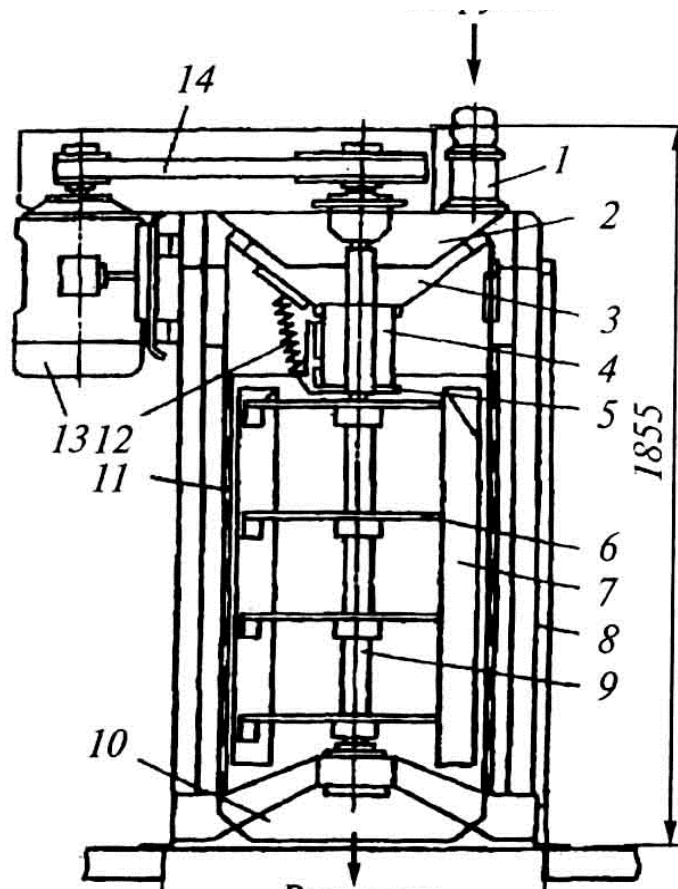


Рис. III.3 Вертикальна оббивальна машина РЗ-БМО-6

Бичевий ротор змонтований на вертикальному валу 9 за допомогою чотирьох хрестовин 6, які прикріплені до валу центруючими штифтами. На хрестовинах вертикально встановлено вісім плоских сталевих бичів 7. Верхні їх кінці відігнуті у напрямі обертання ротора. На бичах зроблені нарізка для кріплення їх болтами до хрестовин і регулювання зазору між робочою кромкою бичів і сітчастим циліндром в межах 22...28 мм.

Вал бичевого ротора обертається в двох підшипниках. Привід бичевого ротора здійснюється від електродвигуна 13 через клинопасову передачу 14. Випускний пристрій 10 виконано у вигляді конічної зварної воронки з патрубком.

Вертикальну оббивальну машину аспірують через нижній випускний пристрій, розташований перед шлюзовим затвором.

**Щіткова машина А1-БЦМ-12** (рис. III.4) призначена для очищення поверхні і борозенок зерна пшениці і жита від пилу, відділення надірваних оболонок і виділення легких і металоманітних домішок. Станина 1 щіткової машини є суцільнометалевою зварною конструкцією і призначена для компоновки на ній всіх вузлів.

Горизонтальний щітковий барабан 6 – основний робочий орган машини, складається з восьми колодок, набраних щітковим волокном і закріплених на ступицях, встановлених на валу. Щіткова дека 7 має три колодки, набрані щітковим волокном і шарнірно сполучені між собою за допомогою петель.

Радіальний зазор між щітковими поверхнями барабана і дека регулюють черв'ячним механізмом 9 притиску дека. Конструкція механізму притиску дозволяє притискувати деку до барабана паралельно по всій довжині і забезпечує установку зазору 4...8 мм між робочими поверхнями барабана і дека.

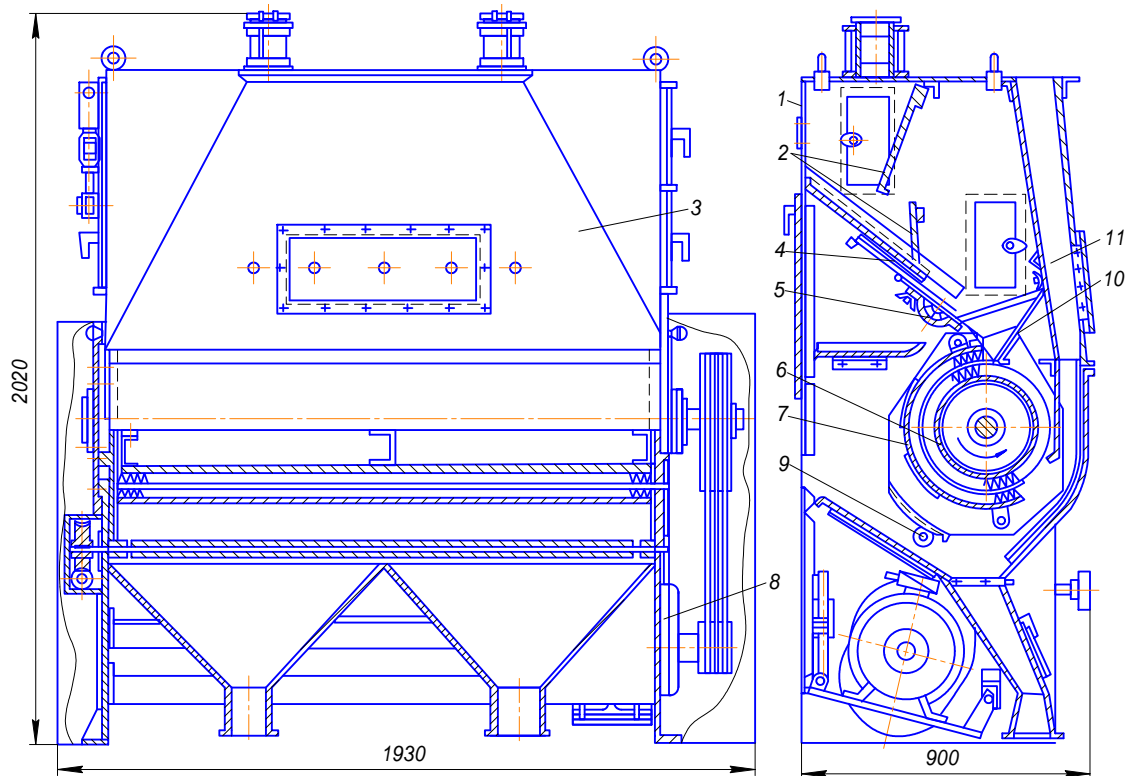


Рис. III.4 Щіткова машина А1-БЦМ-12

Для уловлювання металомагнітних домішок із зерна встановлений магнітний апарат 5 що складається з набору постійних магнітів, розташованих в один ряд під живлячим пристроєм. Заслінку 4 використовують при очищенні магнітного апарату. Шибер 10 служить для напрямку потоку зерна по ходу обертання щіткового барабана 6. Зазор між шибером 10 і щітковим барабаном повинен бути 2 мм. Шибер 11 служить для регулювання повітряного режиму машини. Привід щіткового барабана 6 здійснюється від електродвигуна 8 через клинопасову передачу.

Рівномірний розподіл зерна по довжині щіткового барабана здійснює живильний пристрій 2, що складається з верхнього вантажного клапана і нижнього клапана, що блокуються між собою регульованою тягою. Живильний пристрій 2 автоматично підтримує рівномірний шар зерна по всій довжині щіткового барабана незалежно від кількості його надходження в машину. Далі зерно, що захоплюється щітковим барабаном 6, прямує в зазор між щітками на поверхні барабану і деки, і очищається від пилу і надірваних оболонок. Потім зерно поступає в нижню частину аспіраційного каналу 3, де від зерна повітрям відділяються легкі домішки (частинки оболонок, пусті зерна і ін.) і по аспіраційному каналу видаляються з машини.

**Луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3** (рис. III.5) призначена для луцення жита і пшениці при помелах і житніх сортових помелах на мукомельних заводах, шліфування і полірування ячменю при виробленні перлової крупи, луцення ячменю на комбікормових заводах. Ситовий циліндр 4 машини встановлений в корпусі 5 робочої камери, вал 3 з абразивними кругами 6 обертається в двох підшипникових опорах 8 і 12. У верхній частині він порожнистий і має шість рядів отворів, по вісім отворів в кожному ряду.

На машині встановлені приймальний 7 і випускний 1 патрубки. Останній забезпечений пристроєм для регулювання тривалості обробки продукту. Відвідний трубопровід кріплять до фланця патрубка, встановленого в зоні кільцевого каналу (для виведення муки) корпусу 2.

Привід машини здійснюється від електродвигуна 9 через клинопасову передачу 11. Корпус 5 робочої камери приєднаний до корпусу 2, який, у свою чергу, встановлюється на станині 10.

Зерно, що підлягає обробці, через приймальний патрубок поступає в простір між абразивними кругами, що обертаються, і нерухомим перфорованим циліндром. Тут, завдяки інтенсивному тертю при просуванні зерна до випускного патрубка, відбувається відділення оболонок, основна маса яких через отвори перфорованого циліндра і далі через кільцеву камеру видаляється з машини.

За допомогою клапанного пристрою, розміщеного у випускному патрубку, регулюють не тільки кількість продукту, що випускається з машини, але і одночасно час його обробки, продуктивність машини і технологічну ефективність процесу луцення, шліфування і полірування. Повітря засмоктується через порожнистий вал і наявні в нім отвори, проходить через шар оброблюваного продукту. Разом з оболонками і легкими домішками через ситовий циліндр він поступає в кільцеву камеру і далі в аспіраційну систему.

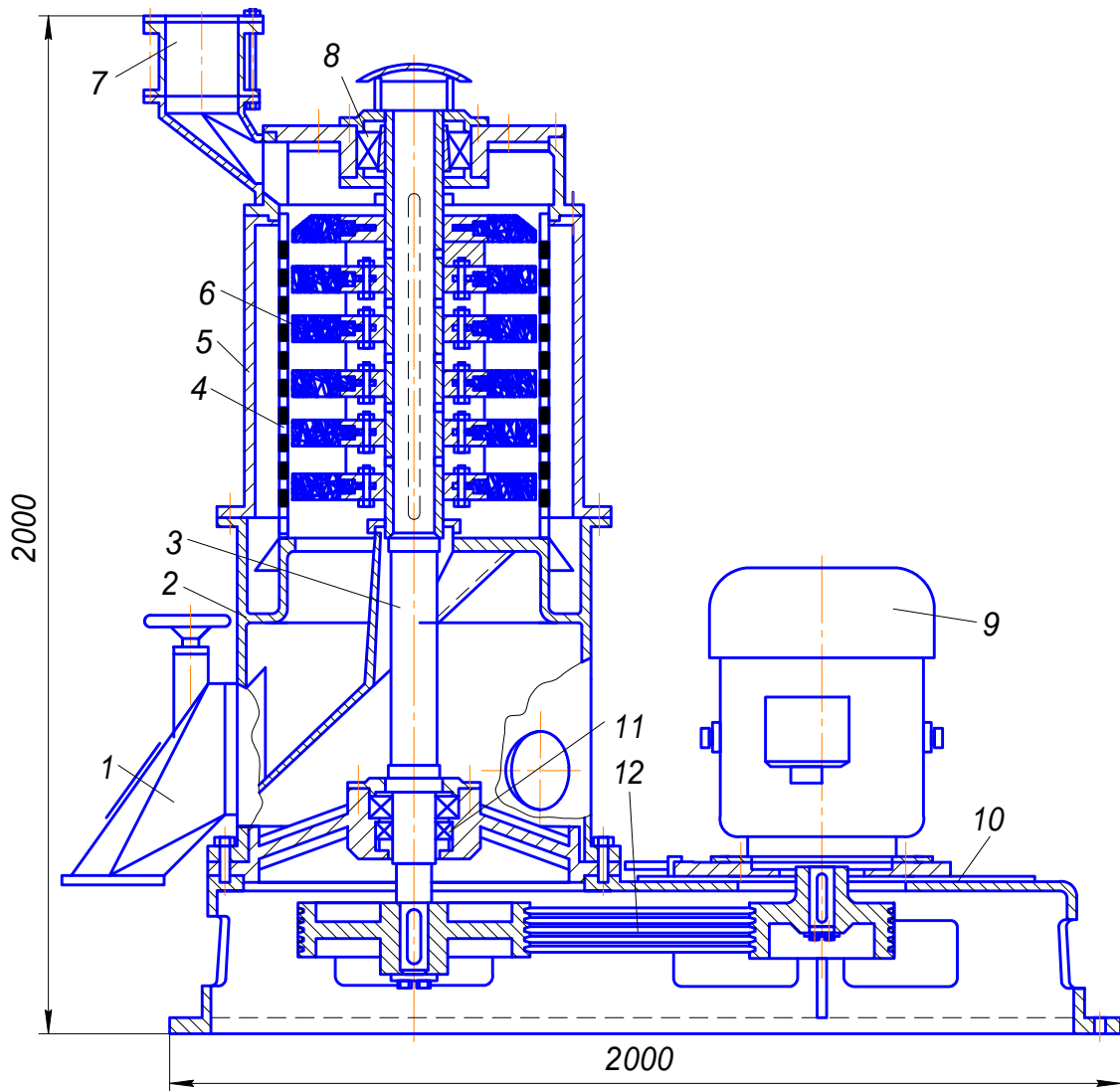


Рис. III.5 Луцильно-шліфувальна машина А1-3ШН-3

**Бичева машина ЗВО-1** (рис. III.6) призначена для помолу частинок висівок.

Основний її робочий орган – ротор, утворений вертикальними бичами 5 і валом 6. До складу машини входять: електродвигун 1, гнучка муфта 2, приймальний патрубок 3 для входу продукту, лопатки 4 для розкидання продукту, вертикальні бичі 5, вал 6, розетка 7 для кріплення бича до валу, ситовий циліндр 8 і випускний патрубок 9.

Лопатки 4 розподіляють продукт, що поступає, по периметру циліндра 8. Потім продукт потрапляє під ударну дію бичів, що обертаються. В результаті ударів і стирання ендосперма відділяється від оболонок.

Продукт, отриманий сходом з сітчастого циліндра 8, видаляється з нижньої частини машини через бічний патрубок 9. Продукт, просіяний через сито, виходить з машини через центральну конічну воронку. Щоб забезпечити експлуатаційну надійність, необхідно: початковий продукт до надходження в машину пропускати через магнітний сепаратор; рівномірно завантажувати машину в межах встановленої продуктивності. Бичі повинні обертатися за годинниковою стрілкою. Аспірується машина приєднанням до аспіраційної мережі.



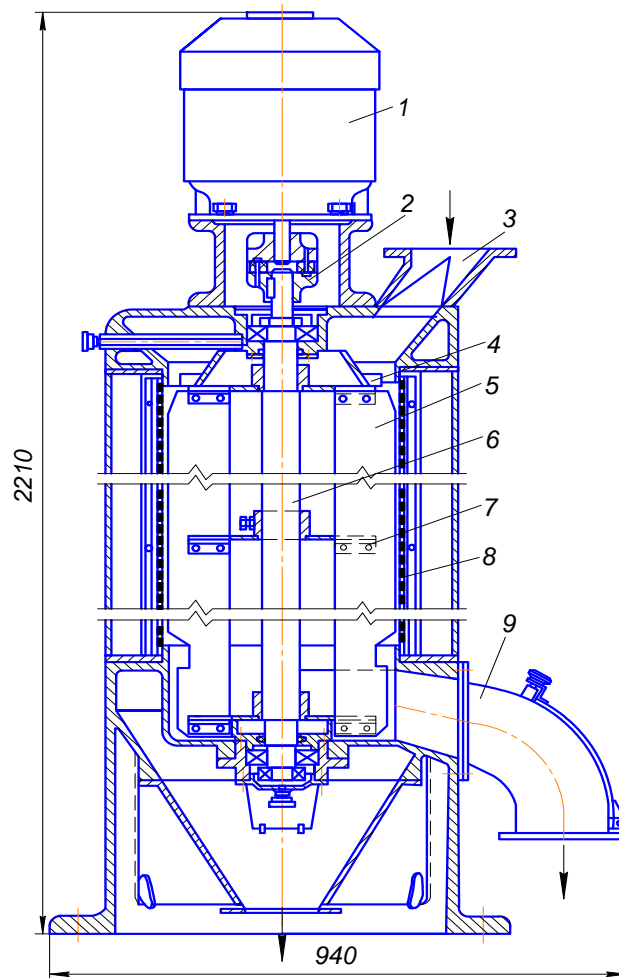


Рис. III.6 Бичева машина ЗВО-1

**Відцентрова зернорушка А1-МЦП** (рис. III.7) призначена для відцентрового обрушення олійного насіння одноразовим орієнтованим ударом насіння об деку. Власне зернорушка складається з корпусу 7, змонтованого на станині 2, розподільного пристрою 3, робочих дисків 4 з радіальними направляючими каналами 5, футерованими вставками із зносостійкої кераміки, кільцевої деки 6. Диски в зборі є ротором, який кріпиться на вертикальному валу 13. Вал з ротором обертається в підшипниках 12.

Два патрубкі корпусу 1 при монтажі з'єднуються з двома циклонами 8, що мають усередині циліндричне сито 9, відвідні тічки 11 олійного пилу. Розподільний пристрій 3 включає циліндричну камеру 20 з розташованими в ній запобіжними решітками 15, циліндричний патрубок 19, до зовнішньої поверхні якого прикріплена кільцева перегородка 14, що відокремлює верхню робочу зону ротора від нижньої. Циліндричний патрубок має трубки 18 для всмоктування повітря в нижню робочу зону. У верхній частині циліндричної камери 20 є отвори для всмоктування повітря у верхню робочу зону, які прикриті кишнями 17. Для виймання великих домішок, затриманих решітками 15 камери 20, виконаний отвір, який збоку прикривається шарнірно прикріпленою кришкою 16.

Зернорушка працює таким чином. Насіння соняшнику безперервним потоком поступає на запобіжні похилі решітки, і рівномірно розподіляються тонким

шаром по всій площі, швидко просипається через неї, чому сприяє додаткове всмоктування повітря, що поступає через отвір в циліндричній камері, розташованій проти запобіжних решіток.

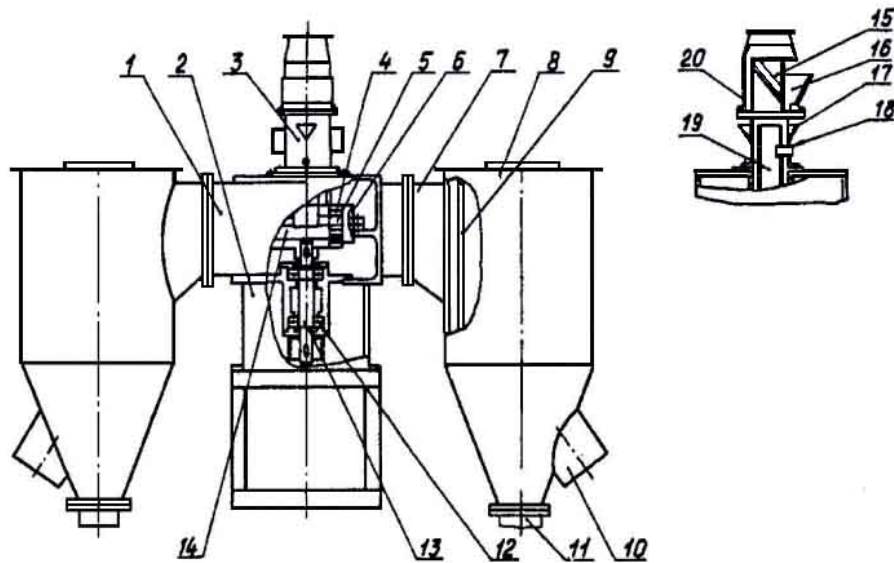


Рис. III.7 Відцентрова зернорушка А1-МЦП

Великі однорідні домішки, затримані решітками, скочуються вниз, збираючись в кишені 16.

Насіння рухається у напрямі каналів 5 робочих дисків 4 верхньої і нижньої робочих зон разом зі всмоктуванням повітрям через трубки 18 і отвори, прикриті кишнями 17. З радіальних каналів 5, футерованих пластинами із зносостійкої кераміки, насіння соняшнику викидається на кільцеву деку 6. При цьому відбувається обрушення їх за рахунок одноразового направлено удару уздовж великої осі сім'я. Порухене зерно по тангенціальних патрубках 7 з корпусу 1 поступає в циліндричне сито 9, розташоване усередині циклону 8 де відбувається відділення з неї частини олійного пилу. Потім вона, просіваючись через сито, поступає в кільцевий простір між ним і циклоном 8, звідки відводиться по тічці 11 в лінію ядра.

**Інженерні розрахунки.** Потужність двигуна бичевих машин  $N$  (кВт) знаходять по формулі

$$N = 2(N_1 + N_2 + N_3) \eta_m / \eta,$$

де  $\eta_m$  – ККД механічних передач;  $\eta$  – ККД приводу.

$N_1$  – потужність, що витрачається на відшкодування енергії бил, кВт;

$$N_1 = 10^{-3} E_o \varphi Z n,$$

де  $\varphi$  – частка бил що одночасно працюють;  $Z$  – кількість бил на кожному роторі;  $n$  – частота обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;

$N_2$  – потужність, що витрачається на подолання опору бил об повітря, кВт

$$N_2 = 1,25 \cdot 10^{-4} C \rho d \omega^3 Z_2 (R_1^4 - R_2^4),$$

де  $C$  – коефіцієнт обтікання робочих органів;  $\rho$  – щільність повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;  $d$  – розмір поверхні бил, м;  $\omega$  – кутова швидкість обертання ротора,  $\text{с}^{-1}$ ;  $Z$  – кількість бил;  $R_1, R_2$  – зовнішній і внутрішній радіуси, описувані билами, м.

$N_3$  – потужність, що витрачається на подолання опору об повітря пластин, що підтримують била, кВт

$$N_3 = 10^{-3} C_o \rho Z S v^3,$$

де  $C_o$  – коефіцієнт обтікання пластини;  $Z$  – кількість пластин на роторі;  $S$  – лобова поверхня опорної пластини,  $\text{м}^2$ ;  $v$  – кругова швидкість обертання центру тяжіння пластин,  $\text{м/с}$ ;  $\rho$  – щільність матеріалу пластини,  $\text{кг/м}^3$ .

Розрахунок продуктивності відцентрової зернорушки  $\Pi$  (т/добу) по формулі:

$$\Pi = 6,65 n z (r_2 - r_1) m_c / [l_c \ln(r_2 / r_1)],$$

де  $n$  – частота обертання ротора,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $r_2, r_1$  – радіуси, відповідно початку і кінця лопатки, м;  $m_c, l_c$  – маса і довжина одного сім'я соняшнику (можна прийняти  $m_c = 0,00071$  кг і  $l_c = 0,011$  м);  $z$  – число лопаток на роторі відцентрової рушки, яке обмежене співвідношенням

$$z \leq 2\pi r_1 / (k l_c + \delta),$$

де  $k \approx 2$  – коефіцієнт запасу по обмеженості проходу сім'я в канал;  $\delta$  – товщина лопатки, м ( $\delta \approx 0,002 \dots 0,003$  м).

### III.4 Машини для підготовки винограду

Дробарки гребневідділювачі валкового типу ВДГ-20 (рис. III.8) з восьмилопастними валками складаються з приймального бункера 2, циліндра гребневідділювача 4, валу 5 з бичами 6 і вихідного лотка 7. Їх використовують при обробці винограду.

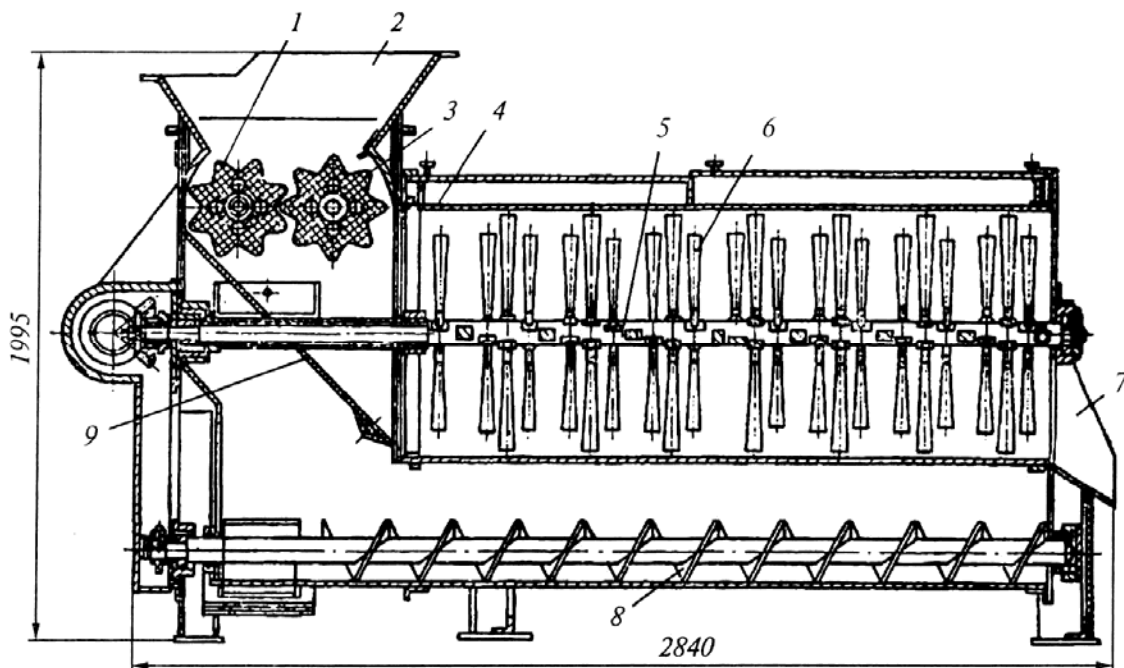


Рис. III.8 Дробарка гребневідділювач ВДГ-20

При попаданні між виступами і западинами валків кетяги набувають значно менших відносних швидкостей і піддаються меншому перетиранню. Робочий процес дроблення наближається до найбільш раціонального варіанту – роздавлювання кетягів в результаті паралельного зближенні плоских поверхонь.

У дробарці передбачений механізм, що дозволяє регулювати зазор між валками 1 і 3, а також блокуючий пристрій у вигляді фрикційної або кулачкової муфти, що розриває кінематичний ланцюг приводу валків при виникненні аварійної ситуації.

Подрібнена сировина по похилому лотку 9 подається в горизонтальний перфорований циліндр 4, усередині якого по осі змонтований ротор-вал 5 з бичами 6, закріпленими на одно- або двозахідній прямій гвинтової поверхні. Кількість бичів на довжині кроку витка ротора при розташуванні їх по однозахідній гвинтовій поверхні у відомих конструкціях прийняте 8, 12, 16 або 20, при цьому межбичева відстань міняється в межах від 25 до 31 мм, а крок витка – від 200 до 570 мм. Найважливіший кінематичний параметр – частота обертання ротора також змінюється в широкому діапазоні – від 120 до 200 хв<sup>-1</sup>, а в деяких випадках досягає і ще більшої величини.

Отриманий сік з м'якоттю шнеком 8 виводиться з дробарки. Міцність ягід винограду при ударній дії бича може бути охарактеризована величиною відносної швидкості зіткнення, що викликає руйнування ягоди. Її значення залежно від ступеня зрілості винограду коливається в межах 4.9 м/с. В результаті удару з такою швидкістю всі ягоди руйнуються настільки, що забезпечується вільний вихід з них соку.

**Інженерні розрахунки.** *Продуктивність  $\Pi$  (кг/с) валкових дробарок* визначається пропускною спроможністю валків. Для циліндричних валків

$$\Pi = v_{cp} d l \rho \varphi ,$$

де  $v_{cp}$  – середня швидкість продукту через зазор між валками, м/с;  $d$  – зазор між валками, м;  $l$  – довжина валка, м;  $\rho$  – насипна щільність винограду, кг/м<sup>3</sup>;  $\varphi$  – поправочний коефіцієнт, що враховує нерівномірність живлення валків продуктом, заповнення щілини і тому подібне ( $\varphi = 0,7 \dots 0,8$ ).

Енергія у валковій дробарці-гребневідділювачі витрачається на подолання опору обертання валків і відділення ягід від гребенів.

### III.5 Машини очищення коренеплодів і ягід

**Картопличистка КНА-600М** (рис. III.9) призначена для видалення шкірки з бульб картоплі.

Картопличистка складається з рами 1, ванни 2, зовнішнього каркаса 3, приводу робочих валиків 4, внутрішнього каркаса 5 і душового пристрою 6.

На рамі встановлена ванна, що має форму чотирикутної усіченої піраміди. Привід робочих валиків включає електродвигун, клинопасову і зубчаті передачі. Робочі валики являють собою сталеві стрижні з насадженими на них абразивними роликками. Валики розташовані так, що утворюють чотири секції.

Внутрішній каркас зварений з листової неіржавіючої сталі і складається з двох стінок з поперечними перегородками, в яких передбачені вікна, ширину яких можна змінювати за допомогою висувної заслінки. Така ж заслінка встановлена перед розвантажувальним вікном. Над кожною секцією розташований душовий пристрій.

При роботі машини відкалібрована картопля безперервно завантажується через вікно в першу секцію і потрапляє на швидкообертаючі абразивні валики.

Бульби картоплі, обертаючись навколо власної осі, піднімаються по валиках секції, натрапляють на перегородку і падають назад в западину секції. Здійснюючи такий рух, бульби просуваються уздовж валиків до вікна, оскільки підтискаються картоплею, що знов поступає. Пройшовши до вікна, бульби потрапляють в другу секцію, де здійснюють такий же шлях в протилежну по ширині машини сторону. Пройшовши через всі чотири секції, бульби підходять до розвантажувального вікна і по лотку виходять з машини. Просуваючись до машини, бульби безперервно труться об абразивні ролики і відмиваються водою з душу, завдяки чому шкірка з бульб здирається і змивається. Картопля виходить з машини повністю очищеною, виняток становлять очки і глибокі западини.

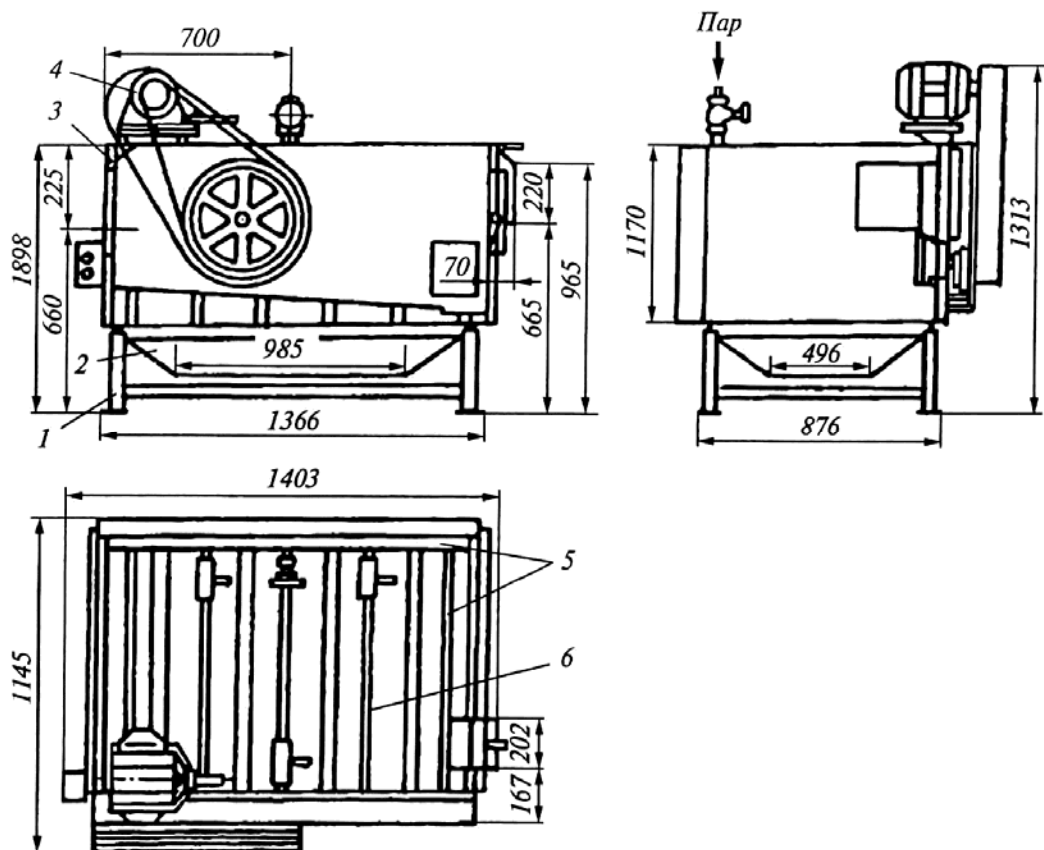


Рис. III.9 Картоплечистка КНА-600М

**Інженерні розрахунки.** *Пропускна спроможність картоплечисток безперервної дії  $\Pi$  (кг/с)*

$$\Pi = v\alpha_0\rho F,$$

де  $v$  – швидкість руху бульб в машині, м/с;  $\alpha_0$  – коефіцієнт використання максимальної продуктивності;  $\rho$  – щільність бульб, кг/м<sup>3</sup>;  $F$  – площа робочої зони камери, м<sup>2</sup>.

**Машина М8-КЗП** (рис. III.10) призначена для відділення плодоніжок вишень, черешень, слив. Машина складається з візка 9, рами 8, приводу робочих валиків 7, перетрушувача 5.

Візок 9 має три колеса 10, а в робочому положенні додатково встановлюється на двох висувних п'ятах 11. У верхній частині візка на опорах, що коливаються, підвішена рама 8, на якій встановлені коробка передач 3, обгумовані робочі валики в підшипникових вузлах і перетрушувач 5. Привід робочих валиків включає електродвигун 1, клинопасову передачу 2 і коробку передач 3. Коробка передач складається з корпусу, в якому встановлено три приводні вали з провідними шестернями і тридцять ведених шестерень. Перетрушувач 5 складається з повзуна і приводу. Повзун є зварною конструкцією з двох вертикальних стінок, жорстко сполучених між собою, встановлену на чотирьох роликах. У нижній частині повзуна є три лопатки для ворущіння і переміщення оброблюваних плодів. Привід перетрушувача складається з електродвигуна 12, клинопасової передачі 13, редуктора 14 і ланцюгової передачі. Для зміни числа коливань повзуна на валах електродвигуна і редуктора встановлено три ступінчасті шків.

Машина працює таким чином. Оброблювані плоди завантажуються в бункер 4, потім скачуються по робочій поверхні валиків, що обертаються в протилежні сторони. Плодоніжки захоплюються валиками, що обертаються, відриваються і падають в корито, звідки віддаляються потоком води. Повзун здійснює зворотно-поступальний рух, перемішує оброблювані плоди, переміщаючи їх до розвантажувального лотка 6.

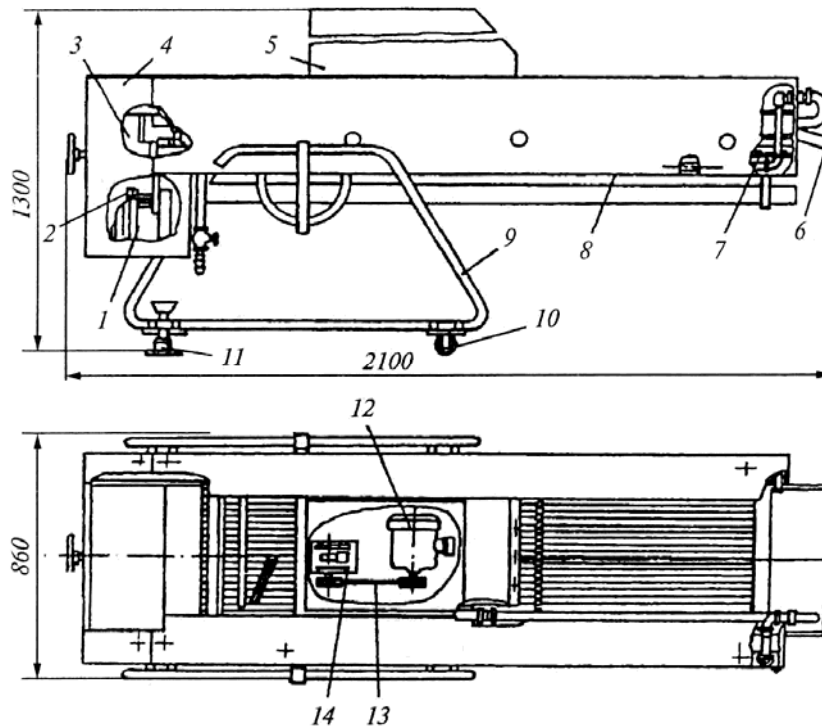


Рис. III.10 Машина М8-КЗП для відділення плодоніжок

**Інженерні розрахунки.** Продуктивність  $\Pi$  (кг/ч) машини для відділення плодоніжок визначають по формулі

$$\Pi = \pi k d l q,$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує розміри робочої поверхні валика;  $d$  – діаметр валика, м;  $l$  – довжина робочої частини валика, м;  $q$  – питома навантаженість, кг/(см<sup>2</sup>).

### III.6 Машини для протирання рослинної сировини

Протиральні машини повинні забезпечувати якісне розділення протертої маси на напівфабрикат і відходи, високу питому продуктивність, мінімальну кількість відходів, низьку питому витрату енергії, однорідний і достатньо тонкий дисперсний склад протертого напівфабрикату, максимальний ступінь подрібнення.

**Машини КПУ-М** (рис. III.11) призначена для протирання томатів, плодів насінєвих і кісточкових.

Основними робочими органами машини є бичі 4 і корзина 3, що змонтовані на станині 1. Корзина є циліндричним барабаном, що складається з двох половин: верхньої – суцільної і нижньої – ситової. Подаючий шнек 8 і гвинтова лопать 6 знаходяться на загальному валу 9. Бичі 4 закріплені на валу, що обертається. З торців корзини є закриті стійки: вхідна, така, що закривається завантажувальним бункером, і вихідна, прикріплена до задньої ніжки. Зверху корзина закрита кожухом 5, а знизу корзини є бункер 2 для протертої маси.

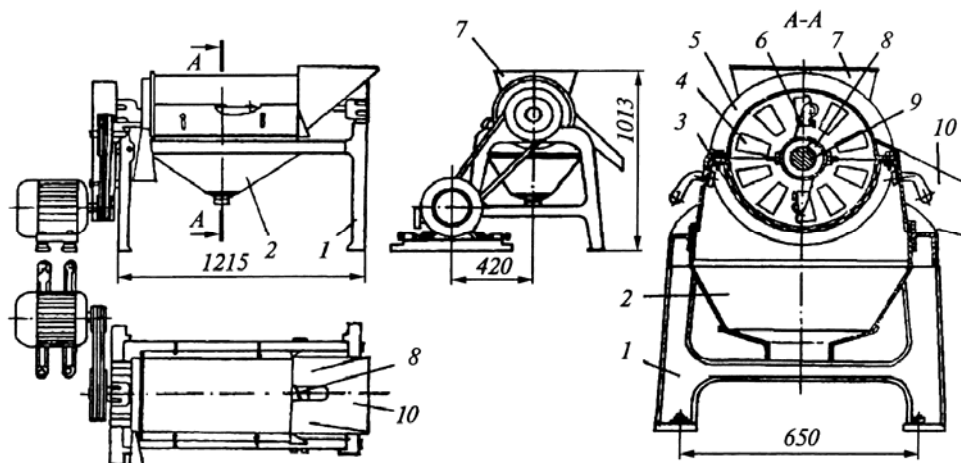


Рис. III.11 Універсальна протиральна машина КПУ-М

Продукт, що переробляється, поступає в бункер 7 і шнеком просувається уздовж осі до лопатей. Під дією швидкообертаючихся лопатей маса перетворюється на тістоподібну суміш і у такому вигляді поступає крізь секторне кільце в корзину. Бичі захоплюють тістоподібну масу, приводять її в обертальний рух, і під дією відцентрової сили і тиску бичів м'якоть продавлюється через сито і потрапляє в бункер. Шкірка, насіннячка або кісточки видаляються через бічний люк 10.

### III.7 Установки для зняття шкір з тварин

**Установки для зняття шкір** по вигляду робочого органу діляться на тросові, ланцюгові і барабанні. Робочий орган ланцюгових установок – замкнутий ланцюг, що безперервно рухається по спеціально спрофільованих направляючих, забезпечує бічну, а потім подовжню зйомку. Ланцюгові установки бувають періодичної і безперервної дії.

**Установка ФУАМ періодичної дії** (рис. III.12) складається з шкіроз'ємного агрегату і поворотного фіксатора. Основні вузли шкіроз'ємного агрегату – вертикальна рама 4, чотиришвидкісний електродвигун 15, натяжна станція 6, тяговий ланцюг 7. На стороні рами, зверненої до фіксатора, є напрямна 10 зігнутої форми для зміни напрямку руху тяговому ланцюгу і лоток 11 для напрямку руху шкіри, що знімається. У верхній частині рами агрегату укріплений кожух 1, сполучений з прямокутною трубою 3, що примикає до лотка 5 для спуску знятої шкіри на приймальний стіл. Приводна станція змонтована у верхній частині агрегату і складається з чотиришвидкісного електродвигуна 15, муфти 14, черв'ячного редуктора 13 і ланцюгової передачі 12. Натяжна станція гвинтового типу розташована в нижній частині рами 4. На горизонтальній ділянці рами встановлена відхиляюча зірочка 8 для зміни напрямку руху тягового ланцюга 7.

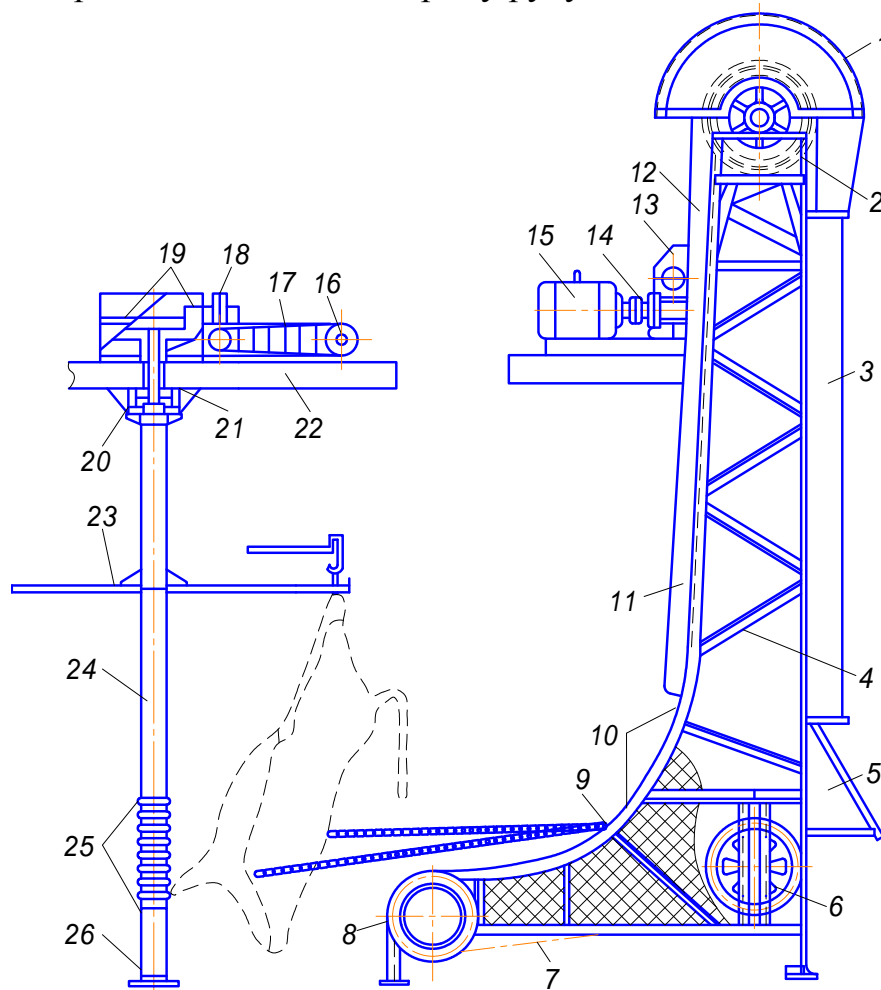


Рис. III.12 Установка ФУАМ для зйомки шкір з туш великої рогатої худоби



Ролики тягового ланцюга перекочуються по нерухомій криволінійній направляючій 10, що виготовлена з двох кутиків так, що має в середині проріз для проходу крюка. Ланцюг рухається безперервно і за рахунок конфігурації направляючої забезпечує спочатку бічну, а потім подовжню зйомку. В кінці процесу шкура перекидається через барабан, встановлений на валу приводної зірочки 2, проходить під кожухом 1 і по трубі 3 і лотку 5 потрапляє на стіл.

Поворотний фіксатор складається з прямокутної стійки, що обертається, 24, яка спирається на підшипник 26. У верхній частині стійка закінчується хвостовиком, встановленим в підшипнику ковзання 21 на балці 22. У нижній частині стійки 24 приварені скоби 25 для фіксації передніх кінцівок, у верхній частині стійки укріплено чотири важелі 23, що переміщують тролі з тушею по кільцевому підвісному шляху. Для автоматичної зупинки важеля навпроти шкіроз'ємного агрегату встановлений кінцевий вимикач 20.

Фіксатор приводиться в обертання від електродвигуна 16 через клинопасову передачу 17, черв'ячний редуктор 18 і відкриту зубчасту конічну передачу 19. Туші фіксуються за передні ноги спеціальним пристосування у вигляді сполучених між собою трьох гачків 9. Швидкість знімання шкури (від 0,05 до 0,15 м/с) залежить від віку, угодованості тварини.

**Машини для видалення щетини і сажі з туш свиней.** Машини для видалення щетини називають *скребмашинами*, а для видалення сажі після обпалювання – *полірувальними*. Залежно від розташування туші в машині розрізняють поперечно-горизонтальні, подовжньо-горизонтальні і подовжньо-вертикальні скребмашини.

**Двохбарабанна поперечно-горизонтальна шкребмашина К7-ФУ2-Щ** (рис. III.13) має раму 10 і два скребокві барабани 4. Барабани складаються з валу 12, до якого приварені кронштейни 13 по шість штук в ряду. До кронштейнів прикріплені збірні скребки 11, посилені додатково пружиною 14. Передній барабан обертається з частотою  $1,73 \text{ с}^{-1}$ , задній, –  $2,03 \text{ с}^{-1}$ . Над барабанами розташована підтримуюча решітка 8, на яку в процесі обробки поміщається туша. Туша утримується в робочій зоні решіткою огорожі 3, встановленою на осі 1. Туша завантажується в машину по склизу 6, а оброблена видаляється по склизу 15.

Вода стікає в піддон 7 і далі в шнек 9, який виводить щетину і воду з машини. Люки завантаження і вивантаження закриті гумовими шторками 5 і 16.

**Інженерні розрахунки.** *Продуктивність установок періодичної дії для знімання шкур П* (туш/год.) визначається по формулі:

$$P = 3600 / (\tau_c + \tau_{всп}),$$

де  $\tau_c, \tau_{всп}$  – тривалість зйомки і підготовчо-допоміжних операцій, с.

*Продуктивність установок безперервної дії для знімання шкур П* (туш/год.) визначається по формулі:

$$P = 3600 \alpha_o v / l,$$

де  $\alpha_o$  – коефіцієнт використання максимальної продуктивності установки;  $v$  – швидкість руху туш по конвеєру, м/с;  $l$  – відстань між тушами, м.

Швидкість руху туш  $v$  (м/с) визначають по формулах:

для установок знімання верхнього покриву і шкур

$$v = v_n \operatorname{ctg} \alpha$$

де  $v_n$  – максимально допустима швидкість подовжнього знімання шкури, м/с;

$$v_n = B e^{\delta P \cos^2 \alpha_1 / 2}$$

де  $B = 0,00025$  – експериментальний коефіцієнт;  $\delta$  – коефіцієнт неврахованих чинників (для великої рогатої худоби  $\delta = (2,5 \dots 4,6) \cdot 10^{-3}$ ; для дрібної рогатої худоби  $\delta = (5,15) \cdot 10^{-3}$ ; для кроликів  $\delta = (18,43) \cdot 10^{-3}$ ;  $P$  – міцність поверхонь фасції, Н/м;  $\alpha_1$  – кут відділення шкури, град;  $\alpha$  – кут нахилу конвеєра до горизонту, град.

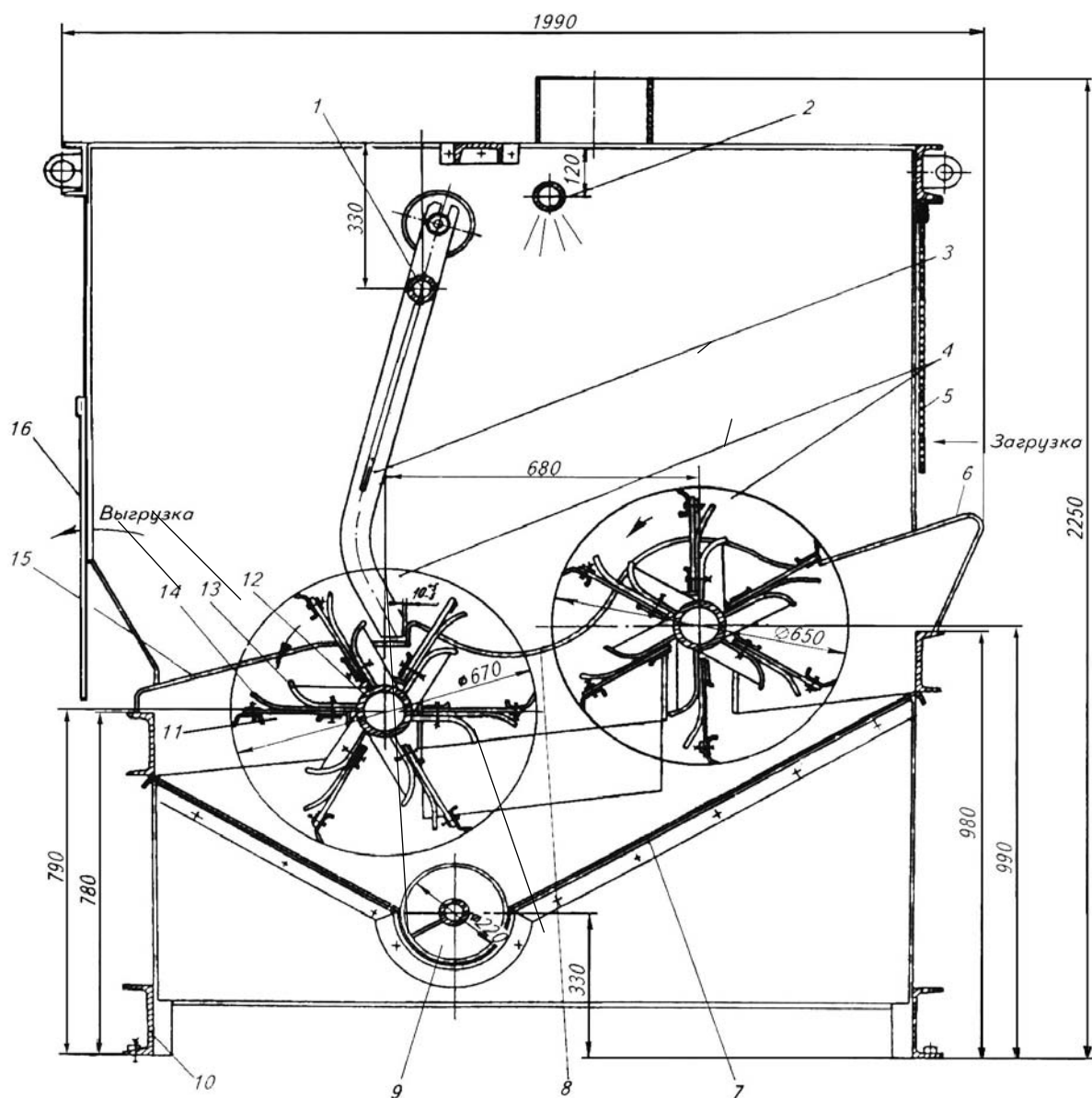


Рис. III.13 Двобарабанна поперечно-горизонтальна шкребмашина К7-ФУ2-Щ

### Продуктивність шкребмашин безперервної дії $\Pi$ (туш/с)

$$\Pi = v\alpha_o / L ,$$

де  $v$  – швидкість руху туш уздовж машини (швидкість конвеєра), м/с;  $\alpha_o$  – коефіцієнт використання максимальної продуктивності;  $L$  – відстань між тушами (у горизонтально-подовжніх машинах  $L=1,6$ м, у вертикально-подовжніх  $L=0,45\dots 0,6$  м).

### III.8 Машини для видалення оперення з тушок птиці

Призначені для видалення оперення з крил водоплавної птиці. Вони мають наступні по конструкції робочі органи: вальцеві, пластинчасті, гребінчасті, пальцьові і бильні. Різноманітність машин обумовлена відмінністю в силах утримання оперення у птахів різних видів. Пальцьові машини діляться на барабанні і дискові.

**Машина 326-А** (рис. III.14, а) має опори  $1$  з регулювальним гвинтом  $2$ , робочий орган, яким служать два пластинчасті барабани  $6$ , що обертаються назустріч один одному з частотою  $5 \text{ с}^{-1}$ .

Барабан (рис.14, б) складається з труби  $21$ , до якої приварено дві цапфи  $20$ . До труби планками  $24$  і болтами  $22$  прикріплено сім пластин  $23$ , що створюють робочу частину барабана. Пластини прорізами розділені на десять поперечних смуг для кращого захоплення пера. Цапфи встановлені в кульковому  $25$  і конічному роликовому  $19$  підшипниках. Корпуси підшипників змонтовані на рамі  $17$  машин.

Барабани приводяться в обертання від електродвигуна  $3$  через клинопасову передачу  $4$ . Ведений шків передачі встановлений на проміжному валу  $14$ , який сполучений з цапфами валів зубчатою передачею  $18$ . Клинопасова передача одночасно приводить в рух насос  $12$  гідравлічної системи виштовхуючого механізму, який складається з двох штанг  $15$ , що переміщуються в направляючих і сполучених вгорі поперечиною. Тиск масла в системі контролюється манометром  $16$ . До штанги прикріплено два важелі  $8$ , що сполучені двома скобами  $5$  і  $7$ . Поперечина сполучена з штоком гідроциліндра  $9$ , а одна з скоб – з тягою золотника  $10$ .

При завантаженні машини скоби  $5$  і  $7$  наближені до барабанів, і робочий, розпрямивши пір'я крила птаха, вводить їх в зазор. Пластини барабана захоплюють перо і втягують його до тих пір, поки тушка не торкнеться пластин виштовхувача, які тягою діють на золотник. Золотник включає подачу рідини в підпоршневий простір, шток гідроциліндра переміщає скоби  $5$  і  $7$  і з ними витягає крило. При цьому перо висмикується. Хід механізму виштовхування  $0,38$  м, а час ходу  $2,5$  с. Після того, як шток циліндра пересунеться на всю довжину, золотник перемикає подачу масла в іншу порожнину і повертає механізм в початкове положення.

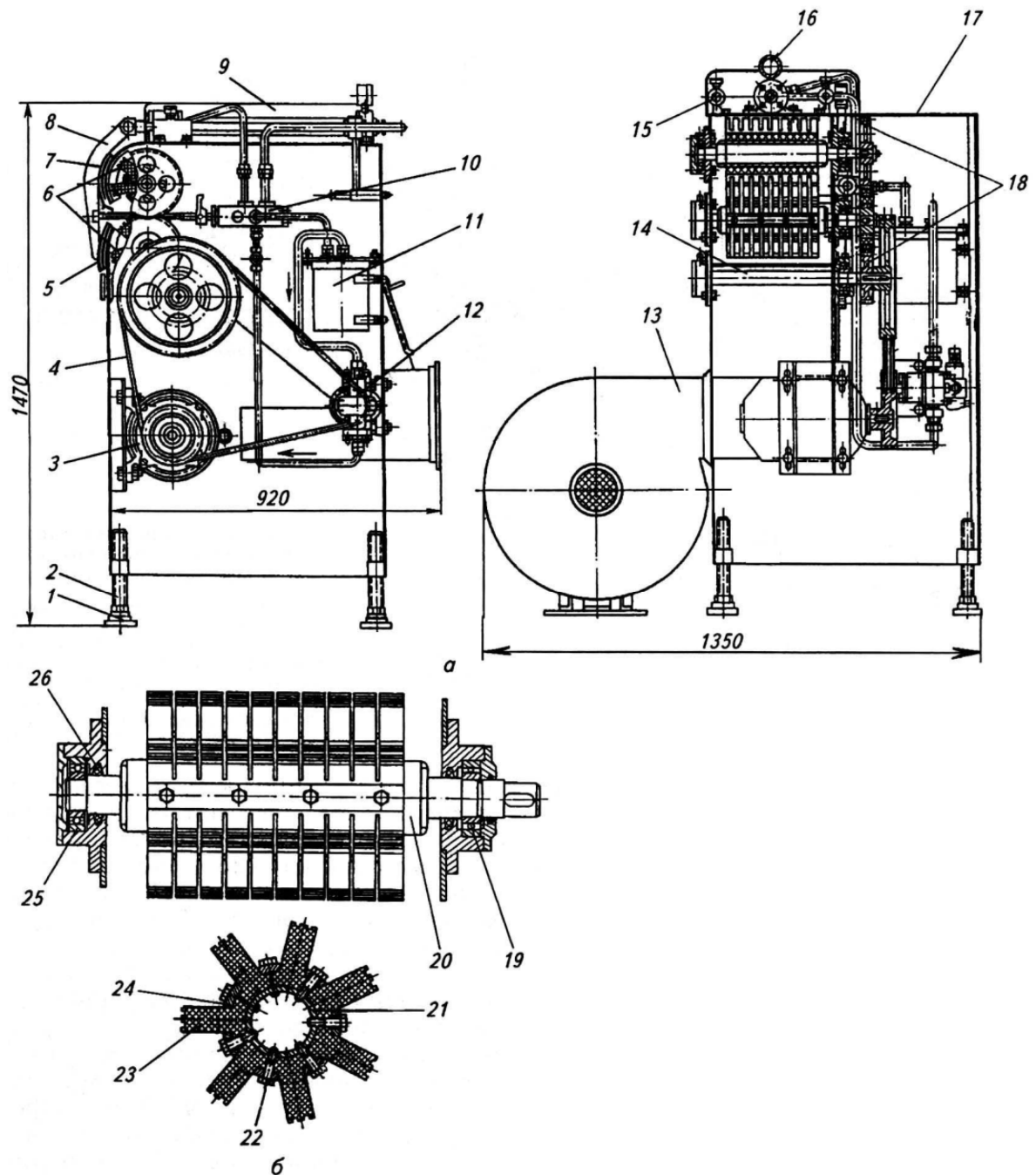


Рис. III.14 Машина для зняття оперення з птиці 326-А

**Автоматична установка Г8-МОП-2** призначена для видалення оперення з тушок сухопутної і водоплавної птиці (рис. III.15). До складу установки входять: корпус 2, люк 1, лоток 3, піддон 4, станина 8, пневмопровод 9, пневмоциліндри 13 і 14, привід, диск 7, зливне вікно 6 і гумові кільця 5.

Перед пуском установки подається вода для обмивання птаха і стисле повітря під тиском 0,2...0,3 Мпа для живлення пневмосистеми. Диск отримує обертання від електродвигуна 12 через муфту 11 і редуктор 10.

Час на обробку птаха і температура води встановлюються залежно від виду птаха. Після теплової обробки птах збирається на лотку, який повертається пневмоциліндром через систему важелів.

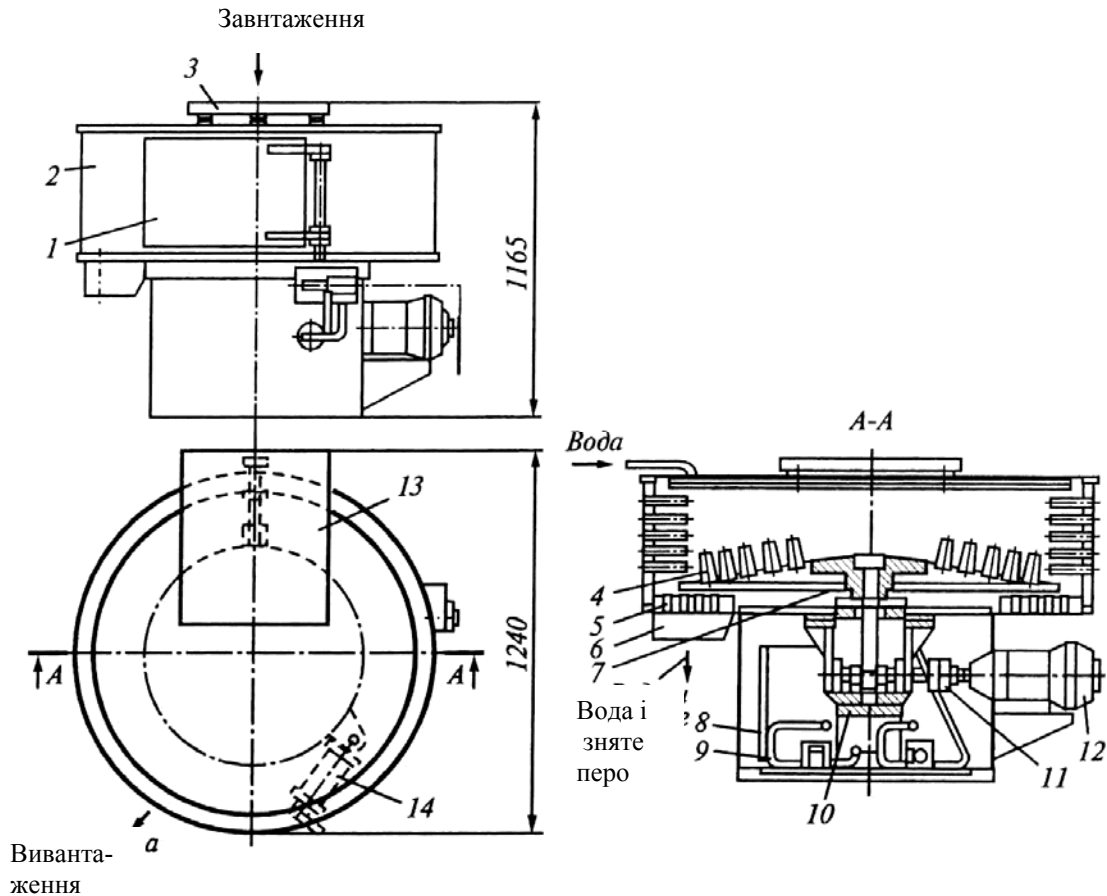


Рис. III.15 Автоматична установка для зняття оперення з птиці Г8-МОП-2

Завантаження установки відбувається через певний час, відлічуваний реле часу. Оброблений птах під дією відцентрової сили викидається через люк, який відкривається за допомогою пневмоциліндра. Зняте перо змивається водою в піддон і гумовими кільцями, що обертаються разом з диском, видаляється через зливне вікно. Потім цикл обробки птаха в установці повторюється.

**Інженерні розрахунки.** *Продуктивність машин  $\Pi$  (кг/с) для видалення оперення періодичної дії*

$$\Pi = \varphi \tau_{\text{ц}}^{-1},$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт рівномірності подачі = 0,8...0,9;  $\tau_{\text{ц}}$  – тривалість циклу обробки, с.

*Продуктивність  $\Pi$  (кг/с) машин для видалення оперення безперервної дії*

$$\Pi = v \varphi / l,$$

де  $v$  – швидкість руху туші птаха або швидкість конвеєра, м/с;  $\varphi$  – коефіцієнт рівномірності подачі;  $l$  – відстань між тушами, м.

### III.9 Машини для обробки риби

**Машина ЧБ-1** барабанного типу періодичної дії (рис. III.16) призначена для зняття луски з риб всіх промислових розмірів.

Основними вузлами машини є завантажувальний лоток 1, лускоз'ємний барабан 2, привід, розвантажувальний лоток 3 і корпус.

Лускоз'ємний барабан 2 є сталевим перфорованим циліндром, усередині якого є скребки. Барабан має невеликий нахил – до 4 °у бік виходу. Під дією сили тяжіння і нажимного ролика барабан притиснутий до роликів приводних валів, що передають йому обертання від індивідуального електродвигуна, через редуктор і ланцюгову передачу. Залежно від довжини оброблюваної риби встановлюється цикл роботи барабана за допомогою реле часу. Кришка барабана для вивантаження очищеної риби автоматично відкривається за допомогою електромагніту. При цьому електродвигун приводу вимикається.

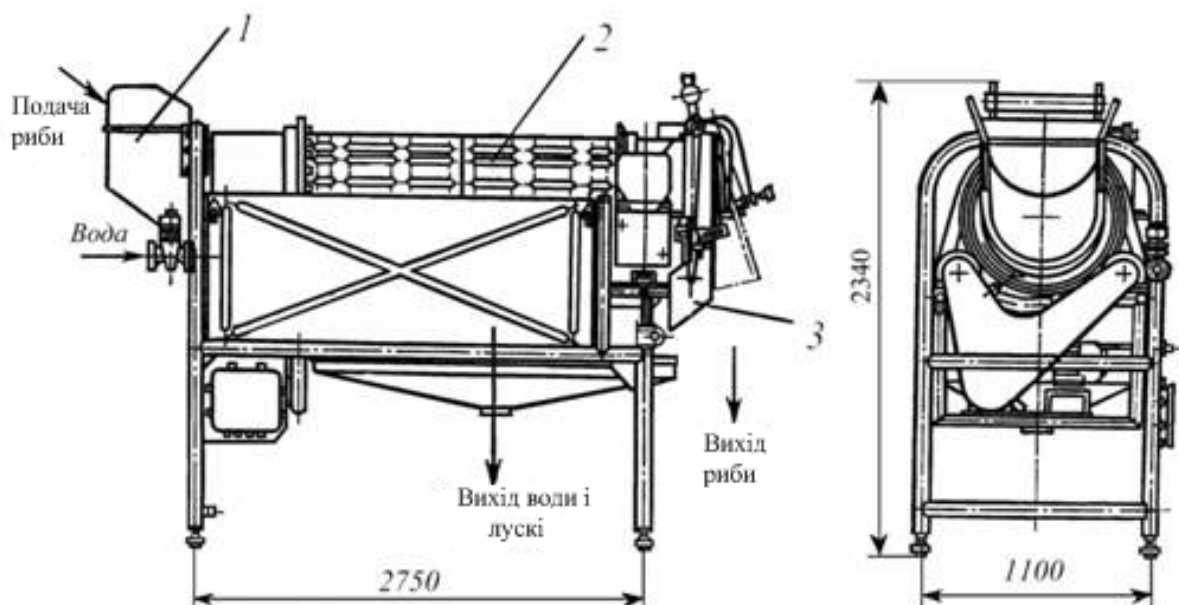


Рис. III.16 Машина для зняття луски з риби ЧБ-1

Для миття риби і машини барабан забезпечений трубопроводом з щілинами. Під барабаном встановлений піддон для збору луски, яка відводиться з машини разом з відпрацьованою водою.

Риба подається в барабан через завантажувальний лоток партіями. Одноразове завантаження 80...160 кг. Оскільки вісь обертання барабана нахилена, риба розподіляється по всій його довжині. Після закінчення циклу обробки, який продовжується 2,5...5,0 хв., кришка відкривається і риба вивантажується з барабана.

**Інженерні розрахунки.** Критична частота обертання лускоз'ємного барабана  $n$ , (хв.<sup>-1</sup>), визначається з умови нековзання риби щодо стінки барабана

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D},$$

де  $D$  – діаметр лускоз'ємного барабана, м.

Робочу частоту обертання лускоз'ємного барабана слід приймати рівною

$$n_{раб} = 0,75 n_{кр}.$$

Продуктивність лускоз'ємної машини барабанного типу періодичної дії  $\Pi$  (кг/с) визначається по формулі

$$\Pi = G / (\tau_p + \tau_{всн}),$$

де  $G$  – маса риби, що завантажується в барабан, кг;  $\tau_p$  – тривалість очищення риби від луски, с;  $\tau_{всн}$  – тривалість допоміжних операцій (завантаження, вивантаження), с.

**Рибообробна машина ІРА-103М** (рис. III.17) призначена для оброблення оселедця, ставриди, скумбрії і сардинели при виробництві пресервів, солоні і мороженої продукції.

На машині здійснюються наступні технологічні операції: відрізується прямим різом голова, видаляються нутроці і залишки нутроців без розтину черевця гідро струминою.

Машина складається з наступних основних вузлів: станини 1, всередині якої розміщені всі механізми, операційного транспортера 2 з лотками 3, стрічки супроводу голів 4, обмежувальної планки 5 для фіксації голів під економічний різ, ножового механізму 6 з індивідуальним приводом, гідро головки 7 з дванадцятьма насадками, вузла до зачистки нутроців 17, приводу операційного транспортера 9, приводу 10 вузла до зачистки нутроців 8, лотків відведення голів 11 і 12, піддону 13.

Рибу вручну завантажують в лотки 3 операційного транспортера 2, при цьому голова розташовується на транспортері супроводу голів 4 з упором в обмежувальну планку 5, черевцем у бік руху транспортера.

Положення обмежувальної планки регулюється, чим забезпечується економічний зріз голів. Операційним транспортером риба подається до ножового механізму 6, де голови відрізаються дисковим ножом, що обертається. Лотки 11 і 12 виводять голови з машини.

Дно лотка операційного транспортера 3 (рис.18, а) має рухому частину – притискну призму 14, укріплену на штоках 15 з упорами. Штоки мають ролики 16, які обкатуються по копірам 7. Після відрізання голови ролики сходять з копирів, притискна призма лотка 14 під впливом пружини 18 піднімається і притискує рибу до поверхні направляючої 19 (рис.18, в). Разом з штоком піднімається жорстко закріплений на нім упор 20, який фіксує товщину риби, що знаходиться в касеті, при цьому відбувається автоматична настроювання гідронасадки. Упор 20 залежно від товщини риби займає певне положення по висоті а важіль 27 що входить з ним в контакт виконує роль обмірного пристрою.

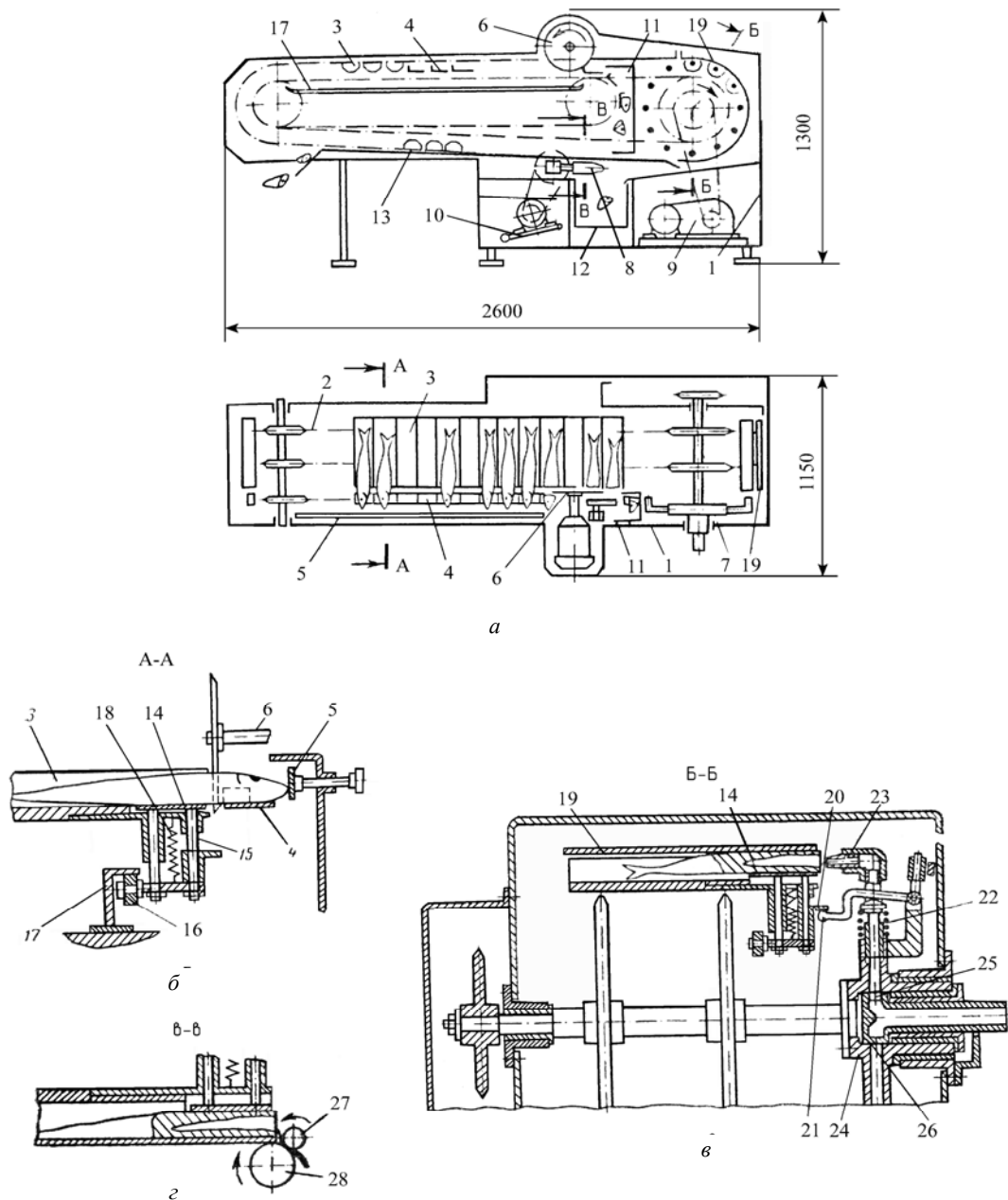


Рис. III.17 Рибообробна машина IPA-103М

Пружина 22 забезпечує притиснення важеля 21 до упору 20, завдяки чому гідронасадок 23 при будь-якій товщині риби переміщається до положення, відповідного положенню подовжньої осі тушки риби. На поворотній ділянці транспортера після поєднання осей гідронасадка і оброблюваної тушки відбувається поєднання отворів барабана 24 гідронасадки з пазом 25 розподільного пристрою 26, в гідронасадок 23 поступає вода і під її тиском нутроці видаляються.

### Запитання для самоперевірки до розділу III

1. Способи очищення рослинної сировини.
2. Процеси підготовки рослинної сировини.
3. Фізичні основи зняття шкур з тварин.
4. Класифікація способів очищення.



5. Машина для підготовки зернових. Горизонтальна оббивна машина РЗ-БГО-6. Устрій , принцип роботи.
6. Вертикальна оббивальна машина РЗ-БМО-6. Устрій, принцип роботи.
7. Луцильно-шліфувальна машина А1-ЗШН-3. Устрій,принцип роботи.
8. Відцентрова зернорушка А1-МЦП. Устрій,принцип роботи.
9. Розрахункові залежності визначення продуктивності машин підготовки зернових.
10. Машина очищення картоплі КНА-600М. устрій, принцип роботи.
11. Машина для протирання рослинної сировини.
12. Установа для зняття шкур ФУАМ. Устрій, принцип роботи.
13. Принцип роботи установок я(шкребмашина) для зняття щетини.
14. Машина для зняття оперення з птиці.
15. Машина для зняття луски з риби. Принцип роботи.

## IV ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ПОДРІБНЕННЯ ХАРЧОВИХ МАС

### IV.1 Основи теорії подрібнення

Процес подрібнення визначається як поділ будь-якого твердого (чи умовно твердого) матеріалу на частини. Всі процеси подрібнення супроводжуються збільшенням поверхні вихідного матеріалу при збереженні об'єму.

В харчовій промисловості подрібнення здійснюють в наступних цілях: для підготовки сировини, надання продукту потрібної консистенції, поділу продукту на порції, утилізації відходів сировини.

Значна частина продуктів, які використовуються в харчовій промисловості, при подрібненні легко піддаються деформації і мають підвищену вологість, наприклад, м'ясо, хліб, риба. Ці продукти відносяться до умовно твердих.

Способи подрібнення (рис. IV.1) поділяють на наступні: роздавлювання, розколювання, розламування, різання, розпилювання, стирання, подрібнення за допомогою удару.

*При роздавлюванні* під дією навантаження, що створюється силою  $F$  на навантажувальну плиту, матеріал деформується по всьому об'єму, а внутрішнє напруження постійно підвищується. При перевищенні внутрішнім напруженням межі міцності стиску матеріал руйнується з утворенням частинок різної форми та розміру.

*Процес розколювання* здійснюється за рахунок створення великих концентрацій навантаження в місцях контакту матеріалу з клиноподібним робочим елементом, на який діє сила  $F$ .

*Процес розламування* здійснюється за рахунок дії згинаючих сил  $F$ . Розміри і форма отриманих частин приблизно такі ж як при розколюванні.

*Процес різання* здійснюється лезами (ножами). Крім цього, ножі здійснюють рух в площині, паралельній до площини розділення матеріалу. При різанні матеріал можна подрібнити на частини наперед вибраного розміру і форми.

*Розпилювання* здійснюється за рахунок використання пил, зубці яких являють собою ножі.

*Стирання* використовується при тонких і колоїдних помелах. Цей процес здійснюється при дії на матеріал сил, які виникають за рахунок переміщення опорної і натискної плит в протилежні сторони. На натискну плиту діє зовнішня сила  $F$ .

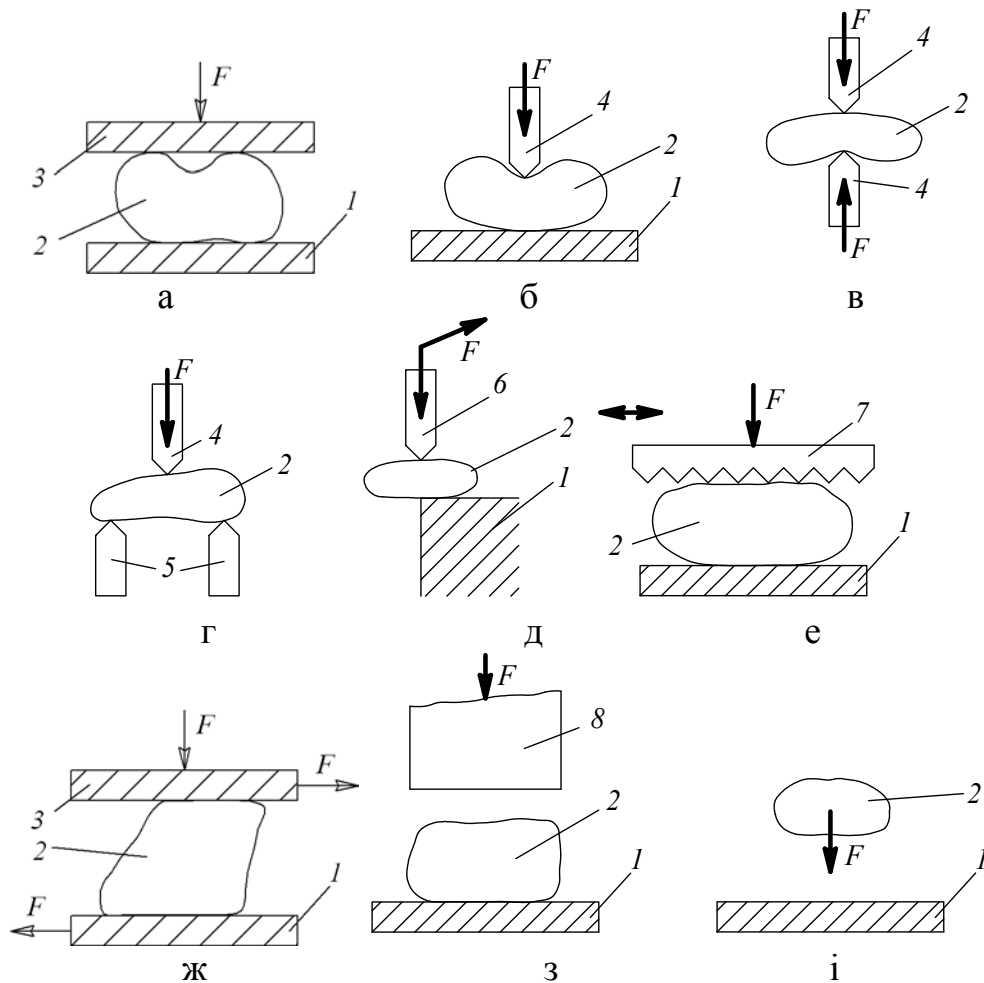


Рис. IV.1 Способи подрібнення: а) роздавлювання; б) розколювання на опорній плиті; в) розколювання між клиноподібними робочими елементами; г) розламування; д) різання; е) розпилювання; ж) стирання; з) подрібнення при стиснутому ударі; і) подрібнення при вільному ударі: 1 – опорна плита; 2 – подрібнюваний матеріал; 3 – натискна плита; 4 – клиноподібний робочий інструмент; 5 – опори; 6 – ніж; 7 – пила; 8 – ударний інструмент

За принципом стирання працюють подрібнювачі, в яких в якості робочих органів використовуються жорна (рис. IV.2).

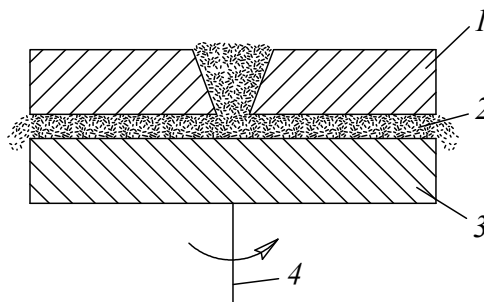


Рис. IV.2 Подрібнення стиранням за допомогою жорн: 1 – верхнє жорно; 2 – матеріал; 3 – нижнє жорно; 4 – привідний вал;

Подрібнюваний матеріал через конічний отвір у верхньому жорні потрапляє в зазор між ним і нижнім жорном. В цьому зазорі відбувається подрібнення. Обидва жорна обертаються в різні сторони.

Процес подрібнення за рахунок *удару* може бути здійснений двома способами: стисненим ударом, що здійснюється яким не будь твердим ударним інструментом, і вільним ударом за рахунок зіткнення продукту, що подрібнюється, з твердою поверхнею опорної плити.

В залежності від розміру кусків вихідного і подрібненого матеріалу подрібнення ділиться на наступні класи (табл. IV.1):

Табл. IV.1

Клас подрібнення	Розмір початкового матеріалу, мм	Розмір подрібненого матеріалу, мм
Подрібнення грубе	1000	250
Подрібнення середнє	250	20
Подрібнення мілке	20	1...5

Відношення діаметрів шматків початкового і кінцевого  $d_n / d_k = i$  – є лінійна степінь подрібнення, а  $d_n^3 / d_k^3 = i_o$  – об'ємна степінь подрібнення.

Для подрібнення матеріалу зовнішні сили повинні переважити сили взаємного зчеплення часточок матеріалу. При цьому затрачується робота на:

1. Об'ємну деформацію кусків, що подрібнюються.
2. Роботу на створення нової поверхні, що утворюється при подрібненні шматка матеріалу.
3. Робота на створення тепла при роботі дробильних машин.

Подрібнення здійснюється під дією зовнішніх сил, що переборюють сили взаємного зчеплення часток матеріалу. При дробленні шматки твердого матеріалу спочатку піддаються об'ємній деформації, а потім руйнуються по ослабленим дефектам (макро- і мікротріщинам) з утворенням нових поверхонь. Зі збільшенням ступеня здрибнювання зростає і витрата енергії.

Відповідно до гіпотези П.А. Ребіндера, витрати енергії  $A$  (Н·м) на подрібнення якого-небудь продукту для одержання кінцевого продукту, що складається з частинок певної дисперсності, можуть бути виражені формулою:

$$A = K + (\sigma_p^2 V / 2E) m_y + k_p \Delta S \alpha,$$

де  $K$  – енергія, що витрачається на процеси деформації й утворення продуктів зношування робочих органів подрібнюючої машини, Н·м;

$\sigma_p$  – руйнівне напруження матеріалу, що подрібнюється, Н/м<sup>2</sup>;

$V$  – об'єм матеріалу, що подрібнюється, м<sup>3</sup>;

$E$  – модуль пружності матеріалу, що подрібнюється, Н/м<sup>2</sup>;

$m_y$  – число циклів деформацій часток матеріалу, що подрібнюється;

$k_p$  - енергія на утворення  $1\text{ м}^2$  нової поверхні для даного матеріалу, Н/м;  
 $\Delta S = S_k - S_n$  - нова утворена поверхня ( $S_k, S_n$  - відповідно загальна поверхня матеріалу після й до подрібнення), м;

$\alpha$  - безрозмірний коефіцієнт, що характеризує для машини даної конструкції процес утворення нової поверхні:

$$\alpha = (S_k / S_n)^n = i^n,$$

де  $n$  - показник степеня, що залежить від умов подрібнення.

Коефіцієнт корисної дії процесу подрібнення визначається виразом:

$$\eta_i = k_R \Delta S \alpha / [K + (m_y \sigma_p V / 2E) + k_R \Delta S \alpha].$$

Аналіз цих рівнянь показує, що для зменшення енерговитрат варто прагнути до зменшення пружних деформацій робочих органів дробарок і підвищення їхньої зносостійкості, до зменшення числа циклів деформацій ( $m_y$ ) часток матеріалу, що подрібнюється, і до зниження руйнівних напружень продукту, що подрібнюється.

## IV.2 Класифікація подрібнюючих машин

Класифікація подрібнюючих машин наведена на рис. IV.3. Подрібнення харчових середовищ реалізується в дробарках, жерновах, валкових млинах, вовчках, кутерах і т.д. Саме ці машини багато в чому визначають якісне протікання наступних стадій обробки харчової сировини, формуючи якість готового продукту.

Подрібнення проводять в один або кілька прийомів, у відкритих або замкнених циклах.

При здрібнюванні у відкритому циклі шматки матеріалу проходять через подрібнюючу машину один раз. Якщо у вихідному матеріалі є мілкі домішки, то їх попередньо відсівають. У відкритому циклі проводять, як правило, велике й середнє подрібнення.

При здрібнюванні в замкнутому циклі після подрібнюючої машини встановлюють пристрій, що класифікує, за допомогою якого шматки, що перевищують установлений кінцевий розмір, знову транспортуються в подрібнюючу машину на повторне дроблення.

*Дробарки* використовують для дроблення зерна, бобів, кристалічного цукру й інших компонентів при готуванні харчових сумішей.

*Вальцьові дробарки* застосовують на борошномельних заводах для розмелу зерна й продуктів його переробки. Ефективність роботи вальцьових дробарок визначається ступенем здрібнювання зерна або його часток, продуктивністю кожної пари вальців і питомою витратою електроенергії.

*Валкові млини* призначені для тонкого здрібнювання жиромісних рецептурних сумішей при виробництві кондитерських виробів.

*Різальні машини* призначені для здрібнювання рослинної сировини на частки правильної форми (стовпчики, кружки, кубики) і певних розмірів для дотримання однакових режимів при подальшій обробці й дозуванні. Різання використовується також для подрібнення сировини тваринного походження.

Якість різання залежить від конструктивних особливостей машини, режиму її експлуатації, від виду й стану сировини.



Рис. IV.3 Класифікація устаткування для подрібнення харчової сировини

Різання сировини здійснюється сталевими ножами різної форми (пластинчастими, дисковими, трикутними, трубчастими, серповидними, гвинтовими), які роблять обертальні або коливальні рухи.

*Вовчки* призначені для середнього й дрібного подрібнення сировини. За основну технічну характеристику вовчка приймають діаметр ґрат. Найбільше застосування для здрібнювання м'якої м'ясної сировини знайшли вовчки з діаметрами ґрат 112, 114, 120, 160 і 200 мм.

Одержали також поширення вовчки, які поряд зі здрібнюванням виконують і інші технологічні операції — змішування, жиловку, посол, наповнення фаршем оболонки при виробництві ковбасних виробів. Для їхнього виконання в прийомному бункері вовчка монтують деталі, які одночасно перемішують і нагнітають сировина в механізм подрібнення; на горловині вовчка встановлюють додаткові насадки для наповнення ковбасних оболонки.

*Кутери* призначені для тонкого здрібнювання м'ясної м'якої сировини й перетворення його в однорідну гомогенну масу. До надходження в кутер сировину попередньо подрібнюють на вовчку, але окремі конструкції кутерів мають пристосування для подрібнення кускової сировини. Кутери бувають періодичної й безперервної дії.

### IV.3 Подрібнення ударом

Подрібнення характеризується зменшенням розмірів шматків матеріалу під дією зовнішньої сили. При цьому забезпечується збільшення поверхні фазо-

вого контакту, що інтенсифікує процеси горіння, розчинення, екстрагування та ін. Процес подрібнення характеризується ступенем подрібнення — це відношення величини шматків до і після подрібнення:

$$i = \frac{D}{d}.$$

При виборі обладнання необхідно враховувати міцність матеріалу, що обмежується міцністю при стисканні ( $\delta_{cm}$ ) і при руйнуванні ( $\delta_p$ ).

Залежно від міцності матеріали ділять на:

м'які —  $\delta_{cm} < 10$  МПа;

середні —  $\delta_{cm} = (10...50)$  МПа;

тверді —  $\delta_{cm} > 50$  МПа.

Цей поділ досить умовний, бо всі матеріали анізотропні (різні властивості в різних напрямках), що обумовлюється їх суцільністю, вологістю, розміром, кількістю тріщин і т. п. Подрібнення матеріалу за рахунок удару відбувається в дробарках внаслідок дії робочих органів на продукт, зіткнення шматків матеріалу між собою і зіткненням з корпусом дробарки. *До дробарок ударної дії відносять: щокові; конусні; вальцеві; молоткові; дискові; кулькові; барабанні.*

**Щокова дробарка** (рис. IV.4) працює за принципом роздавлювання. Матеріал завантажують між щоки. За рахунок зусиль, що здійснює рухома щока, матеріал роздавлюється.

Щокові дробарки призначені для грубого і середнього подрібнення матеріалу зі ступенем подрібнення (3...5). Подрібнення матеріалу в щокових дробарках відбувається між нерухомою і рухомою щоками. За характером дії рухомої щоки поділяються на дробарки з простим і складним рухом. Ширина завантажувальної щілини дробарки вибирається з умови розміщення шматка максимального розміру у верхній частині дробильної камери:

$$B = (1,2...1,5)D_{max}$$

Ширина вихідної щілини залежить від розмірів шматків подрібненого матеріалу і приймається  $b = 0,8d_{max}$ .

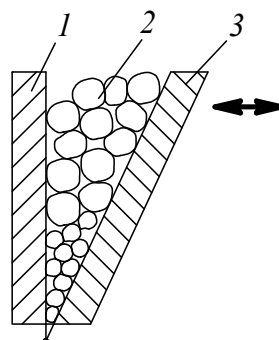


Рис. IV.4 Схема щокової дробарки:

1 — нерухома щока; 2 — подрібнюваний матеріал; 3 — рухома щока

Важливим параметром при розрахунку щокових дробарок є кут захвату шматків матеріалу — це кут між рухомими і нерухомими щоками, що визнача-

ється за умови не виштовхування матеріалу з дробильної камери під дією зусиль щік. Захват шматків матеріалу буде відбуватися при умові, що сила захвату буде більше сили виштовхування.

Число коливань рухомої щоки відповідає частоті обертання ексцентричного валу. При довжині розвантажувальної щілини до 1 м для розрахунку використовується наступне рівняння:

$$n = 0,85 \sqrt{\frac{tg\alpha}{\Delta b}}, \text{ об/с.}$$

При довжині розвантажувальної щілини  $>1$  м:

$$n = \frac{0,85}{l^{2/3}} \sqrt{\frac{tg\alpha}{\Delta b}}, \text{ об/с.}$$

Продуктивність щокової дробарки:

$$G = n \cdot l \cdot \frac{(2b + \Delta b)\Delta b}{2tg\alpha}, \text{ м}^3/\text{с. (об'ємна).}$$

$$G_m = G \cdot \rho \cdot \psi, \text{ кг/с. (масова).}$$

$\psi$  - коефіцієнт подрібнення; (0,3...0,5) – для великих дробарок і твердого матеріалу; (0,5...0,7) – для нетвердих і малих. Для дробарок зі складним рухом  $\psi$  збільшується на 20-25%.

$$N = \frac{A \cdot n}{10^3 \cdot \eta}, \text{ кВт.}$$

В **конусних дробарках** (рис. IV.5) подрібнення здійснюється за рахунок роздавлювання і стирання. Матеріал завантажується в простір, утворений між зовнішнім нерухомим і внутрішнім обертовим конусами. Останній розміщений ексцентрично по відношенню до зовнішнього конуса. В багатьох конусних дробарках внутрішній конус має змінну вісь обертання, тобто привідний вал, обертаючись, описує конусоподібну поверхню.

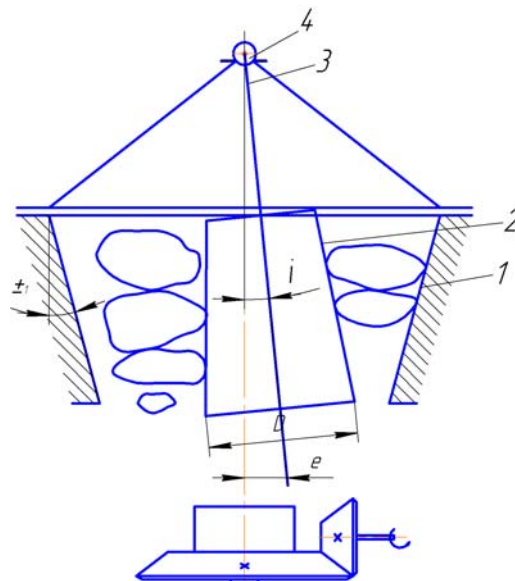


Рис. IV.5 Схема конусної дробарки:

- 1 – зовнішній нерухомий конус; 2 – рухомий внутрішній конус;  
3 – вал; 4 – кульова опора



Конусні дробарки за технічними ознаками діляться на дробарки грубого подрібнення ( $i = 5...8$ ), середнього ( $i=20...50$ ). Конусні дробарки мілкового подрібнення призначені для подрібнення матеріалів з тимчасовим опором розлому до 300 МПа.

Частота обертання ексцентрикового вала(об/хв.) при умові вільного випадання матеріалу з камери за пів оберта ексцентрика:

$$n = 0,78 \sqrt{\frac{tg\alpha_1 + tg\alpha_2}{l}}$$

Продуктивність ( $m^3/c$ ):

$$G = \pi \cdot D \cdot b \cdot l \cdot n \cdot \psi,$$

де  $n$  – частота обертання;

$\psi$  - коефіцієнт розпушення (0,4...0,5)

Потужність на валу подрібнювача ( $kBm$ ):

$$N = 12,6D^2 \cdot n.$$

**Валкові дробарки** (рис. IV.6) застосовуються для середнього і мілкового подрібнення матеріалу ( $i=3..5$ ) високої та середньої міцності. Подрібнюваний матеріал захоплюється валками і, проходячи між ними, дробиться. Валкові дробарки працюють по принципу роздавлювання і стирання. Відомі валкові дробарки, у яких обидва валка мають однакову частоту обертання або один з валків обертається з меншою частотою, чим інший. В останньому випадку ефект стирання збільшується.

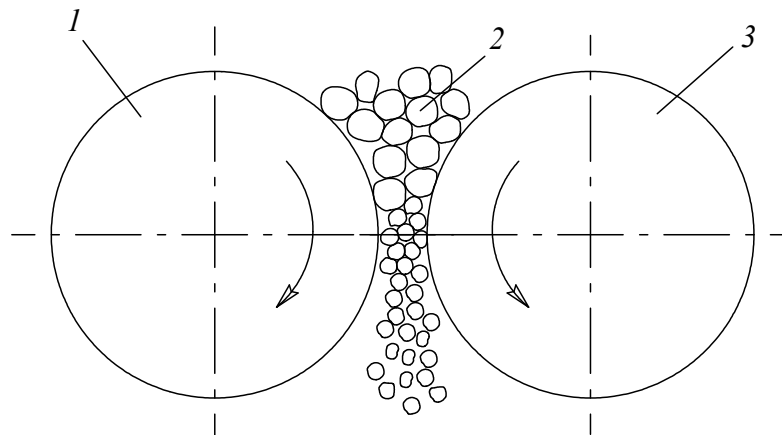


Рис. IV.6 Схема валкової дробарки:  
1, 3 – вальці (валки); 2 – подрібнюваний матеріал

По принципу подрібнення за рахунок стисненого удару працюють **молоткові дробарки** (рис. IV.7). Через завантажувальний бункер матеріал надходить в робочу камеру, де під дією молотків, прикріплених до стержнів, які обертаються навколо центральної осі, подрібнюється і виходить з камери через перфороване днище.

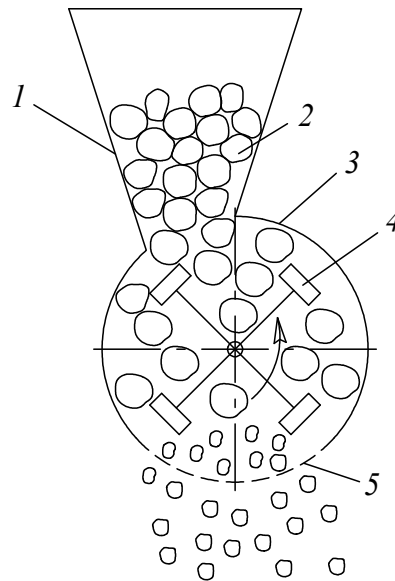


Рис. IV.7 Схема молоткової дробарки:

1 – завантажувальний бункер; 2 – подрібнюваний матеріал; 3 – робоча камера; 4 – молотки; 5 – перфороване днище

**Кулькові подрібнювачі.** Принцип їх роботи оснований на використанні удару і стирання. Кульковий млин являє собою циліндр, заповнений всередині кульками, що обертається навколо своєї осі (рис. IV.8). Кульки виготовлені з твердих матеріалів таких як загартована сталь чи чавун. При обертанні корпусу млина кульки разом з подрібнюваним матеріалом піднімаються на деяку висоту, потім під дією сили тяжіння падають вниз і ударяють по матеріалу.

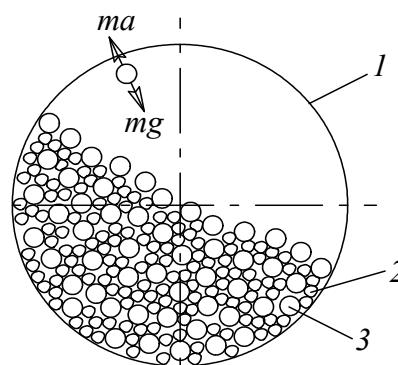


Рис. IV.8 Схема переміщення кульок в кульковому млині:

1 – корпус; 2 – подрібнюваний матеріал; 3 – кульки

На таких машинах здійснюється грубе і середнє подрібнення.

За принципом стисненого удару і стирання працюють **дискові дробарки**, які часто називають дезінтеграторами та дисмембраторами (рис. IV.9). Їх застосовують для розмелювання зерна, плодів, овочів, м'яса.

Із завантажувального бункера матеріал для подрібнення надходить в камеру дисмембратора і потрапляє між пальцями рухомого і не рухомого дисків.

Пальцьові робочі органи в цих машинах розміщуються на дисках перпендикулярно їх торцевим поверхням.

При роботі пальці одного диску заходять між пальцями другого. Матеріал подрібнюється за рахунок ударів пальців по ньому. Частота обертання дисків приймається 500...900 об/хв. Подрібнений продукт вивантажується через розвантажувальний патрубок. В дезінтеграторах обертаються обидва диска з пальцями. Їх обертання здійснюється в різні сторони.

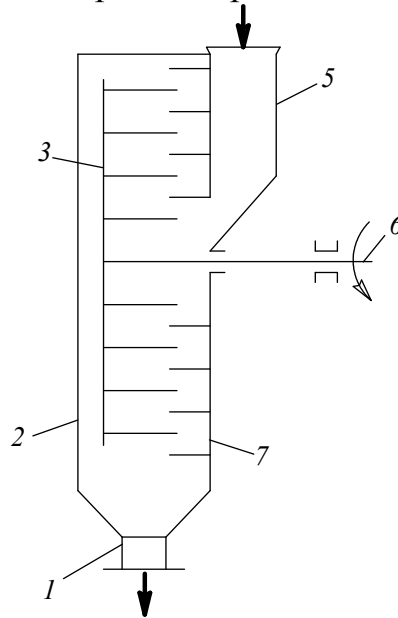


Рис. IV.9 Схема дискової дробарки (дисковий дисмембратор):

- 1 – розвантажувальний патрубок; 2 – камера; 3 – диск, що обертається;  
4 – пальці; 5 – завантажувальний бункер; 6 – привідний вал; 7 – нерухомий диск

**Барабанні подрібнювачі.** Використовуються в великотоннажних виробництвах. В цих тихохідних машинах (рис. IV.10) подрібнення продукту відбувається всередині футерованого барабану за допомогою елементів, якими є кулі, або стержні. При обертанні барабану ці елементи рухаються разом з корпусом, піднімаються на деяку висоту, а потім падають на шматки матеріалу, що знаходиться всередині барабану. Матеріал подрібнюється від ударів, перетирання і роздавлювання. Збільшуючи час перебування матеріалу у барабані можна досягти високу степінь подрібнення, але при цьому занадто зростають енерговитрати.

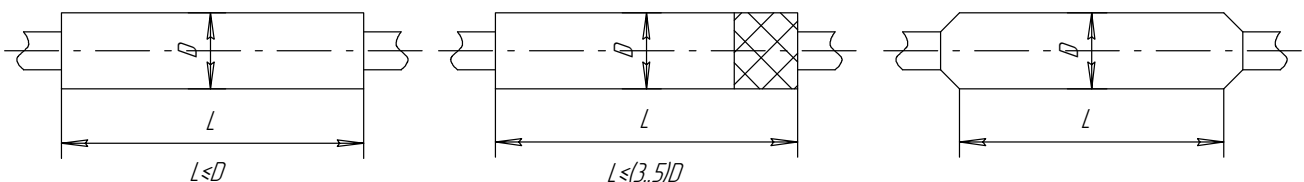


Рис. IV.10 Барабанні подрібнювачі

Розвантаження може відбуватися через перфоровану поверхню або пустотілі цапфи. Матеріалом для кульок може служити сталь  $\varnothing 30..100\text{мм}$ .

## IV.4 Інженерні розрахунки дробарок

### IV.4.1 Розрахунок молоткових (кулачкових) дробарок

Молоткові дробарки (рис. IV.11) застосовуються для отримання відносно дрібного однорідного продукту без наступного застосування сортувальних пристроїв. Вони ефективні при подрібненні крихких продуктів, таких як зерно, кістки, сіль, цукор. Продукти подрібнюються ударами молотків об частини матеріалу, ударами частин об корпус і перетиранням.

Найбільшого застосування набули дробарки з вільно підвішеними молотками. Первинне руйнування продуктів відбувається при зустрічі частинок з молотками. Це можливо при коловій швидкості молотків, мінімальне значення якої визначається, виходячи з закону кількості руху при прийнятій початковій швидкості руху частинок перед зіткненням їх з молотками, рівній нулю.

$$V_{\min} = \frac{P \cdot \tau}{m},$$

де  $P$  – середня миттєва сила опору руйнування частинок, Н;

$\tau$  – тривалість удару молотка по частинці, с;

$m$  – маса частинки, кг.

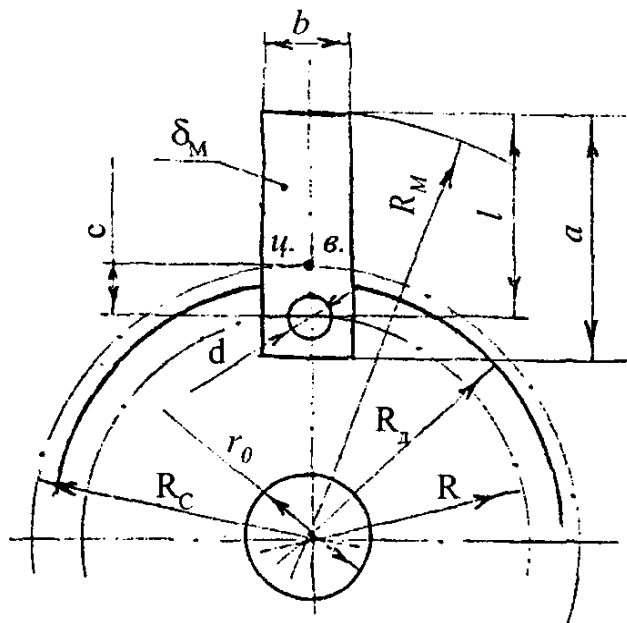


Рис. IV.11 До розрахунку молоткових дробарок

При розрахунках молоткових дробарок з великими коловими швидкостями робочих органів необхідно враховувати інерційні сили, що виникають внаслідок невірноваженості ротора. Найсильніші удари відбуваються при зустрічі частинок з кінцями молотків, коли вони займають найвище положення. В свою чергу ці удари передаються на всю дробарку і швидко виводять її з ладу. Для

зниження ударних дій молотки повинні бути врівноважені на удар. Це досягається при умові відсутності або незначної ударної реакції на осі молотків. Виходячи з умови рівноваги молотка і закону кількості руху, в момент удару знайдено, що молоток забезпечує безударну роботу при дотриманні рівняння:

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

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

Для прямокутного молотка з одним отвором:

$$r_c^2 = \frac{a^2 + b^2}{12} \text{ – відносно центра ваги;}$$

$$r^2 = r_c^2 + c^2 \text{ – відносно осі підвіски;}$$

$a, b$  – довжина і ширина молотка.

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

$$l = c + 0,5a$$

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

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

Для стійкості роботи молотка дробарки рекомендується, щоб відстань від осі підвіски до його зовнішньої кромки і до осі ротора не були рівні. Вал ротора, на якому кріпляться диски з проміжними кільцями, виконується ступенево. Перша ступінь під шків, друга – підшипник, третя – дискова, четверта – під диски та кільця.

Збільшення діаметра вала по ступенях орієнтовно враховує коефіцієнт 1,2:

$$d = 1,2n \cdot dB,$$

де  $n$  – кількість ступенів;  
 $dB$  – діаметр вала в небезпечному перерізі.

Враховуючи, що вал в першому наближенні буде сприймати змінні навантаження, його діаметр визначається:

$$dB = 0,052 \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}},$$

де  $N$  – потужність на валу, кВт;  
 $\omega$  – кутова швидкість ( $\text{с}^{-1}$ ).

При розрахунку дисків ротора враховуються відцентрові сили від маси дисків і молотків та визначається напруження на твірній центрального отвору:

$$\sigma = \sigma_{t \max} + \sigma_b,$$

де  $\sigma_{t \max}$  – максимальне колове напруження в диску постійного перерізу на твірній центрального отвору ( $\text{Н/м}^2$ );

$\sigma_b$  – колове напруження на твірній центрального отвору, що враховує масу молотків.

Максимальне колове напруження в сталевому диску визначається :

$$\sigma_{t \max} = \rho \cdot \omega^2 (0,825R_0^2 + 0,175r_0^2),$$

де  $\rho$  – густина матеріалу диску, кг/м<sup>3</sup>;  
 $R_0$  – зовнішній радіус диску, м;  
 $r_0$  – радіус центрального отвору диску, м.

Колове напруження від сили інерції молотків в сталевому диску на твірну центрального отвору визначається за формулою Демидова:

$$\sigma_i = \frac{P_i \cdot R \cdot z}{\pi \cdot \delta_g (R^2 - r_0^2)},$$

де  $P_i$  – відцентрова сила інерції молотка, Н;  
 $R$  – радіус кола розміщення центра молотка, м;  
 $z$  – кількість отворів в диску для підвіски молотків;  
 $\delta_g$  – товщина диска, м.

Відцентрова сила інерції молотка:

$$P_i = m_M \cdot \omega^2 \cdot R_c,$$

де  $m_M$  – маса молотка, кг;  
 $R_c$  – радіус кола розміщення центрів ваги молотка, м.

Діаметр осі підвіски молотків визначається з умови роботи її як двохопорової балки на згин:

$$d = 1,36 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_i \cdot \delta_M}{[\delta]_3}},$$

де  $\delta_M$  – товщина молотка (0,002...0,01);  
 $[\delta]_3$  – допустиме напруження при згині, Н/м<sup>2</sup>.

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

$$\frac{P_i}{\delta \cdot d} \leq [\delta]_{зм}$$

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

де  $h_{\min}$  – розмір перемички, м.

#### IV.4.2 Розрахунок кулькових дробарок

Як вже відмічалось характер руху кульок в барабані залежить від його кутової швидкості. При малій швидкості обертання кулі піднімаються по внутрішній поверхні барабана, а потім скочуються (рис. IV.12).

Для визначення умови відриву вільного падіння кулі масою  $m$  розглянемо її як матеріальну точку, на яку діють лише масові сили. Відрив кулі в точці А буде відбуватися при умові:

$$mg \cos \alpha \geq P_g$$

$$P_g = m\omega^2 R$$

$R$  – радіус кола останнього шару

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g \cos \alpha}{R}}$$

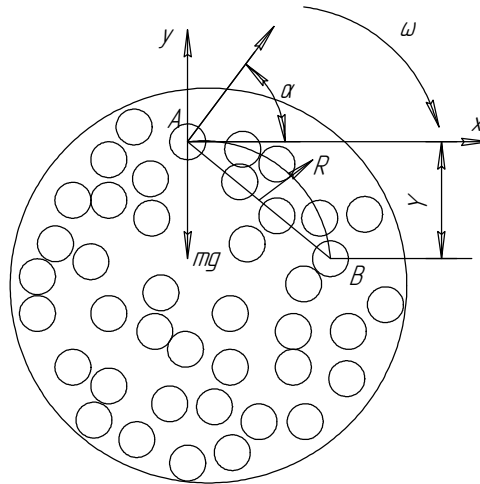


Рис. IV.12 Схема руху кульок в барабані

Продуктивність:

$$G = 6,54V_{\sigma}\sqrt{D}\left(\frac{m_M}{V_{\sigma}}\right)^{0,8} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{год}}$$

$V_{\sigma}$  – об'єм барабана, м<sup>3</sup>

$D$  – діаметр барабана, м

#### IV.4.3 Розрахунок пальцевих подрібнювачів

При розрахунках робочих органів пальцевих подрібнювачів палець розраховується як консольна балка, що навантажена зусиллям  $P_B$  від дії на продукт відцентрової сили.

При цьому враховується, що сила  $P_B$  перпендикулярна до площини, що проходить через центр пальця і диска, а вектор дії відцентрової сили знаходиться в цій площині.

Зусилля  $P_B$  знаходиться виходячи зі структурно-механічних характеристик матеріалу:

$$P_B = m_n \cdot \omega^2 \cdot r_i,$$

де  $m_n$  – маса пальця, кг;

$\omega$  – кутова швидкість диска, м<sup>2</sup>;

$r_i$  – радіус кола, на якому розміщений  $i$ -ий ряд пальців, м.

$P_B$  – рівномірно розподілене навантаження по довжині пальця з інтенсивністю  $q_B = P_B / l$ . Згинальний момент від цієї сили в місці закріплення пальця можна визначити за виразом:

$$M_B = 0,5 \cdot P_B \cdot l.$$

Вважаємо, що сила  $P_B$  прикладена на кінці пальця, тоді:

$$M_A = P_B \cdot l.$$

Сумарний згинальний момент:

$$M_3 = \sqrt{M_B^2 + M^2}.$$

#### IV.4.4 Розрахунок вальцевих (валкових) подрібнювачів

В залежності від виду поверхні валків розрізняють дробарки: з гладенькими, рифленими, зубчастими валками.

За конструкцією бувають: одновалкові, дво- і багатовалкові.

В одновалкових дробарках із зубчастими валками шматки матеріалу поступають в простір між валками і нерухою плитою, де вони подрібнюються роздавлюванням, розламуванням, перетиранням.

В двовалкових дробарках з гладенькими валками матеріал подається зверху на валки однакового діаметру, що обертаються назустріч один одному. Шматки захвачуються валками і подрібнюються роздавлюванням і перетинанням. Валки виготовляють з матеріалу з  $\sigma_{ст}=350\text{МПа}$ .

Для збільшення перетираючої дії при обробці вологих і в'язких матеріалів валкам надають різну кутову швидкість.

Рефлені і зубчасті валки застосовують для подрібнення великих шматків. Валки виготовляють з матеріалу з  $\sigma_{ст}=250\text{МПа}$ .

Умову захвату шматків матеріалу (рис. IV.13) характеризує кут захвату  $\alpha$ , який повинен бути  $\alpha \geq 2\varphi$  ( $\varphi$ - кут тертя).

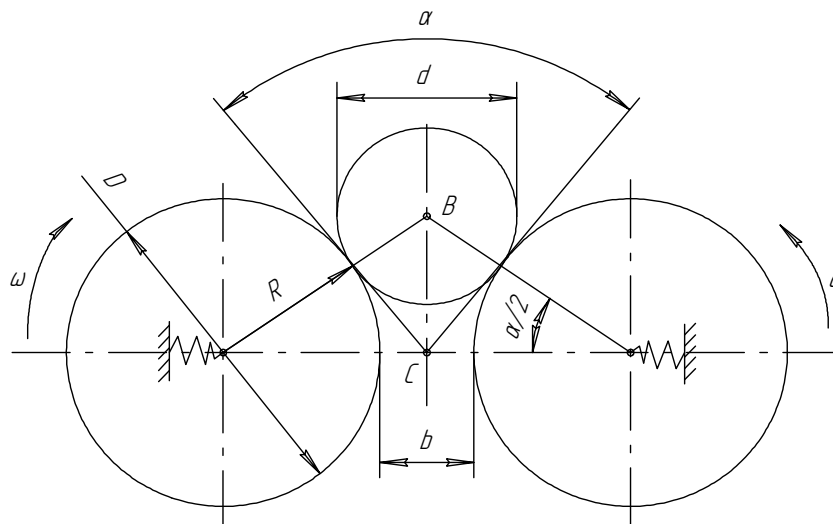


Рис. IV.13 До розрахунку двовалкових дробарок

Діаметр валків визначається з геометричних міркувань.

Приймаючи, що початковий діаметр шматка матеріалу  $d$  відомий, а ширина  $b$  щілини між валками відповідає розміру подрібненого матеріалу, то з  $\triangle ABC$  знаходиться діаметр валка:

$$\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right) \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D}{2} + \frac{b}{2},$$

$$\frac{b}{d} = \frac{1}{i} \Rightarrow \frac{D}{d} = \frac{\cos \frac{\alpha}{2} - \frac{1}{i}}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}},$$



$$D = \frac{d \cos \frac{\alpha}{2} - b}{1 - \cos \frac{\alpha}{2}}, \text{ м.}$$

При середніх значеннях  $i = 4$  і  $\alpha/2 = \varphi = 150$ :

для гладеньких валків –  $D/d = 20$ ;

для рифлених валків –  $D/d = 10$ ;

для зубчатих валків –  $D/d = 2 \dots 4$ .

Довжина валків (гладеньких і рифлених):

$l = (0,2 \dots 0,5)D$  (для твердих матеріалів);

$l = 2D$  (для м'яких матеріалів).

Частота обертання валків обмежена умовою вивантаження матеріалу під дією відцентрових сил:

$$n \leq 102,5 \sqrt{\frac{f}{\rho d D}}, \text{ об/хв,}$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя матеріалу об валки.

Колова швидкість валків:

$$\omega = (3 \dots 6) \text{ рад/с.}$$

Зусилля подрібнення  $P$ , що діє на матеріал залежить від площі контакту:

$$F = L_p l \Rightarrow l = \frac{\alpha D}{4}, \text{ і,}$$

де довжина дуги контакту  $LP = 0,9L$ .

З врахуванням коефіцієнта розпушування  $\psi$  зусилля подрібнення:

$$F = \frac{L_p \alpha d D}{4}$$

$$P = F \psi \sigma_{cm} = 0,25 \sigma_{cm} D d L_p \psi$$

Для міцних матеріалів при

$$\frac{\alpha}{2} = 18^\circ \Rightarrow \psi = 0,2$$

$$P_0 = 0,04 \sigma_{cm} L_p D$$

Для м'яких матеріалів при

$$\frac{\alpha}{2} = 24^\circ \Rightarrow \psi = 0,5$$

$$P_0 = 0,1 \sigma_{cm} L_p D$$

$P_0 = (1,2 \dots 1,3)P$  сумарне зусилля, по якому розраховується на міцність вали, опори, тяги, пружини.

Об'єм матеріалу, що вивантажується з дробарки при одному оберті валів:

$$V = \pi D L_p b \psi$$

Продуктивність валкової дробарки розраховується з умови, що з вихідної щілини висипається безперервний потік подрібненого матеріалу товщиною  $b$  і шириною, рівною робочій довжині валка:

$$L_p = 0,9L.$$

Тоді продуктивність дробарки:

$$G_m = 1,25 \pi D L_p b \rho n \psi, \text{ кг/с,}$$

де  $1,25$  – коефіцієнт, що враховує розходження валків при подрібненні із-за стиснення пружин.

$\psi$  – коефіцієнт розпушення (для міцних матеріалів  $\psi=0,2..0,3$ ; для пластичних –  $\psi=0,4..0,6$ ).

Потужність електроприводу дробарки, виходячи з об'ємної теорії подрібнення, може бути розрахована з формули:

$$N_e = 720 \cdot L \cdot D \cdot n \cdot \left( d + \frac{D^2}{120} \right), \text{ êÁò ,}$$

де  $L$  – довжина валків, м;

$D$  – діаметр валків, м;

$d$  – максимальний розмір початкового шматка, м;

$n$  – частота обертання валків, об/с.

#### IV.5 Подрібнення роздавлюванням

Відмінною особливістю цих машин є подрібнення матеріалів в результаті одночасної дії роздавлювання і стирання. Перша дія досягається зближенням робочих поверхонь, а друга – різницею лінійних швидкостей цих поверхонь. Найбільше розповсюдження серед даного класу машин знайшли бігуни, кульокільцеві машини.

Основним робочим органом бігунів є два циліндричні катки, що опираються на горизонтальну чашу (рис. IV.14).

Катки вільно насаджені на пів осях, які з'єднані з вертикальним валом, що приводиться в рух за допомогою конічних шестерень.

При обертанні валу водило обирає катки по дну чаші. Матеріал, що поступає в чашу попадає між катками і дном чаші, розколюється прямим роздавлювання і одночасно стиранням, так як бігуни розміщені на різних відстанях від осі валу, переміщуються з різними швидкостями.

Різновидом машин даного класу є машини, в яких обертається чаша, а бігуни закріплені на нерухомій осі. Така конструкція машин застосовується тоді, коли бігуни досить важкі і їх обертання визвали б велику відцентрову силу.

Якщо каток обертається відносно осі валу з частотою  $n$  (об./хв.), коефіцієнт розрихлення матеріалу  $\mu$ , а його густина  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), то продуктивність бігуна буде:

$$G = 2 \cdot 60 \pi D_0 n B d_k \mu \rho \cdot 10^{-3},$$

де  $D_0$  - відстань між осями катків, м;

$B$  - ширина катка, м;

$d_k$  - розмір куска змеленого матеріалу, м.

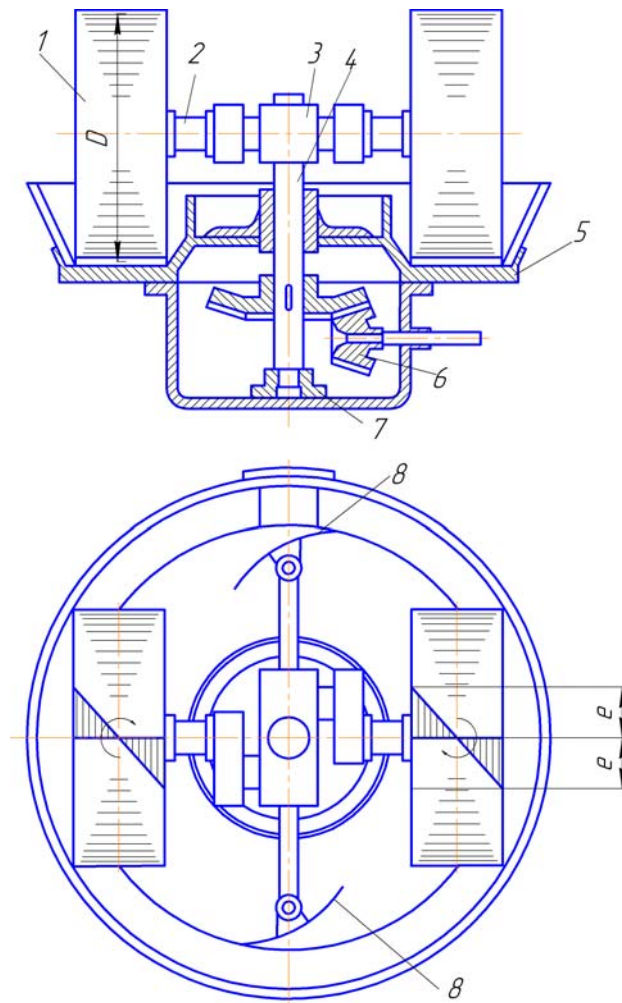


Рис. IV.14 Бігуни:

- 1 – каток; 2 – піввісь катків; 3 – водило; 4 – центральний вал;  
5 – чаша; 6 – шестерня; 7 – підп’ятник; 8 – шкребки

#### IV.6 Подрібнення харчових продуктів різанням

Різання є одним із основних процесів харчової промисловості:

- різання овочів і фруктів,
- різання цукрових буряків в бурякоцукровому виробництві,
- різання м’яса в м’ясній промисловості,
- різання тістової маси в хлібопекарній промисловості і т.д.

Матеріали мають різні фізико-механічні властивості, що і зумовлює різноманітність методів різання, виду ріжучих інструментів, швидкості різання і обладнання для різання.

Обладнання для різання харчових матеріалів можна класифікувати за наступними ознаками:

- за призначенням: для різання крихких, твердих, в’язко-пластичних, неоднорідних матеріалів;
- за принципом дії: періодичної, безперервної, комбінованої дії;
- за видом ріжучого інструменту: пластинчаті, дискові, роторні, ультразвукові, лазерні;

- за характером руху ріжучого інструмента: з обертальним рухом, зворотньо-поступальним, поворотним, вібраційним, плоскопаралельним.

Різнання можна розділити на три основні види:

- 1) різання пуансоном (рис. IV.15, а);
- 2) різання різцем (рис. IV.15, б);
- 3) різання ножем (рис. IV.15, в).

Пуансон під дією сили  $F$ , що направлена перпендикулярно робочій грані, зрізає матеріал. Різець діє на матеріал і стружку, що утворюється при цьому, як клин. При різанні здійснюється руйнування матеріалу в результаті дії на нього різальної кромки ножа. Область використання кожного із виду різання має свої обмеження. Пуансоном ріжуть основним чином порівняно тверді харчові продукти, наприклад, овочі. Різнання різцем використовується при обробці твердих і пластичних матеріалів. За допомогою леза (ножів) ріжуть м'які харчові продукти: м'ясо, рибу, хліб.

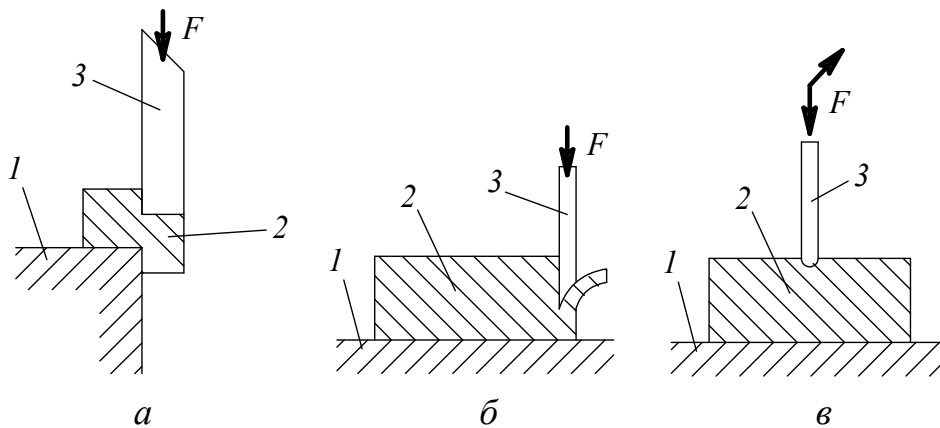


Рис. IV.15 Види різання: а) пуансоном: 1 – матриця; 2 – матеріал; 3 – пуансон; б) різцем: 1 – опорна плита; 2 – матеріал; 3 – різець; в) ножем: 1 – опорна плита; 2 – матеріал; 3 – ніж

Ножі мають форму одностороннього чи двохстороннього клина (рис. IV.16), грань  $A$  одностороннього клина являється робочою, а плоска грань  $B$  — опорною (рис. IV.16, а). В двохсторонньому клині (рис. IV.16, б) обидві грані являються робочими. ріжучою кромкою чи лезом називають лінію перетину граней, а кут ( $\alpha$  чи  $2\alpha$ ) між гранями — кутом заточки. Потрібно відмітити, що різання за допомогою ножів часто називають різанням лезами.

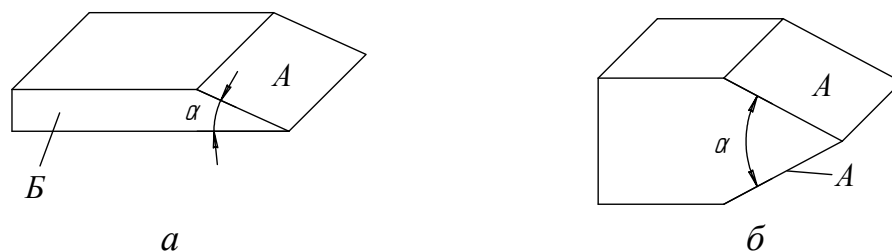


Рис. IV.16. Види ножів: а) двохгранний односторонній клин; б) двохгранний двосторонній клин

В харчовій промисловості використовуються ножі різних форм — серповидні, дискові, лопаткові, стрічкові, хрестоподібні і т.д. Характер руху ножів також може бути різним: зворотно-поступальним, обертальним, коливальним. Відомі різальні машини, в яких ножі залишаються нерухомими. Деякі з типів ножів показані на рис. IV.17.

Здатність леза виконувати свою різальну функцію, тобто ділити матеріал на частини, називається різальною спроможністю. Різальна спроможність ножа в процесі його використання змінюється, оскільки воно потроху зношується під дією матеріалу, який здійснює опір різанню. В зв'язку з цим лезо характеризується зносостійкістю, під якою розуміють його здатність протистояти руйнуванню матеріалу.

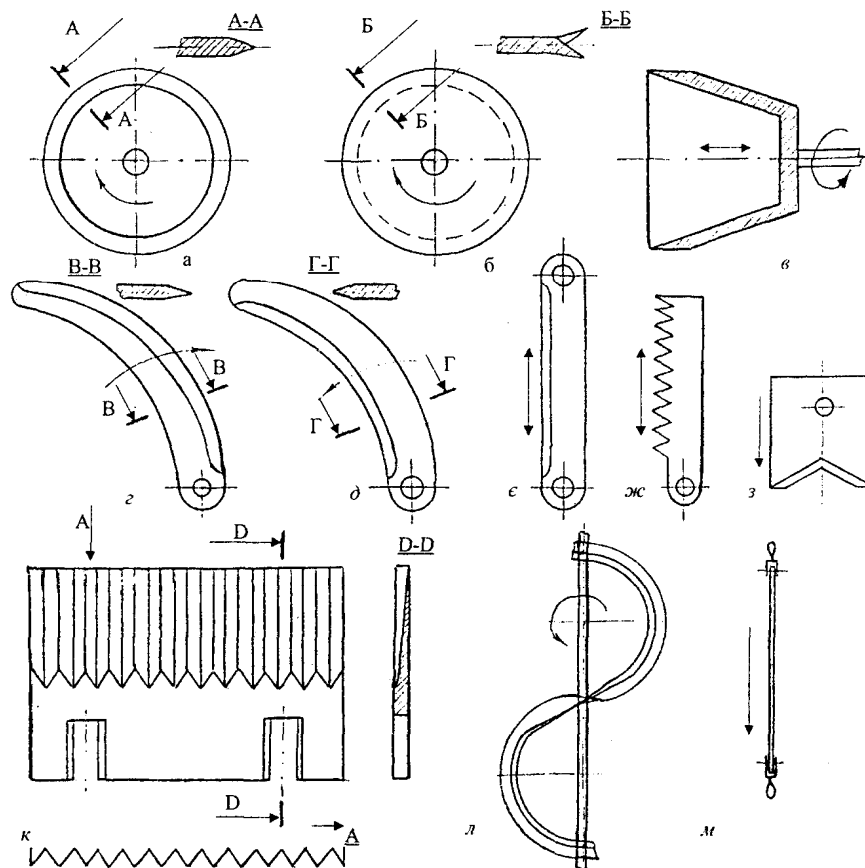


Рис. IV.17 Типи ножів різальних машин:

а – дисковий з плоским лезом; б – дисковий з зубчатим лезом; в-конічний; г,д – серповидні; с,ж-плоскі з плоским і зубчатим ріжучим лезом; з – з кутовим лезом; к – ребристий ; л – гвинтовий; м – ніж-струна

На рис. IV.18 представлені зразки машин для різання. Вовчок (рис. IV.18, а) складається зі шнека і ножового механізму. Шнек стискає і подає сировину до різального механізму, який складається з нерухомих ножів і ножів, які обертаються зі шнеком.

Матеріал подрібнюється в результаті його продавлювання шнеком в зазори між нерухомими ножами і відрізання продавлених частинок лезами ножів, що обертаються.

Кутер (рис. IV.18, б) — машина періодичної дії, який працює за принципом ковзаючого різання. Він має ніж серповидної форми, що швидко обертається на горизонтальному валу. Нижня частина траєкторії руху леза ножа проходить через шар матеріалу, який переміщується горизонтально в чаші, що обертається, перпендикулярно площині обертання ножа. Завдяки високій швидкості руху леза ножа і його серповидній формі, здійснюється ковзаюче різання, частинки в шарі розрізаються на дрібніші, без суттєвого руйнування внутрішньої структури матеріалу частинок. Застосовують також різки з дисковими (рис. IV.18, в), стрічковими ножами або пилами (рис. IV.18, г).

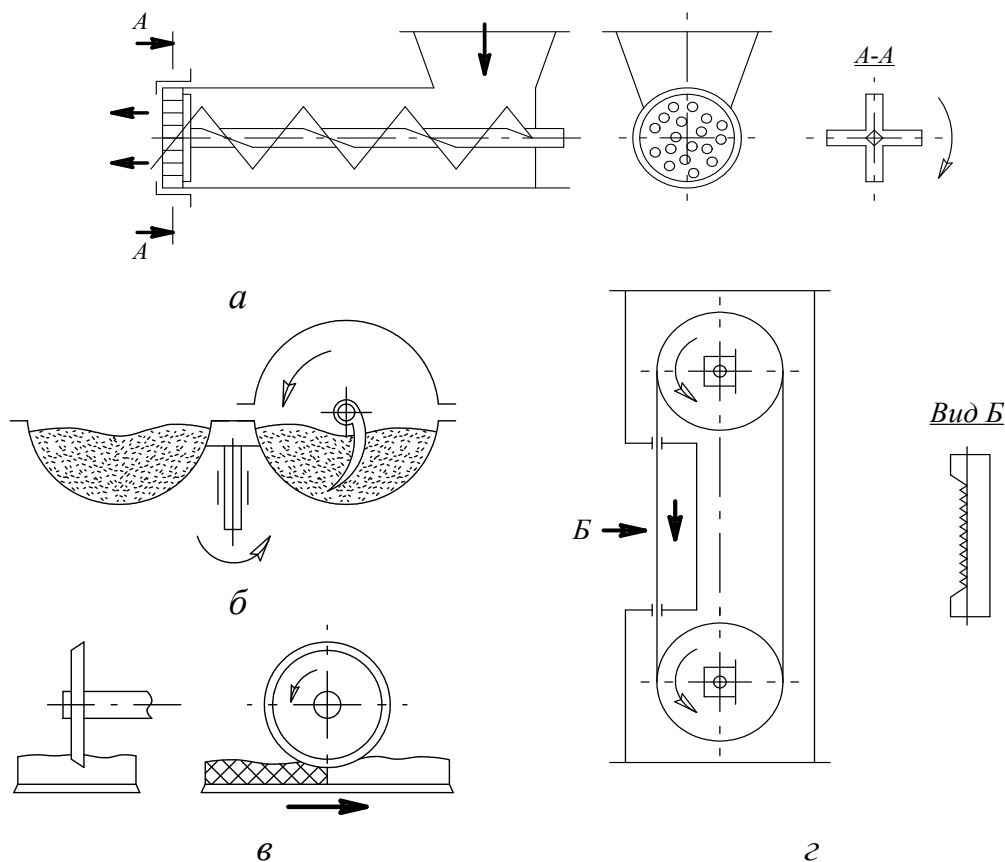


Рис. IV.18 Пристрій для подрібнення:

а) вовчок; б) кутер; в) дисковий ніж; г) стрічкова пила;

В цукровій промисловості використовуються **бурякорізки відцентрової дії** рис. IV.19, коли бурякам передається обертальний рух і вони під дією відцентрової сили притискаються до нерухомих лез ножа і подрібнюються на стружку.

Бурякорізка являє собою вертикальний циліндр, на боковій поверхні якого є вирізи з гніздами для встановлення ножових рам. Всередині корпусу обертається конусоподібний завиток з трьома вертикальними лопатями. Буряки з приймального бункера потрапляють на ротор, що обертається, лопатями відки-

даються до нерухомих ножів і під дією відцентрової сили і заклинювальної дії лопатей притискаються до ріжучої кромки ножів і розрізаються на стружку.

Продуктивність бурякорізки може бути визначена за формулою:

$$G = k \cdot L \cdot n \cdot a \cdot v \cdot \rho, \text{ кг/с,}$$

де  $k$  - конструктивний коефіцієнт,  $k = 0,85 \div 0,9$ ;

$L$  - довжина ріжучої кромки ножа, м,

$n$  - кількість ножів в бурякорізці,

$a$  - висота підйому ножа, м,

$v$  - швидкість різання буряків, м/с,

$\rho$  - насипна густина буряків, кг/м<sup>3</sup>.

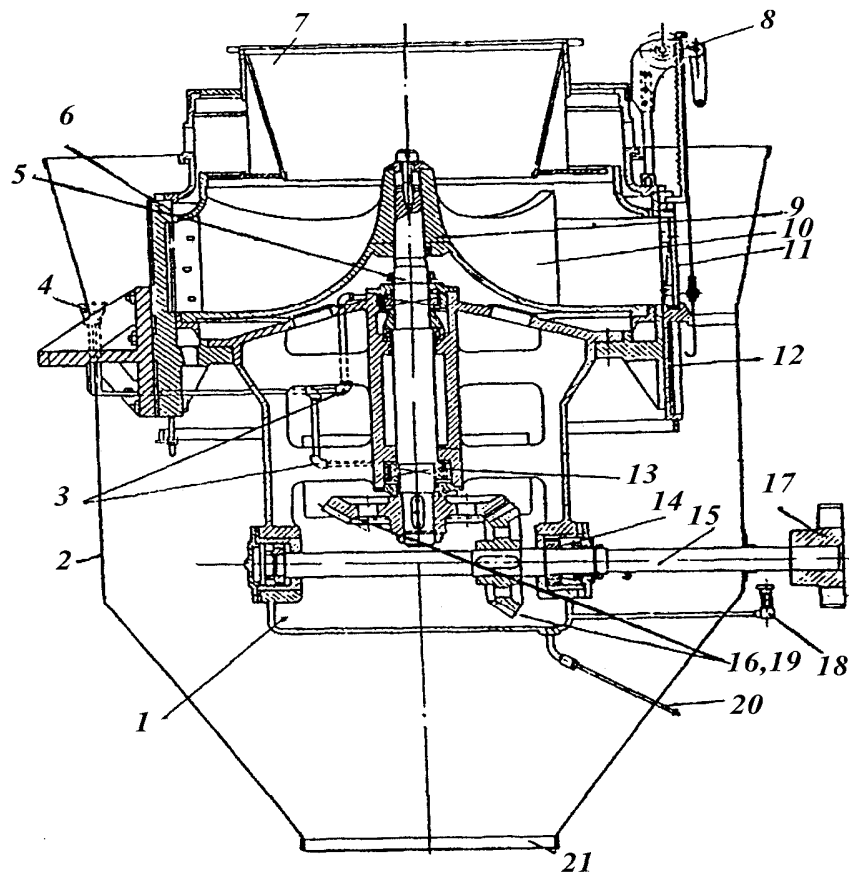


Рис. IV.19 Відцентрова бурякорізка:

1 - редуктор; 2 - циліндричний кожух, 3 - трубка для мастила; 4 - ковпачок для мащення; 5 - вал; 6 - корпус; 7 - бункер; 8 - рейковий механізм для заміни ножів; 9 - завиток; 10 - лопать завитка; 11 - ножова рама; 12 - заглушка; 13, 14 - підшипникові вузли; 15 - вал приводу; 16, 19 - конічні шестерні; 17 - півмуфта приводу; 18 - показник масла; 20 - зливний патрубок; 21 - нижній конус

#### IV.7 Гомогенізація харчових продуктів

Гомогенізатори призначені для подрібнення і рівномірного розподілення жирових кульок в молоці і рідких молочних продуктах. Гомогенізатори являють собою багатоплунжерні насоси високого тиску з гомогенізуючою головою.

Гомогенізація здійснюється шляхом проходження продукту під високим тиском з великою швидкістю через гомогенізуючу головку, у вигляді двох ступеней — щілини між притертими клапаном і сідлом, що сполучені між собою каналом. Тиск в гомогенізаторі регулюється розміром щілини між клапаном і сідлом. При цьому на першій ступені встановлюють необхідний для конкретного продукту тиск гомогенізації, на другій — робочий тиск.

Гомогенізатори складаються з наступних основних вузлів: кривошипно-шатунного механізму з системою мастила і охолодження, плунжерного блоку з гомогенізуючою і манометричною головками і запобіжним клапаном, станини з приводом.

В гомогенізаторах подрібнення відбувається в результаті перепускання продукту під великим тиском через вузькі кільцеві щілини. Схеми конструкцій гомогенізуючих голівок, які використовуються в різних типах гомогенізаторів, наведені на рис. IV.20.

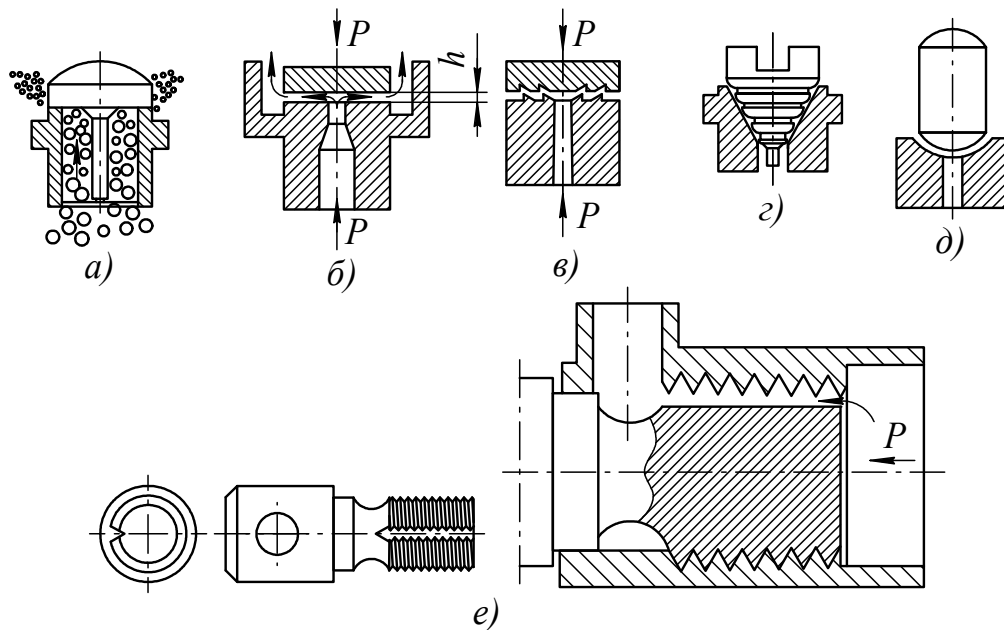


Рис. IV.20 Схеми конструкцій гомогенізуючих голівок:

- а - голівка із звичайним клапаном; б - клапан з відбивними стінками;
- в - клапан з похилим і концентричним нарізом в горизонтальній площині;
- г - клапан з похилим і концентричним нарізом в похилій площині;
- д - сферичний клапан; е - різьбовий клапан з подовжнім прорізом

**Гомогенізатор А1-ОГМ**, (рис. IV.21) призначений для отримання тонкоподрібненому однорідного продукту, складається з електродвигуна 1, станини 2, кривошипно-шатунного механізму 3 із системами змащення 7 і охолодження, плунжерного блоку 4 з гомогенізуючою 6 і манометричною 5 головками та запобіжним клапаном.

Принцип роботи гомогенізатора полягає в нагнітанні продукту через вузьку щілину між сідлом і клапаном гомогенізуючої голівки. Тиск продукту перед клапаном 20...25 МПа, після клапана - близько до атмосферного. При такому різкому перепаді тиску продукт подрібнюється.



Трьохплунжерний насос являє собою три плунжери, які здійснюють зворотно-поступальний рух і всмоктують рідину з приймального каналу, закритого клапаном, і нагнітають її через нагнітаючий клапан у гомогенізуючу голівку під тиском 20...25 МПа.

Гомогенізуюча голівка є найбільш важливою і специфічною частиною гомогенізатора. Вона являє собою металевий корпус, в якому знаходиться циліндричний центрувальний клапан. Під тиском рідини клапан піднімається, утворюючи кільцеву щілину, через яку рідина проходить з великою швидкістю і потім виводиться через штуцер з гомогенізатора.

Регулюванням тиску пружини на клапан досягається оптимальний режим гомогенізації для різних продуктів.

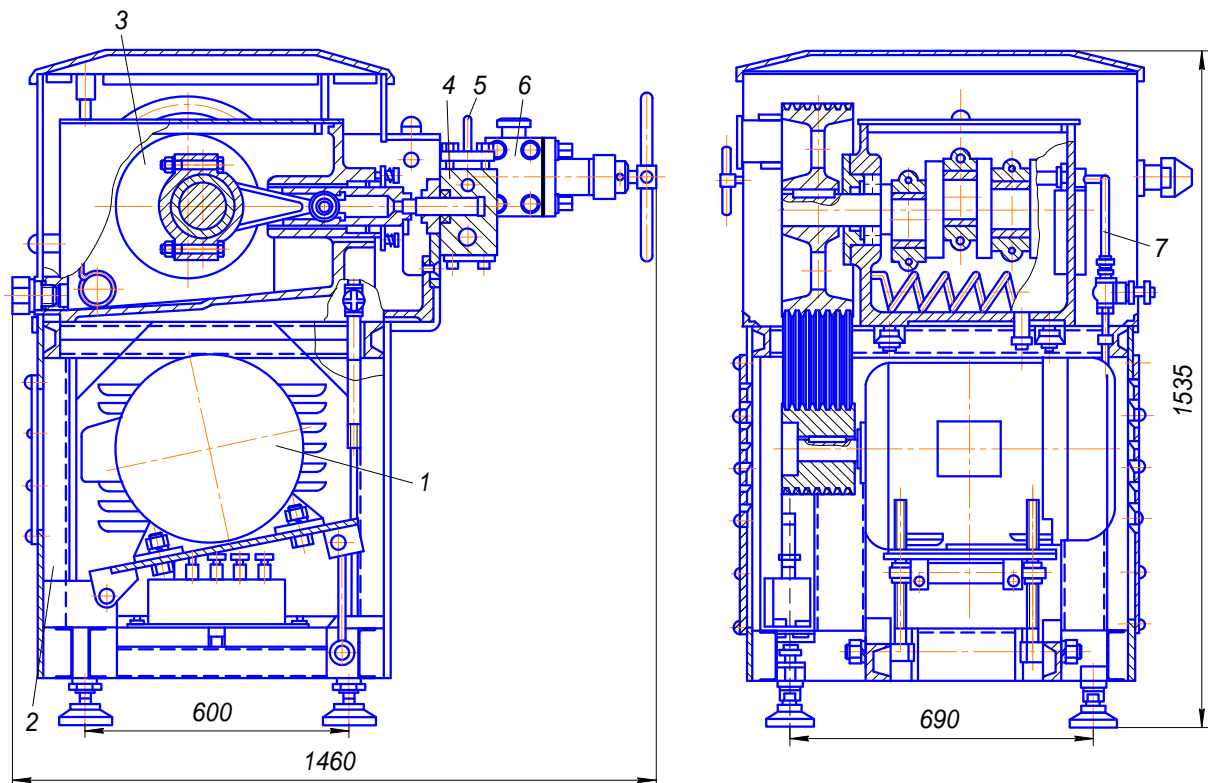


Рис. IV.21 Гомогенізатор А1-ОГМ

**Гомогенізатор К5-ОДА-10** (рис. IV.22) призначений для дроблення й однорідного розподілу жирових кульок в молоці і рідких молочних продуктах, а також у сумішах для морозива.

Він являє собою п'ятиплунжерний насос високого тиску з гомогенізуючою голівкою. Він складається з станини 1 з приводом, кривошипно-шатунного механізму 5 з системами мащення та охолодження, плунжерного блоку 14 з гомогенізуючою 13 і манометричною 12 голівками і запобіжним клапаном. В середині плунжерного блоку 14 є плунжер 15, з'єднаний з повзуном 11. Привід гомогенізатора здійснюється від електродвигуна 17 через ведучий 20 і ведений 21 шківів і клинопасову передачу. В середині станини 1 шарнірно закріплена плита 18, положення якої регулюється гвинтами 2. Станина встановлена на шести опорах 19, які регулюються по висоті.

Кривошипно-шатунний механізм 5 складається з литого чавунного корпусу, колінчатого валу 7, встановленого на двох роликопідшипниках, шатунів 8 з кришками 6 і вкладишами 9, повзунів 11, шарнірно з'єднаних з шатунами 8 за допомогою пальців 10 і ущільнень. Внутрішня порожнина корпусу кривошипно-шатунного механізму є масляною ванною. У задній стінці корпусу змонтовані покажчик рівня мастила 4 і зливна пробка 3. У корпусі, що являє собою резервуар з похилим дном, розміщені кривошипно-шатунний механізм 5, система охолодження, масляний сітчастий фільтр і маслонасос 22.

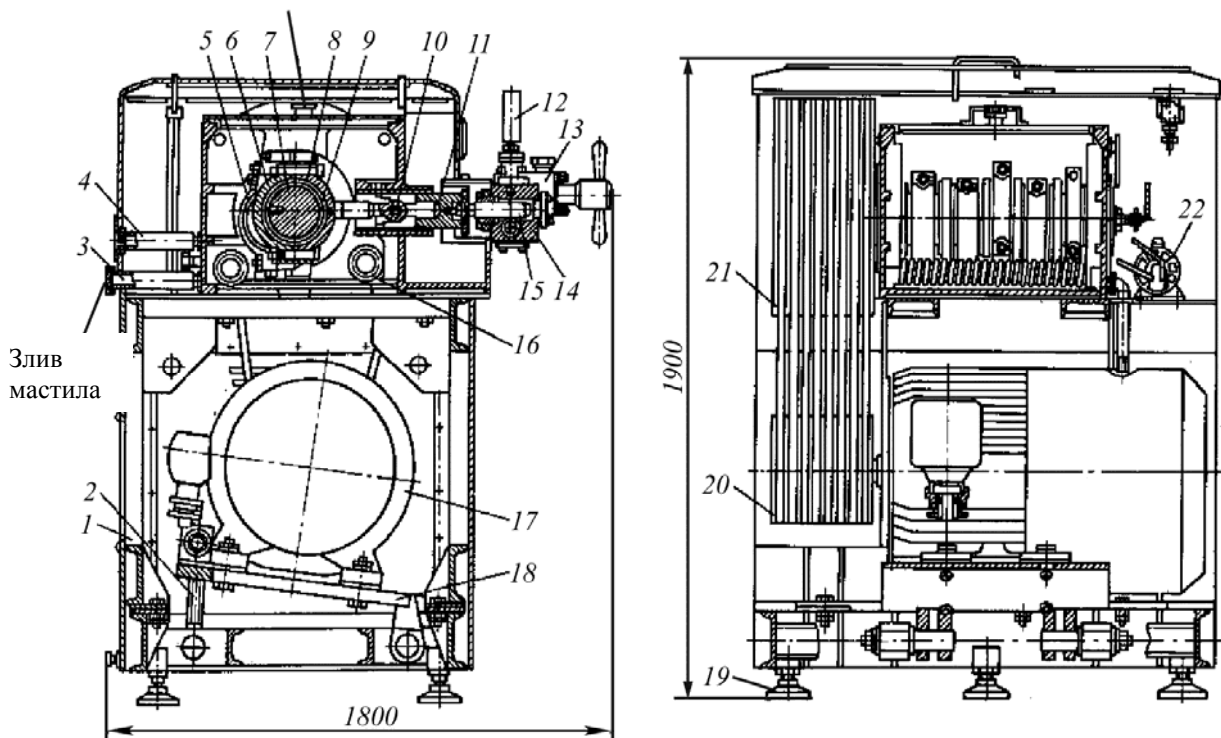


Рис. IV.22 Гомогенізатор К5-ОДА-10

Гомогенізатор має примусову систему мащення найбільш навантажених пар тертя, яка застосовується в поєднанні з розбризуванням мастила всередині корпусу. Охолодження мастила проводиться водопровідною водою за допомогою змійовика 16 охолоджуючого пристрою, укладеного на дні корпусу, а плунжери охолоджуються водопровідною водою, що потрапляє на них через отвори в трубі. Регулюванням тиску пружини на клапан досягається оптимальний режим гомогенізації для різних продуктів.

Продуктивність плунжерного гомогенізатора  $\Pi$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ):

$$\Pi = 0,25D^2 S \omega z \eta_n,$$

де  $D$  і  $S$  - діаметр і хід плунжера, м;

$\omega$  - кутова швидкість обертання колінчастого валу, рад/с;

$z$  - кількість плунжерів, шт.;

$\eta_n$  - ККД насоса.

Потужність електродвигуна гомогенізатора  $N$ :

$$N = \Pi p / (3600 \eta), \text{ кВт}$$

де  $p$  - тиск гомогенізації, Па;

$\eta$  - ККД гомогенізатора.

Товщина тарілки клапана  $h_{кл}$  :

$$h_{кл} = 0,43d_{кл} \sqrt{p/[\sigma]}, \text{ м}$$

де  $p$  - тиск гомогенізації, Па;

$[\sigma]$  - допустима напруга для матеріалу клапана, Па;

$\alpha_{кл}$  - діаметр клапана, м;

$$\alpha_{кл} = \sqrt{1,27(\Delta F + P/6v_1z)},$$

де  $P$  - продуктивність гомогенізатора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$v_1$  - що допускається швидкість рідини в сідлі, м/с (для всмоктувального клапана 2 м/с, а для нагнітального 5...8 м/с);

$\Delta F$  - площа поперечного перерізу хвостовика,  $\text{м}^2$ ;

$z$  - кількість плунжерів, шт.

При гомогенізації частина механічної енергії перетворюється в теплоту, внаслідок чого відбувається підвищення температури  $\Delta t$  (К) продукту, що гомогенізується:

$$\Delta t = p/c\rho,$$

де  $p$  - тиск гомогенізації, Па;

$c$  - питома теплоємність молока, Дж/(кг·К);

$\rho$  - щільність молока,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

### Запитання для самоперевірки до розділу IV

1. Способи подрібнення матеріалу. Особливості, приклади дії машин даного класу.
2. Класи подрібнення матеріалу. Степінь подрібнення.
3. Складові роботи, що затрачується на подрібнення матеріалу.
4. Класифікація подрібнюючих машин.
5. Подрібнення ударом: шокова дробарка. Устрій, принцип роботи.
6. Конусна дробарка. Устрій, принцип роботи.
7. Молоткова дробарка. Устрій, принцип роботи.
8. Дисмембратори та дезінтегратори. Устрій, принцип роботи.
9. Принцип розрахунку молоткових дробарок.
10. Подрібнення роздавлюванням. Принцип роботи бігунів.
11. Види різання. Типи ножів для різання.
12. Відцентрові бурякорізки. Принцип роботи, устрій.
13. Машини для гомогенізації харчових продуктів. Устрій, принцип роботи.
14. Типи гомогенізуючих головок. Принцип гомогенізації рідких харчових продуктів.

## V ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### V.1 Основи теорії перемішування

Перемішування речовин одного або різних агрегатних станів широко використовується для отримання гомогенних розчинів (рідин, газів, твердих речовин в рідинах), гетерогенних сумішей, емульсій (рідина - рідина), суспензій (рідина – тверді частинки), твердих сипучих матеріалів, для інтенсифікації процесів тепло і масообміну.

Критерієм ефективності роботи змішуючого обладнання є коефіцієнт варіації:

$$k = \frac{100}{c} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (c_i - c)^2}, \%$$

де  $c$  – середнє арифметичне значення концентрації ключового елемента у взятих пробах, %

$n$  – кількість взятих проб

$c_i$  – концентрація ключового компонента у взятій пробі, %

Витрата енергії на механічне перемішування рідин залежить від таких параметрів:

$$N = f(\mu, \rho, n, d);$$

де  $\mu$  – в'язкість рідини;

$\rho$  – густина рідини;

$n$  – частота обертання мішалки;

$d$  – діаметр мішалки.

На основі аналізу розмірностей приходимо до такої залежності:

$$Eu_m = C \cdot Re_m^k$$

Де  $Eu_m = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5}$  – критерій Ейлера для перемішування;

$Re_m = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$  – критерій Рейнольда для перемішування;

$c, k$  – коефіцієнти, що знаходяться експериментально.

### V.2 Класифікація обладнання для перемішування

Машини для перемішування можуть бути класифіковані, як показано на рис. V.1.

Крім того змішувачі розрізняють:

– за способом дії: періодичні, безперервні;

– за силою дії: гравітаційні, відцентрові, пневматичні;

- за механізмом перемішування: циркуляційні, об'ємного та дифузійного змішування.
- за конструкцією: барабанні, шнекові, стрічкові, турбінні.
- за способом управління: з ручним, автоматичним, програмним управлінням.

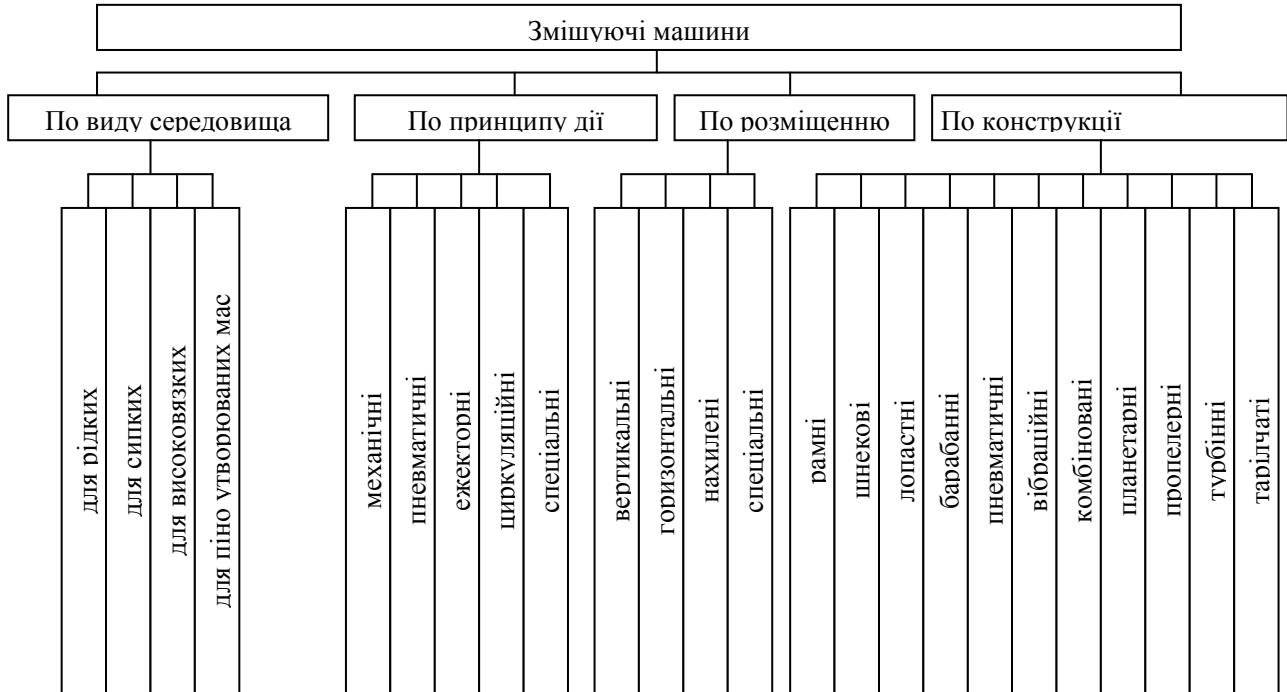


Рис V.1 Класифікація машин для перемішування

В харчовій промисловості використовуються в основному змішувачі періодичної дії. Пояснюється це тим, що при періодичному веденні процесу може забезпечити точне співвідношення між компонентами суміші.

Обладнання для перемішування харчових продуктів діляться на чотири групи:

1. для перемішування рідких харчових продуктів;
2. для перемішування пластичних харчових продуктів;
3. для перемішування сипких харчових продуктів;
4. для утворення пінних мас.

### V.3 Обладнання для перемішування рідких харчових продуктів

Для перемішування рідких харчових продуктів використовуються наступні методи:

- перемішування за допомогою механічних мішалок;
- розміщення в потоці турбулізуючих пристроїв;
- барботажний — шляхом подачі газу або пари в рідке середовище.

Призначення робочих органів для перемішування — забезпечення взаємного рівномірного розподілення фаз, а також інтенсифікації процесів розчинення тепло масообміну і хімічних реакцій.

Для перемішування рідких харчових продуктів використовуються різні типи мішалок. За конструктивними ознаками механічні перемішуючі пристрої діляться на дві групи:

- швидкохідні — це лопатеві, пропелерні, турбінні та ін., в яких колова швидкість кінців лопаті знаходиться в межах 10 м/с, а відношення  $D/d \geq 3$ ; де  $D$  – діаметр апарату;  $d$  – діаметр мішалки.
- тихохідні — це якірні, рамні, стрічкові та ін., в яких колова швидкість знаходиться в межах 1 м/с, а  $D/d \leq 2$ .

В стандарті зареєстровано 12 типів мішалок:

- 01 – трилопатева з кутом нахилу лопатей  $\alpha = 240^\circ$ ;
- 02 – гвинтова;
- 03 – турбінна відкрита;
- 04 – турбінна закрита;
- 05 – шестилопатева з кутом нахилу лопатей  $\alpha = 450^\circ$ ;
- 06 – кліткова;
- 07 – лопатева;
- 08 – шнекова;
- 09 – якірна;
- 10 – рамна;
- 11 – стрічкова;
- 12 – стрічкова зі скребками.

**Швидкохідні** мішалки діляться на такі, в яких лопаті розміщені перпендикулярно до площини обертання і мішалки, в яких лопаті утворюють постійний або змінний кут нахилу до площини обертання. Такі робочі органи застосовуються в апаратах, які обладнані різними внутрішніми пристроями.

При значній висоті апарата робочі органи на валу встановлюють в декілька рядів. При цьому відстань між двома сусідніми лопатями по висоті не повинна бути менше діаметра їх кінців. Мінімальна висота  $H_{pmin} \geq 1,3D$ ,

де  $H_{pmin}$  – рівень рідини в апараті.

**Турбінні** робочі органи застосовуються для швидкого приготування суспензій, розчинення твердої фази і для диспергування нерозчинних компонентів. В конструктивному відношенні виготовляються у вигляді відкритих і закритих турбінок.

а) Відкриті турбінки являють собою диск, на якому закріплено 6-8 плоских лопаток, що розміщені радіально. Діаметр турбінки вибирається залежно від діаметра посудини  $d = (0,25 \dots 0,5)D$ . Згідно стандарту діаметр кільцевого диску, на якому закріплюється 6 радіальних лопатей  $d_2 = 0,75d$ , внутрішній діаметр розміщення лопатей  $d_1 = 0,5d$ , висота лопаті  $h = 0,2d$ .

Виготовляються також відкриті турбінки з зігнутими лопатями, розміщеними під кутом  $380$  до радіусу так, що їх проекції на радіус дорівнюють 1, а довжина хорди лопаті  $L = 1,25l$  і радіус її  $R = 1,5l$ .

б) Закриті турбінки працюють за принципом відцентрового насоса. Турбінка складається з втулки зі шпичками і двох кільцевих дисків, між якими розміщено від 3 до 12 лопаток. При обертанні турбінки рідина засмоктується в по-

рожнину між шпичцями лопатками і з силою відкидається на периферію, колова швидкість - до 7 м/с. В промисловості застосовуються восьми лопатні закриті турбінки з кутом при вершині  $22^{\circ}30'$ .

Мішалки з закритими турбінками застосовуються для перемішування мало в'язких рідин, отримання суспензій і розчинення твердих матеріалів.

Турбінні мішалки **тарілчастого типу** застосовуються для перемішування рідин з різною густиною і для приготування емульсій. Рідина засмоктується в криві канали між тарілками турбінки, розбивається на мілкі струмени, які при виході з турбінки перетинаються, розбиваючи одна другу.

Робочий орган **пропелерної мішалки** (рис. V.2) являє собою звичайний гребний гвинт з двома, трьома або чотирма лопатями. При обертанні гвинт захаває рідину лопатями і відкидає її в радіальному і осьовому напрямках. Відтиснута рідина по зовнішніх циркуляційних контурах повертається до лопатей. В посудині ця турбінка викликає інтенсивну циркуляцію рідини з значною осьовою складовою повної швидкості. Діаметр турбінки змінюється в незначних межах від  $0,25B$  до  $0,33B$ .

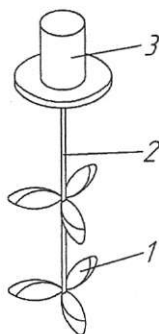


Рис. V.2 Дворядний пропелерний змішувач:

1 – вертикальний вал; 2 – трьохлопатеви пропелер; 3 – електродвигун

**Тихохідні мішалки** – застосовуються в основному для перемішування високов'язких рідин, інтенсифікації тепло масообміну, гомогенізації та ін.

Стандартні тихохідні мішалки діляться на такі, в яких лопаті перпендикулярні площині обертання, і мішалки, в яких лопаті утворюють кут з площиною їх обертання. Робочі органи в тихохідних мішалках встановлюються, як правило, в посудинах з гладенькими стінками.

**Якірні мішалки.** Робочі органи в якірних мішалках за формою, як правило, відповідають формі днища посудини. Відстань між стінками посудини і зовнішнім контуром робочого органу  $0,050 B$ , а діаметр робочого органу  $0,90 B$ .

Якірні мішалки застосовують для перемішування дуже густих рідин, особливо коли процес проходить з нагріванням через стінки посудини. Із-за невеликого зазору між зовнішнім контуром робочого органу і посудиною біля її стінок виникає значна турбулентна течія, що запобігає перегріванню рідини і утворенню на стінках осаду, чи продуктів хімічних реакцій.

Для перемішування рідин високої в'язкості в робочому органі додатково закріплюють горизонтальні і вертикальні лопаті. У відповідності з формою днища розрізняють сферичні, еліптичні, рамні та ін. мішалки.

**Стрічкові мішалки** (рис. V.3). Робочі органи стрічкової мішалки являють собою вал, на якому на рівних відстанях одна від другої закріплені циліндричні траверси. Висота стрічкової мішалки залежить від висоти корпусу апарата і рівня рідини в ньому.

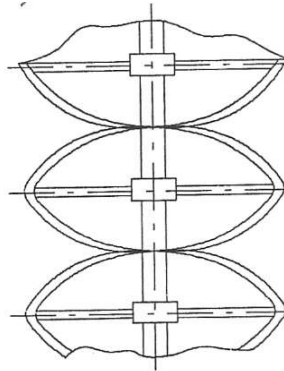


Рис. V.3 Стрічкова мішалка

Найпоширенішим видом механічних апаратів для перемішування є аналогічні по конструкції і принципу дії реактори МЗС-316 і МЗС-210.

**Реактори МЗС-210 і МЗС-316** (рис. V.4) використовуються для перемішування в'язких і рідких харчових продуктів з підтриманням температури процесу або з одночасним нагріванням.

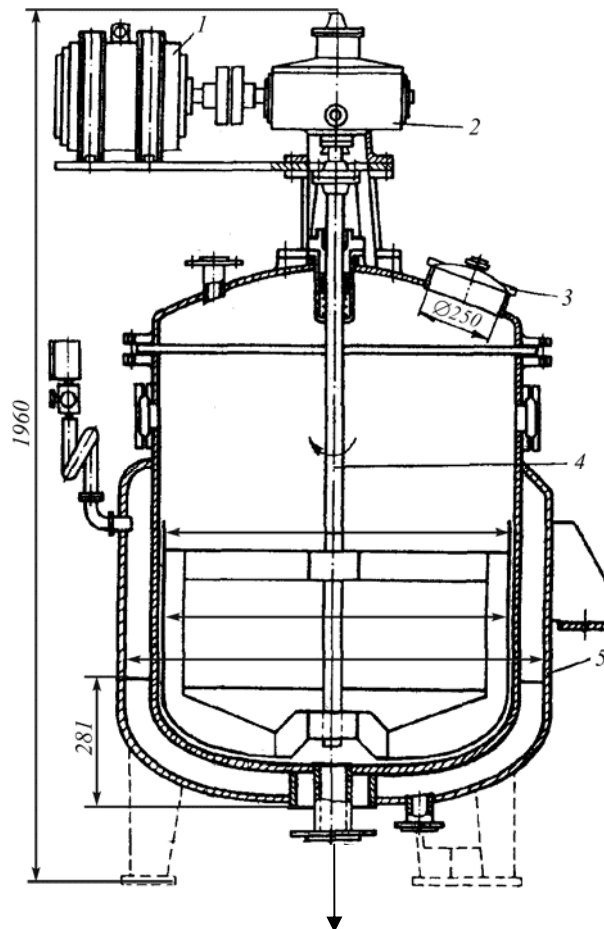


Рис. V. 4 Реактор МЗС-316



Перемішування продукту здійснюється мішалкою 4, що складається з вертикального вала з укріпленими на ньому лопатями. У нижній частині корпусу 5 є два патрубкі для спуска конденсату й вивантаження готового продукту. Над реактором змонтований привід, що включає електродвигун 1 і редуктор 2. Для санітарної обробки верхньої частини є кришка 3.

**Продуктивність** пристроїв для змішування,  $\Pi$  (кг/с) для мішалок рідких харчових продуктів визначають за формулою:

$$\Pi = m / (\tau_3 + \tau_n + \tau_p),$$

де  $m$  – маса завантаженого в ємкість продукту, кг;

$\tau_n$  – час роботи змішувача, с;

$\tau_3$  – час завантаження змішувача, с;

$\tau_p$  – час розвантаження змішувача, с.

Тривалість перемішування  $\tau_n$  для змішування рідких і тістоподібних продуктів визначають по формулі:

$$\tau_i = 3600 \cdot C / n^{\alpha \cdot n_1}, \text{ с}$$

де  $C$  – постійний коефіцієнт, що залежить від виду процесу, знаходиться експериментально;

$n$  – частота обертання лопатей,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує наявність елементів турбулізації ( $\alpha = 1$ , при відсутності таких елементів  $\alpha = 2,5$ );

$n_1$  – параметр, що залежить від виду й стану маси, що перемішується.

Знаходиться експериментально.

Для перемішування мало в'язких рідин, а також зернистих матеріалів використовуються апарати пневматичного перемішування. В цих апаратах в нижню частину вводиться стиснений газ. Потік газу, що вводиться, поділяється на маленькі бульбашки, які піднімаючись до поверхні рідини визивають її перемішування.

Пневматичне перемішування використовують також тоді, коли по технології потрібна аерація чи окислення рідини.

На рис. V.5 представлено пристрій для **пневматичного перемішування** мало в'язких рідин, який являє собою ємкість, яка має в нижній частині горизонтальну трубу з отворами (барботер). Через отвори в апарат потрапляє стиснене повітря, струмінь якого подрібнюється на бульбашки, що спливають на поверхню рідини.

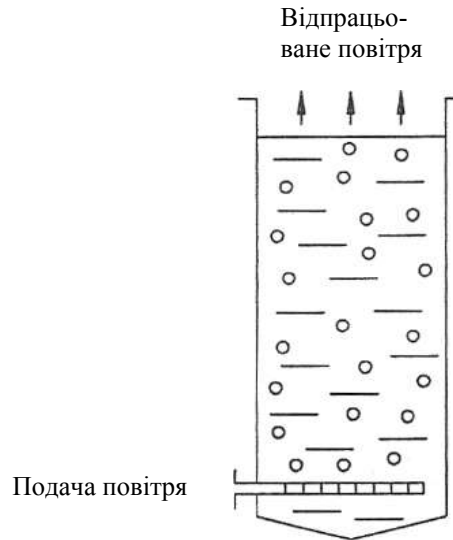


Рис. V.5 Пневматичне перемішування рідин

#### У. 4 Перемішування сипких харчових продуктів

Для порційного приготування суміші сипких продуктів використовують барабанні змішувачі, в яких вісь обертання барабана співпадає з віссю симетрії барабана чи його діагоналлю. Основні види **барабанних змішувачів** показані на рис. V.6.

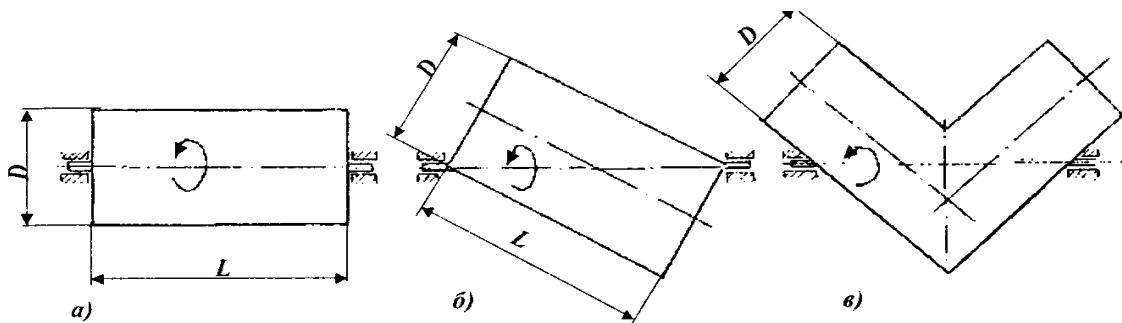


Рис. V.6 Основні види барабанних змішувачів:

- а) з горизонтальною віссю; б) з діагональною віссю; в) біциліндричні з похилими осями по барабанах

Для безперервного змішування сипких матеріалів використовують транспортуючі змішувачі: стрічкові, лопатеві, шнекові. Ці змішувачі можуть бути спроектовані як змішувачі періодичної дії. На рис. V.7 показана конструкція **вертикального стрічкового змішувача**.

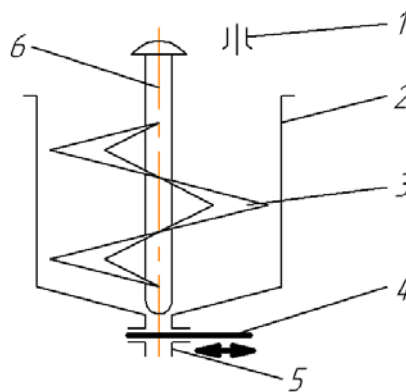


Рис. V.7 Апарат для механічного змішування зернистих матеріалів:  
1 – канал для вводу компонентів; 2 – камера; 3 – стрічкова спіральна мішалка; 4 – засувка; 5 – патрубок для вивантажування суміші; 6 – приводний вал

Для **пневматичного перемішування зернистих матеріалів** використовуються апарати вигляді камери з каналом для вводу потоку повітря в нижній частині (рис. V.8). Завантажений в камеру зернистий матеріал переходить в напівзріджений стан. Виникаюча при цьому внутрішня вихрова течія матеріалу сприяє його перемішуванню.

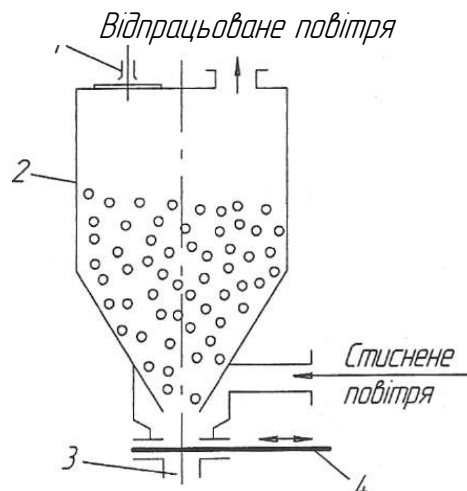


Рис. V.8 Апарат для пневматичного перемішування зернистих матеріалів:  
1 – канал для введення компонентів суміші; 2 – камера;  
3 – канал для вивантаження суміші; 4 – засувка

## У.5 Перемішування пластичних мас

Пластичними масами в харчовому виробництві найчастіше являється тісто для хлібобулочного та макаронного виробництв. Ці машини діляться на машини періодичної та безперервної дії.

**Машини періодичної дії** бувають із місильними ємкостями (діжами): змінними (рис. V.9) (підкатними) і стаціонарними (рис. V.10), а діжі бувають: нерухомими, з вільним і примусовим обертанням.

По інтенсивності впливу робочого органу на тісто тістомісильні машини розділяються на три групи:

- звичайні тихохідні (робочий процес не супроводжується нагріванням тіста);
- швидкохідні (робочий процес супроводжується нагріванням тіста на  $5...7^{\circ}\text{C}$ );
- супершвидкохідні (замість супроводжується нагріванням тіста на  $10...20^{\circ}\text{C}$  і потрібно спеціальне водяне охолодження корпусу).

За характером руху місильного органу розрізняють машини із круговим, обертальним, планетарним і складним плоским і просторовим рухом.

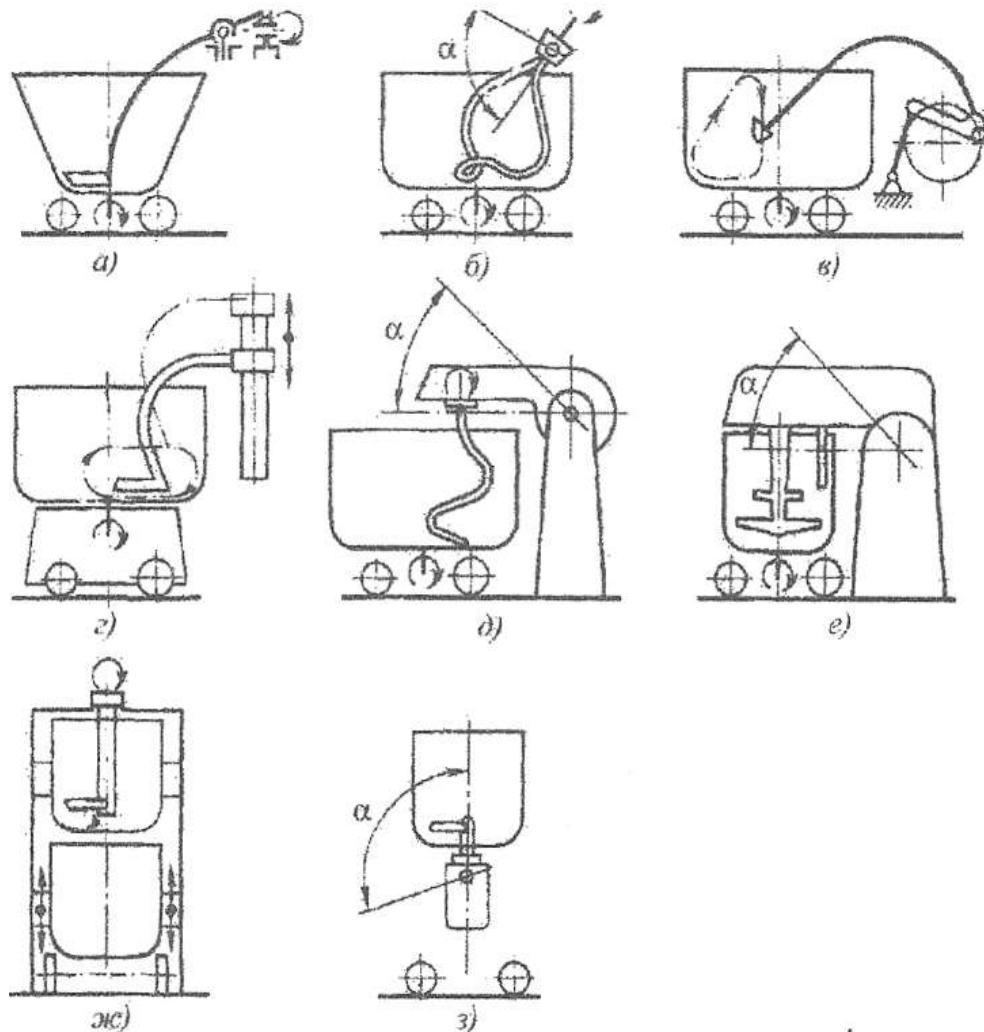


Рис. V.9. Схеми тістомісильних машин періодичної дії з підкатними діжками: а) машина з похилою віссю місильної лопаті і поступальним круговим рухом; б) машина з похилою віссю обертання місильної лопаті, виконаної у вигляді труби із просторовою конфігурацією; в) машина з місильною лопаттю, робочий кінець якої робить криволінійний плоский рух по замкнутій кривій; г) машина з місильною лопаттю, що робить криволінійний просторовий рух по замкнутій кривій у вигляді еліпса; д) машина зі спіралеподібною місильною лопаттю, що обертається навколо вертикальної осі; е) машина із чотирипалою місильною лопаттю, що обертається навколо вертикальної осі, і одною нерухо-

мою вертикальною лопаттю; ж) машина з горизонтальною циліндричною або плоскою лопаттю, що обертається навколо вертикальної осі; з) машина з горизонтальною лопаттю, що обертається навколо вертикальної осі, і похилою віссю діжі

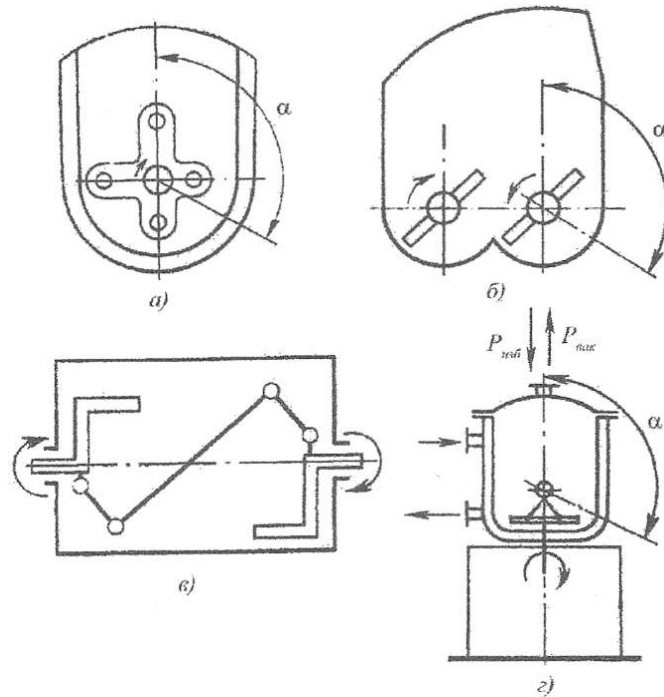


Рис. V.10 Схеми тістомісильних машин періодичної дії зі стаціонарними діжами: а) машини з горизонтальними й похилими циліндричними місильними валами; б) машини зі спареними Z-подібними лопатями, що обертаються в різні сторони навколо горизонтальної осі; в) машини із шарнірною Z-подібною місильною лопаттю; г) машини з багатокутним ротором і витком шнека на дні ємності

Тістомісильні машини безперервної дії (рис. V.11) розділяють на наступні групи:

- однокамерні з горизонтальним валом і Т-подібними місильними лопатями, наприклад машина Х-12 (рис. V.11, а);
- одновальні з горизонтальним валом, на якому на початку місильної ємності розміщені трапецієвидні плоскі лопаті, а наприкінці — гвинтовий шнек, що встановлені в циліндричний корпус, наприклад тістомісильна машина системи Хренова (рис. V.11, б);
- одновальні з горизонтальним валом, на якому спочатку розміщений змішувальний шнек, а потім радіальні циліндричні лопатки, наприклад тістомісильна машина ФТК-1000 (рис. V.11, в);
- одновальні з горизонтальним валом, на початку якого закріплений шнек і потім дискова діафрагма з чотирьохлопатеvim пластифікатором (рис. V.11, г);
- одновальні з горизонтальною віссю обертання, на якій в циліндричній камері змішування розміщений шнековий барабан з незалежним приводом, у

конічній камері на валу закріплені місильні прямокутні лопатки, а на її стінках — нерухомі лопатки (рис. V.11, д),

– двовальні з горизонтальними валами, на яких закріплені Z-подібні місильні лопаті (рис. V.11, е);

– двовальні з горизонтальними валами, що обертаються в різні сторони і закріплені на них стрічковими лопатками, наприклад тістомісильна машина «Топос» (рис. V.11, ж);

– двокамерні двовальні, на валах яких закріплені гвинтоподібні лопаті, що утворюють зони змішування й замісу, а зона пластифікації обладнана двома чотирикутними зірочками, наприклад тістомісильні машини РЗ-ХТО (рис. V.11, з);

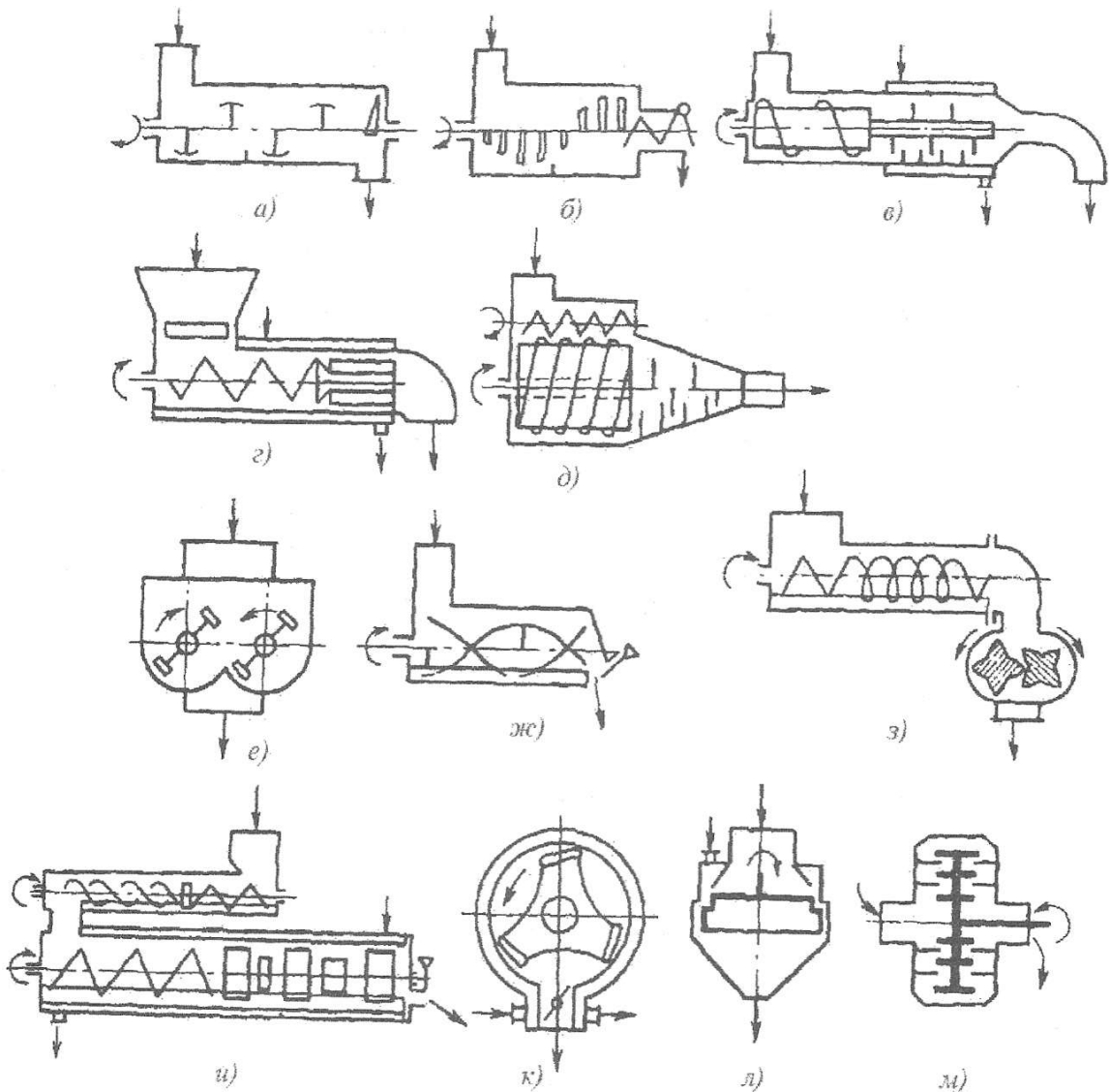


Рис. V.11 Схеми тістомісильних машин безперервної дії

– двокамерні двовальні, у яких є окрема змішувальна камера з приводом, а місильна камера з регульованим приводом включає дві зони замісу: місильними шнеками, і зону пластифікації, робочим органом якої є кулаки (рис. V.11, и);

– із трилопатевим ротором, наприклад тістомісильна машина системи Прокопенка (рис. V.11, к);

– з вертикальним циліндричним ротором, наприклад тістомісильна машина РЗ-ХШ/1 (рис. V.11, л);

– з дисковим ротором, на якому розміщені кільцеві виступи, а в щілині між ними входять з невеликим зазором кільцеві виступи корпусу (рис. V.11, м).

На хлібозаводах малої й середньої потужності застосовуються тістомісильні машини періодичної дії «Стандарт» і Т 1-ХТ2А (рис. V.12) для замісу опари й тіста з пшеничного й житнього борошна в підкатних діжах об'ємом 330 л.

**Машина «Стандарт»** складається зі станини 1, що закріплена на фундаментній плиті 2. В середині станини розташований привідний електродвигун 3, а зовні – черв'ячний вал 5, що призначений для обертання підкатної діжі 10. Вона змонтована на триколісній каретці 7, що наочується на фундаментну плиту й закріплюється на ній за допомогою упору й спеціального фіксатора 8. При цьому наявний на діжі зубчастий вінець 9 входить у зачеплення із черв'ячним валом 5. Діжа закривається кришкою 6. Зверху на станині розташований черв'ячний редуктор 13, що приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу 11 і фрикційну муфту 12. Місильний важіль 4 на нижньому кінці має лопаті, що і здійснює заміс тіста в діжі. Верхній кінець місильного важеля за допомогою підшипника шарнірно з'єднаний з колесом черв'ячного редуктора й завдяки проміжній кульовій опорі робить поступальний круговий рух. Аналогічний рух робить і місильна лопать. Під час роботи машини місильна лопать в нижньому положенні проходить біля самого днища діжі, а у верхньому виходить за площину обріза нижньої крайки діжі. При цьому на початку замісу відбувається інтенсивне розпилення борошна. Заміс здійснюється при постійній частоті обертання місильного важеля ( $n = 23,5 \text{ хв}^{-1}$ ), тому на машині неможливо забезпечити різну інтенсивність замісу на окремих стадіях процесу.

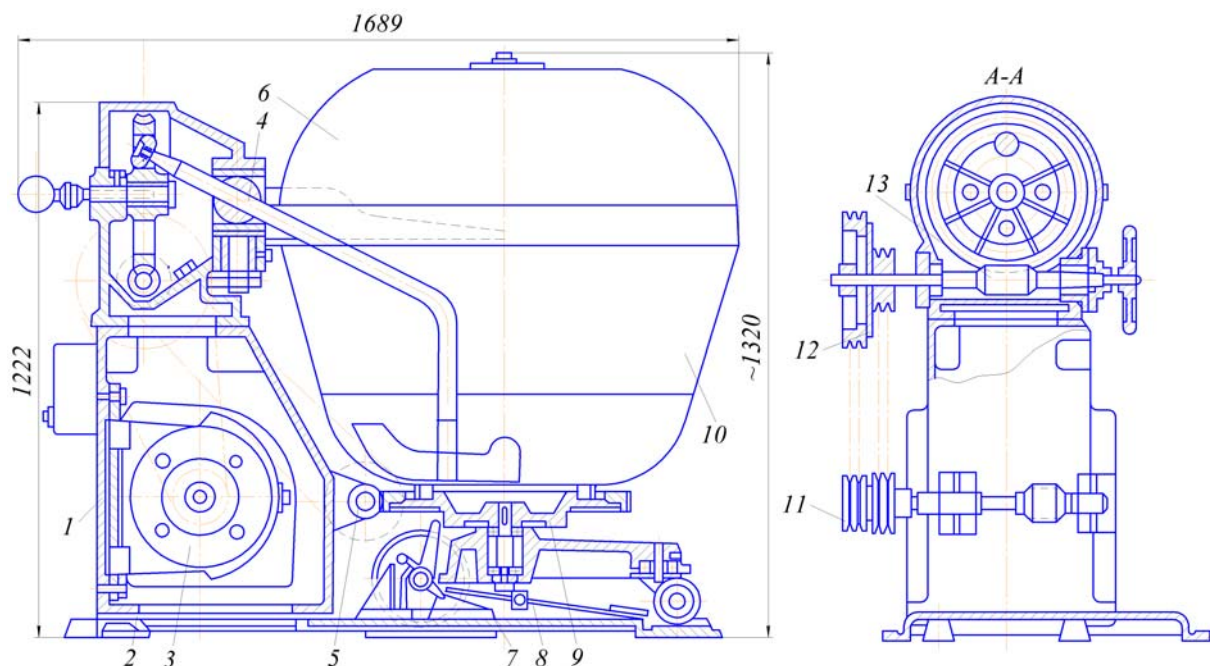


Рис. V.12 Тістомісильна машина «Стандарт»

**Тістомісильна машина Х-12Д** (рис. V.13) відноситься до тихохідних однокамерних машин і призначена для замісу пшеничного й житнього тіста.

Машина складається з напівциліндричної місильної ємності 5, у центрі якої розташований місильний вал 4 з лопатками 3. Зверху корпус закривається відкидною кришкою. Борошно подається в машину через прямокутний патрубок 1, обладнаний двома ємнісними датчиками рівня 7. Дозується борошно роторним живильником, що приводиться в рух від головного валу кривошипно-шатунним механізмом 10 і клиновим фрикційним храповиком 9. Над живильником установлений зворушувач 8, що робить коливальні рухи через систему важелів. Для спостереження за роботою дозатора борошна є вікно 2. Виходить тісто з машини через патрубок 6. Привід машини здійснюється від електродвигуна 13 через редуктор 12 і зубчасту передачу 11. На передній панелі розташовані чотири кранових дозатори рідких компонентів.

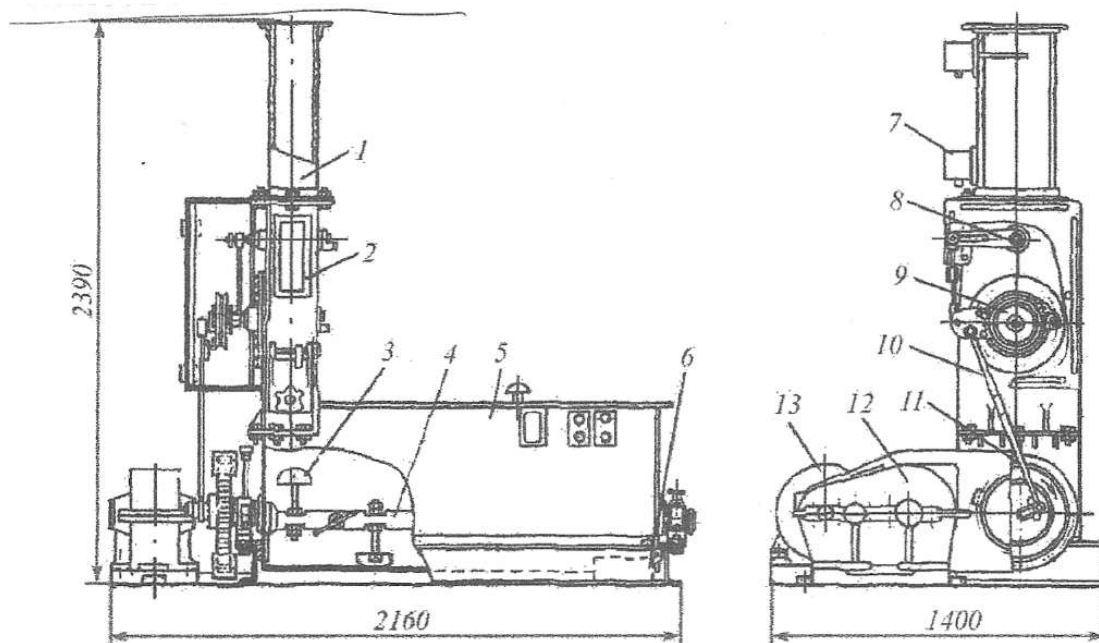


Рис. V.13 Тістомісильна машина Х-12Д

Працює машина в такий спосіб. Всі компоненти малими дозами від дозаторів подаються безупинно в передню частину корита, відділеного порогом, переміщуються лопатками 3 з похилою поверхнею й проштовхуються уздовж корита. У міру просування маси до патрубку 6 вона переміщується й проштовхується.

Гранична частота обертання місильного вала обмежена  $48 \text{ хв}^{-1}$ , а інтенсивність механічного впливу — зусиллям, що утворюється в результаті тертя тіста об стінки місильної камери. Тому в цьому випадку неможливо підвищити інтенсивність замісу шляхом збільшення частоти обертання.

**Машина РЗ-ХТО** відноситься до двокамерних тістомісильних машин з підвищеним механічним впливом на тісто в зоні пластифікації.

Машина має дві роздільні камери: змішування й пластифікації. У камері змішування 4 (рис. V.14) розташовані дві місильні лопаті 6, на кінцях яких



встановлені гвинтові шнеки, а між ними – спіральна твірна. Подача борошна в камеру змішування відбувається через патрубок 2, рідких компонентів — через патрубок 1. Патрубок 3 призначений для повернення в машину дефектного тіста. Привод валів змішувача від мотора-редуктора 5 потужністю 2,2 кВт. Наприкінці камери змішування тісто надходить у перехідний патрубок 8 і далі в пластифікатор 9 (конфігурація валів показана на розрізі А-А). Вали приводяться в обертання від електродвигуна 11 через редуктор 7. На виході з камери встановлений термометр 10 для контролю температури тіста.

У камері пластифікації здійснюється інтенсивна механічна обробка тісту шляхом продавлювання його між зіркоподібними валками, що обертаються в різні сторони і працюють за принципом шестерінчатого насосу. У зоні стиску (на рис. V.14 заштрихована) підвищується температура тіста – на 10...15°C. Для зміни ступеня оброблення тіста в пластифікаторі в схемі машини передбачена установка тиристорного перетворювача частоти, що дозволяє плавно змінювати оберти вала пластифікатора.

Тістомісильна машина РЗ-ХТО забезпечує інтенсивний заміс тіста, що поліпшує якісні показники готових виробів і відкриває широкі можливості застосування нових прогресивних технологічних схем, що скорочують тривалість циклу бродіння тіста перед обробленням.

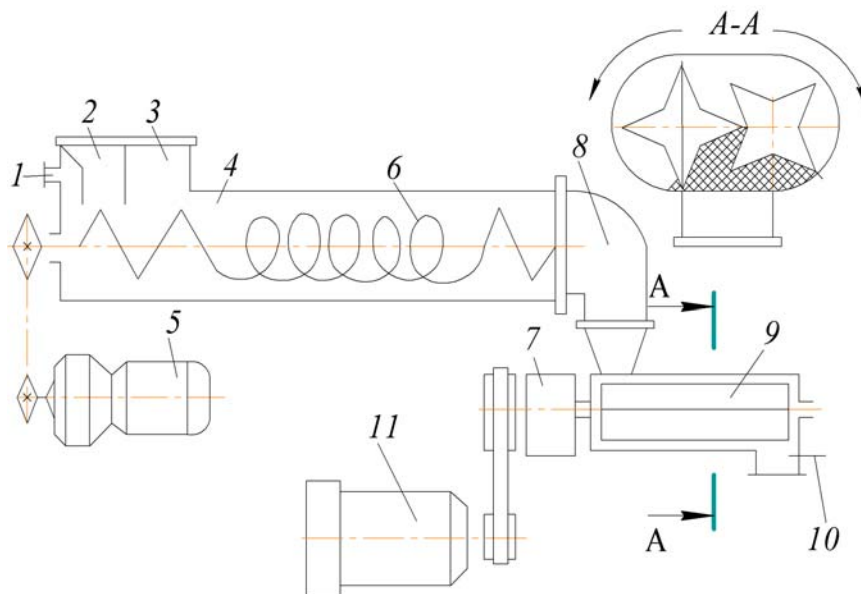


Рис. V.14 Принципова схема машини РЗ-ХТО

**Сучасна німецька тістомісильна машина «Штефана»** (рис. V.15). Призначена для замісу пшеничного і житнього тіста під вакуумом або під тиском. Використовується в хлібопекарській і кондитерській промисловості. Машина обладнана системою дозаторів і виконавчих пристроїв з дистанційним управлінням та програмною системою. Машина має горизонтальну місильну камеру 6, в якій ексцентрично на торцьовій стінці закріплено вал фланцевого двигуна 2 з подовженим валом, на якому розташовані три пари серповидних місильних лопатей 5. На протилежній торцьовій кришці 9 по центру вмонтована зачисна лопать 11 з двигуном 10. Кришка шарнірно з'єднана з камерою і закріплена за-

тискачем, що гарантує її герметизацію. Зверху на камері розміщено завантажувальний патрубок 8 з шибером 7, а знизу — розвантажувальний шибер 12 і транспортер 13.

Через завантажувальний патрубок в місильну камеру подають компоненти і закривають шибери, включають приводи місильних і зачисної лопатей. Величина доз компонентів, тривалість замісу і управління всіма операціями має дистанційну систему і виконується автоматизовано.

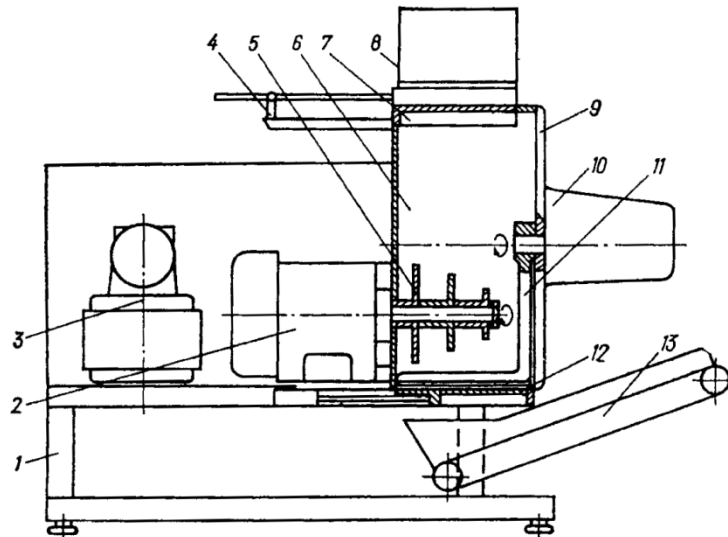


Рис. V.15 Тістомісильна машина «Штефана» ТК-200:

1 – станина, 2 – електродвигун, 3 – компресор, 4 – механізм приводу верхнього шибера, 5 – місильні лопаті, 6 – робоча камера, 7 – завантажувальний шибер, 8 – завантажувальний патрубок, 9 – передня кришка, 10 – привід зачисної лопаті, 11, 12 – розвантажувальний шибер, 13 – транспортер тіста

**Високоінтенсивна сучасна машина ЦАИГ-ХТК КТІХП (рис. V.16).**  
Призначена для замісу пшеничного і житнього тіста.

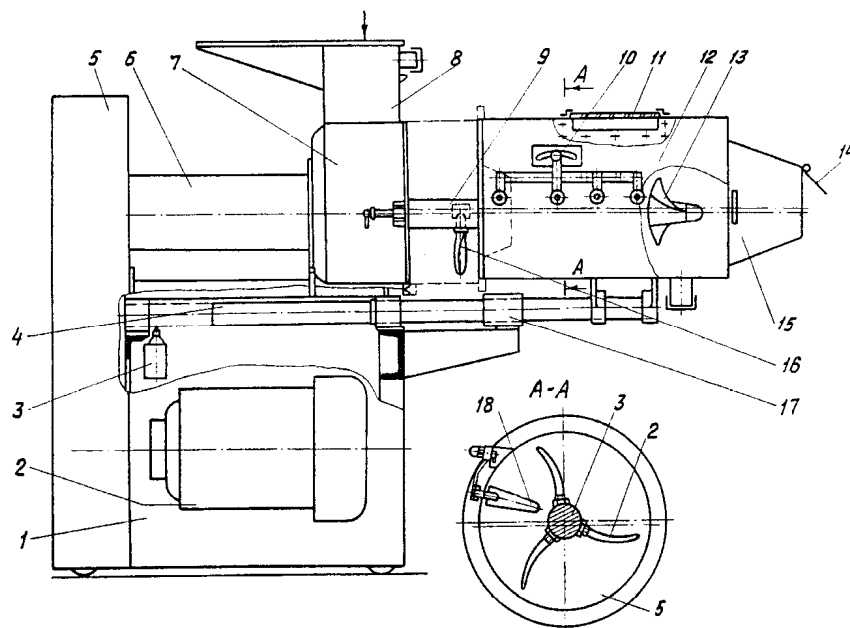


Рис. V.16 Тістомісильна машина ЦАИГ-ХТК КТІХП

На машині використані лопаті з дуже високим ККД та пластифікатор, котрі практично не викликають нагрівання тіста. Робоча камера машини має циліндричну камеру, утворену стаціонарною 7 та рухомою частинами 12. Остання закінчується пластикуючим патрубком 15 з регулюючим пристроєм 14. В камері ексцентрично розміщується консольний вал 9 з місильними лопатями 16 та пластифікатором 13. На циліндричній стінці камери закріплені гальмівні поворотні лопаті 18 з фіксуючою рукояткою 10. Розсувна частина герметично з'єднується зі стаціонарною частиною в робочому стані, а при зупинці для огляду та очищення зсувається повздовж вала по напрямних 17 (на рис. V.16 камера показана в дещо здвигнутому положенні). На стаціонарній частині камери закріплені борошняний патрубок 8, труба з підшипниками 6.

В тумбі станини 1 розміщені: електродвигун 2, клинопасова передача з огорожею 5 та кінцевий вимикач 3, який блокує вмикання двигуна при відході штанги і розкритті робочої камери 12. За процесом в робочій камері можна спостерігати через вікно 11.

Конструкція машини має важливі переваги: дозволяє регулювати інтенсивність дії на ходу машини за допомогою гальмівних лопатей 18 та при зупинці за рахунок зміни кута атаки лопатей 16. Регулювання тривалості замісу досягають за допомогою шибера 14, котрий змінює ступінь заповнення робочої камери тістом. Специфічна конструкція місильних лопатей та оптимальна їх частота, а також наявність пластифікатора і регулюючого шибера дозволяють одержувати високопластичне тісто за короткий час замісу 1,2...2 хв., що сприяє скороченню тривалості його визрівання та відповідного зниження витрат борошна на бродіння. Значно скорочуються витрати електроенергії на заміс тіста.

Машина може комплектуватися стандартним роторним дозатором борошна типу А2-ХТТ/03 або спеціально розробленим для неї вібраційним дозатором "Поток".

**Продуктивність** тістомісильних машин періодичної дії П:

$$\dot{I} = \lambda \cdot V \cdot \rho / (\tau_{\delta} + \tau_{\alpha}), \text{ кг/с}$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт використання об'єму діжі;  
 $V$  – об'єм діжі, що зайнятий продуктом, м<sup>3</sup>;  
 $\rho$  – щільність продукту, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\tau_p$  – тривалість замісу тіста, с;  
 $\tau_e$  – тривалість допоміжних операцій, с.

**Продуктивність** тістомісильних машин безперервної дії П:

$$\dot{I} = z \cdot \left[ \pi \cdot (D_e^2 - d_a^2) / 240 \right] \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \text{ кг/с}$$

де  $z$  – кількість валів, шт.;  
 $D_n$  – зовнішній діаметр лопатей, м;  
 $d_e$  – діаметр валу, м;  
 $S$  – крок лопат, м;  
 $n$  – частота обертання вала, хв<sup>-1</sup>;  
 $\rho$  – щільність тіста, кг/м<sup>3</sup>;

$k_1$  – коефіцієнт подачі, що залежить від форми лопаток і їхнього розташування на валу;

$k_2$  – відношення сумарної площі лопатей до гвинтової поверхні того ж діаметра й кроку;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує площу перетину, утворений перетинанням траєкторій руху лопат (для одновальної машини  $z = 1$ ,  $k_3 = 1$ , для двовальної машини  $z = 2$ ,  $k_3 = 0,55 \dots 0,70$ ).

**Фаршмішалки Л 5-ФМ2-150, Л 5-ФМ М-340** (рис. V.17) призначені для перемішування складних компонентів м'ясного або овочевого фаршу.

Фаршмішалки складаються зі станини 2, корита 3, місильних гвинтів 4, кришки 5, привода 1, привода 6 перекидання корита й електроустаткування.

Станина являє собою зварену раму, закриту з усіх боків швидкозмінними лицювальними листами.

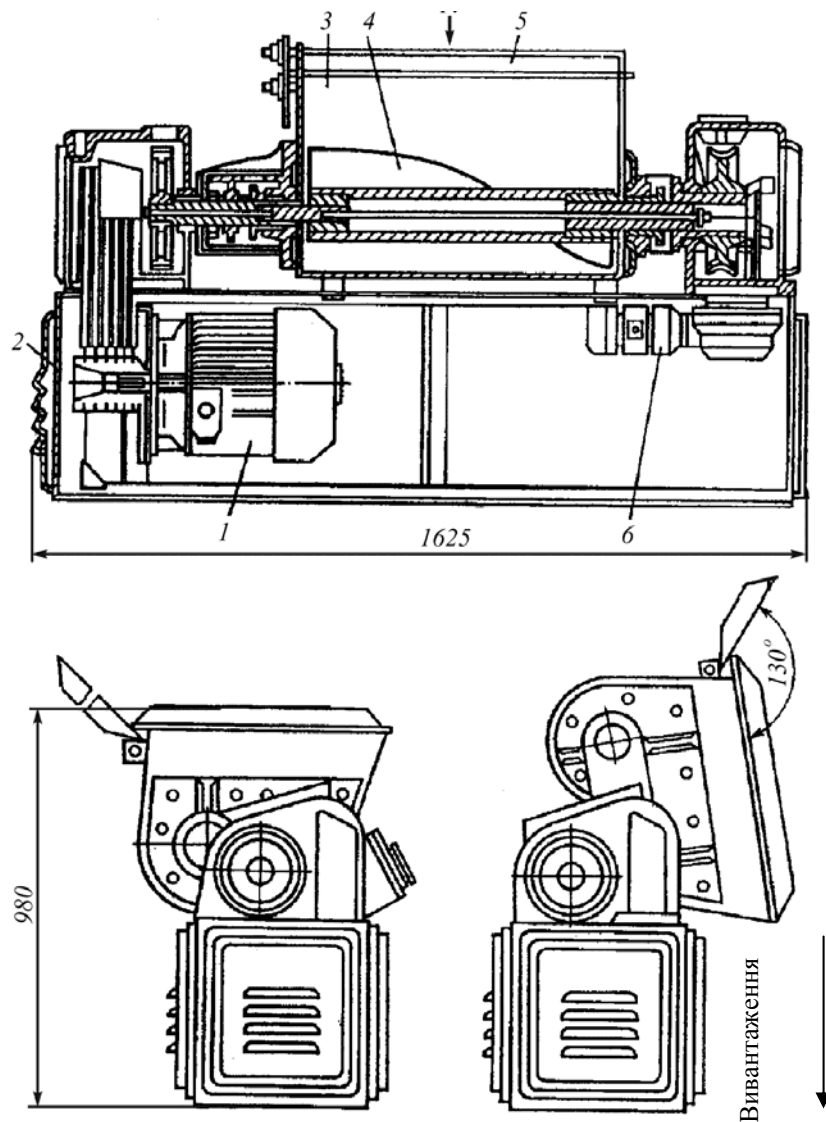


Рис. V.17 Фаршмішалка Л 5-ФМ2-150

Корито для перемішування фаршу виконано з нержавіючої сталі. Всередині корита розташовані місильні гвинти шнекового типу. Гвинти встановлені на конусах і жорстко затиснуті стяжками.

Кришка виконана у вигляді ґрат з нержавіючої сталі. Вона зблокована з електродвигуном привода гвинтів. При відкриванні кришки електродвигун вимикається.

Фарш вручну або самопливом завантажується в корито. Після нього кришка закривається й включається привод місильних гвинтів. За передбаченим технологічним процесом в певний час через вікна кришки в корито завантажуються необхідні компоненти. Перемішування необхідне для рівномірного розподілу складових частин фаршу. Фарш вивантажується шляхом перекидання корита.

### **Запитання для самоперевірки до розділу V**

1. Основи теорії перемішування рідин на основі аналізу розмірностей.
2. Класифікація обладнання для перемішування.
3. Типи перемішу вальних пристроїв для рідких харчових продуктів.
4. Реактор МЗС-316 для перемішування рідких харчових продуктів. Устрій, принцип роботи.
5. Пневматичне перемішування.
6. Перемішування пластичних мас в машинах періодичної дії.
7. Тістомісильні машини безперервної дії.
8. Тістомісильна машина Х-12Д. устрій, принцип роботи. Продуктивність тістомісильної машини.
9. Фаршмішалки Л5-ФМ. Устрій, принцип роботи.

## VI ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ГРУБОДИСПЕРСНИХ ХАРЧОВИХ СУСПЕНЗІЙ ТА ЕМУЛЬСІЙ

Розділення рідких неоднорідних харчових середовищ проводиться шляхом відстоювання, фільтрування, центрифугування і сепарування.

*Відстоювання* — процес розділення неоднорідних рідких сумішей на фракції, що різняться по густині, у полі гравітаційних сил.

*Фільтрування* — процес розділення суспензій за допомогою пористих, фільтруючих перегородок, які затримують осад і пропускають освітлену рідину.

*Центрифугування* — процес розділення неоднорідних суспензій на фракції в полі відцентрових сил. Розрізняють відстійне й фільтраційне центрифугування.

*Сепарування* — процес розділення неоднорідних рідких сумішей на фракції, що різняться по щільності, у полі дії відцентрових сил.

### VI.1 Розділення неоднорідних систем в гравітаційному полі

На частинку (рис. VI.1), що знаходиться в рідкому середовищі діє сила тяжіння  $P$ :

$$D = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho_r \cdot g ,$$

де  $d$  — діаметр частинки,

$\rho_r$  — густина частинки.

Згідно закону Архімеда на кожен частину, що знаходиться в рідині діє виштовхувальна сила  $A$ :

$$A = \left( \frac{\pi \cdot d^3}{6} \right) \cdot \rho_c \cdot g ,$$

де  $\rho_c$  — густина середовища.

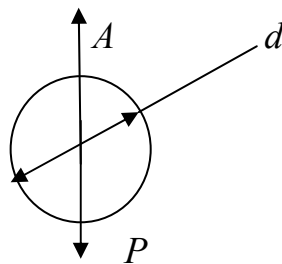


Рис. VI.1 Сили, що діють на тверду частинку в середовищі

Різниця цих сил зумовлює опускання частинки вниз:

$$D - A = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot g .$$

Спочатку частинка рухається вниз прискорено, доки її швидкість опускання не зрівнюється з опором середовища  $R$ .

$$P - A = R$$

Опір середовища  $R$  залежить як від фізичних властивостей самої рідини, так і частинки.

Згідно з законом Ньютона:

$$R = \zeta \cdot F \cdot \rho_c \cdot \frac{v_{i\bar{n}}^2}{2},$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт опору середовища;

$F$  – площа поперечного перерізу частинки;

$v_{oc}$  – швидкість осідання частинки.

$$\frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot g = \zeta \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho_c \cdot \frac{v_{i\bar{n}}^2}{2}.$$

Звідки швидкість осідання:

$$v_{i\bar{n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot d \cdot (\rho_r - \rho_c)}{3 \cdot \rho_c \cdot \zeta}}.$$

Для ламінарного режиму осідання  $\zeta = \frac{24}{\text{Re}}$  і після підстановки отримаємо

формулу Стокса:

$$v_{i\bar{n}} = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_r - \rho_c)}{18 \cdot \mu}.$$

Для турбулентного режиму осідання швидкість осадження знаходиться з рівняння:

$$v_{i\bar{n}} = 5,45 \cdot \sqrt{\frac{d \cdot (\rho_r - \rho_c)}{\rho_c}}.$$

Продуктивність відстійників по освітленій рідині знаходиться з рівняння:

$$G = \frac{F \cdot h}{\tau}, \text{ м}^3/\text{с}$$

де  $F$  – поверхня осідання у відстійнику,  $\text{м}^2$ ;

$h$  – висота освітленої рідини,  $\text{м}$ ;

$\tau$  – час осідання,  $\text{с}$ .

Час осідання осаду для створення шару освітленої рідини  $h$  знаходиться з виразу:

$$\tau = \frac{h}{v_{i\bar{n}}}, \text{ с.}$$

### Конструкції відстійників

Відстійники періодичної дії являють собою резервуари, що заповнюються суспензією і через певний проміжок часу проходить розділення на фракції. Відстійник очищається від фаз і процес повторюється. Принципова схема такого відстійника показана на рис. VI.2.

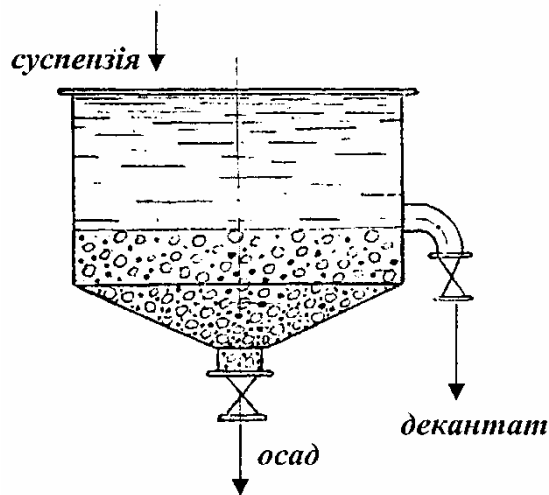


Рис. VI.2 Конструктивна схема відстійника періодичної дії

Відстійники мають просту конструкцію, але потребують багато часу для розділення. Наприклад в цукровому виробництві використовують відстійники для освітлення забрудненої транспортерно-мийної води, які являють собою земляну яму з розмірами близько 20x50 м і глибиною близько 2 м.

Жировловлювачі являють собою резервуар, що розділений на секції (рис. VI.3).

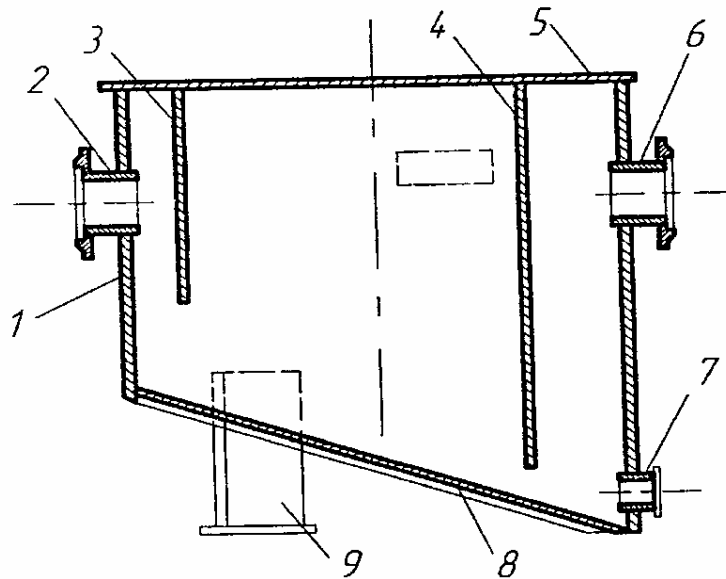


Рис. VI.3 Жировловлювач:

1 – корпус, 2 – вхідний патрубок, 3, 4 – перегородки, 5 – кришка, 6 – патрубок відведення води, 7 – патрубок спуску, 8 – нахилене дно; 9 – опори

При невеликій швидкості руху суміші в жировловлювачі проходить виділення жиру, який періодично або безперервно видаляється зверху рідини. Освітлена вода видаляється з протилежної сторони жировловлювача.

Для безперервного відстоювання частинок твердої фази в рідині використовуються багатоярусні відстійники. Принцип дії відстійника системи Чугуно-



ва, що використовується в цукровій промисловості для згущення осаду від цукрового розчину, показаний на рис. VI.4.

Відстійники являють собою апарати циліндричної форми, що розділені по висоті похилими перегородками та утворюють секції висотою 800 мм.

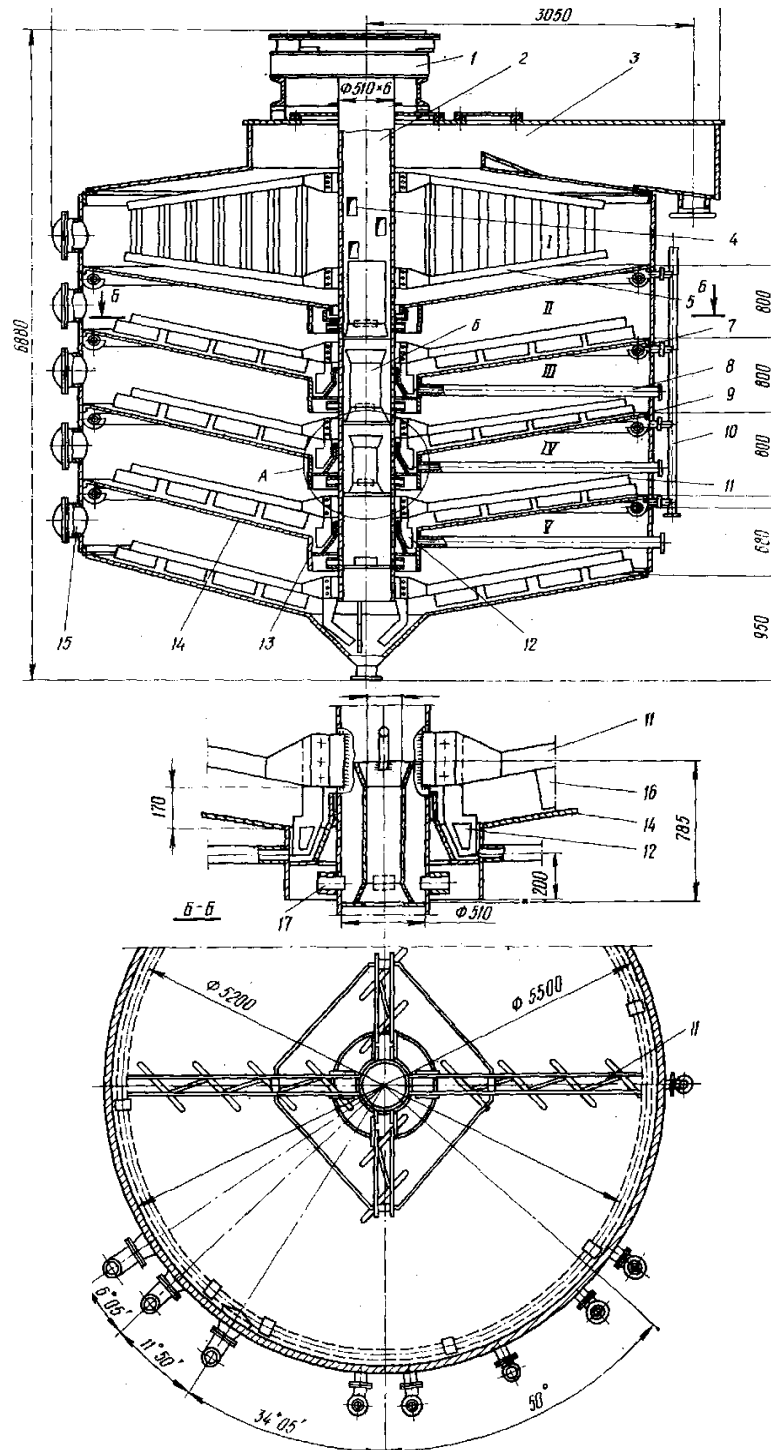


Рис. VI.4 Конструктивна схема багатоярусного відстійника системи Чугунова

Сік I сатурації надходить у підготовчу секцію I, що має мішалку 5, де від нього відділяється піна, яка за допомогою спеціальної лопаті направляється в приймач 3. Далі сік через вікна 4 надходить у внутрішню частину трубовалу 2, звідки через насадки 17 надходить в окремі секції відстійника. Рівномірне роз-

поділення соку по окремих секціях досягається за допомогою вставок 6. Відведення освітленого соку здійснюється через кільцеві труби 7, що розташовані по периферії у верхній частині секцій. Корпус 9 відстійника має повітряну відтяжку 10 і люки 15 для огляду та ремонту.

Згущена суспензія із днищ 14 окремих секцій лопатями 16 мішалок 11 направляється в збірники 13, де перемішується лопатками 12. Відведення згущеної суспензії здійснюється з кожної секції по трубах 8.

## VI.2 Розділення рідких неоднорідних систем фільтруванням

*Фільтрування* — процес розділення суспензій і газових сумішей за допомогою пористих, фільтруючих перегородок, що затримують пористу фазу і пропускають суцільну.

Шар твердих частинок, що осів на перегородці з деякою кількістю вологи називаються *осадам*, а рідина, що пройшла — *фільтрат*.

Рушійною силою процесу фільтрування є різниця тисків по різні сторони фільтрувальної перегородки. Така різниця тисків може утворюватися різними способами:

- масою шару самої суспензії;
- нагнітальними рідинними насосами ( $\Delta p \approx 0,5$  МПа);
- подачею стисненого повітря ( $\Delta p \approx 0,05 \dots 0,3$  МПа);
- вакуумуванням під фільтрувальною перегородкою ( $\Delta p \approx 0,05 \dots 0,09$  МПа);
- за допомогою відцентрової сили.

Опір шару осаду збільшується по мірі його накопичення, тому для того, щоб швидкість фільтрування залишалася постійною, потрібно постійно збільшувати різницю тисків.

Якщо різниця тисків по обидві сторони перегородки постійна  $\Delta p = \text{const}$ , то з часом швидкість фільтрації зменшується.

Процес фільтрування складається з наступних періодів:

- перший період утворення осаду на фільтрувальній перегородці;
- другий період власне фільтрування через фільтрувальну перегородку і шар осаду. З часом швидкість фільтрування зменшується внаслідок збільшення шару осаду (опору фільтрування) і ущільнення осаду (зменшуються пори для фільтрування);

- третій період фільтрування характеризується відділенням рідини з пор (просушування осаду), видалення осаду з фільтрувальної перегородки.

Найважливішою частиною фільтру є фільтрувальна перегородка, яка повинна затримувати тверді частинки і легко виділятися від них, мати достатню міцність, низький гідравлічний опір і високу хімічну стійкість. В залежності від умов фільтрування використовуються фільтрувальні перегородки з металевих сіток, керамічних плиток, азбестових, скляних, бавовняно-паперових, шерстяних, полімерних тканин.

### VI.2.1 Фільтрування під дією тиску

Розглянемо найбільш простий вид фільтрування під дією гравітаційних сил з утворенням нестискуемого осаду на фільтрувальній перегородці. Практично нестискуємими вважається осад, що складається з міцних, твердих частинок розміром більш 100 мкм. Режим течії в капілярних порах є ламінарним і витрата рідини  $V_1$  з вязкістю  $\mu$  через один капіляр радіусом  $r$  і довжиною  $l$  при перепаді тисків  $\Delta p$  описується рівнянням Пуазейля – Гагена.

$$V_1 = \frac{\pi \cdot \Delta \delta}{8 \cdot \mu \cdot l} \cdot r^4.$$

Елементарна витрата рідини за час  $d\tau$ , при кількості капілярів  $i$  на площі фільтру  $F$  буде:

$$dV = \frac{\pi \cdot \Delta \delta}{8 \cdot \mu \cdot l} \cdot r^4 \cdot i \cdot F \cdot d\tau.$$

Звідки швидкість фільтрування на одиницю площі за одиницю часу:

$$\frac{dV}{d\tau} \cdot \frac{1}{F} = \frac{\Delta p}{\frac{8 \cdot \mu \cdot l}{\pi \cdot r^4 \cdot i}}.$$

Комплекс  $\frac{8 \cdot \mu \cdot l}{\pi \cdot r^4 \cdot i}$  являє собою сумарний опір шару осаду і фільтрувальної перегородки  $R_o$  і  $R_n$ .

Продуктивність фільтрів періодичної дії розраховуються за формулою:

$$G = \frac{100 \cdot F \cdot V \cdot \rho \cdot \tau}{a \cdot \tau},$$

де  $V$  – середня швидкість фільтрування;

$\rho$  – об'ємна маса суспензії;

$a$  – кількість відфільтрованого продукту в % до вихідного продукту;

$\tau$  – час фільтрування за один цикл.

Час фільтрування рідини в фільтрі періодичної дії складається з часу фільтрації  $\tau_1$ , часу промивання (підсушування) осаду  $\tau_2$  та часу обслуговування фільтру  $\tau_3$ :

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \text{ с.}$$

### VI.2.2 Обладнання для фільтрування під тиском

Апарати для фільтрування, де перепад тисків створюється гідростатично називають *фільтрами*.

Фільтри ділять на періодичної і безперервної дії. Найпростішим апаратом періодичної дії є нутч-фільтри, що використовуються в виробництвах малої потужності. Являють собою вертикальний циліндричний корпус, що розділений фільтрувальною перегородкою на дві нерівні камери. (рис. VI.5).

По мірі фільтрування і накопичення осаду він видаляється через люк.

Перепад тисків може створюватись тиском самої суспензії, вакуумуванням нижньої камери, надлишковим тиском в верхній камері.

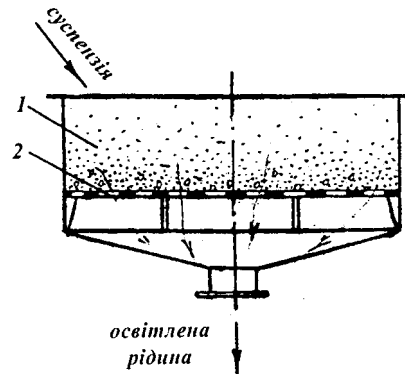


Рис. VI.5 Схема нутч-фільтра

Розповсюдженим типом фільтрів є **рамні фільтрпреси**, що показані на рис. VI.6.

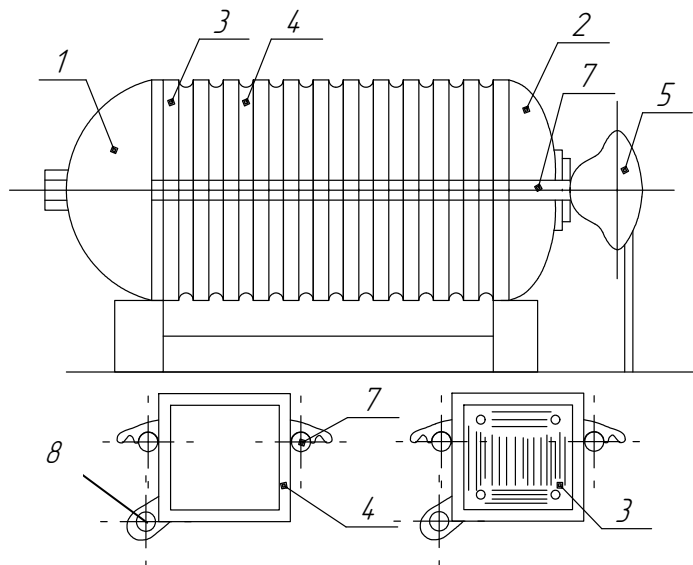


Рис. VI.6 Рамний фільтрпрес:

- 1 – нерухома лобовина; 2 – рухома лобовина; 3 – плита; 4 – рама;  
5 – затискний пристрій; 6 – жолоб для освітленої рідини;  
7 – направляючі балки; 8 – отвори для суспензії, промивної рідини

На направляючі балки ставлять по чергові плити і рами. Набираються вони в кількості 10...16 штук. Між рамами і плитами вкладається тканина перегородка з тканини (бельтинг, лавсан).

Після цього весь пакет стягується гідравлічним механізмом 5. Плити 3 мають рифлену поверхню і в кожній частині мають отвір для відведення фільтрату та центральний отвір для подачі суспензії. Рами теж мають отвори, що при стягуванні всього пакету співпадають. Робота фільтра зрозуміла з рис. VI.7.

За таким принципом працюють автоматизовані фільтр-преси.

Фільтрами, що працюють під гідростатичним тиском є також різні види листових та патронних фільтрів. Різницею між ними є різна форма, конструкції фільтрувальних елементів. В одному випадку фільтрувальними елементами є прямокутні рами з вставленими металевими сітками і обтягнуті фільтрувальною тканиною. В іншому випадку фільтрувальні елементи являють собою трубчаті елементи різної конструкції.

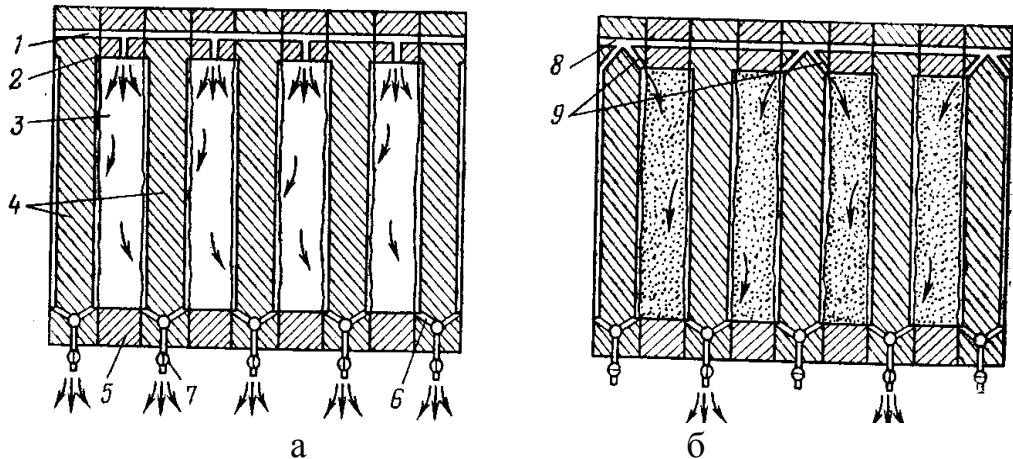


Рис. VI.7 Стадії фільтрування суспензії через рами фільтра:

а) стадія фільтрування, б) стадія промивки;

1 – канал для подачі суспензії, 2, 9 – канали, 3 – простір для фільтрування між плитами, 4 – плити, 5 – рами, 6 – отвори для виходу фільтрату і промивної рідини, 7 – кран, 8 – отвори для промивної рідини

На рис. VI.8 показано патронний фільтр, що використовується при освітленні цукрового розчину.

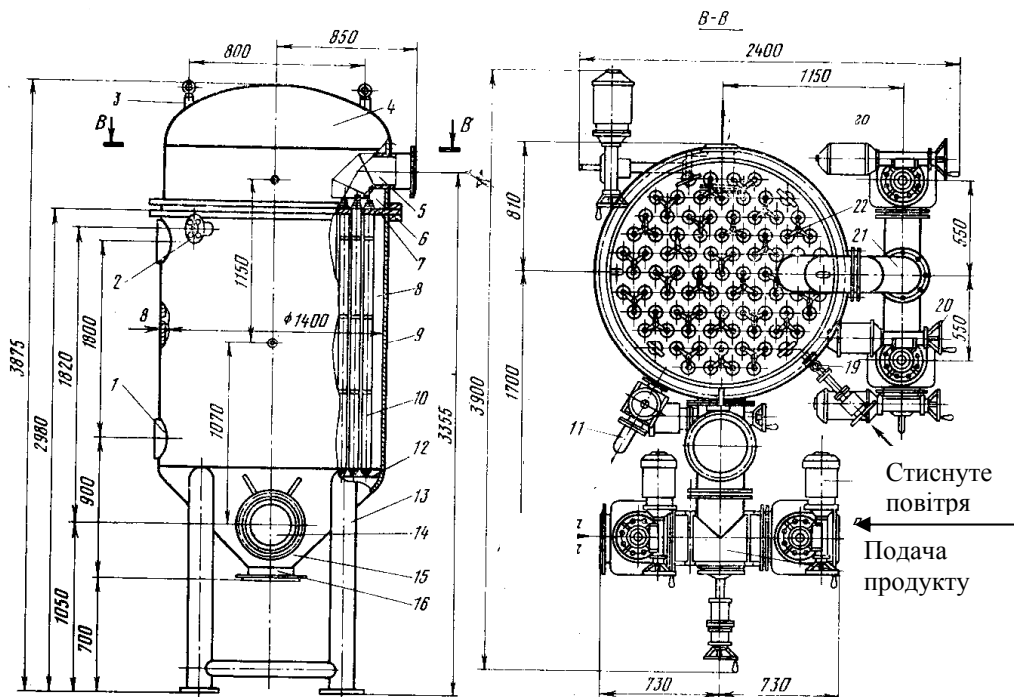


Рис. VI.8 Патронний фільтр ПФ-20

До фільтрів, що працюють під тиском і використовуються, наприклад, в цукровій промисловості є дискові фільтри типу ФД. Конструкція та принципи дії такого фільтра показано на рис. VI.9.

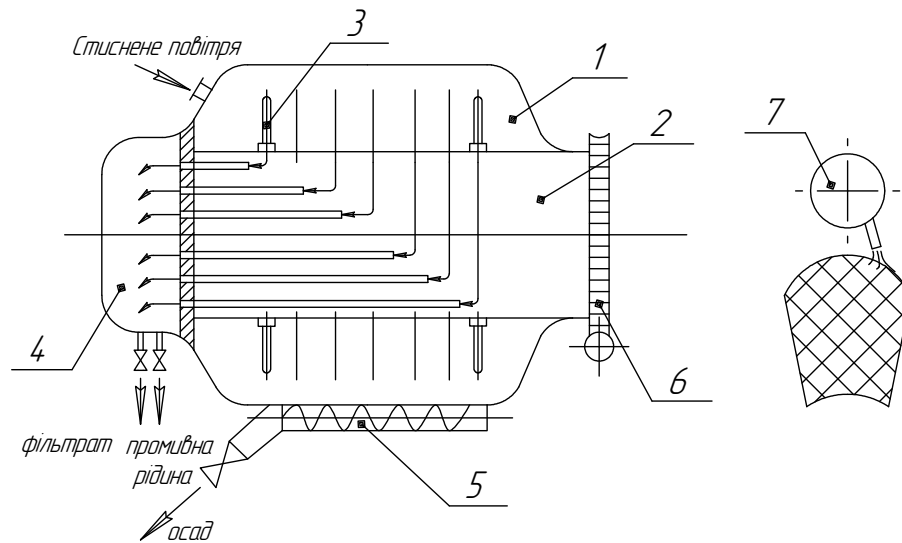


Рис. VI.9 Дисковий фільтр:

- 1 – корпус; 2 – порожнистий трубовал; 3 – фільтрувальні елементи (диски);  
 4 – приймальний короб; 5 – шнек; 6 – черв'ячний редуктор;  
 7 – соплоапарат для промивання фільтрату

До обладнання безперервної дії для фільтрування рідин, суспензій відносяться також вакуум фільтри різної конструкції. На рис. VI.10 показано конструкцію барабанного вакууму фільтра БШУ-40-3-2М, які застосовують при фільтруванні згущеної суспензії соку першої сатурації з наступним промиванням, зневоднюванням і видаленням фільтраційного осаду.

Вакуум-фільтр БШУ-40-3-2М має порожній горизонтальний барабан, який встановлений своїми цапфами в підшипниках так, що сегмент барабана з центральним кутом приблизно  $110^\circ$  перебуває нижче верхніх крамок корита. Барабан являє собою зварений циліндр із плоскими торцевими стінками та з'єднаний по довжині болтовим з'єднанням. До кожної із двох частин барабана з зовнішньої сторони приварено по 24 поздовжніх ребра, що розділяють барабан на 24 секції. В кожну секцію вварені два ряди труб, які з'єднуються колекторами і через відвідні труби — з торцевими цапфами барабана. Кожна секція покрита перфорованим листом, що є опорною поверхнею для фільтрувальної тканини. До торцевих поверхонь цапф притиснуті розподільчі головки, що призначені для з'єднання з секціями барабану.

Розподільчі головки фільтра (рис. VI.11) з'єднують із ресиверами, що зв'язані через барометричні конденсатори з вакуум-насосами для створення вакууму в секціях барабана. До однієї з розподільчих головок (лівої) приєднаний трубопровід подачі стисненого повітря для віддування і відведення фільтрату і менш концентрованої промивної рідини, до іншої (правої) — трубопроводи спуску фільтрату й більш концентрованої промивної рідини.

Барабан приводять в обертання за допомогою привода, що дозволяє регулювати частоту обертання.

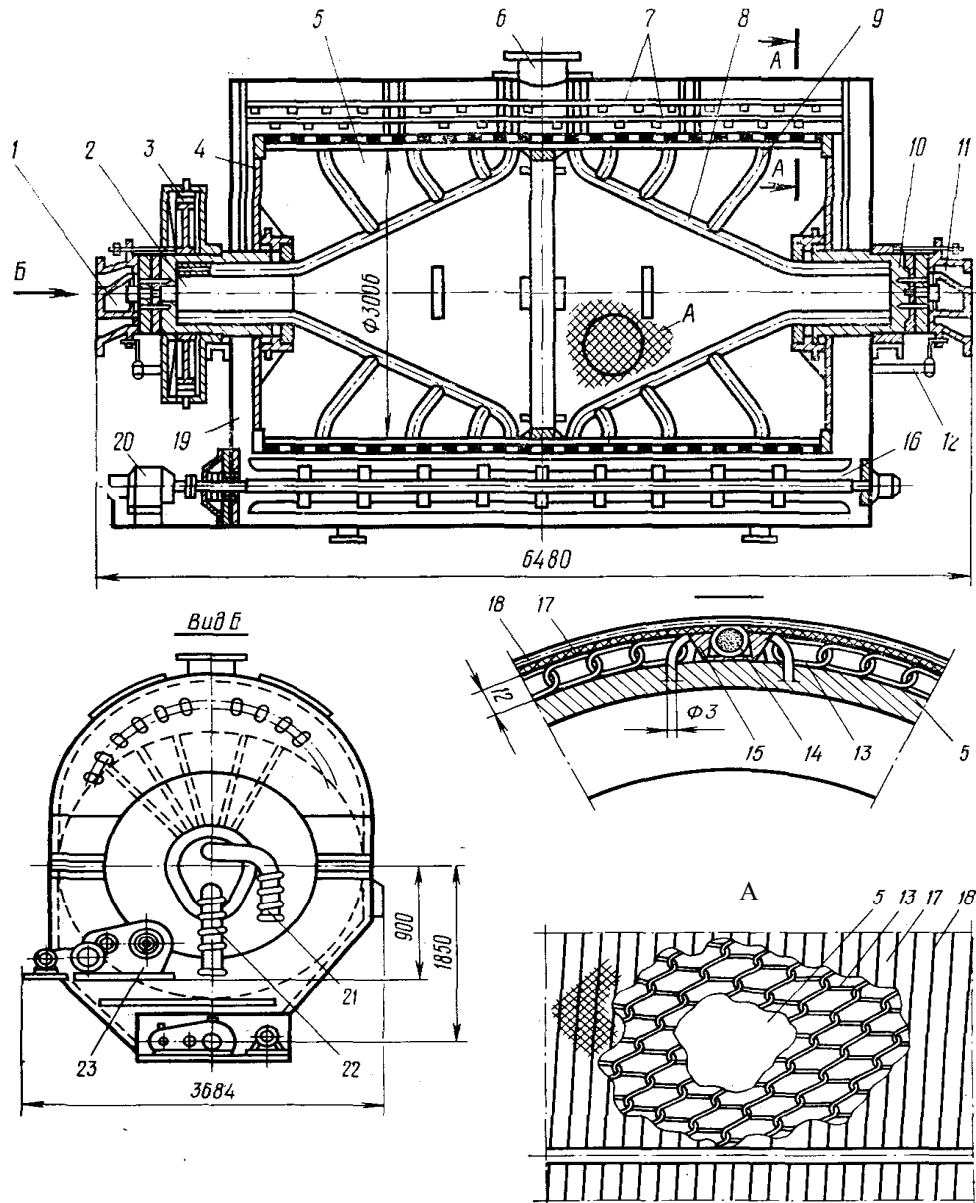


Рис. VI.10 Барабанний вакуум-фільтр

1, 10 – рухомі частини головок; 2, 11 – нерухомі частини головок;  
 3 – шестерні циліндричні; 4 – торцеві стінки барабана; 5 – суцільна частина барабана; 6 – витяжна труба; 7 – трубопроводи з форсунками; 8, 9 – труби для відведення фільтрату; 12 – стопорний пристрій; 13 – плетена дротяна сітка;  
 14 – ущільнювальний шнур; 15 – планки з пазами; 16 – мішалка; 17 – полотно; 18 – дріт; 19 – корпус; 20 – привід мішалки; 21 – труба для відведення промю; 22 – труба для відведення фільтрованого соку; 23 – привід барабана

Суспензія в кориті вакуум-фільтра починає фільтруватися в секцію через праву розподільчу головку за рахунок вакууму, що створюється вакуум-насосом РМК-4. Фільтрат відводять по відвідній трубі через праву розподільчу головку, при цьому на поверхні фільтрації збільшується шар осаду. Потім підк-

лючається ліва розподільча головка з високим вакуумом, що створюється насосом ВВН-12. Фільтрат відводять через ліву розподільчу головку, а на поверхні без зниження інтенсивності фільтрації продовжує збільшуватися шар осаду до самого виходу секції з зони фільтрації.

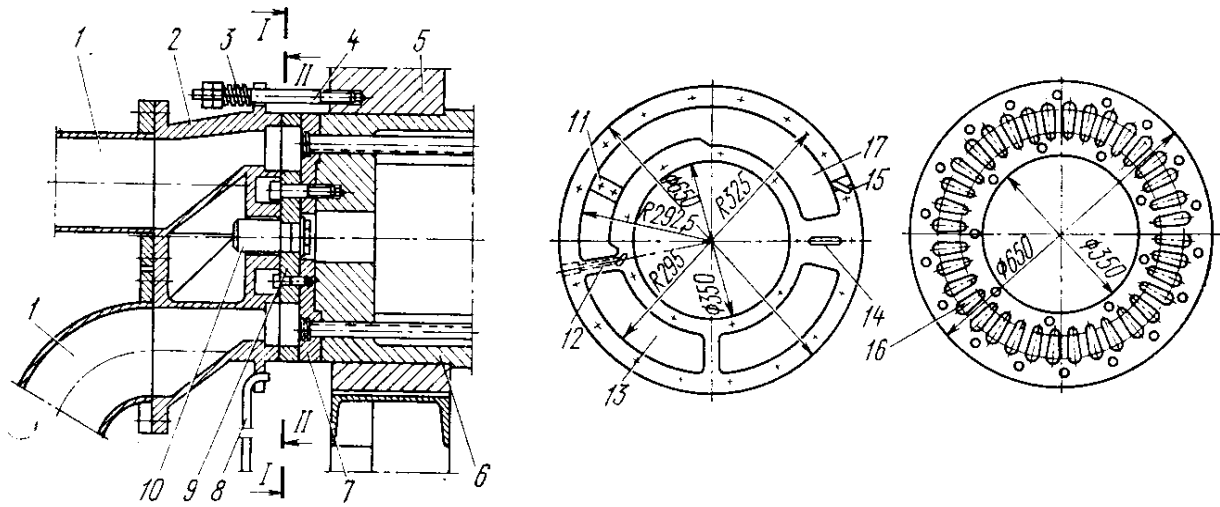


Рис. VI.11 Розподільчий пристрій фільтра:

- 1 – труби відвідні; 2 – нерухома частина головки; 3 – пружина;  
 4 – шпилька; 5 — опора; 6 – рухома частина головки; 7 – проміжна шайба;  
 8 – стопорна тяга; 9 – диск зношування; 10 – напрямна вісь; 11 – пересувний місток;  
 12 –ребра; 13 – щілина для відведення фільтрованого соку; 14 – щілина для продувки осаду;  
 15 – отвір для мащення; 16 – отвір у диску зношування;  
 17 – щілина для відведення промивної рідини

Далі секція надходить в зону першого просушування і промивання шару осаду при низькому вакуумі, звідки вона переходить у зону промивання шару осаду при високому вакуумі, що створюється через ліву розподільчу головку, і промивна вода відводять через штуцер у цій же головці. Після проходження мертвої зони в секціях створюється низький вакуум — зона другого просушування і промивання. У цій зоні віддувається шар осаду і проходить регенерація фільтрувальної тканини за рахунок тиску, що створюється вакуум-насосом РМК-4 через ліву розподільчу головку. Після проходження наступної мертвої зони процес фільтрації повторюється.

Промивають осад за допомогою декількох рядів форсунок, що встановлені на трубках, які розташовані паралельно поверхні барабана, або за допомогою спеціальних пристроїв для промивання.

До фільтрів безперервної дії відносяться стрічкові вакуум фільтри. Схематичне зображення одного з них показано на рис. VI.12.

Фільтрувальною перегородкою в стрічковому вакууму-фільтрі є безкінечне збігаюче полотно, що покладене на робочу вітку стрічки. Суспензія, що потрапляє на фільтрувальну перегородку послідовно проходить зону фільтрування, промивання осаду, просушування.



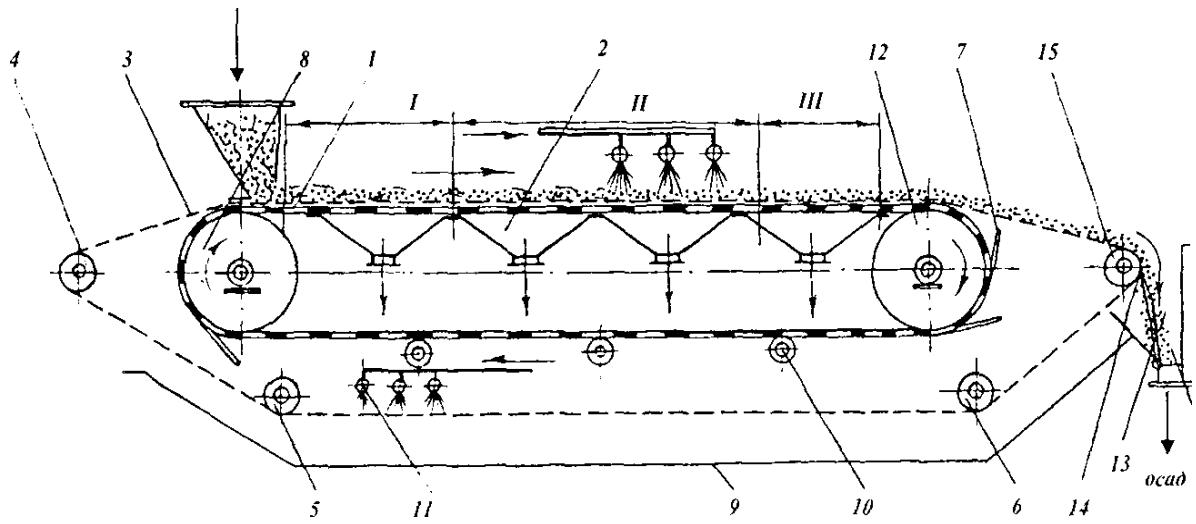


Рис. VI.12 Стрічковий вакуум-фільтр

1 – стрічка, 2 – вакуумні камери, 3 – збігаюче полотно, 4 – регулювальний ролик; 5 – гвинтовий ролик; 6 – натяжний ролик; 7 – коврики; 8 – натяжний барабан; 9 – піддон; 10 – підтримуючі ролики; 11 – форсунки; 12 – приводний барабан; 13 – бункер; 14 – ніж; 15 – розвантажувальний ролик

### VI. 2.3 Фільтрування в полі дії відцентрових сил

Для збільшення швидкості фільтрування суспензію подають всередину циліндричного барабана, що обертається відносно своєї осі з великою кутовою швидкістю  $\omega$ . Суспензія отримує обертальний рух з такою ж кутовою швидкістю. Тому тверда частина знаходиться не тільки під дією гравітаційної сили  $mg$ , але і відцентрової сили  $m \cdot \omega^2 \cdot r$  ( $r$  – радіус обертання частинки).

В практиці центрифугування  $m \cdot \omega^2 \cdot r \gg mg$ , або прискорення твердої частинки в порівнянні з гравітаційним зростає на величину  $\frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \hat{O}$  – фактор розділення.

Центрифуги для відцентрового осадження за принципом дії розділяють на відстійні і фільтрувальні.

**Відстійні центрифуги** мають барабан з суцільною стінкою і використовуються для розділення суспензій з отриманням вологого осаду і освітленої рідини — фугата.

**Фільтрувальні центрифуги** мають барабан з перфорованими стінками, що покриті фільтрувальною тканиною. Використовують ці центрифуги в основному, коли потрібно розділити крупнозернисті суспензії.

Продуктивність центрифуг періодичної дії виходячи з об'єму барабана і ступеня його заповнення продуктом визначається по формулі:

$$G = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot \rho_s \cdot \hat{O},$$

де  $R$  – радіус центрифуги, м;

$H$  – висота барабану, м;

$\rho_s$  – густина суспензії, кг/м<sup>3</sup>;

$\phi$  – коефіцієнт заповнення барабану.

Продуктивність центрифуг складається з суми потужностей на подолання сил інерції барабана  $N_1$ , матеріалу  $N_2$ , на подолання тертя вала в підшипниках  $N_3$  та на подолання опору тертя об повітря  $N_4$ .

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4, \text{ кВт.}$$

### VI.2.3.1 Осаджувальні центрифуги

Для освітлення суспензії з дрібнодисперсною твердою фазою і розділення емульсій використовують сепаратори. Особливо широко використовуються ці машини в молочній промисловості для відцентрового розділення молока на вершки і знежирене молоко, для знежирювання сироватки. В сепараторах молокоочисника проходить виділення з молока механічних домішок. Принципова схема сепараторів показана на рис. VI.13.

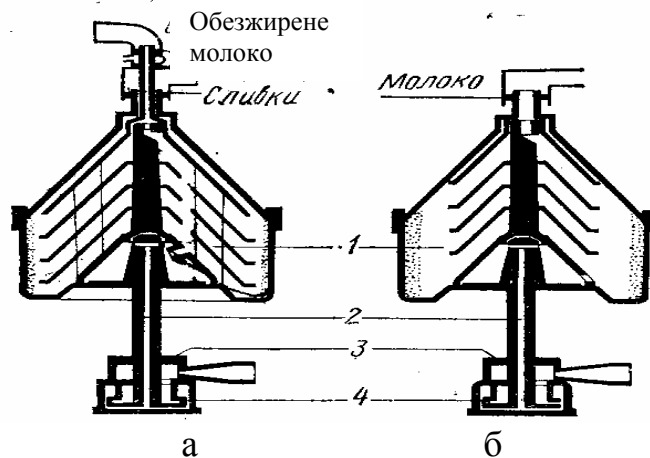


Рис. VI.13 Сепаруючий пристрій:

а – сепаратор-вершковідділювач, б – сепаратор-молокоочисник:

1 – пакет тарілок, 2 – вал, 3 – приймальний пристрій, 4 – нагнітальний пристрій

Відомі сепаратори з різними типами тарілок та різними схемами підведення суспензії для очищення. Принцип дії заснований на розділенні різних фракцій внаслідок їх різної густини в полі відцентрових сил. Більш легка фракція відтісняється до осі ротора звідки і видаляється. Більш важка фракція відкидається до периферії і теж відводиться з сепаратора безперервно, або періодично при зупинках.

Для безперервного розділення суспензій використовується відстійна центрифуга безперервної дії з шнековим вивантаженням осаду. Використовується в крохмалепатоковому виробництві для отримання осаду крохмалю, для виділення олії соняшникового зерна, відділення шквари від жирової емульсії. Центрифуга (рис. VI.14) являє собою корпус, в якому розміщений конічний відстійний барабан і шнек, що закріплені на порожнистому валу, який має змогу обертатися зі швидкістю, меншою ніж швидкість обертання барабану.

В порожнистий вал подається суспензія і через отвори, які є в порожнистому валу потрапляє в конічну частину барабану, де проходить розділення суспензії. Фугат відводиться через вікна в правій частині барабану, а важка фрак-

ція за допомогою шнека, що обертається з меншою швидкістю ніж барабан завдяки планетарному редуктору, зміщується в протилежному напрямі і через розвантажувальні отвори осад виводиться назовні.

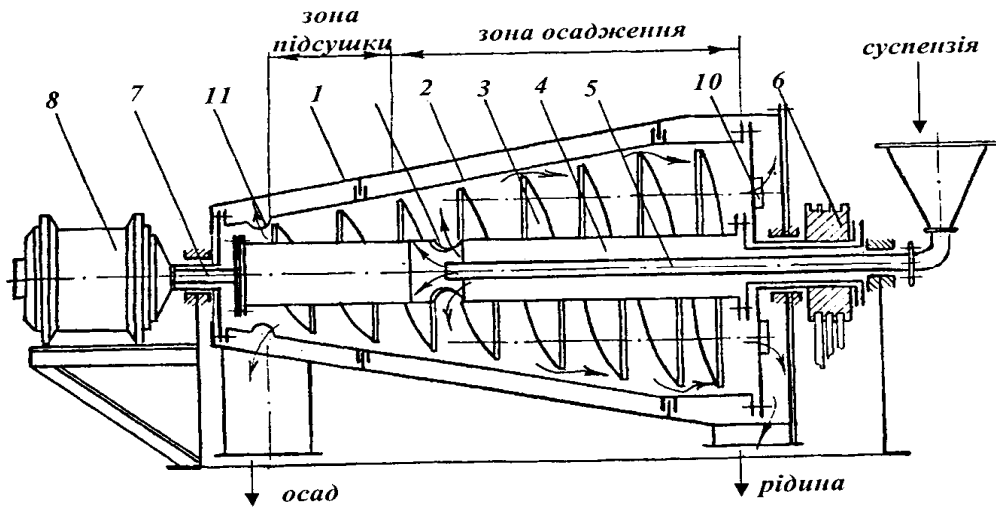


Рис. VI.14 Шнекова відстійна центрифуга безперервної дії:

- 1 – корпус, 2 – барабан, 3 – шнек, 4 – порожнистий вал,  
5 – живильна труба, 6 – шків, 7 – вал шнека, 8 – планетарний редуктор,  
9 – живильні отвори, 10 – отвори для відведення рідини,  
11 – отвори для відведення осаду

### VI.2.3.2 Фільтрувальні центрифуги

Фільтрувальні центрифуги бувають періодичної (рис. VI.15) і безперервної дії. Фільтрувальна центрифуга періодичної дії використовується для розділення суспензії, що містить 45...60% міжкристалевого розчинну.

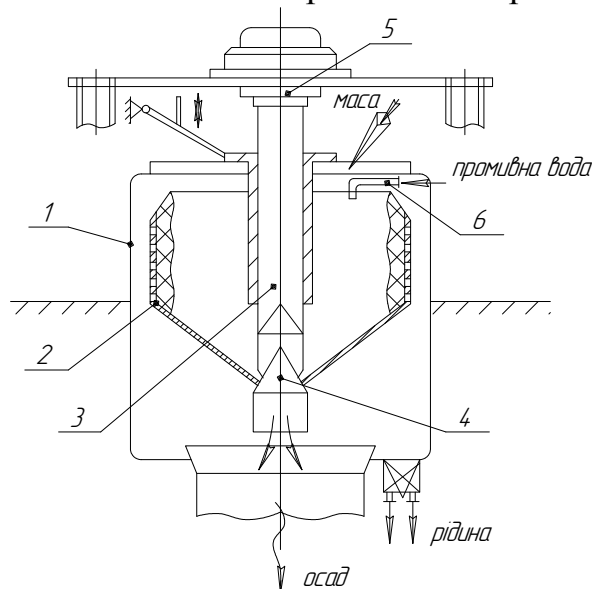


Рис. VI.15 Фільтрувальна центрифуга:

- 1 – корпус; 2 – перфорований барабан; 3 – вал; 4 – розвантажувальний пристрій; 5 – привід центрифуги; 6 – промивний пристрій

Процес центрифугування відбувається за рахунок відцентрової сили, що діє на масу, завантажену в перфорований барабан, який обертається з коловою швидкістю 50...60 м/с.

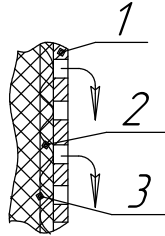


Рис. VI.16 Елемент фільтрувальної сітки: 1 – перфорований барабан; 2 – підкладне сито; 3 – фільтрувальне сито; 4 – осад

Фільтрувальна центрифуга безперервної дії показана на рис. VI.17.

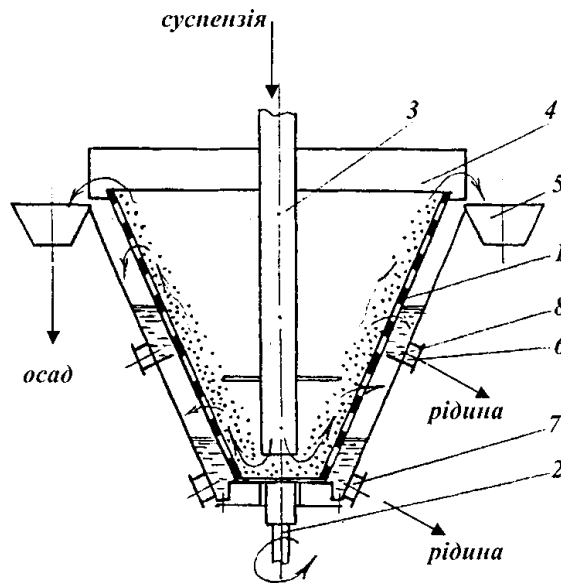


Рис. VI.17 Фільтрувальна центрифуга безперервної дії:  
1 – конічний барабан; 2 – вал; 3 – труба для подачі суспензії; 4 – обичайка;  
5 – жолоб; 6, 7 – патрубки для відведення фільтрату; 8 – перегородка

Принцип дії заснований на тому, що під дією відцентрової сили розчин розділяється на тверду фазу і фугат, який проходить через отвори сита і видаляється. Осад під дією тієї ж відцентрової сили рухаються вгору по конічній частині барабану, що обертається і через його торець потрапляє в приймальний бункер. Для роботи такої центрифуги необхідно, щоб сила тертя осаду по поверхні барабану була менша, ніж складова відцентрової сили, що рухає частинку.

Однієї з різновидів безперервно діючих центрифуг є фільтрувальна центрифуга з пульсуючим вивантаженням осаду (рис. VI.18).

Суспензія по трубі 5 безперервно подається в ротор і розподіляється рівномірно по всій ситовій поверхні. Проходить фільтрування і утворення осаду на поверхні ротору. Дві ступені ротору (I, III) жорстко зв'язані між собою і роб-

лять зворотно-поступальні рухи. При своєму русі вони зіштовхують осад з стінок ротору до вивантажувального отвору. Таким чином рух осаду здійснюється під дією поступального руху ротора і підпору суспензії на вході.

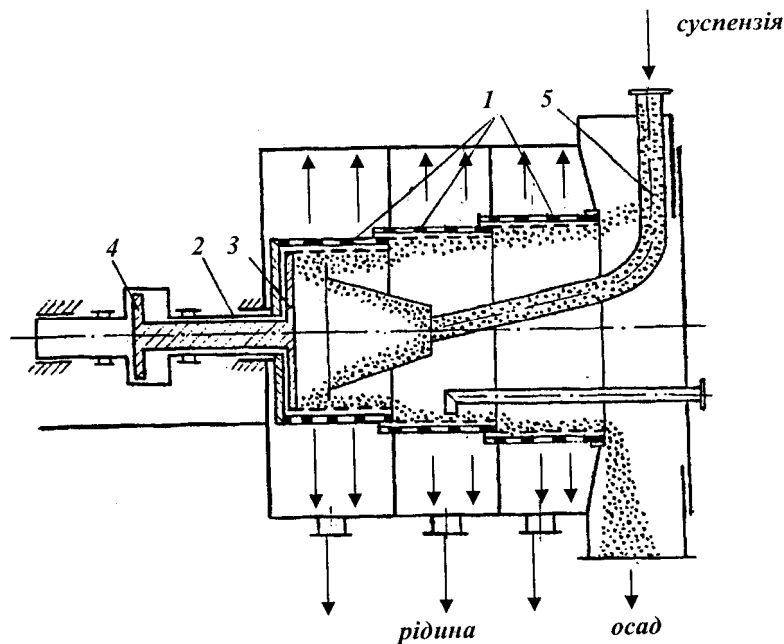


Рис. VI.18 Пульсуюча центрифуга безперервної дії:  
1 – перфоровані обичайки ротора центрифуги; 2 – порожнистий вал;  
3 – поршень; 4 – пневмоциліндр; 5 – труба подачі суспензії

### VI.3 Розділення газових сумішей

Газові потоки в процесі проведення технологічного процесу, особливо при сушінні, подрібненні, помолі зерна і т.п. насичуються пиловидними частинками самого продукту. Крім того, що сам пил являється цінним продуктом, викид його в атмосферу приводить до її забруднення.

Пил є одним з видів речовини в подрібненому стані, що зважений в газовій фазі. Поняття «пил» близьке до поняття «туман», «дим», які разом з пилом об'єднані загальним терміном «аерозоль».

Інтервал розміру частинок в аерозолі складає  $10^{-6} \dots 1$  мм. Нижня межа визначається можливістю довгого самостійного існування дрібних частинок. Верхня межа зумовлена тим, що великі частинки досить швидко осаджуються під дією сили тяжіння і в зваженому стані їх практично немає.

*Пил* — сукупність мікророзділених частинок твердої речовини, що знаходяться в зваженому стані.

*Туман* — складається з мілких рідких капель зважених в газовому середовищі.

*Дим* — це аерозоль з ультрамікроскопічними частинками твердої речовини, що отримується в результаті неповного згорання.

Промисловий пил виникає в процесі виробництва і характерний для свого технологічного процесу. Так, наприклад, при виробництві тютюнових виробів від 1 до 2% тютюну переводиться в пил.

Крім того, що такий пил є сам цінним продуктом, при викиді в атмосферу він значно забруднює її. Тому питання очищення газових потоків від промислового пилу є надзвичайно актуальним.

Згідно закону Стокса при значенні  $Re < 1$  сила опору в'язкого середовища тілу, що рухається в ньому є:

$$P_{\dot{n}} = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot v \cdot d,$$

де  $\mu$  – динамічна в'язкість середовища;

$v$  – швидкість руху тіла;

$d$  – діаметр частинки.

З часом (долі секунди) частинка приймає швидкість, при якій сила опору середовища стає рівній силі тяжіння  $P_{\delta}$ . Для частинки кулеподібної форми:

$$P_{\delta} = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot (\rho_r - \rho_c) \cdot g.$$

При рівності  $P_{\dot{n}} = P_{\delta}$

$$v = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_r - \rho_c)}{18 \cdot \mu},$$

де  $\rho_r$  – густина частинки;

$\rho_c$  – густина середовища.

Величина швидкості, що обчислена за останнім рівнянням є швидкість сталої швидкості осідання і називається *швидкістю витання*.

Слід також відмітити, що в повітряному середовищі завжди знаходиться пил, так як для частинок доволі малих розмірів (0,03...0,02 мкм) броунівський рух має вектор переміщення частинок випадковий, і такі частинки не падають під дією сили тяжіння.

Для вловлювання пилу речовини, що утворюється під час технологічного процесу в усіх галузях харчової промисловості широко використовується пило-вловлююче обладнання. Таке обладнання призначене для очищення від пилу технологічних викидів в атмосферу, для відділення пиловидних матеріалів, що переміщуються в потоці повітря системи пневмотранспорту, для знепилювання приточного і циркуляційного повітря.

В залежності від способу відділення пилу від повітряного потоку розрізняють обладнання для вловлювання пилу сухим і мокрим способом.

Обладнання для вловлювання пилу сухим способом поділяється на:

- гравітаційне,
- інерційне,
- фільтраційне,
- електричне.

Обладнання для вловлювання пилу мокрим способом поділяється на:

- інерційне,

- фільтраційне,
- електричне.

Для оцінки ефективності роботи пилевловлювального обладнання використовують такі характеристики:

1. Ступінь очищення газу від пилу:

$$\varepsilon = \frac{G_{\text{вв}}}{G_{\text{вд}}} \cdot 100\% = \frac{G_{\text{вд}} - G_{\text{вв}}}{G_{\text{вд}}} \cdot 100\% ,$$

де  $G_{\text{вл}}$  – маса вловлених частинок ( $G_{\text{вл}} = G_{\text{вх}} - G_{\text{вих}}$ );  
 $G_{\text{вх}}$  – маса частинок, на вході в обладнання;  
 $G_{\text{вих}}$  – маса частинок на виході з обладнання.

2. Продуктивність. Характеризує кількість повітря, яке очищується за 1 год. при заданій ступені очищення.
3. Гідравлічний опір. Від цієї величини залежить необхідний тиск вентилятора, а відповідно і витрата електричної енергії.

Найбільше використання для вловлювання пилу у газового потоку знайшли інерційні вловлювачі (циклони, ротоклони), а для відділення тонкої фракції пилу — фільтри, електроосадження.

### VI.3.1 Розділення газових неоднорідних сумішей осадженням і фільтруванням

**Пилеосадні камери** — є найпростішим обладнанням, що відноситься до гравітаційного обладнання. Пиловидна частинка в камері знаходиться під дією двох сил: кінетичної енергії потоку, під дією якої частинка переміщується в горизонтальному напрямку і гравітаційної сили, за рахунок якої вона осаджується на дно камери. Деякі види пилеосадних камер приведені на рис. VI.19.

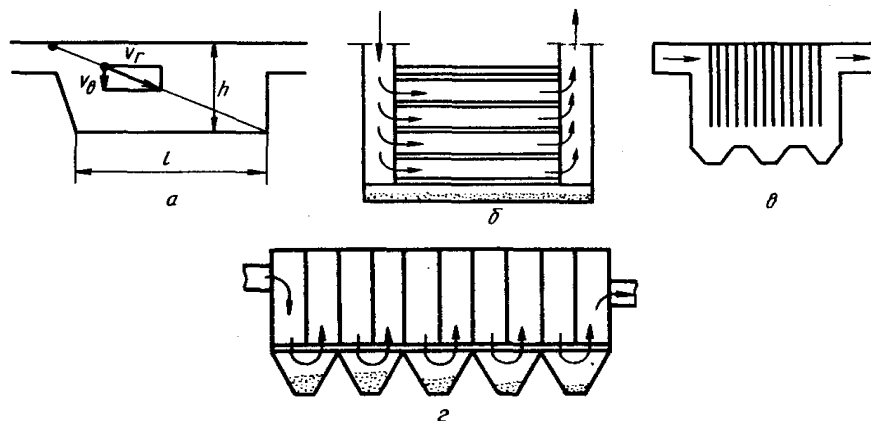


Рис. VI.19 Пилеосадні камери: а – найпростіший вигляд; б – камера з полицями; в – з підвішеними стержнями; г – лабіринтна

В горизонтальному напрямі частинка проходить шлях:

$$l = v_{\text{г}} \cdot \tau , \text{ м}$$

в вертикальному:

$$h = v_{\text{д}} \cdot \tau , \text{ м}$$

- де  $\tau$  – час перебування частинки в камері, с;  
 $v_c$  – швидкість руху частинки в горизонтальному напрямі, м/с;  
 $v_a$  – швидкість витання частинки, м/с.

З цих співвідношень знаходиться довжина пилоосадної камери:

$$l = \frac{h \cdot v_c}{v_a}, \text{ м.}$$

Для підвищення ефективності осадження за рахунок використання сил інерції використовують камери, до стелі яких підвішені стержні, ланцюги (рис. VI.19, в). Також для збільшення інтенсивності осідання частинок використовуються камери лабіринтного типу (рис. VI.19, г).

Максимальна швидкість руху потоку через пилоосадну камеру загалом не перевищує 3 м/с, гідравлічний опір такої камери в межах 20...150 Па. Недоліки таких камер:

- осаджуються лише великі частинки пилу;
- значні розміри;
- степінь очищення не перевищує 50...60%;
- для вибухо-пожежонебезпечного пилу використання пилоосадних камер небезпечно.

#### Мокрі пиловловлювачі.

Відрізняються від апаратів сухого очищення тим, що в зону відділення пилу подають воду, що збільшує ефективність уловлювання.

Так ефективність дії циклона з водяною плівкою по відношенню до звичайного циклона збільшується тим, що пил, відкидається до стінки циклона відцентровою силою значною мірою поглинається водяною плівкою і перетворюється в шлам. В результаті цього запобігається вторинний викид пилу. Внаслідок зволоження пилу і повітря зменшується до нуля ризик загорання і вибуху пилу. Одну з конструкцій циклона з водяною плівкою показано на рис. VI.20.

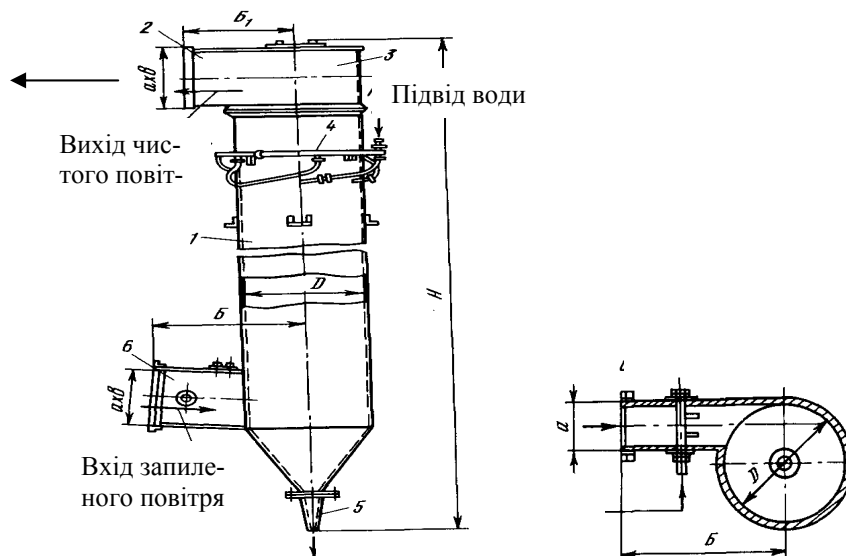


Рис. VI.20 Циклони з водяною плівкою:  
 1 – корпус; 2 – вихідний патрубок; 3 – тангенційний вихід повітря;



4 – колектор води; 5 – патрубок відводу шлама (гідрозатвор);  
6 – вхідний патрубок

Степінь очищення повітря в циклоні з водяною плівкою досягає 90%.

В деяких випадках використовується мокрий пиловловлювач, основною частиною якого є труба Вентурі, де проходить контакт повітряного пилового потоку з тонкодисперговою рідиною. В наступних ступенях уловлювача можуть бути використані різні види обладнання. Приклад компоновки труби Вентурі з циклоном типу ЦВП показаний на рис. VI.21.

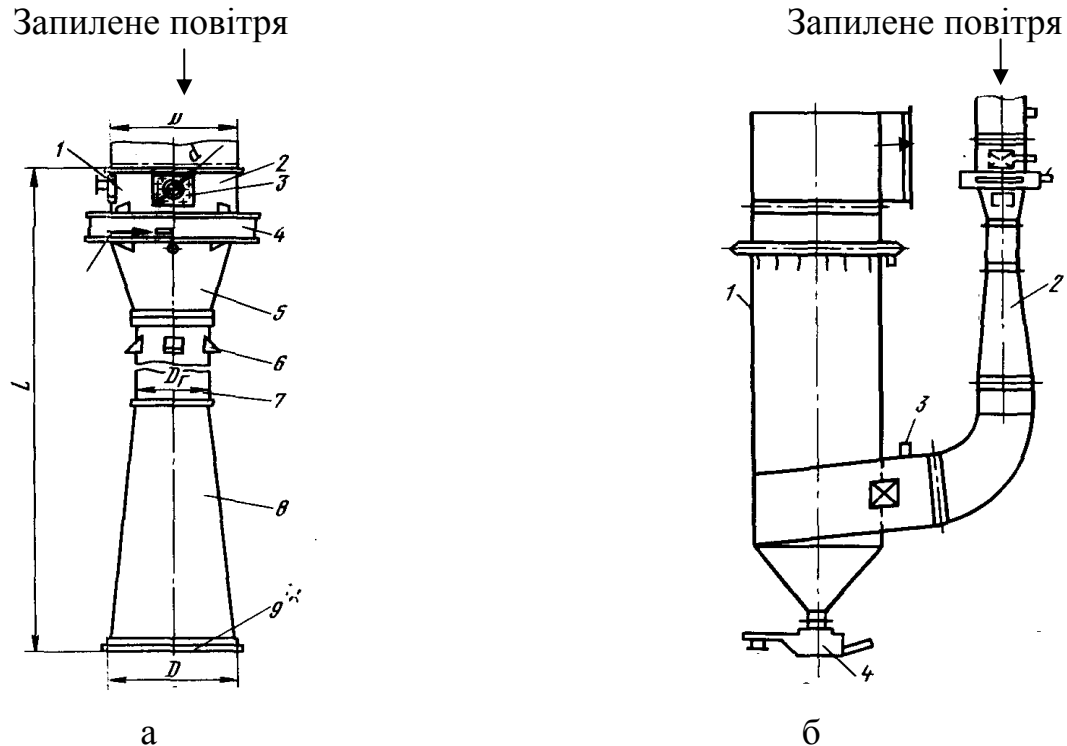


Рис. VI.21 Пиловловлювач труба Вентурі і його компоновка з циклоном типу ЦВП: а) труба Вентурі: 1 – лаз; 2 – циліндр; 3 – змивний пристрій; 4 – камера; 5 – конфузор; 6 – опора; 7 – горловина; 8 – дифузор; 9 – фланець; б) компоновка труби Вентурі з циклоном типу ЦВП: 1 – циклон; 2 – труба-коагулятор; 3 – вимірювальний люк; 4 – гідрозатвор

### Фільтраційні пиловловлювачі

В харчовій промисловості використовуємо рукавні тканинні фільтри, які забезпечують тонке очищення повітря від пилових частинок (до 1 мкм). Використовуються їх для очищення повітря від сухого незлипаючого пилу. Очищення газу від пилу проходить на шарі пористого матеріалу: тканині, спеціальному папері, коксі і др. По мірі накопичення в фільтрувальному шарі затриманих частинок роблять регенерацію фільтра.

На підприємствах харчової промисловості для очищення великих об'ємів повітря з великою концентрацією пилу використовують в основному матерчасті пиловловлювачі — рукавні фільтри. Одна із конструкцій рукавного фільтра ФВ показана на рис. VI.22.

Для регенерації фільтрувальної тканини використовуються струшування і зворотна продувка.

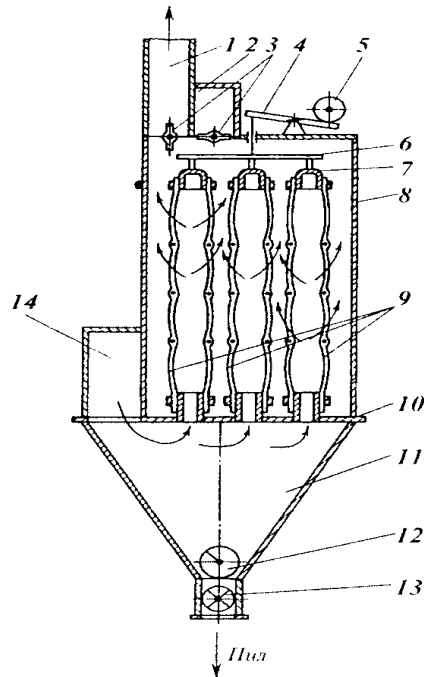


Рис. VI.22 Рукавний фільтр: 1 – патрубок очищеного повітря, 2 – продувний патрубок, 3 – засувка, 4 – важіль, 5 – струшуючий механізм, 6 – рама, 7 – основа рукава, 8 – корпус, 9 – тканинні рукава, 10 – перегородка, 11 – бункер, 12 – шнек, 13 – шлюзова засувка, 14 – патрубок забрудненого повітря

### VI.3.2 Розділення газових неоднорідних сумішей в полі дії відцентрових сил

Циклонні апарати входять в групу інерційного обладнання, в якому виділення пилу проходить за рахунок використання сил інерції. Циклони є найбільш розповсюдженим обладнанням для очищення повітря від пилу, їх широке використання зумовлене простою конструкцією, надійністю в експлуатації при невеликих капітальних і експлуатаційних вкладеннях.

Циклони використовуються для грубого і середнього очищення повітря від пилу розміром 5...10 мкм. Схеми деяких циклонів наведені на рис. VI.23.

Корпуси циклонів складаються з циліндричної і конічної частин. Конічна частина використовується у вигляді прямого конуса (рис. VI.23, а), оберненого (рис. VI.23, б), або складається з прямого і оберненого конусів (рис. VI.23, в).

Конічна частина конуса визначає особливості руху пилового потоку в цій частині циклона і впливає на процеси сепарації і коагуляції деяких видів пилу.

Циклон працює наступним чином (рис. VI.24). Запилений потік повітря надходить в корпус циклона через патрубок тангенційно з швидкістю біля 20 м/с. Запилений потік здійснює обертальний рух спочатку в кільцевому просторі між корпусом і випускною трубою, і, рухаючись по спіралі, продовжує свій рух в конічній частині корпуса. Під дією відцентрової сили пилові частинки відкидаються до стінки циклону, рухаючись разом з потоком, виносяться че-

рез нижню конічну частину циклона в бункер. В бункері циклона дається початок внутрішньому знепиленому потоку повітря

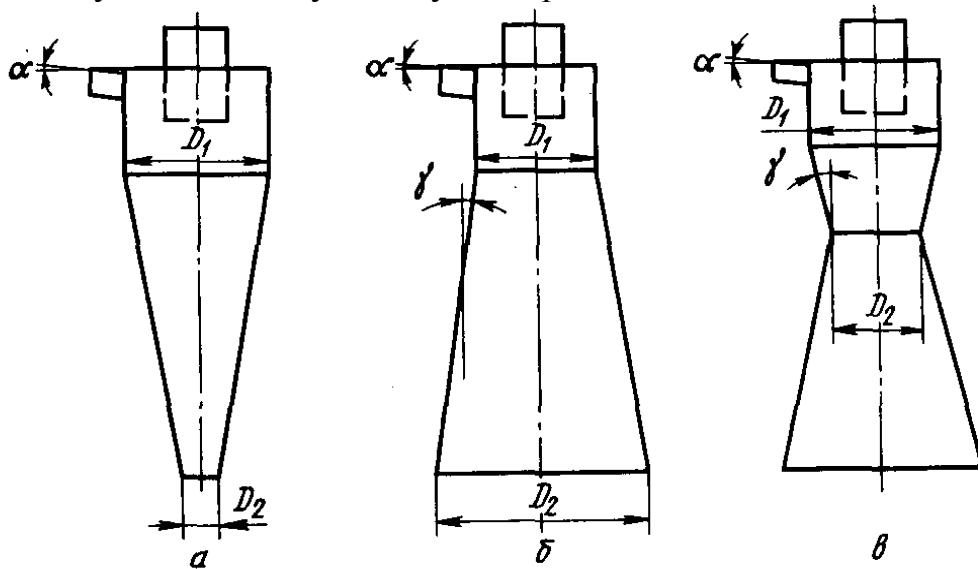


Рис. VI. 23 Схеми циклонів:

а – конічна частина в вигляді прямого конуса; б – конічна частина в вигляді оберненого конуса; в – конічна частина комбінована

Знепилений повітряний потік утворює в конічній частині вихідний очищений потік і виводиться через випускную трубу зверху циклона.

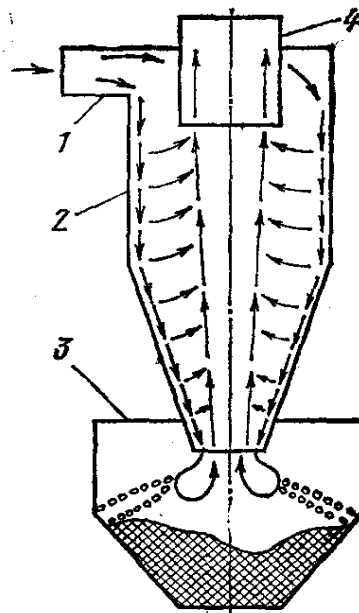


Рис. VI.24 Схема осьових та радіальних потоків в циклоні:  
1 – вхідний патрубков, 2 – корпус циклона, 3– бункер для пилу,  
4 – відвідний патрубков

Так як процеси, що проходять в циклоні доволі складні і залежать від багатьох факторів, то при розробці конструкції в значній мірі враховуються експериментальні дані і практика експлуатації циклонів в промислових умовах.

Слід також відмітити, що робота циклонів у значній мірі залежить від підсосів повітря через пилеосадний бункер через збільшення об'ємів газу, що рухаються назустріч пилу. Бункер приймає участь у газодинаміці циклонного процесу, тому використання циклонів без бункерів або з бункерами зменшених розмірів, ніж рекомендується призводить до погіршення ефективності роботи циклонів.

В харчовій промисловості найбільше використання знайшли циклони НДІОгазу типу ЦН. (Рис. VI.25). Циклон типу ЦН-11 затверджений в якості уніфікованого пиловловлювача циклонного типу. Цифрове позначення відповідає куту, під яким патрубок для підведення повітря під'єднано до корпусу.

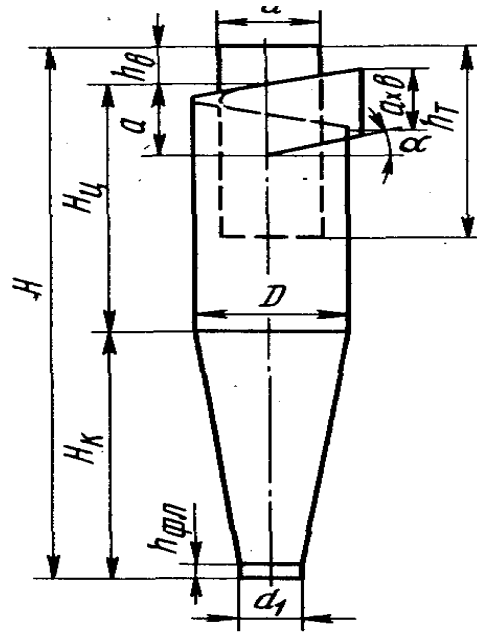


Рис. VI.25 Циклон типу ЦН

Схематичне зображення циклонів типу СДК і СК наведені на рис. VI.26.

Для визначення основних розмірів циклонів можливо скористуватися наступним порядком розрахунку.

1. В залежності від типу циклона і розміру частинки, яку необхідно вловити за табл. VI.1 знаходиться оптимальна швидкість в циклоні  $\Omega_{\text{опт}}$ .

Таблиця VI.1

Тип циклону НДІОГАЗ						
Параметри	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
$d_{50}^i, \text{ìèì}$	8,5	4,5	3,65	2,31	1,95	1,13
$\Omega_{\text{опт}}, \text{МК}$	4,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

$d_{50}^i$  – розмір частини, що осідають з ефективністю 50% при нормальних умовах.

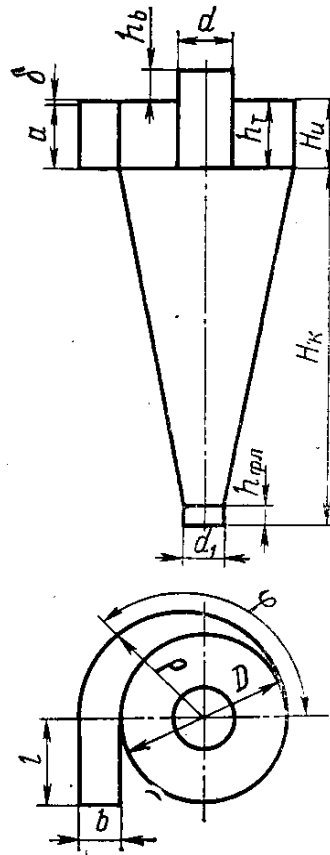


Рис. VI.26 Циклони типу: СДК-ЦН, СК-ЦН

2. Знаходиться необхідна площа поперечного перерізу циклона:

$$F = \frac{Q^{\tilde{a}}}{\Omega \tilde{i} \tilde{o}}, \text{ м}^2.$$

де  $Q^{\tilde{a}}$  – кількість газу, що очищається при робочих умовах,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

3. Знаходиться діаметр циклона (при необхідності задаються кількістю циклонів  $N$ ):

$$D = \sqrt{\frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot N}}, \text{ м}.$$

4. Знаходиться дійсна швидкість газу в циклоні:

$$v = \frac{Q^{\tilde{a}}}{\frac{\pi}{4} \cdot N}, \text{ м/с}.$$

Швидкість газу в циклоні не повинна відрізнятись від прийнятої більш ніж на 15%.

5. В залежності від типу циклону приймають коефіцієнт гідравлічного опору.

6. Знаходиться гідравлічний опір циклона:

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2}.$$

7. Знаходиться значення  $d_{50}$  розмір частинок, що осідають в циклоні при робочих умовах:

$$d_{50} = d_{50}^i \sqrt{\frac{D}{D_n} \cdot \frac{\rho_{\bar{a},i}}{\rho_{\bar{a}}} \cdot \frac{\mu}{\mu_i} \cdot \frac{v_i}{v}},$$

де  $d_{50}^i$  – розмір частинок, що осідають з ефективністю 50% при нормальних умовах (приймається за табл.);

$V_i$  – середня швидкість газу в циклоні (приймається 3,5 м/с);

$D_n$  – діаметр циклону (0,6 м);

$\rho_{г.н}$  – густина частинок (1930 кг/м<sup>3</sup>);

$\mu_n$  – динамічна в'язкість газу ( $22,2 \cdot 10^{-6}$  Па·с).

Величини без індексів відносяться до робочих умов пиловловлювання.

При задовільній ефективності роботи вибраних циклонів знаходять інші розміри циклона в залежності від прийнятого типу за рекомендованими співвідношеннями.

При виборі інших типів циклонів для знаходження основних розмірів циклону можливо керуватись наступними рекомендаціями.

Швидкість газу в підвідному патрубку повинна бути близько 20 м/с, швидкість газу в випускній трубі — близько 10 м/с.

Для всіх одиночних циклонів бункери виконуються циліндричної форми. Рекомендовані розміри вибираються з ряду стандартних діаметрів, виходячи з наступних співвідношень:

діаметр бункера –  $D_6$

$D_6 = 1,5 D$  – для циліндричних циклонів,

$D_6 = 1,1 > 1,2 D$  – для конічних циклонів,

де  $D$  – діаметр циклона;

висота циліндричної частини бункера –  $H_{цил}^6$

$$H_{цил}^6 = 0,8 D$$

Днище бункера виконується з кутом 60°.

### VI.3.3 Електричні пиловловлювачі

Ці вловлювачі в харчовій промисловості використовують рідко. Однак в деяких випадках ними можна забезпечити ефективне очищення повітря в першу чергу від дрібнодисперсного пилу.

Процес знепилення газу в електрофільтрі складається з наступних стадій:

- пилові частинки, проходячи з потоком газу в електричному полі, отримують заряд;
- заряджені частинки переміщуються до електродів з протилежним знаком;
- пилові частинки осаджуються на цих електродах;
- видаляється пил, який осів на електродах.

Основним елементом електрофільтра є коронуючий і осаджуючий електроди. В самому простому вигляді електрофільтр являє собою натягнутий провід всередині труби.

Якщо між електродами створити деякий потенціал то носії зарядів (іони і електрони) отримують значне прискорення і при подальшому їхньому зіткненні з молекулами проходить іонізація останніх.

Це є процес ударної іонізації газу. Біля коронуючого електроду утворюється корона, а утворені в результаті іонізації іони і електрони під дією поля теж отримують прискорення і іонізують нові молекули. По мірі збільшення відстані від коронуючого електроду напруженість електричного поля зменшується і процес ударної іонізації поступово згасає. Іонізовані молекули і електрони, переміщуючись під дією електричного поля співударяються з пиловими частинками газового потоку і передають їм електричний заряд.

Більшість частинок пилу отримують заряд, протилежний за знаком осаджуючих електродів і переміщуються, осідаючи на них. Принципова схема електрофільтрів показані на рис. VI.27.

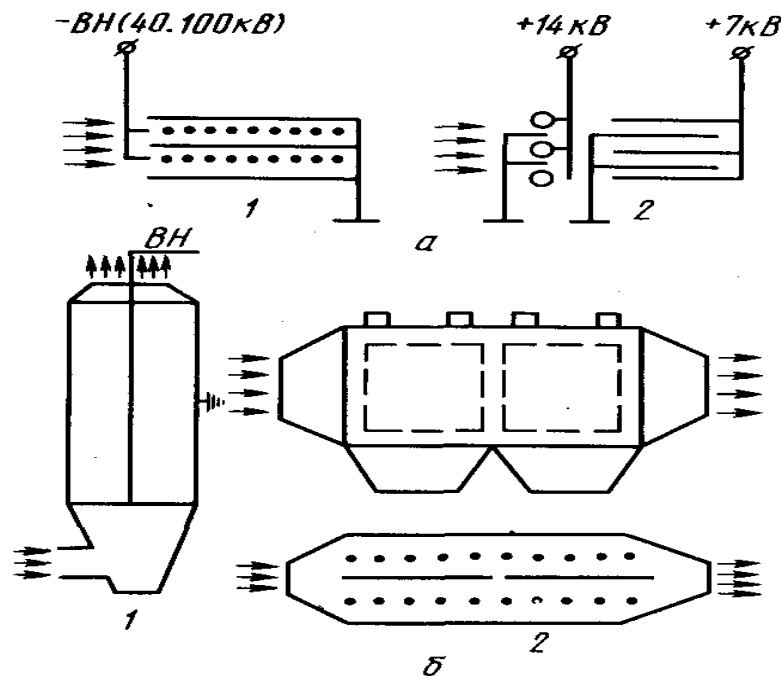


Рис. VI.27 Види електрофільтрів: а – в залежності від кількості зон осадження: 1 – однозонні; 2 – двохзонні; б – в залежності від форми осаджуючих електродів: 1 – трубчасті; 2 – пластинчасті

## VI.4 Розділення флотацією

*Флотація* — розділення суміші дрібних неоднорідних твердих частинок, яке засноване на різній змочуваності їх водою. Частини рідини, які погано змочуються, виносяться на поверхню рідини разом з бульбашками повітря.

Флотація широко використовується як спосіб збагачення руд, як один з ефективних прийомів розділення твердих фаз в хіміко-технологічних процесах, а також в харчовій промисловості для освітлення виноградного соку, виділення глютену в крохмало-патоковому виробництві, виділення дріжджів, знежирювання рідин, очищенні стічних вод харчових виробництв.

Різнорідні рідкі продукти, що переробляються на підприємствах харчової промисловості являють собою дисперсні системи, що складаються з двох фаз: дисперсійного середовища і дисперсної фази.

Якщо є значна взаємодія з цими фазами, то такі системи є гідрофільними, якщо середовищем є вода. Прикладом такого зв'язку є крохмальні суспензії.

Системи, в яких взаємозв'язок між фазами проявляється слабо, є гідрофобними. В якості прикладу таких систем є емульсії жиру в воді.

Для проведення флотації використовують реагенти, що забезпечують прилипання частинок до бульбашок і діляться на збирачів, піноутворювачі, модифікатори (регулятори), що створюють умови оптимального ведення процесу.

Реагенти, сорбуючись на границі розділу фаз, змінюють їх властивості в результаті утворення поверхневих хімічних з'єднань або покривають поверхню молекулами реагенту (при фізичній адсорбції).

Збирачі адсорбуючись на твердих частинках дають можливість твердим частинкам прилипати до бульбашок газу.

Регулятори – забезпечують вибірковість прилипання бульбашок газу і збільшують міцність прилипання, або навпаки, унеможливають прилипання бульбашок до певних видів частинок.

Піноутворювачі – збільшують дисперсність газових бульбашок і стійкість піни.

### Способи аерації рідини

Утворення бульбашок газу в флотаційних машинах є одним з основних процесів і може бути здійсненим одним з таких способів:

- агітаційним,
- пневматичним,
- ежекторним,
- вакуумним,
- електролітичним.

При *агітаційному* методі утворення бульбашок відбувається за рахунок обертання імперелерів, в якості яких можуть виступати колеса відцентрових насосів. При їх обертанні утворюються кругові потоки, що з однієї сторони засмоктують повітря, а з іншої сторони — утворюють бульбашки в об'ємі рідини.

Суть *пневматичного* способу аерації в тому, що повітря вдувають в рідину через пористі перегородки або через патрубки.



*Вакуумний* спосіб аерації заснований на тому, що необхідно виділити бульбашки з розчину, створюючи умови його пересичення. Пересичення може бути створено шляхом підвищення температури або зниження тиску над розчином. В цьому випадку утворення бульбашок газу буде проходити безпосередньо на поверхні частинок, як на зародках бульбашок.

Аерація в *ежекторі* проходить за допомогою струменя рідини, яка під тиском протікає через сопло і ежектуює повітря, насичуючись ним.

*Електролітичний* спосіб утворення бульбашок газу заснований на утворенні газових бульбашок на електродах внаслідок електролізу при протіканні постійного електричного струму через розчин.

Для ефективної флотації необхідно, щоб бульбашки і частинки мали оптимальне співвідношення розмірів.

## VI.5 Мембранне розділення

У хімічній, нафтохімічній промисловості мембранні методи розділення використовуються для поділу вуглеводнів, сумішей високомолекулярних і низькомолекулярних сполук, концентрування розчинів, виділення гелію й водню із природних газів, кисню з повітря й т.п.

У мікробіології й медичній промисловості мембранні методи знаходять застосування в процесах виділення й очищення біологічно активних речовин, вакцин, ферментів, вірусів, очищення крові й ін.

Останнім часом почали широко використовувати мембранні методи в харчовій промисловості для виділення цінних компонентів, для вирішення завдань очищення вод для технологічного процесу, очищення стічних та опріснення солоних вод.

### VI.5.1 Теоретичні основи мембранних процесів

Процес мембранного розділення систем описується основними законами масопередачі і масовий потік  $M$  речовини визначається з кінетичного рівняння:

$$M = K_m F_m \Delta P \tau,$$

де  $M$  – кількість речовини, що проходить через мембрану, кг;

$F_m$  – робоча поверхня мембрани, м<sup>2</sup>;

$K_m$  – коефіцієнт масопередачі мембрани; кг/(м<sup>2</sup>·Па·с)

$\tau$  – час процесу мембранного розділення, с;

$\Delta P$  – рушійна сила процесу мембранного розділення, Па.

Коефіцієнт масопередачі  $K_m$  при перенесенні речовини через мембрану дорівнює:

$$K_i = \frac{1}{\frac{1}{\beta_1} + \frac{\delta}{\lambda_i} + \frac{1}{\beta_2}},$$

де  $\beta_1$  – коефіцієнт масовіддачі від загального потоку до поверхні мембрани;

$\beta_2$  – коефіцієнт масовіддачі від мембрани в потік;

$\lambda_m$  – коефіцієнт масопровідності мембрани;

$\delta$  – товщина мембрани, м.

Рушійна сила мембранного розділення систем виражається таким рівнянням:

$$\Delta P = P - (\pi_1 - \pi),$$

де  $P$  – надлишковий (робочий) тиск над початковим розчином, Па;

$\pi_1$  – осмотичний тиск розчину, Па;

$\pi$  – осмотичний тиск пермеата, Па.

Питома продуктивність  $G$  мембрани при даному тиску визначається в такий спосіб:

$$G = \frac{V}{F \cdot \tau},$$

де  $V$  – об'єм пермеата, м<sup>3</sup>;

$F$  – поверхня мембрани, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – час, с.

Селективність  $\varphi$  процесу розділення за допомогою напівпроникних мембран визначають за формулою:

$$\varphi = \frac{c_1 - c_2}{c_1}$$

де  $\tilde{n}_1, \tilde{n}_2$  – концентрація розчиненої речовини у вихідному розчині й пермеаті, кг/м<sup>3</sup>.

### VI.5.2 Класифікація баромембранних процесів

До основних баромембранних методів розділення рідких і газоподібних систем відносяться зворотний осмос, ультрафільтрація, мікрофільтрація.

Умовні межі застосування цих процесів наведені в табл. VI.2.

Таблиця VI.2

Процес	Зворотний осмос	Ультрафільтрація	Мікрофільтрація
$r, \mu\text{м}$	0,001...0,01	0,001...0,02	0,02...0,1
$P, \text{МПа}$	6...10	0,3...0,80	0,05...0,2

### VI.5.3 Зворотний осмос

*Зворотний осмос* — процес мембранного розділення рідких сумішей шляхом переважного проникнення через напівпроникну мембрану розчинника під дією прикладеного до розчину тиску, що перевищує його осмотичний тиск (6...10 МПа).

В основі даного процесу лежить явище осмосу — мимовільного переходу розчинника через напівпроникну перегородку в розчин. Тиск, при якому настає рівновага, називається осмотичним.

Рушійна сила зворотного осмосу виражається з рівняння:

$$\Delta P = P - \pi_1,$$

де  $P$  – надлишковий (робочий) тиск над вхідним розчином, Па;

$\pi_1$  – осмотичний тиск розчину, Па.

Як мембрана використовуються непористі (динамічні й дифузійні), що являють собою квазігомогенні гелі, і пористі у вигляді тонких плівок, що виготовляються з полімерних матеріалів (ацетатцелюлозні).

Ацетатцелюлозні мембрани складаються з верхнього активного шару товщиною до 0,2 мкм, і грубозернистого (100...200 мкм), що забезпечує механічну міцність мембран (подушка). У зворотному осмосі молекули й іони розчинених речовин звичайно менші за розмірами, ніж діаметр пор.

У металургійній і машинобудівній промисловості зворотний осмос широко використовується для очищення стічних вод від солей важких металів. Застосування зворотного осмосу дозволяє повернути у виробництво цінні метали; у харчовій промисловості: яєчний білок, лактозу, протеїн, вітамінні й мінеральні речовини, що перебувають у молоці.

Зворотний осмос також використовують для знесолення води в системах водопідготовки ТЕЦ і підприємств різних галузей промисловості (напівпровідників, кінескопів, медикаментів); в останні роки починає застосовуватися для очищення промислових і міських стічних вод.

#### VI.5.4 Ультрафільтрація

*Ультрафільтрація* — процес мембранного розділення рідких сумішей під дією тиску, що заснований на різниці молекулярних мас або молекулярних розмірів компонентів поділюваної суміші. Ультрафільтрацію, на відміну від зворотного осмосу, використовують для розділення рідких сумішей, у яких молекулярна маса розчинених компонентів набагато більша від молекулярної маси розчинника. Звичайно ультрафільтрацію проводять при тиску 0,3...0,8 МПа. Для ультрафільтрації використовують нітроцелюлозні, а також поліелектролітні мембрани.

Ультрафільтрація дозволяє очищати стоки металообробних підприємств, що містять мінеральні мастила, жирні кислоти, емульгатори й регенерувати 90...98% забрудненої води. Обробка стоків, що містять нафтопродукти, мастила, розчинники (бензол), проводиться ультрафільтрацією через трубчастий апарат з ацетатцелюлозними мембранами при тиску 0,3 МПа й швидкості потоку в трубках 3 м/с.

Розроблені й випускаються в промисловості ацетатцелюлозні мембрани УАМ-50, УАМ-100, УАМ-150, УАМ-200, УАМ-300.

### VI.5.5 Мікрофільтрація

*Мікрофільтрація* — процес мембранного розділення колоїдних часток або зважених мікрочастинок під дією тиску (0,05...0,2 МПа). Мікрофільтрація є перехідним процесом від мембранних методів розділення до звичайної фільтрації.

Мікрофільтрація застосовується:

- для попередньої фільтрації суспензій, очищення високов'язких рідин і фотохімікатів (розмір пор мікрофільтрів 5 мкм);
- для фільтрації мастил і інших в'язких рідин і тонких суспензій (розмір пор 3 мкм);
- для фільтрації суспензій, очищення розчинників (розмір пор 1,2 мкм);
- для тонкої фільтрації хімічних фармацевтичних препаратів (розмір пор 0,65 мкм);
- для тонкої фільтрації розчинників, одержання надчистої води для радіотехніки, телебачення, медицини, космонавтики й т.п. (розмір пор 0,45 мкм);
- для фільтрації сироватки, стерилізації рідин і газів (розмір пор 0,3 мкм);
- для одержання оптично чистих продуктів (розмір пор 0,22 мкм).

### VI.5.6 Конструкція мембранних апаратів

За способом укладання мембран апарати поділяються на чотири основні типи:

- фільтр-прес із плоско паралельними фільтруючими пристроями;
- із трубчастими фільтруючими елементами;
- з рулонними або спіральними елементами;
- з мембранами у вигляді порожніх волокон.

Ці апарати представлені на рис. VI.28.

Установки зворотного осмосу складаються з великої кількості елементарних модулів, які з'єднують у батареї за паралельною і послідовною схемами (рис. VI.29).

Найбільш перспективними серед існуючих конструкцій апаратів рулонного типу є апарати, кожний модуль яких складається з декількох спільно навитих рулонних фільтруючих елементів. Подібна конструкція забезпечує більшу продуктивність при порівняно малих габаритах.

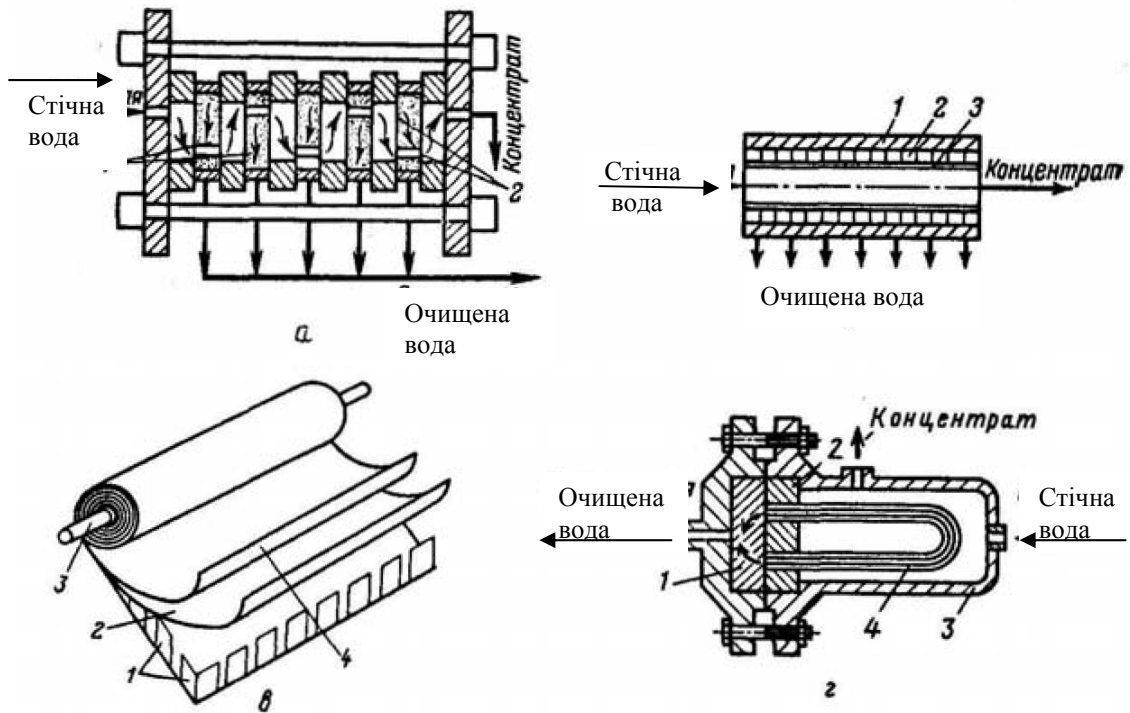


Рис. VI.28 Апарати для зворотного осмосу:

- а) типу фільтр-пресу: 1 – пористі пластини; 2 – мембрани;  
 б) трубчатий фільтруючий елемент: 1 – трубка; 2 – підкладка; 3 – мембрана;  
 в) з рулонним укладанням напівпроникних мембран: 1 – дренажний шар;  
 2 – мембрана; 3 – трубка для відведення очищеної води; 4 – сітка-сепаратор;  
 г) з мембранами в вигляді пустотілих волокон: 1 – підкладка;  
 2 – шайба з волокном; 3 – корпус; 4 – пустотілі волокна

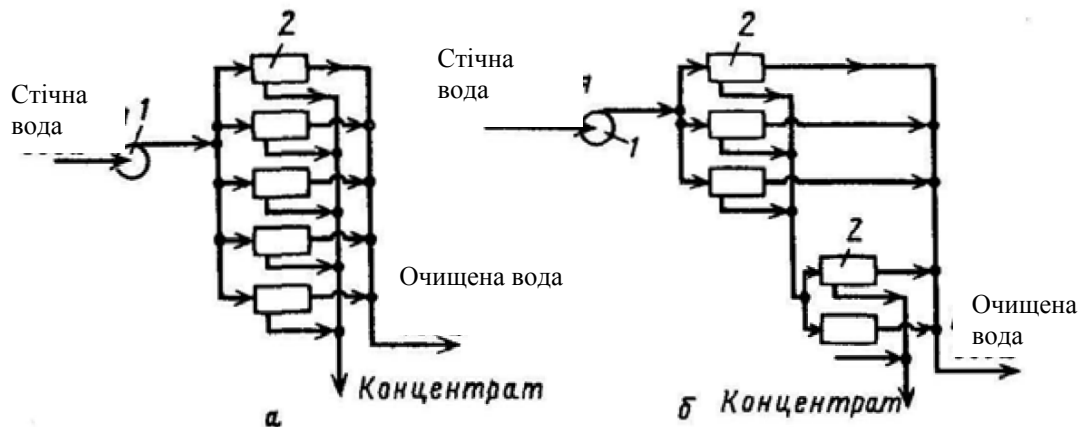


Рис. VI.29 Схема з'єднання модулів:

- а) паралельного; б) ступінчатого; 1 – насоси; 2 – модулі

На рис. VI.30 зображено апарат із шістьма спільно навитими фільтруючими елементами. У корпусі 9, виконаному у вигляді труби з нержавіючої сталі, послідовно розташовуються мембранні модулі 6, що містять рулонні фільтруючі елементи. Герметизація корпусу забезпечується за допомогою ущільнюваль-

них гумових кілець 2, що розташовані у пазах торцевих пробок 3, які утримуються стопорними кільцями. Фільтровідвідні трубки 10 суміжних модулів з'єднані, а в місцях стикування герметизовані гумовими муфтами 14. Відкриті кінці трубок крайнього модуля заглушені спеціальними пробками 8. З іншої сторони трубки виводяться в камеру збору фільтрату 4.

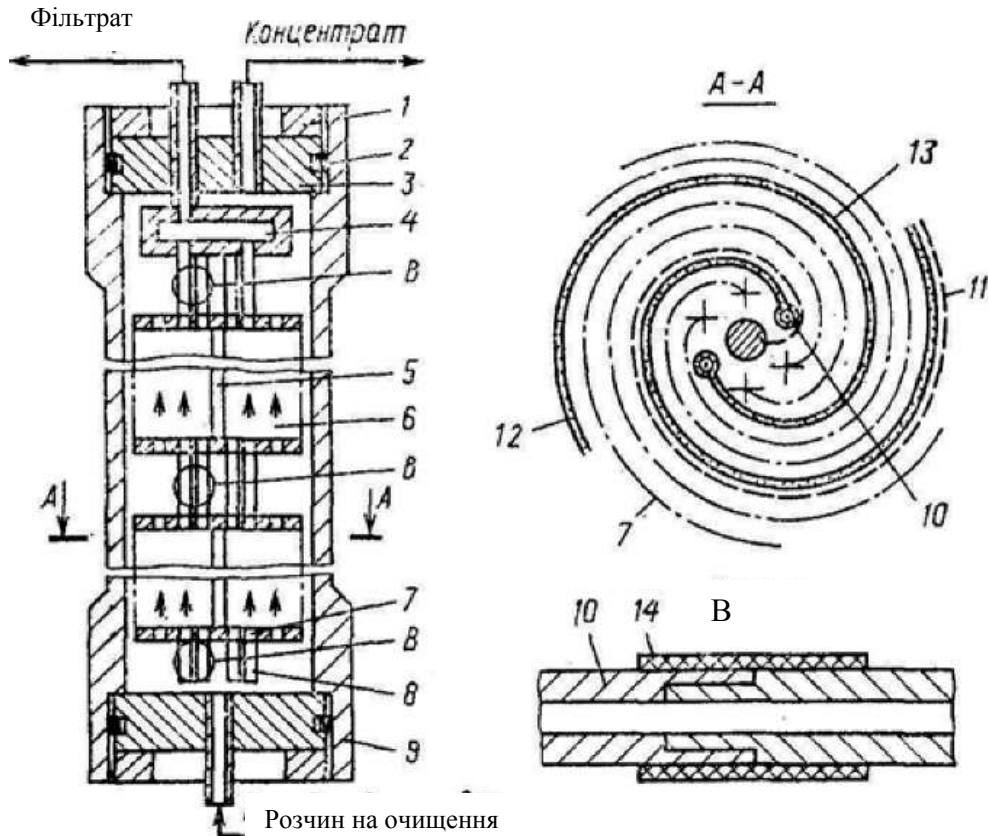


Рис. VI.30 Схема мембранного апарату рулонного типу:

- 1 – стопорні кільця; 2 – ущільнюючі кільця; 3 – торцеві пробки;  
 4 – камера збору фільтрату; 5 – осьовий стрижень; 6 – мембранний модуль;  
 7 – рамка; 8 – пробка; 9 – корпус; 10 – фільтровідвідна трубка;  
 11 – сітка-сепаратор; 12 – дренажний шар; 13 – мембрана; 14 – муфта

Кожний з рулонних фільтруючих елементів складається із дренажного шару 12 і розташованих по обидві сторони мембран 13. Цей пакет прикріплюється до фільтровідвідної трубки 10, а герметизація його торців досягається склеюванням країв мембрани між собою. Для запобігання злипанню мембран сусідніх пакетів при їхній навивці навколо пучка фільтровідвідних трубок, а також для утворення міжмембранних каналів і турбулізації потоку між пакетами розміщається сітка-сепаратор 11. Пучки фільтровідвідних трубок кріпляться в спеціальному каркасі, що являє собою стягнуті осьовим стрижнем 5 дві рамки 7 із гніздами для кінців трубок і отворами для проходження поділюваного розчину через модуль.

Робоча довжина модуля 1 м визначається шириною мембранного полотна, що випускається (0,450 м) і становить 0,4 м.

Змінними можуть бути наступні параметри:

- кількість спільно навитих рулонних елементів (звичайно від 4 до 12);
- довжина пакета (від 0,6 до 1,8 м);
- кількість модулів у корпусі апарата (від 2 до 6);
- товщина сітки-сепаратора (від 0,3 до 1 мм);
- товщина пакета (двох мембран з розташованим між ними дренажним шаром) від 0,5 до 1,5 мм.

При виборі довжини пакета (тобто кожної спіралі) варто виходити з того, що гідравлічний опір дренажу потоку фільтрату не повинен бути надмірно великим. Тому для мембран з меншою проникністю (МГА-100) можна прийняти довжину пакета мембран рівною 1,8 м, для мембран з найбільшою проникністю (МГА-80) варто брати довжину пакета мембран рівною 0,6 м.

Зі збільшенням кількості модулів в апараті ускладнюється конструкція й процес складання, однак збільшується компактність установки, що особливо важливо в установках великої продуктивності (понад 10 м<sup>3</sup>/ч фільтрату).

Зменшення товщини сітки-сепаратора й дренажного шару збільшує компактність установки, але приводить до росту гідравлічного опору.

### **Запитання для самоперевірки до розділу VI**

1. Осадження частинки в полі дії сили тяжіння.
2. Конструкції відстійників періодичної дії.
3. Конструкція багатоярусного відстійника. Принцип роботи.
4. Розділення суспензій фільтруванням під дією тиску.
5. Рамні фільтрпреси. Конструкція, принцип дії.
6. Патронні, дискові фільтри. Устрій, принцип роботи.
7. Барабанні вакуум-фільтри. Устрій, принцип роботи.
8. Закономірності фільтрування в полі дії відцентрових сил.
9. Осаджувальні центрифуги. Устрій, принцип роботи.
10. Фільтрувальні центрифуги. Устрій, принцип роботи.
11. Фільтрувальні центрифуги безперервної дії. Устрій, принцип роботи.
12. Розділення газових сумішей осадженням в пилеосадних камерах.
13. Мокрі пиловловлювачі. Конструкція, принцип роботи.
14. Циклонні пиловловлювачі. Устрій, принцип роботи.
15. Принципи електричного розділення газових сумішей.
16. Флотація, як метод розділення суміші дрібних неоднорідних твердих частинок.
17. Основи мембранних методів розділення.
18. Зворотний осмос.
19. Ультрафільтрація як метод мембранного розділення.
20. Мікрофільтрація. Суть процесу розділення.
21. Конструкція мембранних апаратів.
22. Мембранний апарат рулонного типу.

## VII ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ ТА ГРАНУЛЮВАННЯ

### VII.1 Основи теорії пресування та гранулювання

*Пресування* — один з механічних процесів, що широко застосовується в харчовій промисловості. Його суть в тому, що матеріал піддають дії зовнішнього тиску за допомогою різних механічних пристроїв з метою:

– *зневоднення під тиском* — використовують в багатьох виробництвах харчової промисловості: для віджимання води з бурякової стружки для отримання олії з насіння соняшника, для отримання соку з ягід і плодів і т.д.;

– *брикетування* — для отримання брикетів заданої форми. Використовується в цукровій промисловості для отримання брикетів бурякового жому, цукру-рафінаду. Різновидом брикетування є таблетування, гранулювання. Таблетки і гранули мають менші розміри по відношенню до брикетів. Промисловістю випускається гранульована кава, чай, харчові концентрати;

– *формування* — з можливістю отримувати вироби заданої форми. Використовуються в хлібопекарному, макаронному, кондитерському виробництвах.

Зневоднення і брикетування використовують для виділення рідини, коли вона є цінним продуктом або коли зі зменшенням її кількості в продукті, цінність самого продукту збільшується. Використовують з метою підвищення якості продукту і подовження термінів його використання, покращення можливості транспортування. Зневоднення проводиться при надлишковому тиску, яке прикладається до матеріалу.

Ступінь віджимання води залежить від тиску пресування. При пресуванні цукрової кашки в цукрорафінадному виробництві значно зменшуються проміжки між кристалами внаслідок їх зближення, а самі проміжки заповнюються шматками подрібнених кристалів, що створює умови для зрошування самих кристалів.

Основна характеристика процесу брикетування — залежність між приростом тиску  $\Delta P$  пресування і зменшенням коефіцієнту ущільнення речовини, що пересувається  $\beta$  ( $\beta = \frac{V}{V_1} = \frac{h}{h_1}$ , де  $V, V_1$  – об'єми продукту до і після пресування,

$h, h_1$  – висота брикету до та після пресування).

Тиск пресування складається з тиску на ущільнення продукту і тиску на подолання сил тертя продукту на пресформу. С.М. Гребенюком отримане рівняння, що описує процес пресування у вигляді:

$$f \cdot \ln \frac{P}{P_0} = \beta - \beta_0,$$

де  $f$  – модуль пресування;

$p, p_0$  – кінцевий і початковий тиск стискання;

$\beta, \beta_0$  – кінцевий і початковий коефіцієнти ущільнення.

Таке рівняння отримуємо при умові нехтування сили тертя продукту на пресформу і допуску його однорідності.



При односторонньому пресуванні отримують брикет більш низької якості, ніж при двосторонньому брикетуванні, коли тиск створюється по обидві сторони матеріалу, що пресується. Це пояснюється нерівномірною густиною брикету по висоті внаслідок тертя продукту по стінках матриці.

Гранулювання і формування проводять в екструдерах з метою отримання продукту при комплексній дії тиску, температури, вологості, напруженнях зсуву (суміщається кілька продуктів в одному апараті — екструдері).

Екструзія буває холодною, тепловою і варочною.

При *холодній екструзії* проходить лише механічне формування пластичної сировини в результаті її продавлювання через матрицю. Цей вид екструзії використовують при виробництві штучних виробів, макаронів, плавлених сирів, м'ясного фаршу.

*Теплова екструзія* використовується при частковій клейстеризації крохмалепродуктів вологістю 20...40 % з подальшим обсмажуванням або випічкою.

При *варочній екструзії* під час нагрівання в матеріалі проходять незворотні біофізичні зміни (білків, крохмалю, цукру). Продукт варочної екструзії сушать або обсмажують, покривають оболонками або харчовими добавками. Таким чином отримують сухі напої, супи, м'ясопродукти.

## VII.2 Обладнання для обробки продуктів пресуванням

Преси в харчовій промисловості можна розділити на механічні і гідравлічні.

*Гідравлічний прес* працює за законами гідравліки. Основним вузлом є робочий циліндр, всередині якого переміщується плунжер з рухомою плитою. Матеріал, що підлягає пресуванню розміщується між рухомою та нерухомою плитами і плунжер приводиться в рух рідиною під високим тиском.

Сила тиску поршня на матеріал прямо пропорційна його площі:

$$P = p \cdot F ,$$

де  $p$  – тиск в гідросистемі, Па

$F$  – площа поршня, м<sup>2</sup>.

Гідравлічні преси широко використовують при переробці фруктів і овочів при отриманні соків.

*Механічні преси* широко використовують у цукровій промисловості для зневоднення жому. Використовують нахилені, вертикальні та горизонтальні шнекові преси.

**Нахилений шнековий прес** (рис. VII.1) використовується для віджимання жому. Жом надходить в сепаратор, де з нього частково видаляється вода, а потім в прес, де видаляється основна частина води.

У пресі частина води видаляється через ситову поверхню корпусу преса, а частина через пустотілу частину самого перфорованого шнека. Віджятий жом видаляється через регульований отвір між конічним ситом і корпусом віджимного шнека.

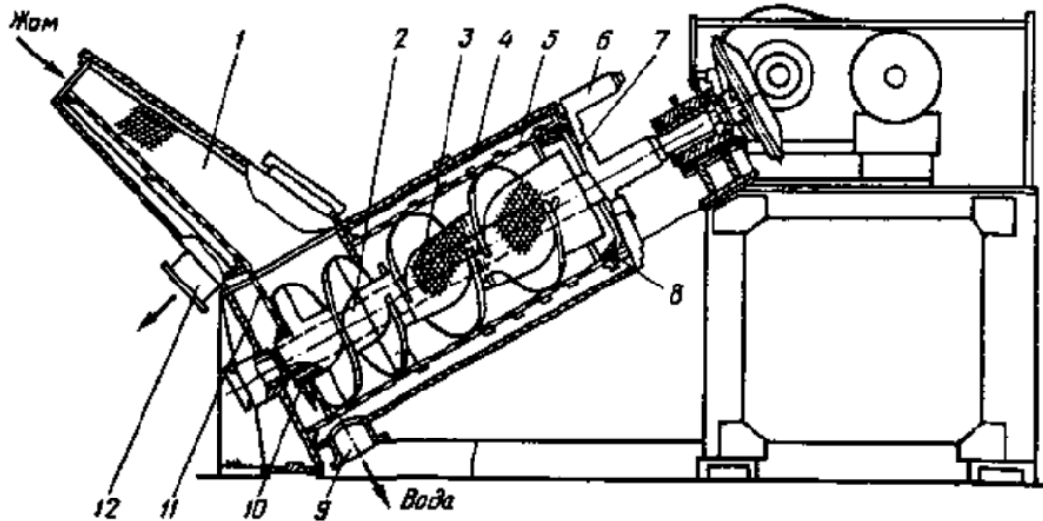


Рис. VII.1. Нахилений шнековий прес:

1 – сепаратор; 2 – вал шнека; 3 – сито; 4 – віджимний шнек; 5 – циліндричне сито; 6 – регулює мий конус; 7 – отвір для вивантаження жому; 8 – конічне сито; 9 – штуцер; 10, 12 – отвір для видалення води; 11 – додаткова поверхня фільтрації

**Вертикальний шнековий прес.** Конструкція шнека показана на рис. VII.2. Основна частина преса — пустотілий шнек, що встановлений в траверсах. На кожусі шнека встановлені контрлопаті, що не дозволяють обертання матеріалу разом зі шнеком. Крім того в контрлопаті подається пара, яка через отвори надходить всередину матеріалу, що підлягає пресуванню.

У верхній частині преса є завантажувальна шахта, через яку подається матеріал для пресування. Частина віджатої води виходить через отвори циліндричного сита-корпусу, а друга частина — через пустотілий вал шнека.

Вологий жом на пресування потрапляє через завантажувальний отвір і верхніми лопатями шнека направляється вниз в зону з меншим поперечним перерізом, де і проходить віджимання води. Частина відпресованої води виходить через отвір циліндричного сита, а друга частина через пустотілий вал шнека. Видалена вода по каналу 10 і штуцеру 9 видаляється з пресу.

В нижній частині циліндричного сита розміщене рухоме конічне сито, яке може підніматись та опускатись за допомогою болтів 7. Зміна розміру щілини між ситом та нижньою частиною циліндричного сита регулює степінь віджиму жому.

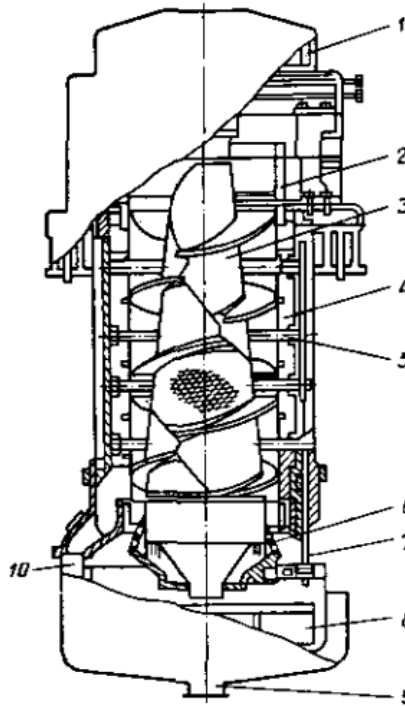


Рис. VII.2. Вертикальний шнековий прес:

- 1 – привідна шестерня; 2 – завантажувальна шахта; 3 – шнек;  
 4 – роз'ємне сито; 5 – контрлопять; 6 – конічне сито; 7 – болт;  
 8 – шкребок; 9 – штуцер; 10 – канал

**Двохшнековий прес** має два паралельно встановлених шнеки, які обертаються назустріч один одному. В корпусі шнека є циліндричні сита з отворами, через які і фільтрується віджимна рідина (рис. VII.3).

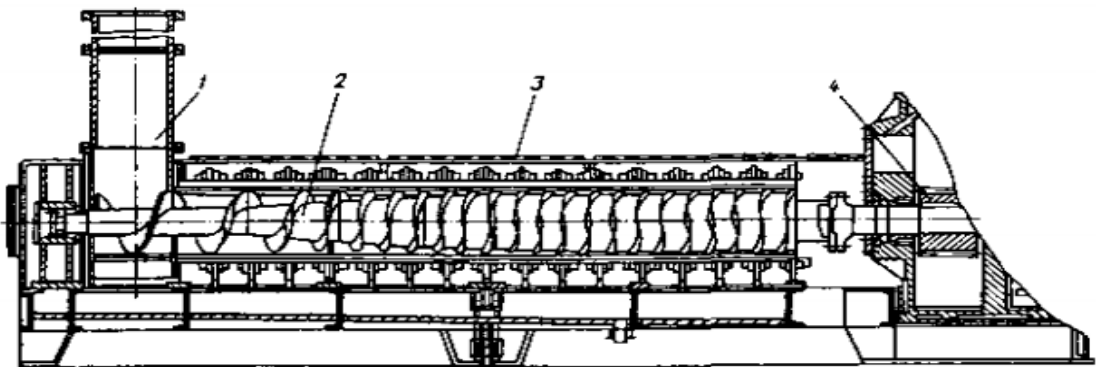


Рис. VII.3. Двохшнековий прес:

- 1 – завантажувальний бункер; 2 – шнек; 3 – кришка; 4 – привід

Продуктивність пресу по віджатому жому:

$$Q = \rho \cdot \varphi \cdot F \cdot t \cdot \left( \frac{n}{60} \right),$$

де  $\rho$  – густина віджатого жому, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – відношення площі, що зайнята переривчастими витками шнека до площі гвинтової поверхні;

$F$  – площа кільцевого вихідного отвору, м<sup>2</sup>;  
 $t$  – крок гвинта шнека у вихідній щілині, м;  
 $n$  – частота обертання шнека (1,45...3 хв<sup>-1</sup>), хв.<sup>-1</sup>.

Потужність приводу преса складається з:

$$N = (N_c + N_k + N_b + N_{cm} + N_n), \text{ кВт};$$

де  $N_c$ ;  $N_k$ ;  $N_b$ ;  $N_{cm}$ ;  $N_n$  – потужність на подолання сил тертя продукту відповідно по ситовому поясі, поверхні корпусу, поверхні витків шнеку для стискування жому, переміщення жому;

$\eta_{np}$  – ККД приводу.

**Дисковий прес.** Використовується для виробництва пресованого цукру-рафінаду і складається з таких вузлів: бункера для приймання рафінадної кашки, диска з матрицями і пуансонами, упору для пресування брусків рафінаду, механізму натирання столу, механізму для подачі цукру в матриці, механізму виштовхування відпресованих брусків рафінаду, механізму повороту станини (рис. VII.4).

Стіл пресу робить обертальний рух проти годинникової стрілки з чотирма зупинками за один оберт. При цьому робляться наступні операції:

- I – заповнення матриці рафінадною кашкою;
- II – формування бруску при русі пуансона вгору;
- III – виштовхування бруску цукру з матриці;
- IV – очищення пуансону від залишків і натирання їх пастою.

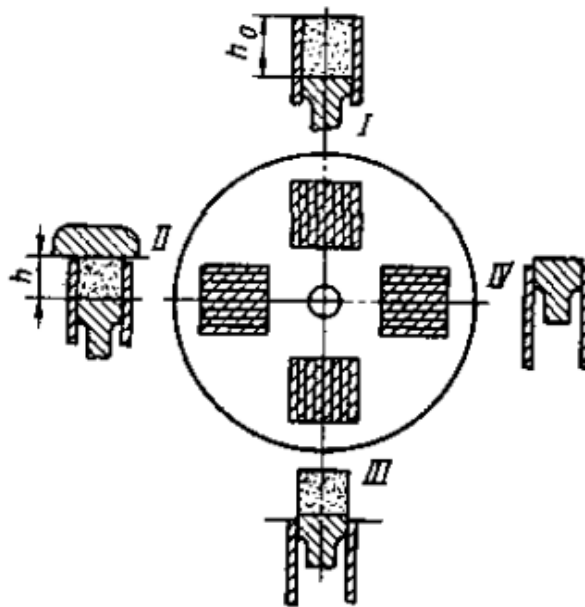


Рис. VII.4. Схема роботи дискового преса

**Двохшнековий формувачний прес** застосовують при виробництві цукерок методом формування маси через філь'ери з каліброваними отворами (рис. VII.5).

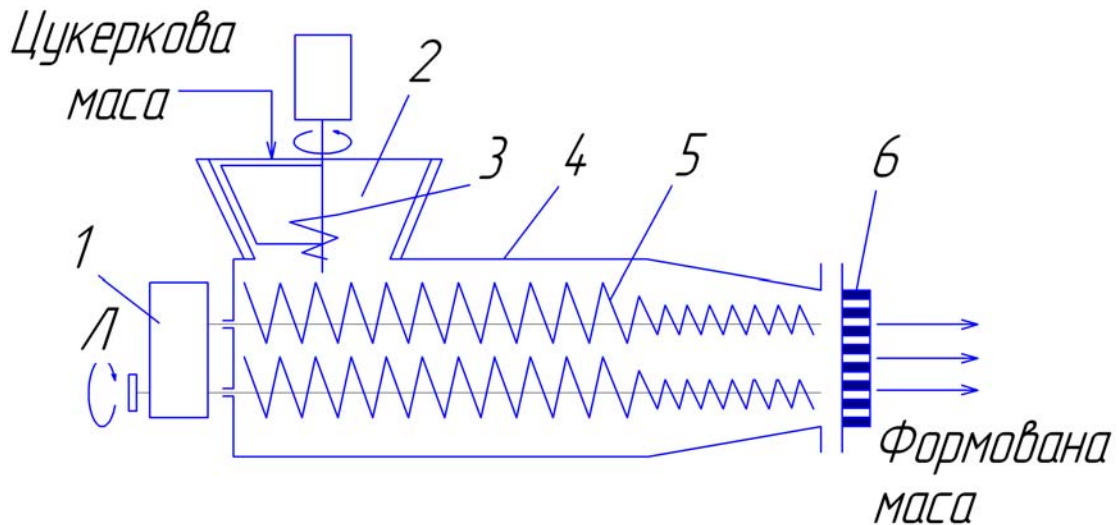


Рис. VII.5. Двохшнековий формувачний прес:  
1 – привід; 2 – завантажувальний бункер; 3 – дозуючий шнек;  
4 – корпус преса; 5 – шнек; 6 – філь'ера

Прес створює тиск і продавлює масу через філь'еру. На виході з філь'ери джгути цукеркової маси ріжуться ексцентрично встановленими ножами на гранули. Філь'ери являють собою металевий диск з отворами, через які продавлюються маса. Форма отворів філь'ери відповідає формі виробу.

**Одношнековий екструдер.** Складається з вузла завантаження, корпусу, шнеку, змінної філь'ери, приводу (рис. VII.6).

Діаметр шнеку складає 50...250 мм, довжина – 1...20 його діаметрів. По довжині шнека відбувається спресовування матеріалу від зони I (зона вологого матеріалу) через зону II (пластичний стан) до зони III (матеріал являє собою аморфну текучу масу).

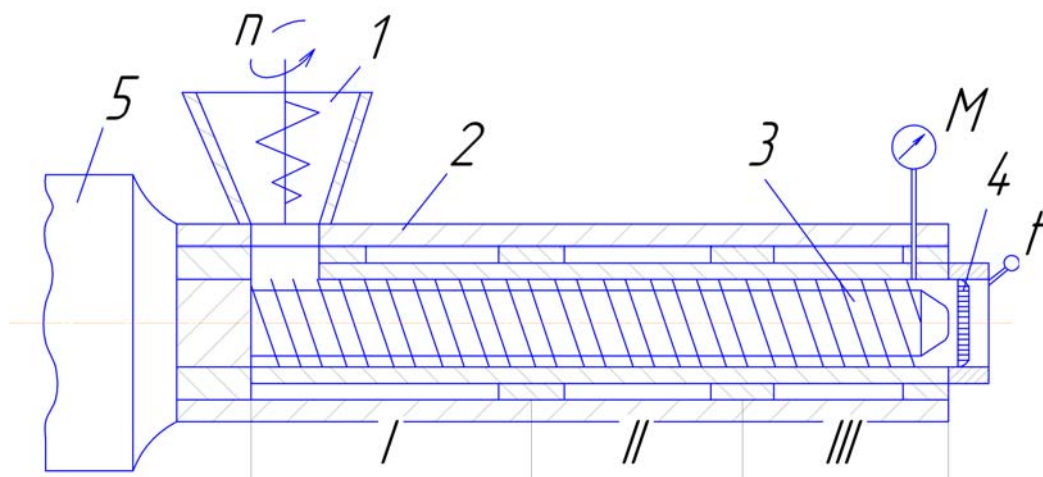


Рис. VII.6 Схема одношнекового екструдера:  
1 – завантажувальний отвір; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – філь'ера;  
5 – привід; 6 – термопара; М – датчик тиску

**Гранулювання обкатуванням** використовують в кондитерській промисловості при виробництві цукерок, що складаються з ядра і оболонки. Нашарування оболонки на ядро відбувається в дражувальних грануляторах. Вони являють собою чашоподібний корпус, який рухається по складній траєкторії в горизонтальній площині. Чаша обертається біля своєї осі і біля валу приводу (планетарний рух чаші) (рис. VII.7).

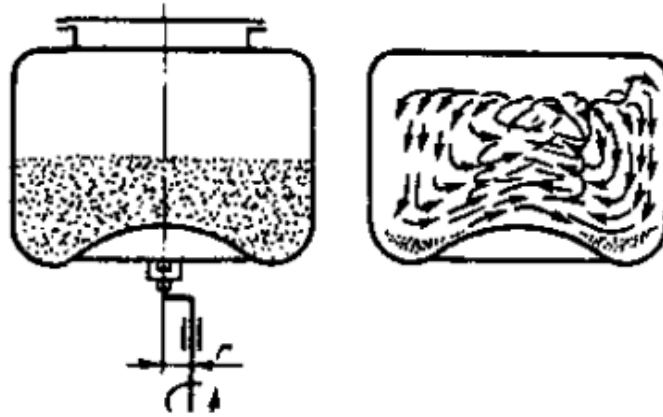


Рис. VII.7. Схема руху частинок в дражувальному грануляторі

Такий складний рух чаші створює вихідний гвинтоподібний потік порошку. В результаті проходить обкочування ядра оболонкою, що призводить до росту гранул. Ядром може бути кристал цукру, ізюм, горіх і т.п.

### Запитання для самоперевірки до розділу VII

1. Фізичні основи пресування та гранулювання.
2. Гідравлічний прес для пресування.
3. Нахилений шнековий прес безперервної дії.
4. Вертикальний жомовий прес. Устрій, принцип роботи.
5. Дисковий прес. Послідовність формування брикету.
6. Двошнековий формовочний прес.
7. Одно шнековий екструдер. Устрій, принцип роботи.
8. Суть методу гранулювання обкатуванням.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Азрилевич М.Я. Оборудование сахарных заводов. – 3-е изд. – М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1982. – 392 с.
2. Балашов В.Е. Оборудование предприятий по производству пива и безалкогольных напитков. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 248 с.
3. Буров Л.Л., Медведев Г.М. Технологическое оборудование макаронных предприятий. — М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 248 с.
4. Волчков И.Л. Сепараторы для молока и молочных продуктов. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 223 с.
5. Гальперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. – М.: Химия, 1981, – 812 с.
6. Гинзбург А.С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: Справочник. — М.: Пищ. пром-сть, 1990. – 196 с.
7. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов . – 2-е изд., 1983, – 320 с.
8. Жбанков Б.В. Технологическое оборудование ликеро-водочного производства. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983.
9. Зайчик Ц.Р. Автоматы для мойки бутылок. — М.: Пищ. пром-сть, 1978. – 128 с.
10. Золотин Ю.П., Френклах М.Б., Пашутин Н.Г. Оборудование предприятий молочной промышленности. — М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.
11. Иванов А.И. Оборудование спиртового производства. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 216 с.
12. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991 – 432 с.
13. Колесник Б.Г. и др. Справочник механика сахарного завода. Технологическое оборудование / Колесник Б.Г., Лысиков В.П., Парходько А.П. – М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1987. – 264 с.
14. Конструирование и расчет машин химических производств. / Ю.Н. Гусев, Н.Н. Карасев, Э.Э. Кольман–Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1985, – 408 с.
15. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебзаводов и пути его совершенствования. — М.: Легпищемаш, 1982. – 290 с.
16. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для вузов/ С.Т.Антипов, И.Т.Кретов, А.Н. Остриков и др. Под ред. В.А.Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001, – 703 с.
17. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 2: Учеб. для вузов/ С.Т.Антипов, И.Т.Кретов, А.Н. Остриков и др. Под ред. В.А.Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001, – 680 с.
18. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности. Т. 1У-17 / С.А.Мачихин, В.Б.Акопян, С.Т.Антипов и др. Под ред. С.А.Мачихина 2003. – 736 с.

19. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та інші. За ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
20. Оборудование для переработки сыпучих материалов : учебное пособие /В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 208 с.
21. Оборудование для уоя скота, птицы, производства колбасных изделий и птицепродуктов: Справочник /Под ред. В.М. Горбатова. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 473 с.
22. Оборудование и материалы для мясоконсервного и вспомогательного производства: Справочник. / Под ред. В.М. Горбатова. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. – 438 с.
23. Основные процессы и аппараты химической технологии / Пособ. по проектир.; Под ред. Ю.И. Дытнерского. — М.: Химия, 1983. – 272 с.
24. Пелеев АЛ. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности: Учебник. — М.: Пищ. пром-сть, 1971. – 519 с.
25. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств. Под редакцией В.И. Стабникова – К.: «Вища школа» Головне видавництво, 1982, – 199 с.
26. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. Изд. 2-е, перераб. М., Химия, 1977, –368 с.
27. Современные технологи и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. Ч.1/ В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др.: под ред. В.О. Штангеева. –К.: «Цукор України», 2003. – 352 с.
28. Современные технологи и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. Ч.2/ В.О. Штангеев, В.Т. Кобер, Л.Г. Белостоцкий и др.: под ред. В.О. Штангеева. –К.: «Цукор України», 2004. – 320 с.
29. Соколов В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. — М.: Машиностроение, 1983. – 447 с.
30. Справочник по производству безалкогольных напитков /В.Е. Балашов, И.И. Балантер, С.М. Беленький и др., — М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 368 с.
31. Сурков В Д., Липатов Н.П., Золотин Ю.П. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности. — М.: Пищ. пром-сть, 1983. – 432 с.
32. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / За ред. О.Т. Лісовенка. — К.: Наук, думка, 2000. – 282 с.
33. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности / В.И. Попов, И.Т. Кретов, В.Н. Стабников, В.К.Предтеченский. — М.: Лег и пищ. пром-сть, 1983. – 404 с.
34. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю.П. Головань и др. — М.: Агропромиздат, 1988. – 382 с.
35. Устройство и эксплуатация оборудования предприятий пищевой промышленности./Под редакцией А.И. Даишева.: 2-е изд., переизд. дополн.: М.: Агпромиздат, 1988 – 399 с.