

Туряниця З.В., Самусь Т.В., Вовк Б.І., Маринченко Є.О., Опанасенко В.П.



# МАШИНИ ТА МАШИНОВИКОРИСТАННЯ НА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

**Навчально-методичний посібник**  
для студентів спеціальності А5 Професійна освіта  
спеціалізації А5.37 Професійна освіта  
(Аграрне виробництво,  
переробка сільськогосподарської продукції  
та харчові технології)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Глухівський національний педагогічний університет**  
**імені Олександра Довженка**

Автори:

Зоя Туряниця, Тетяна Самусь, Богдан Вовк, Євгеній Маринченко,  
Віталій Опанасенко

Навчально-методичний посібник

**МАШИНИ ТА МАШИНОВИКОРИСТАННЯ НА**  
**ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

для студентів спеціальності А5 Професійна освіта,  
спеціалізації А5.37 Професійна освіта (Аграрне виробництво,  
переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)

**УДК 664-83/-84:631.3(075.8)**

Друкується згідно з рішенням ученої ради Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка  
(протокол № 14 від 24 червня 2026 року)

**Рецензенти:**

**Мохер Ю. В.** – кандидат технічних наук, заступник директора з наукової роботи, Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України.

**Бурчак С. О.** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри професійної освіти та комп'ютерних технологій у Глухівському національному педагогічному університеті імені Олександра Довженка.

**Автори:**

**Турянця З. В.**, канд. пед. наук, старший викладач кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва.

**Самусь Т. В.**, канд. пед. наук, доцент, завідувач кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва.

**Вовк Б. І.**, канд. пед. наук, доцент кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва.

**Маринченко Є. О.**, доктор філософії, доцент кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва.

**Опанасенко В. П.**, канд. пед. наук, доцент кафедри професійної освіти та технологій сільськогосподарського виробництва.

**Т 54** Турянця З. В., Самусь Т. В., Вовк Б. І., Маринченко Є. О., Опанасенко В. П. **Машини та машиновикористання на переробних підприємствах** : навчально-методичний посібник. Глухів 2026. 326 с.

ISBN 978-966-376-157-2

У навчально-методичному посібнику з навчальної дисципліни «Машини та машиновикористання на переробних підприємствах» подано лекційний матеріал, плани практичних занять, завдання для самостійної роботи та самодіагностики знань, що спрямовані на формування професійних компетентностей майбутніх педагогів професійного навчання у галузі аграрного виробництва, переробки сільськогосподарської продукції та харчових технологій.

Видання адресоване викладачам і студентам спеціальності А5 Професійна освіта, спеціалізація: А5.37 Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології).

**УДК 664-83/-84:631.3(075.8)**

ISBN 978-966-376-157-2

© Глухівський НПУ ім. О. Довженка, 2026  
© Турянця З. В., Самусь Т. В., Вовк Б. І.,  
Маринченко Є. О., Опанасенко В. П., 2026

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	6
<b>БЛОК 1. СИРОВИНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ СЕРЕДОВИЩА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ</b> .....	7
Лекція.....	7
Практичне заняття.....	28
Самодіагностика знань .....	29
<b>БЛОК 2. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ</b> .....	31
Лекція.....	31
Практичне заняття.....	44
Самодіагностика знань.....	45
<b>БЛОК 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ</b> .....	47
Лекція .....	47
Практичне заняття.....	57
Самодіагностика знань.....	58
<b>БЛОК 4. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ</b> .....	60
Лекція .....	60
Практичне заняття.....	77
Самодіагностика знань.....	79
<b>БЛОК 5. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МИТТЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ</b> .....	80
Лекція .....	80
Практичне заняття.....	92
Самодіагностика знань.....	93
<b>БЛОК 6. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МИТТЯ ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ ТА ТАРИ</b> .....	95
Лекція .....	95
Практичне заняття.....	108
Самодіагностика знань.....	109
<b>БЛОК 7. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ</b> .....	111
Лекція .....	111
Практичне заняття.....	158
Самодіагностика знань.....	160
<b>БЛОК 8. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ</b> .....	161
Лекція .....	161
Практичне заняття.....	182
Самодіагностика знань.....	184

<b>БЛОК 9. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ПОДРІБНЕННЯ Й ГОМОГЕНІЗАЦІЇ СИРОВИНИ .....</b>	<b>185</b>
Лекція .....	185
Практичне заняття.....	225
Самодіагностика знань.....	227
<b>БЛОК 10. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ.....</b>	<b>228</b>
Лекція .....	228
Практичне заняття.....	259
Самодіагностика знань.....	260
<b>БЛОК 11. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ .....</b>	<b>261</b>
Лекція .....	261
Практичне заняття.....	279
Самодіагностика знань.....	281
<b>БЛОК 12. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФЛОТАЦІЙНОГО І МЕМБРАННОГО РОЗДІЛЕННЯ СУМІШЕЙ.....</b>	<b>282</b>
Лекція .....	282
Практичне заняття.....	297
Самодіагностика знань.....	298
<b>БЛОК 13. МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ Й ГРАНУЛЮВАННЯ ІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ.....</b>	<b>300</b>
Лекція .....	300
Практичне заняття.....	319
Самодіагностика знань.....	321
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>322</b>

## ПЕРЕДМОВА

Переробка сільськогосподарської продукції є важливою складовою агропромислового комплексу України, оскільки забезпечує раціональне використання сировинних ресурсів, підвищення якості продукції та створення доданої вартості в аграрному виробництві. Ефективність функціонування переробних підприємств значною мірою залежить від рівня технічного оснащення виробництва, правильного вибору машин і обладнання, а також раціонального їх використання в технологічних процесах.

Сучасні переробні підприємства оснащуються високопродуктивними машинами та автоматизованими лініями, що забезпечують механізацію виробництва, підвищення продуктивності праці та якості продукції. Це вимагає від фахівців знань будови машин, принципів їх роботи та особливостей експлуатації.

Машиновикористання на переробних підприємствах охоплює організаційно-технічні заходи, спрямовані на ефективну та безпечну експлуатацію машин і обладнання. Раціональне використання технічних засобів сприяє підвищенню продуктивності виробництва, зменшенню втрат сировини та поліпшенню якості продукції.

Для успішної професійної діяльності майбутнім педагогам професійного навчання необхідно володіти сучасними знаннями про машини й обладнання переробних виробництв, технологічні процеси, принципи технічного обслуговування та експлуатації технічних систем. Особливого значення набуває здатність майбутніх фахівців не лише використовувати технічні засоби у виробничій діяльності, а й здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та переробної галузей.

В умовах стрімкого розвитку науки, техніки та технологій змінюються вимоги до професійної підготовки здобувачів вищої освіти. Сучасне аграрне виробництво та переробна промисловість потребують фахівців, здатних працювати з новітнім обладнанням, аналізувати технічні процеси, приймати обґрунтовані виробничі рішення та впроваджувати інноваційні технології.

У навчально-методичному посібнику висвітлено основні відомості про машини та обладнання переробних підприємств, їх конструктивні особливості, принципи роботи, технологічне призначення, методи розрахунку основних параметрів і показників роботи, а також особливості машиновикористання в умовах сучасного виробництва. Матеріал посібника структуровано відповідно до освітнього компонента «Машини та машиновикористання на переробних підприємствах» та вимог освітньо-професійної програми підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності А5 Професійна освіта, спеціалізації А5.37 Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології).

Посібник призначений для здобувачів вищої освіти, викладачів закладів вищої та фахової передвищої освіти, а також усіх, хто цікавиться питаннями технічного забезпечення процесів переробки сільськогосподарської продукції та харчових виробництв.

## БЛОК 1

# СИРОВИНА ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ СЕРЕДОВИЩА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про особливості харчових виробництв, сировину, технологічні середовища та їх вплив на технологічні процеси й роботу обладнання; розвивати технологічне та професійно-педагогічне мислення, вміння аналізувати виробничі процеси, здійснювати пошук і оновлення професійних знань; виховувати відповідальне ставлення до майбутньої професійно-педагогічної діяльності, прагнення до професійного самовдосконалення, дотримання принципів професійної етики та культури виробництва.

### План

1. Харчові виробництва та їх технологічне обладнання.
2. Класифікація та характеристика сировини харчових виробництв.
3. Технологічні середовища харчових виробництв та їх основні властивості.

***Мотивація.** Сучасний педагог професійного навчання повинен не лише володіти методикою навчання, а й добре знати технологічні процеси, сировину, обладнання та особливості виробництва, що вивчатимуть майбутні кваліфіковані робітники. Розуміння властивостей сировини та технологічних середовищ є основою для пояснення виробничих процесів, вибору технологічного обладнання та забезпечення якості продукції. Знання, отримані під час вивчення цієї теми, сприятимуть формуванню професійної компетентності майбутнього педагога, його готовності до викладання спеціальних дисциплін у закладах професійної освіти, професійного самовдосконалення та підготовки конкурентоспроможних фахівців для аграрної та харчової галузей.*

#### **1.1. Харчові виробництва та їх технологічне обладнання**

Харчова промисловість за обсягом валової продукції посідає друге місце після машинобудування та металообробки, третє — за кількістю працівників і п'яте — за вартістю основних виробничих фондів. Вона об'єднує 22 спеціалізовані галузі, до складу яких входить понад 40 основних виробництв.

Загалом в Україні харчова промисловість виробляє понад 10 тисяч найменувань продукції. Її характерною особливістю є високий рівень матеріалоемності. Так, у собівартості харчової продукції витрати на сировину та матеріали становлять понад 85–90 % загальної вартості виробництва.

На сьогодні найбільший економічний ефект забезпечують рішення, спрямовані на раціональне використання сировини і матеріалів, упровадження ресурсозберігаючої техніки та сучасних технологій. Одним із головних чинників інтенсифікації виробництва є прискорення науково-технічного прогресу (НТП), широке впровадження новітнього обладнання, автоматизованих систем

керування та інноваційних технологічних процесів, що забезпечують підвищення ефективності виробництва й конкурентоспроможності продукції.

Харчова промисловість являє собою сукупність послідовних технологічних процесів з переробки сировини рослинного та тваринного походження з метою одержання харчових продуктів із заданими споживчими властивостями, показниками якості та визначеним терміном зберігання.

Важливою особливістю харчових виробництв є необхідність суворого дотримання санітарно-гігієнічних і санітарно-технічних вимог, пов'язаних із забезпеченням безпечності продукції та охороною здоров'я споживачів.

Найбільш характерні етапи технологічного процесу в харчових виробництвах подано на рис. 1.1.



*Рис 1.1. Етапи технологічного процесу в харчових виробництвах*

Велика різноманітність харчових виробництв зумовлює існування широкого спектра технологічного обладнання, що використовується для виконання різних виробничих операцій.

За характером дії на оброблюваний продукт обладнання харчових виробництв поділяється на три основні групи:

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

- машини, у яких на продукт здійснюється механічна дія, що призводить до зміни його форми та розмірів за збереження початкових властивостей;

- транспортуючі машини й механізми, призначені для переміщення сировини, напівфабрикатів і готової продукції.

Характерною особливістю машин є наявність рухомих робочих органів, що здійснюють відповідну механічну дію на оброблюваний продукт.

Особливістю апаратів є наявність певного робочого простору (робочої камери), у якому відбувається вплив на продукт з метою зміни його властивостей, складу або агрегатного стану.

Необхідно відзначити такі характерні особливості харчових виробництв:

- безпосередній контакт продукту або харчового середовища з конструкційними елементами машин і апаратів;
- наявність жорстких часових меж виконання технологічних процесів, порушення яких може призвести до погіршення якості продукції або втрати її споживчих властивостей.

Взаємодія системи «продукт – матеріал» оцінюється та регламентується нормативними документами й санітарно-гігієнічними вимогами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я України, з урахуванням показників безпечності харчової продукції для споживача. Для кожного виду харчових продуктів визначено перелік матеріалів, дозволених або заборонених до використання в конструкціях технологічного обладнання.

Можливості та обмеження щодо використання окремих конструкційних матеріалів у харчових виробництвах на прикладі міді та алюмінію наведено на рис. 1.2.

Матеріал конструкції обладнання	Галузь / вид продукції	Допустимість використання	Особливості застосування
<b>МІДЬ</b> 	 Молочна промисловість	 <b>ЗАБОРОНЕНО</b>	Може негативно впливати на якість молочних продуктів.
	 Цукрова промисловість	 <b>ДОЗВОЛЕНО</b> (для окремих видів обладнання)	Допускається до використання відповідно до технологічного призначення обладнання.
<b>АЛЮМІНІЙ</b> 	 Молочна промисловість	 <b>ДОЗВОЛЕНО</b>	Використовується в більшості виробництв молочної галузі.
	 Виробництво дитячого молочного харчування	 <b>ОБМЕЖЕНО АБО ЗАБОРОНЕНО</b>	Застосування регламентується чинними санітарними нормами та вимогами безпечності продукції.


**Висновок:** Вибір конструкційних матеріалів для технологічного обладнання харчових виробництв здійснюється з урахуванням властивостей харчового продукту, вимог безпечності та чинних санітарно-гігієнічних норм.

*Рис. 1.2. Допустимість використання міді та алюмінію в конструкціях технологічного обладнання харчових виробництв*

Специфіка харчових виробництв визначається не лише особливостями технологічних процесів, а й підвищеними вимогами до якості сировини, безпечності продукції, санітарного стану обладнання та матеріалів, що контактують із харчовими середовищами.

## 1.2. . Класифікація та характеристика сировини харчових виробництв

Важливою умовою ефективного функціонування харчових виробництв є забезпечення підприємств якісною сировиною. Від її складу, фізико-хімічних властивостей, біологічної цінності та ступеня свіжості значною мірою залежать якість готової продукції, вихід продукції та економічні показники виробництва.

Усю сировину харчових виробництв умовно поділяють на основну та допоміжну. Основна сировина є головним компонентом готового продукту та визначає його споживчі властивості. До неї належать зерно, молоко, м'ясо, риба, овочі, фрукти, цукрові буряки, насіння олійних культур тощо. Допоміжна сировина використовується для надання продукції певних смакових, ароматичних, структурно-механічних або технологічних властивостей. До неї відносять сіль, цукор, прянощі, барвники, харчові кислоти, ферментні препарати, стабілізатори, емульгатори та інші харчові добавки.

Особливістю сировини харчових виробництв є її біологічне походження та схильність до швидкого псування. Тому важливого значення набувають умови її зберігання та транспортування. Для багатьох видів сировини необхідно підтримувати певний температурний режим, відносну вологість повітря, забезпечувати захист від мікроорганізмів, шкідників і механічних пошкоджень.

За походженням сировину поділяють на рослинну, тваринну та мінеральну. Класифікацію сировини за походженням та приклади її використання в харчовій промисловості наведено на рис. 1.3.



*Рис. 1.3. Види сировини за походженням та приклади їх використання в харчовій промисловості*

Сучасні технології харчових виробництв передбачають комплексне використання сировини та мінімізацію відходів. Значна увага приділяється переробці побічних продуктів виробництва. Наприклад, із бурякового жому отримують кормові добавки, із м'яса виробляють спирт і дріжджі, із молочної сироватки – білкові концентрати та лактозу. Такий підхід сприяє підвищенню

економічної ефективності виробництва та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Важливою тенденцією розвитку харчової промисловості є використання нетрадиційних видів сировини, зокрема соєвих продуктів, рослинних білкових концентратів, водоростей, продуктів глибокої переробки зерна та вторинних ресурсів харчових виробництв. Це дає можливість розширювати асортимент продукції, підвищувати її харчову та біологічну цінність, а також більш раціонально використовувати природні ресурси.

Сировина є основою будь-якого харчового виробництва. Її якість, склад і технологічні властивості визначають особливості виробничих процесів, вибір обладнання та якість готової продукції. Саме тому питання раціонального використання сировинних ресурсів є одним із найважливіших завдань сучасної харчової промисловості.

Основним джерелом сировини для виробництва більшості харчових продуктів є продукція сільськогосподарського виробництва.

Рослинна сировина є основою багатьох галузей харчової промисловості. Основні види сировини для виробництва цукру, крохмалю, пива, квасу та хліба, а також напрями їх використання наведено на рис. 1.4.



**Рис. 1.4. Основні види сировини для виробництва харчових продуктів та напрями її використання**

Кондитерська промисловість виробляє широкий асортимент продукції, що налічує тисячі найменувань. Залежно від технології виробництва та виду використовуваної сировини кондитерські вироби поділяють на дві основні групи:

– цукристі кондитерські вироби (шоколад, цукерки, карамель, ірис, драже, халва, мармеладно-пастильні вироби та ін.);

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

Для виробництва кондитерських виробів, масложирової продукції та плодоовочевих консервів використовують різноманітну сировину рослинного і тваринного походження. Основні види цієї сировини та напрями її використання наведено на рис. 1.5.



*Рис. 1.5. Сировина для виробництва кондитерських виробів, масложирової продукції та плодоовочевих консервів*

У харчовій промисловості тривалий час переважали технології виробництва продукції із зерна злакових культур. Ця сировина й сьогодні залишається традиційною, проте останніми роками активно розвиваються технології отримання харчових продуктів із зеленої рослинної маси, особливо бобових та олійних культур.

На основі таких технологій виробляють цінні харчові продукти з підвищеним вмістом білків, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Їх застосування дає змогу підвищити харчову цінність продукції, покращити її якість та розширити асортимент харчових товарів.

Важливим напрямом розвитку харчових виробництв є також комплексне використання вторинної сировини. Це сприяє раціональному використанню ресурсів, зменшенню виробничих втрат і підвищенню економічної ефективності підприємств. Наприклад, під час виробництва 1 кг сиру утворюється близько 9–10 кг молочної сироватки. Із неї отримують молочний цукор (лактозу), білкові концентрати та інші цінні продукти. Лактоза використовується як компонент дитячого харчування.

Для виробництва молочних і м'ясних продуктів використовують сировину тваринного походження, яка характеризується високою харчовою цінністю та різноманітністю напрямів переробки. Залежно від виду сировини та технології виробництва отримують широкий асортимент готової продукції: молоко,

кисломолочні продукти, сири, масло, ковбасні вироби, м'ясні напівфабрикати та консерви. Основні види сировини та продукції молочної й м'ясної промисловості наведено на рис. 1.6.



Рис. 1.6 – Сировина для виробництва молочних і м'ясних продуктів

Харчова промисловість використовує надзвичайно широкий спектр сировинних ресурсів рослинного і тваринного походження. Раціональне використання сировини, її комплексна переробка та впровадження сучасних технологій є важливими умовами підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції та забезпечення продовольчої безпеки держави.

### 3. Технологічні середовища харчових виробництв та їх основні властивості.

У харчовій промисловості здійснюється переробка сировини та виробництво готової продукції, що може перебувати в різних агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному або пароподібному.

Технологічні середовища харчових виробництв залежно від складу та властивостей поділяють на органічні та неорганічні. Класифікацію технологічних середовищ і приклади їх складових наведено на рис. 1.7.

Сильнокорозійними середовищами є технологічні середовища хлібопекарського виробництва, у яких використовуються закваски, рідкі дріжджі, заварки, житнє тісто, опара, тісто з пшеничного борошна та інші напівфабрикати. Продуктами бродіння заквасок, тіста та напівфабрикатів є етиловий спирт, вуглекислий газ, органічні кислоти (переважно молочна та оцтова), а також альдегіди й складні ефіри. Титрована кислотність таких середовищ може змінюватися в межах 3–4° Неймана, а показник кислотності становить  $pH = 4,2-6,0$ .



Рис. 1.7. Класифікація технологічних середовищ харчових виробництв

Середовище бурякопереробного відділення цукрового виробництва, як правило, є нейтральним або слабкокислим ( $\text{pH} = 6\text{--}7$ , температура  $14\text{--}45\text{ }^\circ\text{C}$ ). До нього належать ставкова та річкова вода з різним вмістом завислих речовин і мікроорганізмів ( $0,005\text{--}30\text{ г/л}$ ), а також дифузійний сік, що містить близько  $15\%$  цукру та значну кількість нецукрів, серед яких є азотисті й безазотисті сполуки.

Середовища сокоочисного відділення цукрового виробництва є більш різноманітними за складом і характеризуються підвищеною лужністю ( $\text{pH} = 8\text{--}14$ , температура  $65\text{--}102\text{ }^\circ\text{C}$ ). До них належать вапняне молоко, дефекований і сатурований соки, які містять значну кількість гідроксиду кальцію, карбонату кальцію, оксиду кремнію та інших завислих частинок. Такі середовища мають виражені абразивні властивості та можуть спричинити інтенсивне зношування обладнання.

Середовища продуктового відділення цукрового виробництва є слабколужними ( $\text{pH} = 8\text{--}9$ ) та характеризуються високим вмістом цукру ( $25\text{--}65\%$ ). Їх умовно поділяють на дві групи: утфелі (продукти кристалізації цукру) та афінаційні маси, які містять  $40\text{--}70\%$  цукру, патоку та значну кількість нецукрових речовин.

Технологічні середовища виноробного виробництва є досить агресивними щодо вуглецевих сталей. Їх агресивність визначається насамперед вмістом цукру, спирту та органічних кислот, які значно варіюються залежно від виду вина. Так, столові (сухі) вина практично не містять цукру і мають  $9\text{--}14\%$  спирту. Міцні вина містять  $8\text{--}10\%$  цукру та  $16\text{--}20\%$  спирту. Солодкі десертні вина характеризуються вмістом  $8\text{--}20\%$  цукру та понад  $13\%$  спирту, а напівсолодкі вина —  $3\text{--}7\%$  цукру та  $7\text{--}12\%$  спирту.

Середовища спиртового виробництва також належать до корозійно-активних, оскільки містять сухі речовини, незброжені цукри, органічні кислоти, складні ефіри, сивушні масла, альдегіди та інші компоненти. До таких середовищ відносять зернову, патокову та тростинну бражку, спирт-сирець,

спирт-ректифікат, різні види барди, а також горілку, лікери та інші спиртвомісні напої.

До технологічних середовищ кондитерського виробництва належать цукрові та карамельні сиропи, патока, фруктово-ягідні відварки, сульфатовані пюре, начинки, а також різноманітні харчові есенції, ароматизатори й барвники. Багато з цих компонентів можуть викликати корозію металевих поверхонь обладнання.

Деякі види харчових середовищ мають виражені абразивні властивості. До них належать кетчупи, томатні пасти, майонези, соуси, а також продукти, що містять тверді частинки рослинного або мінерального походження. Абразивні властивості характерні також для більшості сипких матеріалів, які транспортуються та переробляються на харчових підприємствах.

Багато харчових продуктів і технологічних середовищ являють собою однорідні або неоднорідні суміші. Основні види таких сумішей, їх характеристики та приклади наведено на рис. 1.8.

### 1. ОДНОРІДНІ СУМІШІ (РОЗЧИНИ)

До однорідних сумішей належать розчини, наприклад цукрові розчини, водно-спиртові суміші, фруктові соки та інші рідкі середовища.

Основна характеристика – концентрація розчиненої речовини.

**ПРИКЛАДИ**

Цукровий розчин	Водно-спиртова суміш	Фруктовий сік	Інші рідкі середовища
			
Сахароза + вода	Етанол + вода	Розчинені цукри, кислоти, ароматичні речовини у воді	Сольові розчини, кислоти, органічні речовини у воді

**Концентрація розчиненої речовини (C):**

- масова частка:  $\omega = \frac{m_{\text{розчин. реч.}}}{m_{\text{розчину}}} \cdot 100 \%$
- об'ємна частка (для газів і рідин):  $\varphi = \frac{V_{\text{розчин. реч.}}}{V_{\text{розчину}}} \cdot 100 \%$

 Розчинена речовина (солі)?  
Розчинник

### 2. НЕОДНОРІДНІ СУМІШІ

До неоднорідних сумішей належать системи, що складаються з твердої речовини та рідини, а також суміші взаємно нерозчинних рідин.

Для характеристики таких систем використовують поняття масової або об'ємної частки окремих компонентів.

**ПРИКЛАДИ**

Суміші твердого та рідкого			Суміші взаємно нерозчинних рідин	
Борошно у воді (тісто)	Цукор у чаї (до розчинення)	Какао-порошок у молоці	Олія у воді (емульсія)	Оцет з олією
				
 <ul style="list-style-type: none"> <li>Рідина (дисперсійне середовище)</li> <li>Тверді частинки (дисперсна фаза)</li> </ul>			 <ul style="list-style-type: none"> <li>Одна рідина (дисперсійне середовище)</li> <li>Інша рідина (дисперсна фаза)</li> </ul>	
Масова частка твердої фази: $\omega_s = \frac{m_{\text{тверда}}}{m_{\text{суміш}}} \cdot 100 \%$			Об'ємна частка компонентів: $\varphi = \frac{V_{\text{компонент}}}{V_{\text{суміш}}} \cdot 100 \%$	

 Склад сумішей визначає їхні фізико-хімічні властивості, смак, поживну цінність, технологічні характеристики та способи переробки і зберігання.







**Рис. 1.8. Однорідні та неоднорідні суміші в харчових виробництвах**

У технологічних процесах харчових виробництв робочими середовищами можуть бути рідини, емульсії, піни, суспензії, пастоподібні маси, сипкі матеріали та тверді тіла. Властивості цих середовищ визначають особливості технологічних процесів, конструкцію обладнання, вибір конструкційних матеріалів і режими експлуатації машин та апаратів.

Знання фізико-хімічних властивостей технологічних середовищ є необхідною умовою правильного вибору обладнання, забезпечення його довговічності, підвищення ефективності технологічних процесів і отримання продукції високої якості.

Рідина — це фізичне тіло, яке не має власної сталої форми, легко змінює її під дією зовнішніх сил і набуває форми посудини, у якій знаходиться.

За реологічними властивостями рідини поділяють на ньютонівські та неньютонівські.

Ньютонівські рідини характеризуються сталою в'язкістю, яка не залежить від швидкості деформації або напруги зсуву. Залежність між дотичною напругою та градієнтом швидкості описується законом Ньютона. Схему руху шарів ньютонівської рідини та графічну інтерпретацію закону Ньютона наведено на рис. 1.9.

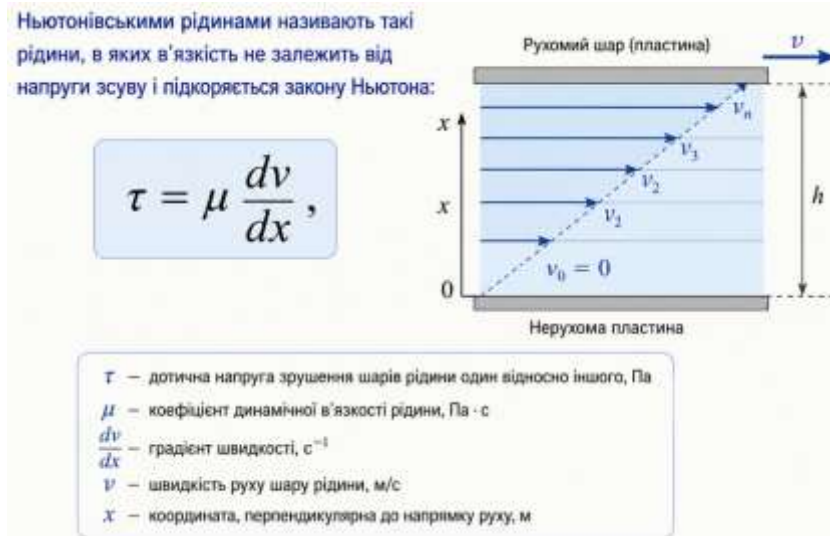


Рис. 1.9. Закон Ньютона та розподіл швидкостей у ньютонівській рідині

Для таких рідин відношення між напругою зсуву та швидкістю деформації є лінійним. До ньютонівських рідин належать вода, спирт, молоко, рослинні олії, більшість соків та інші однорідні рідкі середовища.

Неньютонівськими рідинами називають рідини, в яких в'язкість залежить від величини напруги зсуву або швидкості деформації. Такі рідини широко поширені в харчовій промисловості, оскільки більшість харчових продуктів мають складну структуру. Основні групи неньютонівських рідин, їх властивості та приклади наведено на рис. 1.10.



Рис. 1.10. Класифікація неньютонівських рідин та особливості їх реологічної поведінки

Емульсії — це дисперсні системи, що складаються з двох або більше взаємно нерозчинних рідин. Одна з рідин утворює суцільну фазу (дисперсійне середовище), а інша перебуває в ній у вигляді дрібних краплин і називається дисперсною фазою.

До найбільш поширених харчових емульсій належать молоко, вершки, майонез, маргарин, соуси та інші продукти. Властивості емульсій значною мірою залежать від співвідношення фаз, розміру частинок дисперсної фази та наявності емульгаторів.

Властивості емульсій значною мірою визначаються співвідношенням дисперсної фази та дисперсійного середовища. Густина емульсії залежить від густини окремих компонентів і їх об'ємного вмісту в системі. Схему емульсії та залежність для визначення її густини наведено на рис. 1.11.

Густину емульсії ( $\rho_e$ ) можна визначити за формулою:

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



Рис. 1.11. Визначення густини емульсії

Дисперсність емульсії суттєво впливає на її стійкість. Чим менший розмір краплин дисперсної фази, тим стійкішою є емульсія до розшарування. Для підвищення стійкості емульсій у харчовій промисловості широко застосовують емульгатори та стабілізатори.

У технологічних процесах харчових виробництв часто зустрічаються газорідні системи, які іноді називають газовими емульсіями. Вони являють собою дисперсні системи, що складаються з бульбашок газу, рівномірно розподілених у рідкому середовищі. Такі системи відіграють важливу роль у багатьох технологічних процесах, оскільки забезпечують інтенсивний масообмін між газовою та рідкою фазами.

Газорідні системи утворюються під час барботування газу через шар рідини, механічного перемішування або внаслідок перебігу хімічних і біохімічних процесів. Розмір і кількість газових бульбашок залежать від властивостей рідини, інтенсивності перемішування та способу подачі газу. Чим дрібніші бульбашки та більша площа їх контакту з рідиною, тим ефективніше відбуваються процеси тепло- і масообміну.

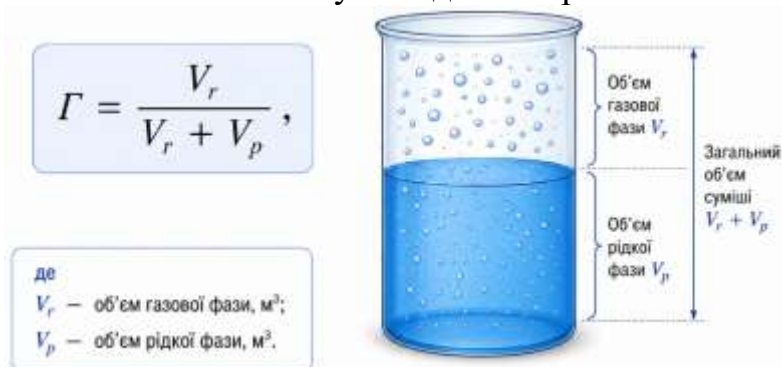
Такі системи широко використовуються в процесах аерації, бродіння, насичення напоїв вуглекислим газом, очищення рідин та вирощування

мікроорганізмів у біотехнологічних виробництвах. У харчовій промисловості вони забезпечують необхідні умови для перебігу технологічних процесів, підвищують їх інтенсивність і сприяють отриманню продукції високої якості. Основні способи утворення газорідних систем та напрями їх використання в харчових виробництвах наведено на рис. 1.12.



*Рис. 1.12. Газорідні системи: будова, способи утворення та застосування*

Під час перемішування, аерації та барботажних процесів у рідині утворюються газорідні системи, властивості яких значною мірою визначаються вмістом газової фази. Для кількісної оцінки вмісту газу використовують показник газовмісту ( $\Gamma$ ). Схему газорідної системи та залежність для визначення газовмісту наведено на рис. 1.13.



*Рис. 1.13. Схема визначення об'ємного газовмісту (газонаповненості) газорідної суміші*

Газовміст характеризує частку об'єму газової фази в загальному об'ємі газорідної суміші. Зі збільшенням кількості газу в системі значення газовмісту зростає.

Показник газовмісту широко використовують під час розрахунку процесів аерації, перемішування, флотації, бродіння та інших технологічних процесів, що супроводжуються взаємодією газової та рідкої фаз.

Одним із різновидів газорідних систем є піни. Піна являє собою висококонцентровану дисперсну систему, що складається з газових бульбашок, розділених тонкими плівками рідини. Вона широко використовуються в харчовій промисловості під час виробництва збитих кондитерських виробів, морозива, пива, безалкогольних напоїв, кремів та інших продуктів. Водночас у багатьох технологічних процесах надмірне піноутворення є небажаним явищем і потребує застосування спеціальних піногасників.

Суспензії належать до грубодисперсних систем. Розмір частинок дисперсної фази зазвичай становить понад 1 мкм ( $10^{-3}$  мм). Внаслідок відносно великих розмірів частинок такі системи є нестійкими: під дією сили тяжіння тверді частинки поступово осідають на дно посудини.

Для розділення суспензій у харчових виробництвах застосовують різні методи, вибір яких залежить від властивостей дисперсної системи, розміру частинок і вимог до якості кінцевого продукту. Основні методи розділення суспензій наведено на рис. 1.14.



**Рис. 1.14. Основні методи розділення суспензій у харчовій промисловості**

Осадження частинок у рідких середовищах є одним із основних процесів механічного розділення неоднорідних систем. Воно широко застосовується для освітлення рідин, видалення завислих домішок та розділення суспензій у різних галузях харчової промисловості. Ефективність процесу залежить від розмірів і

форми частинок, різниці густин твердої та рідкої фаз, а також в'язкості середовища.

Для дрібних сферичних частинок, що рухаються в ламінарному режимі, швидкість осідання визначається законом Стокса. Цей закон дає змогу встановити залежність між швидкістю руху частинки та її фізичними характеристиками, а також властивостями рідини. Зі збільшенням розміру частинок швидкість їх осадження зростає, тоді як підвищення в'язкості рідини уповільнює процес. Схему осадження частинки та залежність для визначення швидкості її руху наведено на рис. 1.15.



*Рис. 1.5. Схema осадження сферичної частинки та закон Стокса*

У харчовій промисловості суспензіями є буряковий сік із завислими частинками, крохмальні суспензії, какао-маса, фруктові та овочеві пюре, дріжджові суспензії, мийні розчини з твердими домішками та інші технологічні середовища. Такі системи широко використовуються під час виробництва харчових продуктів і потребують виконання різних технологічних операцій, зокрема перемішування, транспортування, фільтрування, сепарування та згущення. Властивості суспензій значною мірою залежать від концентрації твердої фази, розміру частинок і в'язкості дисперсійного середовища.

У харчовій промисловості до сипких матеріалів належать борошно, цукор-пісок, крохмаль, сіль, зерно, крупи, комбікорми, сухе молоко, какао-порошок та багато інших продуктів. Вони є важливою сировиною для багатьох виробництв і характеризуються здатністю переміщуватися під дією сили тяжіння або механічних транспортних засобів. Технологічні властивості сипких матеріалів визначаються гранулометричним складом, вологістю, насипною густиною, кутом природного укосу та сипкістю. За розміром частинок сипкі матеріали

поділяють на п'ять груп. Їх класифікацію залежно від діаметра частинок  $d$  наведено на рис. 1.16.



Рис. 1.16. Класифікація сипких матеріалів за діаметром частинок

Сипкий матеріал — це дисперсна система, що складається з твердих частинок різної форми та розмірів, які перебувають у безпосередньому контакті одна з одною та можуть вільно переміщуватися під дією зовнішніх сил

Для характеристики сипких матеріалів використовують гранулометричний склад, фізичні та механічні властивості.

Гранулометричний склад характеризує розподіл частинок матеріалу за розмірами. Більшість сипких матеріалів є полідисперсними, тобто містять частинки різної форми та розміру.

До основних фізичних властивостей сипких матеріалів належать: вологість, гігроскопічність, густина, насипна густина, температура плавлення, вибухо- та пожежонебезпечність.

Гігроскопічність — здатність матеріалу поглинати та утримувати вологу з навколишнього повітря.

Багато пилоподібних харчових продуктів (борошно, цукор, крохмаль, сухе молоко) здатні утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші. Вони вважаються вибухонебезпечними, якщо нижня концентраційна межа займання становить менше  $65 \text{ г/м}^3$  повітря. Тому на підприємствах харчової промисловості велика увага приділяється вентиляції, аспірації та запобіганню накопиченню пилу.

До механічних властивостей сипких матеріалів належать аутогезія, адгезія, когезія та агломерація, характеристику яких подано на рис. 1.17.

Властивість	Схема (ілюстрація)	Характеристика
<b>Аутогезія</b> 		Сили взаємодії між частинками сипкого матеріалу, що зумовлюють його злежування та утворення склепінь у бункерах.
<b>Адгезія</b> 		Сили взаємодії між частинками матеріалу та поверхнею обладнання, які спричиняють налипання продукту на стінки апаратів, транспортерів і трубопроводів.
<b>Когезія</b> 		Сили внутрішнього зчеплення між молекулами речовини, що забезпечують цілісність матеріалу.
<b>Агломерація</b> 		Процес злипання дрібних частинок з утворенням більших агрегатів або гранул.

*Рис 1.17. Механічні властивості сипких матеріалів*

Для оцінювання поведінки сипких матеріалів під дією зовнішніх навантажень використовують такі характеристики: кут природного укосу, початковий опір зрушенню, коефіцієнт внутрішнього тертя та коефіцієнт зовнішнього тертя. Ці показники характеризують сипкість матеріалу, його здатність до переміщення та особливості взаємодії з робочими поверхнями обладнання. Вони також враховуються під час розрахунку параметрів машин і транспортних систем.

Кут природного укосу є важливою характеристикою сипкості матеріалу та визначається як максимальний кут між поверхнею насипу та горизонтальною площиною, за якого матеріал залишається у стані рівноваги. Його величина залежить від розміру частинок, їх форми, вологості та інших властивостей матеріалу.

Від фізико-механічних властивостей сипких матеріалів залежать вибір транспортного обладнання, конструкція бункерів, дозаторів, змішувачів та інших машин харчових виробництв. Тому їх вивчення має важливе значення під час проєктування та експлуатації технологічного обладнання.

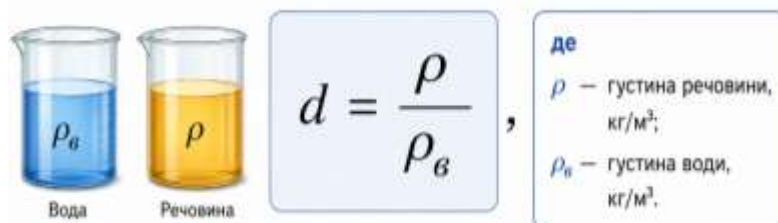
Перебіг багатьох технологічних процесів у харчових виробництвах залежить від фізичних властивостей рідин. Ці властивості визначають умови транспортування та обробки рідких продуктів, а також впливають на інтенсивність тепло- і масообмінних процесів. Від значень густини, в'язкості та

поверхневого натягу значною мірою залежить ефективність роботи технологічного обладнання. Основні фізичні властивості рідин та їх характеристику наведено на рис. 1.18.

ВЛАСТИВІСТЬ	ПОЗНАЧЕННЯ, ФОРМУЛА	ВИЗНАЧЕННЯ
<b>Густина</b> 	$\rho = \frac{m}{V}$	Фізична величина, що характеризує масу речовини, яка міститься в одиниці об'єму.
<b>Питома вага</b> 	$\gamma = \frac{G}{V}$	Вага одиниці об'єму речовини або відношення ваги речовини до її об'єму.
<b>В'язкість</b> 	$\tau = \eta \frac{du}{dy}$	Властивість рідини чинити опір переміщенню її шарів відносно один одного під час течії.
<b>Поверхневий натяг</b> 	$\sigma = \frac{F}{l}$	Властивість поверхневого шару рідини скорочувати свою площу під дією сил міжмолекулярного притягання.
<b>Теплоємність</b> 	$Q = C \Delta T$	Кількість теплоти, яку необхідно передати речовині для підвищення її температури на один градус.
<b>Теплопровідність</b> 	$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$	Властивість речовини передавати теплоту від більш нагрітих ділянок до менш нагрітих без перенесення речовини.

Рис. 1.18. Основні фізичні властивості рідин та їх характеристика

Для порівняння густини різних речовин використовують показник відносної густини. Він характеризує співвідношення між густиною досліджуваної речовини та густиною води, яку зазвичай приймають за еталон. Відносна густина є безрозмірною величиною і показує, у скільки разів густина речовини більша або менша за густину води. Цей показник широко застосовують під час визначення фізичних властивостей рідин, контролю якості продукції та виконання технологічних розрахунків. Залежність для визначення відносної густини наведено на рис. 1.19.



$$d = \frac{\rho}{\rho_v},$$

де  
 $\rho$  – густина речовини, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_v$  – густина води, кг/м<sup>3</sup>.

Рис. 1.19. Визначення відносної густини речовини

Густина є однією з основних фізичних характеристик технологічних середовищ і залежить від їх складу, температури та агрегатного стану. Вона характеризує масу речовини, що міститься в одиниці об'єму, та є важливим показником під час виконання технологічних розрахунків. Значення густини

використовують для визначення витрат сировини, розрахунку ємностей, трубопроводів і транспортного обладнання.

У харчових виробництвах густина впливає на процеси перемішування, перекачування, сепарування та теплової обробки продуктів. Для різних видів сировини й готової продукції цей показник може суттєво відрізнятися, тому його враховують під час вибору технологічного обладнання та режимів роботи.

Формули для визначення густини суспензій, рідких продуктів, сипких матеріалів і газів наведено на рис. 1.20.

Об'єкт, для якого визначають густина	Формула	Позначення	Пояснення позначень
Суспензії	$\rho_c = \rho_{тв} \varphi + \rho_p (1 - \varphi), \quad (1.7)$	$\rho_c$ $\rho_{тв}$ $\rho_p$ $\varphi$	густина суспензії, кг/м <sup>3</sup> густина твердої фази, кг/м <sup>3</sup> густина рідкої фази, кг/м <sup>3</sup> об'ємна частка твердої фази
Цукрові сиропи, фруктові соки та молоко з цукром (при температурі 20 °С)	$\rho_t = \rho_{20} - 0,5 (t - 20), \quad (1.8)$	$\rho_t$ $\rho_{20}$ $t$	густина при температурі $t$ , кг/м <sup>3</sup> густина при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> температура продукту, °С
Зерно, цукор, крупи та інші сипкі матеріали (насіпна густина)	$\rho_n = (1 - \varepsilon) \rho_{тв}, \quad (1.9)$	$\rho_n$ $\rho_{тв}$ $\varepsilon$	насіпна густина, кг/м <sup>3</sup> істинна густина частинок, кг/м <sup>3</sup> пористість шару
Гази (рівняння Клапейрона)	$\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T}, \quad (1.10)$	$\rho$ $\rho_0$ $T$ $T_0$ $p$ $p_0$	густина газу за робочих умов, кг/м <sup>3</sup> густина газу за нормальних умов, кг/м <sup>3</sup> абсолютна температура, К абсолютна температура за нормальних умов, $T_0 = 273$ К робочий тиск, Па тиск за нормальних умов, $p_0 = 101325$ Па

Рис. 1.20. Формули для визначення густини різних технологічних середовищ

Знання густини технологічних середовищ є важливим для розрахунку процесів транспортування, перемішування, тепло- і масообміну, сепарації, а також для вибору та проектування технологічного обладнання харчових і переробних виробництв. Від значення густини залежать гідродинамічні характеристики потоків, енергетичні витрати та ефективність роботи апаратів. На відміну від густини, питома вага не є сталою фізико-хімічною характеристикою речовини, оскільки залежить від величини прискорення вільного падіння, яке може незначно змінюватися залежно від географічного місця вимірювання.

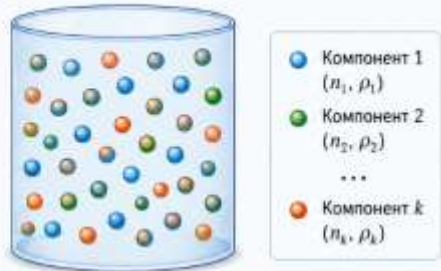
Для багатокомпонентних газових систем густина суміші визначають з урахуванням густини кожного компонента та його об'ємної частки в загальному об'ємі. Поряд із густиною для характеристики речовин використовують питому вагу, яка залежить від прискорення вільного падіння та пов'язана з густиною

відповідною залежністю. Основні співвідношення для визначення густини газових сумішей і питомої ваги наведено на рис. 1.21.

Густину суміші газів визначають як суму добутків об'ємних часток компонентів на їх густини:

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

де  
 $n_1$  — об'ємна частка компонента;  
 $\rho_1$  — густина відповідного компонента.



Питома вага не є сталою фізико-хімічною характеристикою речовини, оскільки залежить від величини прискорення вільного падіння, що може незначно змінюватися залежно від географічного місця вимірювання.

Між питомою вагою та густиною існує такий зв'язок:

$$\gamma = \rho g,$$

де  
 $\gamma$  — питома вага, Н/м<sup>3</sup>;  
 $\rho$  — густина речовини, кг/м<sup>3</sup>;  
 $g$  — прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup> ( $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>).




Рис. 1.21. Визначення густини суміші газів і питомої ваги речовини

В'язкість характеризує внутрішній опір рідини переміщенню її шарів і є однією з найважливіших реологічних властивостей технологічних середовищ. Основні залежності для визначення напруження зсуву, динамічної та кінематичної в'язкості наведено на рис. 1.22.

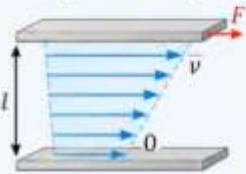


Параметр	Фізичний зміст	Формула	Позначення та одиниці вимірювання
<p>Напруження зсуву (закон внутрішнього тертя Ньютона)</p> 	<p>При ламінарному русі рідини між сусідніми шарами виникає сила тертя, що перешкоджає їх відносному переміщенню. Напруження зсуву пропорційне градієнту швидкості.</p> <p>Знак «-» означає, що сили внутрішнього тертя спрямовані проти руху.</p>	$\tau = -\mu \frac{dv}{dl}$	<p><math>\tau</math> — напруження зсуву (дотична напруга), Па;  <math>\mu</math> — динамічна в'язкість, Па·с;  <math>\frac{dv}{dl}</math> — градієнт швидкості, с<sup>-1</sup>.</p>
<p>Динамічна в'язкість</p> 	<p>Характеризує опір середовища течії.</p> <p>Визначається як відношення напруження зсуву до градієнту швидкості.</p>	$\mu = \frac{\tau}{\frac{dv}{dl}}$ <p>Одиниця вимірювання — Па·с.</p>	<p><math>\mu</math> — динамічна в'язкість, Па·с;  <math>\tau</math> — напруження зсуву, Па;  <math>\frac{dv}{dl}</math> — градієнт швидкості, с<sup>-1</sup>.</p>
<p>Кінематична в'язкість</p>  <p><math>[\nu] = \frac{м^2}{с}</math></p>	<p>Визначається як відношення динамічної в'язкості до густини середовища.</p>	$\nu = \frac{\mu}{\rho}$	<p><math>\nu</math> — кінематична в'язкість, м<sup>2</sup>/с;  <math>\mu</math> — динамічна в'язкість, Па·с;  <math>\rho</math> — густина середовища, кг/м<sup>3</sup>.</p>
<p>Тут: <math>\tau</math> — напруження зсуву (дотична напруга), Па; <math>\mu</math> — динамічна в'язкість, Па·с; <math>\nu</math> — кінематична в'язкість, м<sup>2</sup>/с; <math>\rho</math> — густина середовища, кг/м<sup>3</sup>; <math>\frac{dv}{dl}</math> — градієнт швидкості, с<sup>-1</sup>.</p>			

Рис. 1.22. Основні характеристики в'язкості рідин та формули для їх визначення

В'язкість є однією з найважливіших характеристик технологічних середовищ, яка впливає на процеси перемішування, транспортування, теплообміну та вибір обладнання харчових виробництв.

Для кількісної оцінки поверхневих властивостей рідин використовують коефіцієнт поверхневого натягу. Схему його визначення наведено на рис. 1.23.



Рис. 1.23. Схема визначення поверхневого натягу

Завдяки поверхневому натягу крапля рідини за відсутності зовнішніх впливів набуває форми кулі, оскільки така форма має мінімальну площу поверхні за заданого об'єму.

Теплоємність є важливою теплофізичною характеристикою речовин, що визначає їх здатність накопичувати теплову енергію. Основні види теплоємності, формули для їх визначення та залежність питомої теплоємності від температури наведено на рис. 1.24.

Параметр	Фізичний зміст	Формула	Позначення та одиниці вимірювання
<p>Ізобарна та ізохорна теплоємність ідеальних газів</p> <p><math>p = \text{const}</math>    <math>V = \text{const}</math></p>	<p>У технічних розрахунках найчастіше використовують ізобарну теплоємність (<math>c_p</math>) та ізохорну теплоємність (<math>c_v</math>).</p> <p>Для ідеальних газів між ними існує залежність:</p>	$c_p - c_v = R,$	<p><math>c_p</math> — питома теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·К);</p> <p><math>c_v</math> — питома теплоємність за сталого об'єму, Дж/(кг·К);</p> <p><math>R</math> — газова стала, Дж/(кг·К).</p>
<p>Масова питома теплоємність</p>	<p>Масова питома теплоємність визначається формулою.</p>	$c = \frac{Q}{m \Delta t},$	<p><math>c</math> — питома теплоємність, Дж/(кг·К);</p> <p><math>Q</math> — кількість теплоти, Дж;</p> <p><math>m</math> — маса речовини, кг;</p> <p><math>\Delta t</math> — зміна температури, °С або К.</p>
<p>Залежність питомої теплоємності від температури</p>	<p>Питома теплоємність рідин, газів і твердих тіл залежить від температури та, як правило, збільшується з її підвищенням.</p>		<p><math>c</math> — питома теплоємність, Дж/(кг·К);</p> <p><math>Q</math> — кількість теплоти, Дж;</p> <p><math>m</math> — маса речовини, кг;</p> <p><math>\Delta t</math> — зміна температури, °С або К.</p>
<p><b>Примітка.</b> Теплоємність характеризує здатність тіла або речовини накопичувати теплоту. Одиниця вимірювання питомої теплоємності — Дж/(кг·К).</p>			

Рис. 1.24. Основні характеристики теплоємності та формули для її визначення

Під час теплових розрахунків технологічних процесів важливе значення мають такі фізичні властивості речовин, як питома теплоємність і теплопровідність. Питома теплоємність характеризує кількість теплоти, яку необхідно підвести до одиниці маси речовини для підвищення її температури на один градус, і є важливим показником під час розрахунку процесів нагрівання та охолодження. Для багатокомпонентних систем питому теплоємність визначають як суму добутків питомих теплоємностей окремих компонентів на їх масові частки, що дає змогу врахувати вплив кожного складника на теплофізичні властивості суміші.

Інтенсивність процесу теплопровідності в твердих тілах, рідинах і газах характеризується коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$ , який відображає здатність речовини проводити теплоту. Передача теплоти теплопровідністю описується законом Фур'є, згідно з яким густина теплового потоку пропорційна градієнту температури та коефіцієнту теплопровідності середовища. Основні залежності для визначення питомих теплоємностей багатокомпонентних систем і теплопровідності наведено на рис. 1.25.

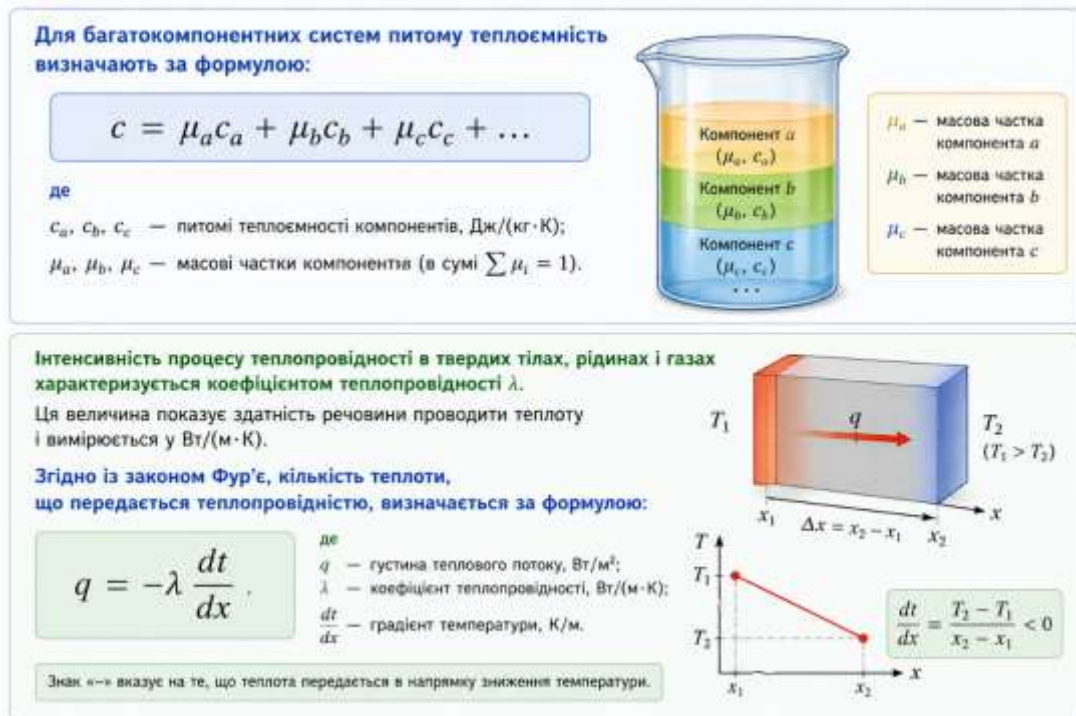







Рис. 1.25. Визначення питомих теплоємностей сумішей та закон Фур'є

Як видно з рис. 1.25, питома теплоємність багатокомпонентної системи залежить від теплоємності окремих компонентів та їх масових часток у суміші. Чим більший внесок компонента в загальну масу системи, тим істотніше він впливає на її теплофізичні властивості.

Теплопровідність характеризує здатність речовини передавати теплоту від більш нагрітих ділянок до менш нагрітих. Відповідно до закону Фур'є густина теплового потоку пропорційна градієнту температури та коефіцієнту теплопровідності середовища. Наведені залежності широко використовують під час розрахунку теплообмінних процесів і вибору теплотехнічного обладнання харчових та переробних виробництв.

Знання теплофізичних властивостей продуктів є необхідним для розрахунку процесів нагрівання, охолодження, сушіння, заморожування та вибору технологічного обладнання харчових виробництв.

Коефіцієнт теплопровідності характеризує здатність речовини передавати теплоту від більш нагрітих ділянок до менш нагрітих. Основні розрахункові залежності для визначення теплопровідності рідин і деяких харчових продуктів наведено на рис. 1.26.

Об'єкт, для якого визначають $\lambda$	Умови застосування	Формула	Позначення у формулі	Пояснення позначень та одиниць вимірювання
Рідини 	Температура близько 30 °С	$\lambda = A_1 \frac{c\sqrt{\rho}}{M^{0,66}}$	$A_1$ — коефіцієнт, що залежить від ступеня асоціації рідини; $c$ — питома теплоємність, Дж/(кг·К); $\rho$ — густина рідини, кг/м <sup>3</sup> ; $M$ — молярна маса речовини.	Для асоційованих рідин (вода) $A_1 = 3,58 \cdot 10^{-8}$ , для неасоційованих рідин (бензол) $A_1 = 4,22 \cdot 10^{-8}$ .
	Рідини при температурі, відмінній від 30 °С	$\lambda_t = \lambda_{30} [1 - \epsilon(t - 30)]$	$\lambda_t$ — коефіцієнт теплопровідності при температурі $t$ ; $\lambda_{30}$ — коефіцієнт теплопровідності при 30 °С; $\epsilon$ — температурний коефіцієнт; $t$ — температура рідини, °С.	
Фруктові соки, сиропи та молоко з цукром 	Температура продукту $t$	$\lambda_t = \lambda_{20} + 0,00068(t - 20)$	$\lambda_t$ — коефіцієнт теплопровідності, при температурі $t$ ; $\lambda_{20}$ — коефіцієнт теплопровідності при 20 °С; $t$ — температура продукту, °С.	$\lambda_{20}$ визначається за формулою: $\lambda_{20} = 0,593 - 0,00025x^{0,53}$ $x$ — концентрація сухих речовин, %.
Томатопродукти 	Температура продукту $t$ , вміст сухих речовин $x$	$\lambda = (528 - 4,04x + 2,05t) \cdot 10^{-3}$	$\lambda$ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); $x$ — вміст сухих речовин, %; $t$ — температура продукту, °С.	
Розчини сахарози 	Температура до 80 °С, концентрація $0 \leq x \leq 65$ %	$\lambda = (1 - 5,479 \cdot 10^{-3}x) \times (0,5686 + 1,514 \cdot 10^{-3}t - 2,2 \cdot 10^{-6}t^2)$	$\lambda$ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К); $x$ — концентрація сухих речовин, %; $t$ — температура розчину, °С.	

**Примітка.** Коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$  вимірюється у Вт/(м·К).

**Рис. 1.26. Формули для визначення коефіцієнта теплопровідності рідких харчових продуктів**

Технологічні середовища харчових виробництв характеризуються різноманітністю складу, агрегатного стану та фізико-хімічних властивостей. Їх характеристики визначають особливості перебігу технологічних процесів, вибір конструкційних матеріалів, обладнання та режимів його роботи. Знання властивостей технологічних середовищ є необхідною умовою ефективного проектування, експлуатації обладнання та забезпечення високої якості й безпечності харчової продукції.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про види сировини, класифікацію технологічних середовищ, їх фізико-механічні та теплофізичні властивості; навчитися аналізувати вплив властивостей середовища на вибір обладнання і матеріалів.

### Теоретичні питання для опрацювання

#### 1. Харчові виробництва та їх технологічне обладнання

- Особливості харчових виробництв та основні етапи технологічного процесу.
- Класифікація технологічного обладнання харчових виробництв.

3. – Машини, апарати та транспортуючі механізми: призначення і відмінності.

4. – Вимоги до конструкційних матеріалів і санітарного стану технологічного обладнання.

5. – Роль сучасного обладнання в підвищенні ефективності та якості харчових виробництв.

### *II. Класифікація та характеристика сировини харчових виробництв*

1. Поняття «сировина» та її роль у собівартості продукції.

2. Класифікація сировини: рослинного й тваринного походження; допоміжна сировина.

3. Приклади сировини для цукрової, крохмальної, хлібопекарської, молочної, м'ясної, кондитерської промисловості.

4. Раціональне використання вторинних ресурсів (сироватка, жом, барда тощо).

### *III. Технологічні середовища харчових виробництв та їх основні властивості*

1. Поняття технологічного середовища.

2. Класифікація за агрегатним станом: рідини, емульсії, піни, суспензії, сипучі матеріали, гази.

3. Органічні та неорганічні середовища.

4. Корозійна активність середовищ (кислі, лужні, абразивні).

5. Фізичні властивості: густина, насипна густина, в'язкість, поверхневий натяг.

6. Теплофізичні властивості: теплоємність, теплопровідність.

7. Ньютонівські та неньютонівські рідини (бінгамівські, псевдопластичні, дилатантні).

8. Вплив властивостей середовища на вибір матеріалу обладнання.

### **Практичні завдання**

#### **Блок А. Тестово-аналітичні**

1. Класифікуйте наведені об'єкти: молоко, тісто, томатна паста, сироп, борошно, майонез (за типом середовища).

2. Визначте, які середовища є корозійно-активними: виноматеріали, цукровий сироп, вода, лужні соки.

3. Поясніть, чому мідь не використовують у молочному обладнанні.

4. Назвіть приклади вторинної переробки відходів харчових виробництв.

#### **Блок Б. Ситуаційні**

1. Для перекачування томатної пасти потрібно підібрати насос. Який це тип рідини? Який насос доцільно застосувати?

2. Для зберігання виноматеріалів оберіть матеріал резервуару. Обґрунтуйте.

### **САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. Яке місце за обсягом валової продукції займає харчова промисловість України?

а) перше; б) друге; в) третє; г) четверте.

2. Які етапи належать до характерних етапів технологічного процесу харчових виробництв?

а) зберігання та підготовка сировини; б) фасування та упаковка; в) транспортування; г) всі перелічені.

3. Яка сировина використовується для виробництва крохмалю?

а) кукурудза; б) пшениця; в) картопля; г) соняшник; д) рис.

4. Які рідини належать до ньютонівських?

а) рідини, в яких в'язкість залежить від напруги зсуву; б) рідини, в яких в'язкість не залежить від напруги зсуву; в) рідини, які не течуть без зовнішнього навантаження.

5. До яких типів належать неньютонівські рідини?

а) бінгамівські; б) псевдопластичні; в) дилатантні; г) ідеальні.

6. Що характеризує газовміст ( $\Gamma$ )?

а) відношення маси газу до маси рідини; б) відношення об'єму газової фази до загального об'єму суміші; в) відношення густини газу до густини рідини.

7. Які методи використовують для визначення гранулометричного складу сипучих матеріалів?

а) ситовий; б) седиментаційний; в) мікроскопічний; г) титриметричний; д) хроматографічний.

8. Які властивості належать до фізичних властивостей сипучих матеріалів?

а) вологість; б) гігроскопічність; в) насипна густина; г) температура плавлення; д) усі перелічені.

9. Що таке адгезія?

а) укрупнення частинок; б) сили взаємодії між частинками сипучого матеріалу; в) сили взаємодії між частинками матеріалу та твердою поверхнею; г) руйнування структури матеріалу.

10. Яка формула виражає закон внутрішнього тертя Ньютона?

а)  $\rho = M/V$ ; б)  $\tau = \mu \cdot dv/dx$ ; в)  $v = \mu/\rho$ ; г)  $\gamma = \rho \cdot g$ .

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – г; 3 – а, б, в, д; 4 – б; 5 – а, б, в; 6 – б; 7 – а, б, в; 8 – д; 9 – в; 10 – б.

## БЛОК 2

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про сутність технології, машин і апаратів харчових виробництв, класифікацію виробничих процесів, особливості організації виробництва та побудови технологічних схем; розвивати технологічне та професійно-педагогічне мислення, уміння аналізувати виробничі процеси, технологічне обладнання та сучасні тенденції розвитку харчових виробництв, здатність до професійного самовдосконалення; виховувати відповідальне ставлення до майбутньої педагогічної діяльності, прагнення до безперервного професійного розвитку, дотримання принципів професійної етики, культури праці та академічної доброчесності.

### План

1. Основні поняття про технологію, машини та апарати.
2. Класифікація виробничих процесів харчових виробництв.
3. Організація виробництва та технологічні схеми харчових виробництв.

***Мотивація.** Знання будови та принципів роботи машин і апаратів, особливостей виробничих процесів і технологічних схем є необхідною складовою професійної підготовки майбутнього педагога професійного навчання. Вони забезпечують розуміння сучасних технологій харчових виробництв, формують готовність до викладання спеціальних дисциплін у закладах професійної освіти та сприяють підготовці кваліфікованих робітників для аграрної та харчової галузей.*

### **1. Основні поняття про технологію, машини та апарати**

Виробничий процес (від лат. *processus* — просування, проходження) — це сукупність взаємопов'язаних дій і операцій, спрямованих на перетворення сировини, матеріалів або напівфабрикатів у готову продукцію з необхідними властивостями.

Технологія — це сукупність способів, прийомів і операцій обробки сировини, матеріалів або напівфабрикатів з метою отримання продукції заданої якості та властивостей. Завдання технології як науки полягає у вивченні фізичних, хімічних, механічних, біохімічних та інших закономірностей виробничих процесів для розроблення і впровадження найбільш ефективних, економічних та ресурсозберігаючих способів виробництва.

Усе технологічне обладнання харчових виробництв поділяють на машини та апарати.

Технологічні процеси, що ґрунтуються на механічній дії та супроводжуються зміною форми, розмірів, положення або інших властивостей

оброблюваних матеріалів, належать до механічних процесів. Якщо такі процеси здійснюються за допомогою машин, їх називають машинними процесами.

Технологічна машина — це технічний пристрій, що являє собою сукупність взаємопов'язаних робочих органів, приводу (джерела механічної енергії) та допоміжних механізмів, призначених для виконання певної технологічної операції.

Робочі органи машини — це елементи, які безпосередньо впливають на оброблюваний матеріал або продукт і виконують основну технологічну функцію. Наприклад, ножі подрібнювачів, шнеки транспортерів, валки дробарок, мішалки змішувачів. Допоміжні пристрої забезпечують передачу та перетворення енергії, зміну параметрів руху, регулювання швидкості, напрямку руху та силових характеристик механізмів. До них належать редуктори, передачі, муфти, варіатори, гідравлічні та пневматичні системи.

Залежно від виконуваних функцій і характеру роботи машини поділяють на машини-двигуни, машини-знаряддя (робочі машини) та обчислювальні машини. Класифікацію машин за призначенням наведено на рис. 2.1.



*Рис. 2.1 Класифікація машин за призначенням*

Технологічний апарат (від лат. *apparatus* — обладнання, пристрій) — це технічний пристрій, призначений для здійснення технологічних процесів, які відбуваються під впливом теплових, фізико-хімічних, біохімічних, електричних або інших факторів.

У харчових виробництвах використовують різноманітні апарати, призначені для теплової обробки, масообміну, біотехнологічних процесів, зберігання та інших виробничих операцій. Вони забезпечують необхідні умови

для перебігу технологічних процесів і отримання продукції заданої якості. Конструкція та принцип дії апаратів визначаються особливостями технологічного процесу, властивостями сировини та вимогами до готової продукції.

До найпоширеніших належать теплообмінні апарати, ферментатори, реактори, випарні установки, резервуари та ємності для зберігання сировини й готової продукції. Основні види апаратів харчових виробництв наведено на рис. 2.2.



*Рис. 2.2. Основні апарати харчових виробництв та їх призначення*

Таким чином, машини та апарати є основою технічного оснащення харчових виробництв і забезпечують виконання всіх стадій технологічного процесу — від підготовки сировини до отримання та пакування готової продукції.

## **2. Класифікація виробничих процесів харчових виробництв**

Усі процеси, що здійснюються в харчових виробництвах, залежно від закономірностей їх перебігу об'єднують у п'ять основних груп: гідромеханічні, теплообмінні, масообмінні, механічні та хімічні (біохімічні) процеси. Вони лежать в основі більшості технологій переробки сировини рослинного і тваринного походження та визначають принципи побудови машин і апаратів харчових виробництв.

Гідромеханічні процеси — це процеси, швидкість яких визначається законами механіки рідин і газів (гідростатики, гідродинаміки та аеродинаміки). До них належать процеси переміщення рідин і газів трубопроводами та апаратами, транспортування суспензій і емульсій, перемішування рідких

середовищ, осадження твердих частинок, відстоювання, фільтрування, центрифугування, сепарування, флотація, а також псевдозрідження (створення киплячого шару) зернистих матеріалів. Гідромеханічні процеси широко використовуються під час виробництва цукру, молочних продуктів, напоїв, олій та інших харчових продуктів.

Теплообмінні процеси — це процеси, пов'язані з перенесенням теплоти від більш нагрітих тіл або середовищ до менш нагрітих. До них належать нагрівання, охолодження, пастеризація, стерилізація, бланшування, конденсація, випарювання, заморожування, розморожування та інші види теплової обробки продуктів. Швидкість теплообмінних процесів визначається законами теплопередачі, теплопровідності, конвекції та теплового випромінювання. Теплова обробка є одним із найважливіших способів забезпечення безпеки та тривалого зберігання харчової продукції.

До найпоширеніших масообмінних процесів у харчових виробництвах належать абсорбція, десорбція, перегонка і ректифікація, адсорбція та екстракція. Ці процеси забезпечують перенесення речовини між різними фазами та широко використовуються під час очищення, концентрування й розділення харчових продуктів і технологічних середовищ. Основні характеристики зазначених процесів наведено на рис. 2.3.



Рис. 2.3 – Основні процеси газорідного та рідинного масообміну в харчових виробництвах

Важливе місце в технологічних процесах харчових виробництв займають процеси розчинення, кристалізації, зволоження, сушіння та сублімації. Вони забезпечують підготовку сировини, концентрування продуктів, регулювання вологості та подовження термінів зберігання харчової продукції. Ефективність

цих процесів значною мірою впливає на якість готової продукції, її харчову цінність і споживчі властивості.

Зазначені процеси широко застосовуються під час виробництва цукру, молочних продуктів, кондитерських виробів, харчових концентратів та інших видів продукції. Вибір способу їх реалізації залежить від властивостей сировини, технологічних вимог та необхідних параметрів готового продукту. Основні характеристики цих процесів наведено на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Процеси зміни фазового стану та вологості матеріалів у харчових виробництвах

У сучасних харчових технологіях широко застосовують мембранні процеси, які забезпечують очищення, концентрування та розділення рідких середовищ без значних теплових впливів на продукт. Використання мембранних технологій дає змогу зберігати природні властивості сировини, її харчову цінність, смакові якості та біологічно активні компоненти. Завдяки високій ефективності та енергоощадності такі процеси набули значного поширення в молочній, соковій, пивоварній та інших галузях харчової промисловості.

До основних мембранних процесів належать діаліз, ультрафільтрація, нанофільтрація та зворотний осмос. Їх принцип роботи ґрунтується на вибіркового проходженні окремих компонентів через напівпроникні мембрани під дією різниці концентрацій, тиску або інших рушійних сил. Залежно від розміру пор мембрани та властивостей середовища забезпечується розділення речовин на фракції з різною молекулярною масою.

Мембранні технології широко використовують для концентрування молока та молочної сироватки, очищення води, освітлення фруктових соків, вилучення цінних компонентів із технологічних розчинів, а також для

підготовки сировини до подальшої переробки. Вони дозволяють підвищити якість готової продукції, зменшити витрати енергії та скоротити втрати корисних речовин під час виробництва.

Перевагами мембранних процесів є висока селективність розділення, можливість роботи за невисоких температур, компактність обладнання та відносна простота автоматизації. Завдяки цьому мембранні установки дедалі ширше впроваджуються на сучасних переробних підприємствах як ефективний інструмент інтенсифікації технологічних процесів. Їх принцип дії та сфери застосування наведено на рис. 2.5.

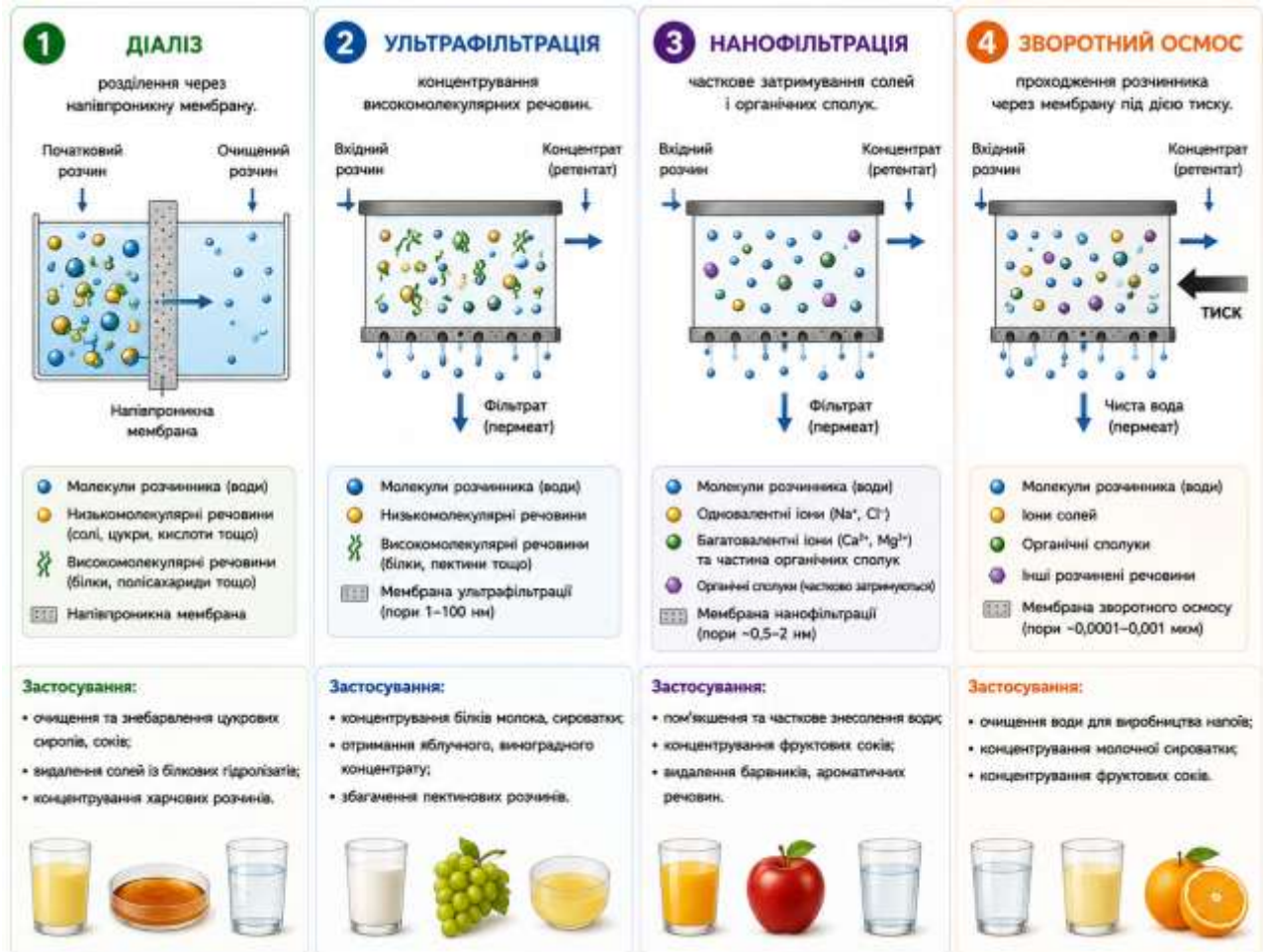


Рис. 2.5 Основні мембранні процеси розділення в харчових виробництвах

Швидкість масообмінних процесів визначається законами молекулярної та конвективної дифузії, а ефективність їх перебігу залежить від температури, тиску, площі поверхні контакту фаз, концентрації компонентів та фізико-хімічних властивостей середовищ. Саме тому вони займають важливе місце в технологіях виробництва, переробки та зберігання харчової продукції.

Механічні процеси — це процеси, що відбуваються внаслідок безпосередньої механічної дії на матеріал. До них належать подрібнення, різання, дроблення, пресування, гранулювання, класифікація (фракціонування) сипких матеріалів, сортування, змішування та дозування. Механічні процеси зазвичай передують іншим технологічним операціям і забезпечують підготовку сировини до подальшої переробки.

Хімічні та біохімічні процеси — це процеси, пов'язані зі зміною хімічного складу, структури та властивостей речовин. Їх перебіг визначається законами хімічної та біохімічної кінетики. До таких процесів належать гідроліз, нейтралізація, окиснення, карамелізація, інверсія цукрів, бродіння, ферментація, дозрівання сирів, виробництво спирту, вина, пива, кисломолочних продуктів та інші процеси, у яких беруть участь ферменти або мікроорганізми. Саме хімічні та біохімічні перетворення значною мірою формують смак, аромат, колір, харчову цінність і якість готової продукції.

Усі процеси харчових виробництв тісно взаємопов'язані між собою та забезпечують послідовне перетворення сировини на готову продукцію із заданими властивостями. Знання закономірностей їх перебігу є основою для правильного вибору технологічного обладнання, розрахунку режимів роботи машин і апаратів та підвищення ефективності харчових виробництв.

### **3. Організація виробництва та технологічні схеми харчових виробництв**

За ступенем автоматизації обладнання харчових виробництв поділяють на автоматичне та напівавтоматичне. Автоматичне обладнання забезпечує виконання всіх основних технологічних операцій і значної частини допоміжних операцій без безпосереднього втручання людини. Напівавтоматичне обладнання передбачає часткову участь оператора в керуванні процесом або виконанні окремих операцій.

Період часу, необхідний для оброблення продукції, визначається тривалістю циклу. Протягом циклу технологічний процес оброблення продукції проходить певні стадії. Перехід від однієї стадії до іншої може здійснюватися ступінчасто (з перервами) або безперервно. Тривалість окремих стадій залежить від властивостей сировини, режимів роботи обладнання та вимог до якості готової продукції.

У разі безперервного оброблення продукції технологічний процес здійснюється в потоці. При цьому швидкість руху потоку та довжину шляху необхідно вибрати таким чином, щоб час проходження продукту через систему був рівним або меншим за тривалість технологічного циклу. Така організація виробництва забезпечує безперервний випуск продукції, підвищує продуктивність обладнання та сприяє більш ефективному використанню виробничих площ.

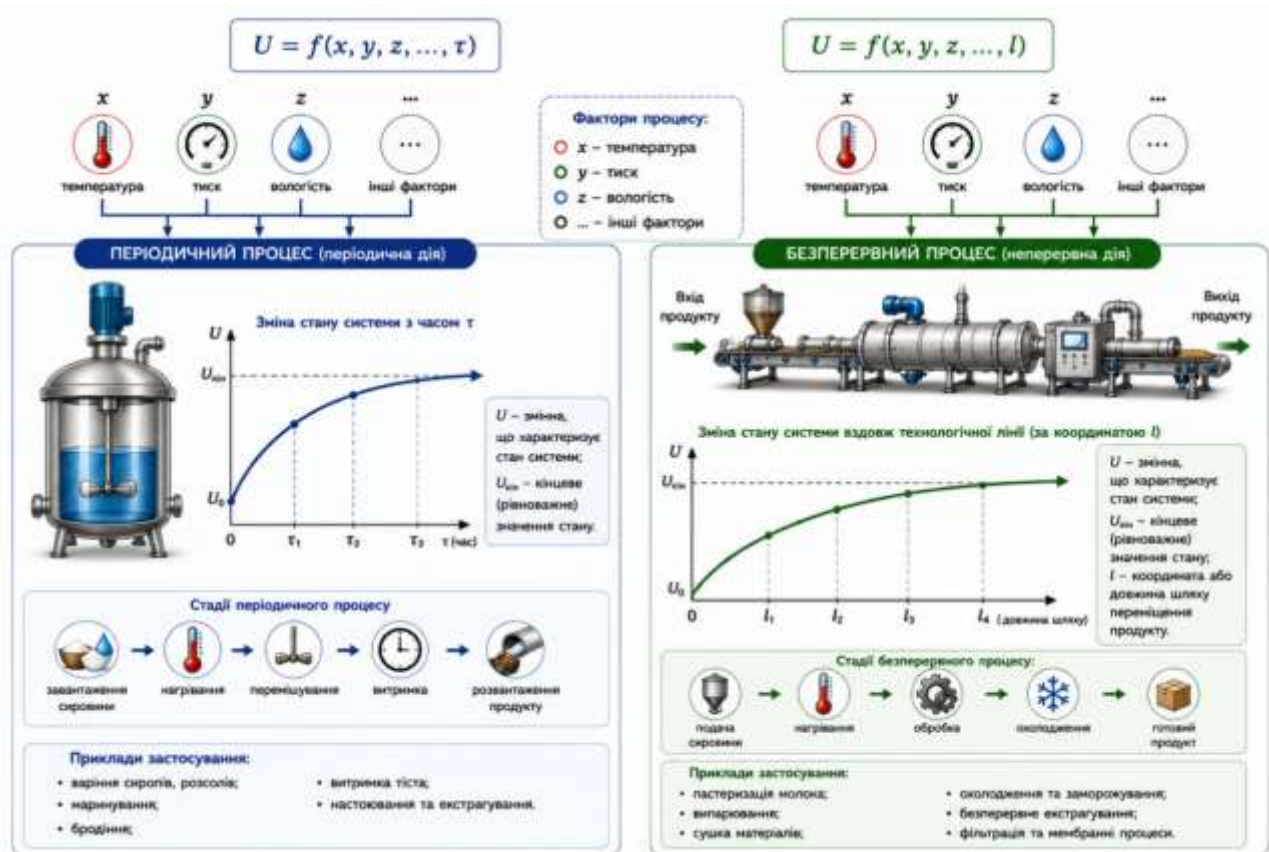
Технологічний процес завжди має циклічний характер, проте може бути по-різному організований у часі та просторі. Відповідно до цього його апаратне оформлення може бути різним. Для виконання окремих операцій використовують обладнання періодичної, напівбезперервної або безперервної дії. Вибір типу обладнання залежить від особливостей технології, обсягів виробництва та економічної доцільності його застосування.

Перебіг технологічного процесу характеризується зміною стану системи під впливом сукупності технологічних факторів. До таких факторів належать температура, тиск, вологість, концентрація компонентів, швидкість руху продукту та інші параметри. Контроль і регулювання цих показників дають

змогу забезпечити стабільність технологічного процесу та отримання продукції необхідної якості.

Для обладнання періодичної дії стан системи змінюється в часі, тоді як для безперервних процесів він змінюється вздовж шляху руху продукту. У зв'язку з цим методи керування та контролю технологічними процесами також мають певні особливості. У сучасних харчових виробництвах для підтримання оптимальних режимів роботи широко застосовують автоматизовані системи контролю та керування, що забезпечують високу ефективність функціонування технологічних ліній.

Схематичне подання цих залежностей наведено на рис. 2.6.



**Рис. 2.6. Залежність стану технологічної системи від параметрів процесу в апаратах періодичної та безперервної дії**

Розглянемо перебіг технологічного процесу через змінну  $U$ , що характеризує стан системи, прагне до свого кінцевого значення та залежить від низки факторів  $x, y, z$  і часу  $\tau$ :

Вибір типу організації технологічного процесу залежить від особливостей виробництва, характеристик сировини, вимог до якості готової продукції та конструктивних особливостей технологічного обладнання.

Аналіз технологічного процесу, вибір оптимального технологічного варіанту та всебічний розгляд умов, що впливають з особливостей застосування обладнання, визначають вибір типу і конструкції машин. Значна роль при цьому відводиться виду вихідної сировини та готового продукту. Залежно від того, чи є

сировина і готовий продукт штучними або масовими, утворюються такі комбінації:

- масовий продукт – масова сировина;
- штучний продукт – масова сировина;
- масовий продукт – штучна сировина;
- штучний продукт – штучна сировина.

При апаратурному оформленні значно простіше механізувати процеси перероблення масової або штучної сировини в масовий продукт і значно складніше – під час виробництва штучної продукції.

Оброблення продуктів у машині здійснюється робочими органами, під дією яких оброблювані матеріали виконують певні рухи. Ці рухи можуть бути періодичними з поверненням у вихідне положення або безперервними. Робочі органи можуть бути нерухомими, здійснювати безперервний рівномірний рух або працювати з періодичними зупинками.

Як видно з рис. 2.7, повний кінематичний цикл складається з виконання корисної роботи, повернення робочого органа у вихідне положення та можливих технологічно обумовлених зупинок. Скорочення тривалості холостого ходу і зупинок сприяє підвищенню продуктивності машини та ефективності використання обладнання на переробних підприємствах.

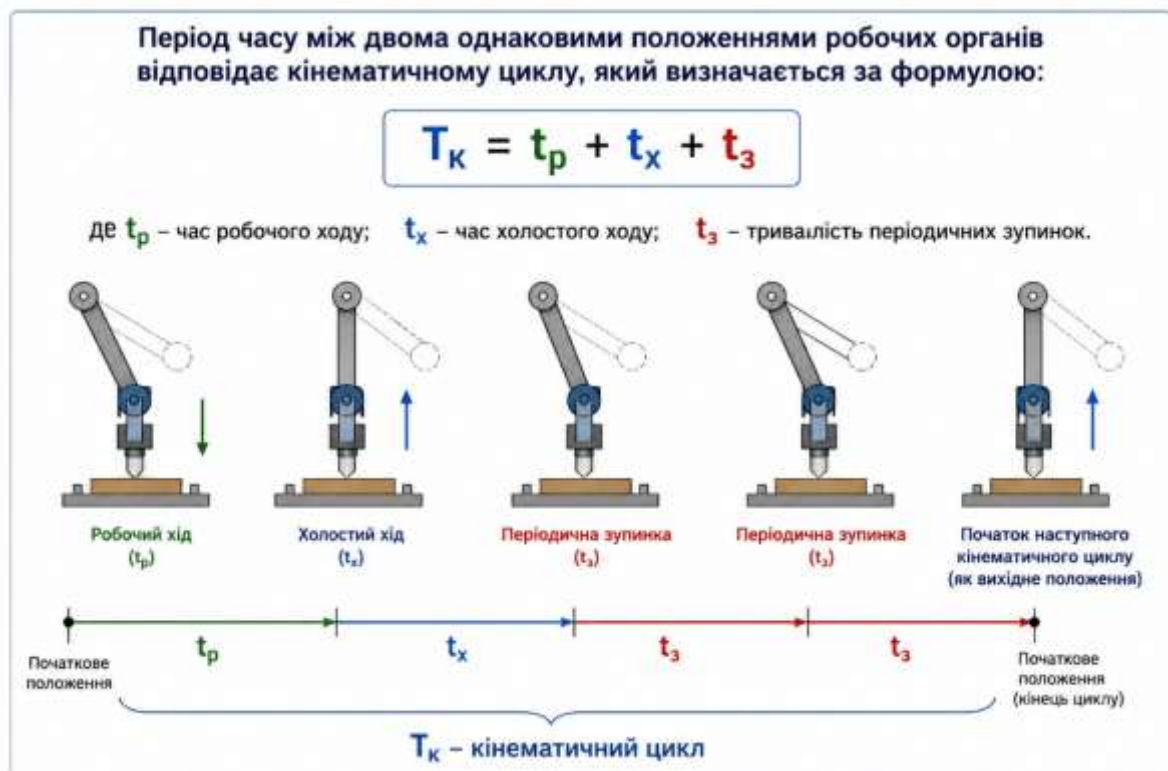


Рис. 2.7. Схема кінематичного циклу машини періодичної дії

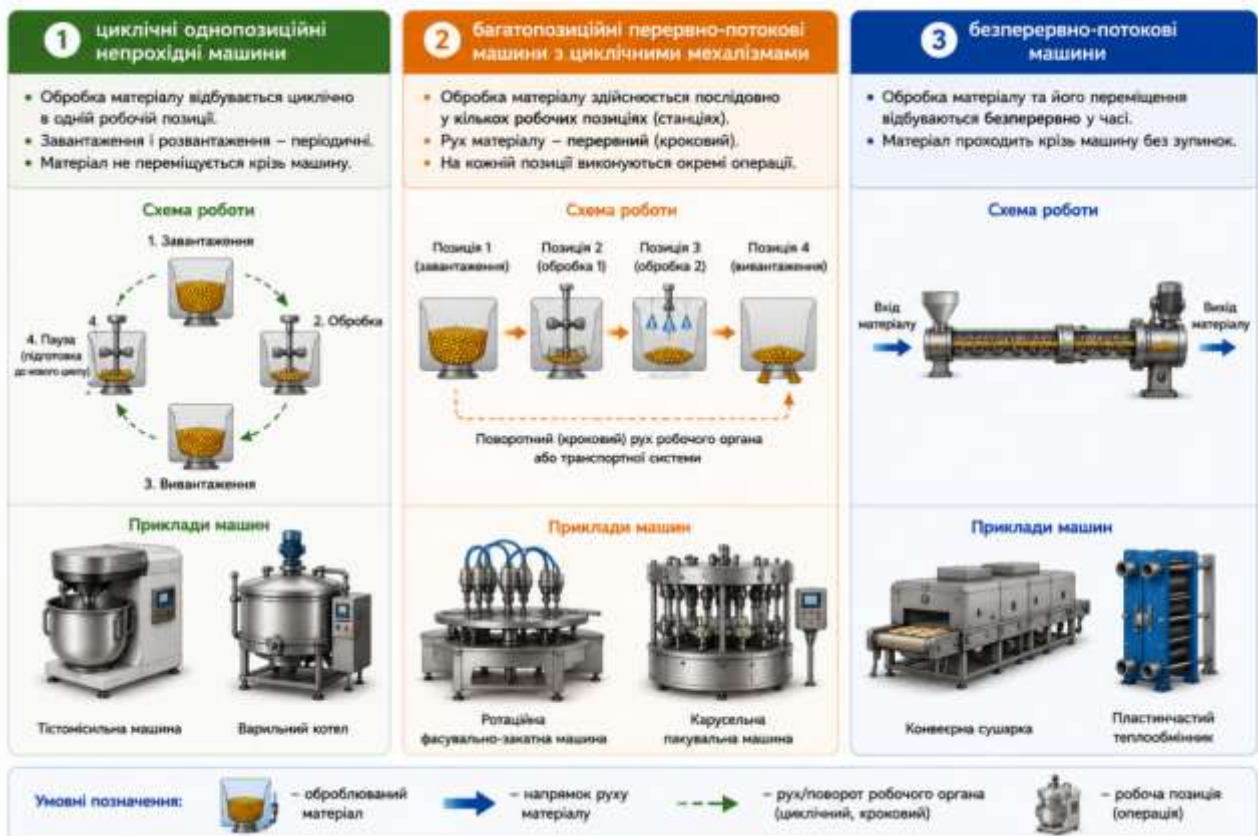
Залежно від характеру виконання технологічного процесу, організації виробничого циклу та способу відносного руху оброблюваного матеріалу і робочих органів технологічні машини поділяють на три основні групи: циклічні однопозиційні непрохідні, багатопозиційні перервно-потоківі з циклічними механізмами та безперервно-потоківі.

Циклічні однопозиційні непрохідні машини виконують обробку матеріалу в межах однієї робочої позиції. Технологічний процес у них здійснюється послідовно за окремими циклами, кожен з яких складається з робочого ходу, холостого ходу та, за необхідності, періодичних зупинок. Після завершення циклу оброблений продукт видаляється із робочої зони, а на його місце подається новий об'єкт обробки.

Багатопозиційні перервно-потокові машини з циклічними механізмами характеризуються наявністю декількох робочих позицій, на яких одночасно виконуються різні операції технологічного процесу. Переміщення продукції між позиціями відбувається через певні інтервали часу, що забезпечує поєднання принципів циклічної роботи та потокової організації виробництва. Такі машини мають вищу продуктивність порівняно з однопозиційними, оскільки дозволяють паралельно виконувати декілька технологічних операцій.

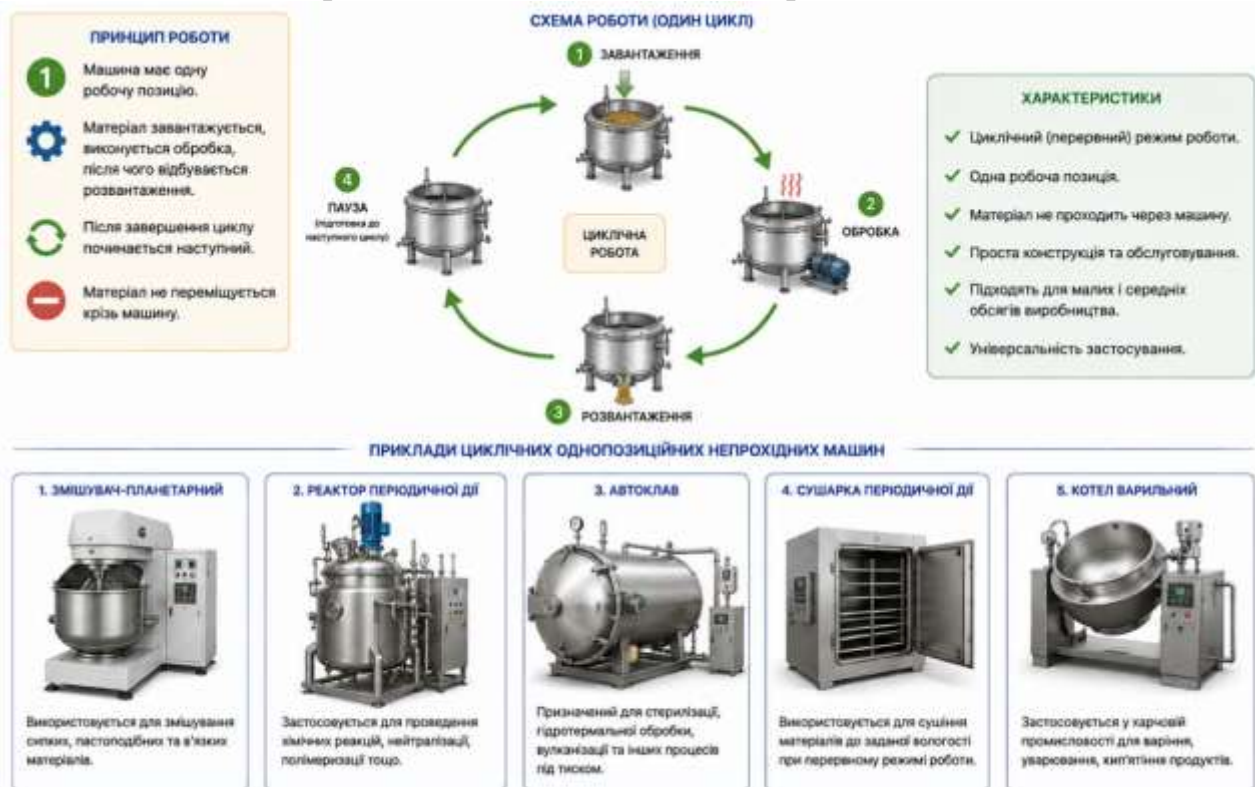
Безперервно-потокові машини забезпечують безперервне надходження, обробку та відведення матеріалу без зупинок технологічного процесу. Робочі органи та продукт перебувають у постійному русі, що сприяє максимальному використанню виробничих потужностей, підвищенню продуктивності праці та зменшенню питомих витрат енергії. Такі машини широко застосовуються на сучасних переробних підприємствах у складі автоматизованих та комплексно-механізованих технологічних ліній.

Кожен із зазначених типів машин має свої конструктивні особливості, переваги та сфери застосування, які визначаються вимогами технологічного процесу, властивостями сировини та необхідною продуктивністю виробництва. Основні особливості та принципи роботи цих типів машин наведено на рис. 2.8.



**Рис. 2.8. Класифікація технологічних машин за характером дії та способом відносного руху оброблюваного матеріалу**

Циклічні однопозиційні непрохідні машини виконують технологічний процес у межах однієї робочої позиції, де матеріал послідовно проходить стадії завантаження, обробки та розвантаження. Після завершення повного циклу машина готується до виконання наступного циклу роботи. Особливістю таких машин є те, що матеріал не переміщується через робочий орган безперервним потоком, а перебуває в робочій камері протягом усього процесу обробки. Такі машини широко застосовуються в харчовій, хімічній та переробній промисловості для здійснення змішування, теплової обробки, сушіння, стерилізації та інших технологічних операцій. До циклічних однопозиційних непрохідних машин належать змішувачі, реактори періодичної дії, автоклави, сушарки періодичної дії та варильні котли. Схема роботи та приклади циклічних однопозиційних непрохідних машин наведені на рис. 2.9.



**Рис. 2.9. Схема роботи та приклади циклічних однопозиційних непрохідних машин**

Багатопозиційні перервно-потоківі машини характеризуються поєднанням перервного переміщення матеріалу та одночасного виконання технологічних операцій на декількох робочих позиціях. У таких машинах оброблюваний матеріал або виріб переміщується між позиціями кроковим способом через певні проміжки часу, а під час зупинки на кожній позиції виконується відповідна технологічна операція. Такий принцип роботи забезпечує високу продуктивність, точність позиціонування та раціональне використання робочого часу обладнання. До машин цього типу належать карусельні пакувальні машини, фасувально-закатувальні автомати, автоматичні лінії розливу та ротаційні

машини. Схема роботи багатопозиційної перервно-поточної машини з циклічним механізмом переміщення матеріалу представлена на рис. 2.10.



*Рис. 2.10. Схема роботи багатопозиційної перервно-поточної машини з циклічним механізмом переміщення матеріалу*

Безперервно-поточкові машини характеризуються одночасним виконанням операцій транспортування та технологічної обробки матеріалу без зупинок виробничого процесу. На відміну від машин циклічної дії, у яких обробка здійснюється окремими порціями або в межах певних робочих циклів, безперервно-поточкові машини забезпечують постійний рух сировини через робочу зону, що дозволяє значно підвищити ефективність виробництва.

У таких машинах матеріал безперервно подається до робочих органів, переміщується вздовж технологічної лінії та послідовно піддається необхідним видам механічної, теплової, масообмінної або іншої обробки. Після завершення технологічного процесу готовий продукт безперервно відводиться із зони обробки, що виключає потребу у проміжних зупинках обладнання та сприяє стабільності виробничого процесу.

Однією з головних переваг безперервно-поточкових машин є можливість забезпечення високої продуктивності за рахунок раціонального використання робочого часу та максимальної завантаженості обладнання. Крім того, безперервний характер роботи сприяє підвищенню рівномірності обробки продукції, покращенню її якості та зменшенню втрат сировини. Важливою перевагою є також можливість легкої інтеграції таких машин у складі автоматизованих технологічних ліній, де окремі операції виконуються без втручання оператора.

Безперервно-поточкові машини широко застосовуються на підприємствах харчової та переробної промисловості під час транспортування, сушіння,

нагрівання, охолодження, змішування, екструджування, фасування та інших технологічних операцій. Їх використання особливо ефективно у великосерійному та масовому виробництві, де необхідно забезпечити стабільний випуск продукції з мінімальними витратами праці та енергії.

До безперервно-потоківих машин належать конвеєрні сушарки, стрічкові та ланцюгові транспортери, шнекові екструдери, пластинчасті теплообмінники, безперервні пастеризаційні установки, шнекові змішувачі та інші види обладнання, робота яких базується на принципі безперервного переміщення матеріалу через робочу зону. Принципова схема роботи безперервно-потоківих машин та приклади обладнання безперервної дії наведені на рис. 2.11.



**Рис. 2.11. Принципова схема роботи безперервно-потоківих машин та приклади обладнання безперервної дії**

Для виробництва певного виду продукції відповідно до технологічного процесу розробляється технологічна схема, яка визначає послідовність виконання операцій — від підготовки сировини до отримання готової продукції.

Технологічна схема, що включає різні типи обладнання та відображає виконання всіх технологічних операцій, називається машино-апаратурною схемою (МАС). Будь-яка машино-апаратурна схема умовно поділяється на окремі ділянки: підготовка сировини до виробництва, приготування напівфабрикатів та отримання готової продукції. Такий поділ забезпечує раціональну організацію виробничого процесу та підвищує ефективність використання технологічного обладнання.

Сучасне харчове виробництво є складною технологічною системою, що базується на поєднанні різноманітних фізичних, хімічних і фізико-хімічних процесів та відповідного апаратурного оформлення. Ефективність виробництва значною мірою залежить від правильного вибору типу й класу технологічного

обладнання, зокрема циклічних або потокових машин, а також від раціональної організації технологічного процесу та виробничого циклу.

Машино-апаратурна схема є основою функціонування будь-якого харчового підприємства, оскільки забезпечує послідовне перетворення сировини на готовий продукт необхідної якості шляхом виконання взаємопов'язаних механізованих, автоматизованих і контрольованих технологічних операцій. Раціональна побудова машино-апаратурної схеми сприяє підвищенню продуктивності праці, зниженню енерговитрат, забезпеченню стабільної якості продукції та ефективному використанню виробничих ресурсів.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ**

**Мета:** закріпити знання про поняття технології, машин і апаратів; засвоїти класифікацію основних фізико-хімічних процесів; навчитися аналізувати організацію виробництва та обґрунтовувати вибір класу машин і технологічної схеми.

### **Теоретичні питання для опрацювання**

#### *I. Основні поняття про технологію, машини та апарати*

1. Поняття «виробничий процес» і «технологія».
2. Завдання технології як науки.
3. Поділ технологічного устаткування на машини і апарати.
4. Визначення технологічної машини та її складові: робочі органи; джерело енергії; допоміжні пристрої.
5. Класи машин: машини-двигуни; машини-знаряддя (технологічні); обчислювальні машини.

6. Поняття технологічного апарата та його характерні ознаки.

7. Відмінність машинних і апаратурних процесів.

#### *II. Класифікація виробничих процесів харчових виробництв*

1. Гідромеханічні процеси (перемішування, фільтрування, центрифугування).

2. Теплообмінні процеси (нагрівання, охолодження, стерилізація, випарювання).

3. Масообмінні процеси (абсорбція, екстракція, сушка, кристалізація, ректифікація).

4. Механічні процеси (подрібнення, пресування, сортування).

5. Хімічні та біохімічні процеси (ферментація, бродіння, реакції перетворення).

6. Закономірності, що визначають швидкість процесів (гідродинаміка, теплопередача, масообмін, кінетика).

#### *III. Організація виробництва та технологічні схеми харчових виробництв*

1. Періодичні та безперервні процеси.

2. Поняття кінематичного циклу:  $T_k = t_p + t_x + t_z$ .

3. Класи машин за характером дії: циклічні однопозиційні; багатопозиційні перервнопотокові; безперервні потокові.

4. Потокова та перервнопотокова форма організації виробництва.

5. Машино-апаратурна схема (МАС) та її ділянки.

## 6. Функціональна класифікація обладнання у складі МАС.

### Практичні завдання

#### Блок А. Тестово-аналітичні

1. Визначте, до якого класу процесів належать:
  - пастеризація молока;
  - центрифугування вершків;
  - сушіння зерна;
  - подрібнення цукру;
  - спиртове бродіння.
2. Класифікуйте обладнання (машина чи апарат): електродвигун, теплообмінник, сепаратор, транспортер, ферментер.
3. Поясніть різницю між періодичним і безперервним процесом.
4. Наведіть приклади машин першого, другого та третього класів

#### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Підприємство виробляє поштучні кондитерські вироби з масової сировини. Який тип організації процесу доцільно застосувати? Обґрунтуйте.
2. Для виробництва соку необхідно здійснити подрібнення, пресування та пастеризацію. Побудуйте спрощену технологічну схему процесу.
3. Оберіть тип машини (циклічна чи потокова) для розливу напоїв, замішування тіста, стерилізації консервів.

### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Що таке технологія?
  - а) сукупність машин і апаратів; б) ряд прийомів для отримання з сировини продукту із заданими властивостями; в) спосіб транспортування продукції; г) система контролю якості.
2. Які елементи входять до складу технологічної машини?
  - а) робочі органи; б) джерело механічної енергії; в) допоміжні пристрої; г) реакційна камера.
3. До яких класів належать машини?
  - а) машини-двигуни; б) машини-знаряддя; в) мбчислювальні машини; г) реактори; д) компресори.
4. Яка ознака є характерною для технологічного апарата?
  - а) наявність робочої камери або реакційного простору; б) наявність конвеєра; в) наявність двигуна.
5. До гідромеханічних процесів належать:
  - а) перемішування; б) фільтрування; в) центрифугування; г) сушіння; д) відстоювання.
6. Які процеси належать до теплообмінних?
  - а) нагрівання; б) пастеризація; в) стерилізація; г) охолодження; д) конденсація.
7. За ступенем автоматизації обладнання харчових виробництв поділяють на:
  - а) автоматичне; б) напівавтоматичне; в) ручне; г) безперервне.
8. Кінематичний цикл визначається формулою:

а)  $T_k = t_p + t_x + t_z$ ; б)  $Q = V/t$ ; в)  $N = A/t$ ; г)  $\rho = m/V$ .

9. Які класи технологічних машин виділяють за характером дії?

а) циклічні однопозиційні непрохідні; б) багатопозиційні перервнопотоківі; в) безперервні потоківі; г) гідравлічні.

10. До складу машино-апаратурної схеми можуть входити:

а) обладнання для миття та очищення; б) обладнання для подрібнення; в) обладнання для пресування; г) обладнання для фасування і пакування; д) холодильні установки.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – а, б, в; 3 – а, б, в; 4 – а; 5 – а, б, в, д; 6 – а, б, в, г, д; 7 – а, б; 8 – а; 9 – а, б, в; 10 – а, б, в, г, д.

## БЛОК 3

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

#### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про продуктивність машин і апаратів, основні техніко-економічні показники технологічного обладнання та показники його надійності; розвивати вміння аналізувати ефективність використання технологічного обладнання, оцінювати його технічні характеристики та застосовувати набуті знання для розв'язання професійних завдань; виховувати відповідальне ставлення до професійної діяльності, прагнення до професійного самовдосконалення, раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів, дотримання вимог безпеки праці й культури виробництва.

#### План

1. Продуктивність машин і апаратів.
2. Основні техніко-економічні показники технологічного обладнання.
3. Основні поняття надійності обладнання.

***Мотивація.** Знання техніко-економічних характеристик технологічного обладнання дає змогу оцінювати ефективність його роботи, обґрунтовувати вибір машин і апаратів, забезпечувати їх надійну експлуатацію та раціональне використання виробничих ресурсів. Для майбутнього педагога професійного навчання ці знання є необхідною складовою фахової підготовки, оскільки забезпечують готовність до викладання спеціальних дисциплін та підготовки кваліфікованих робітників аграрної й харчової галузей.*

#### **1. Продуктивність машин і апаратів**

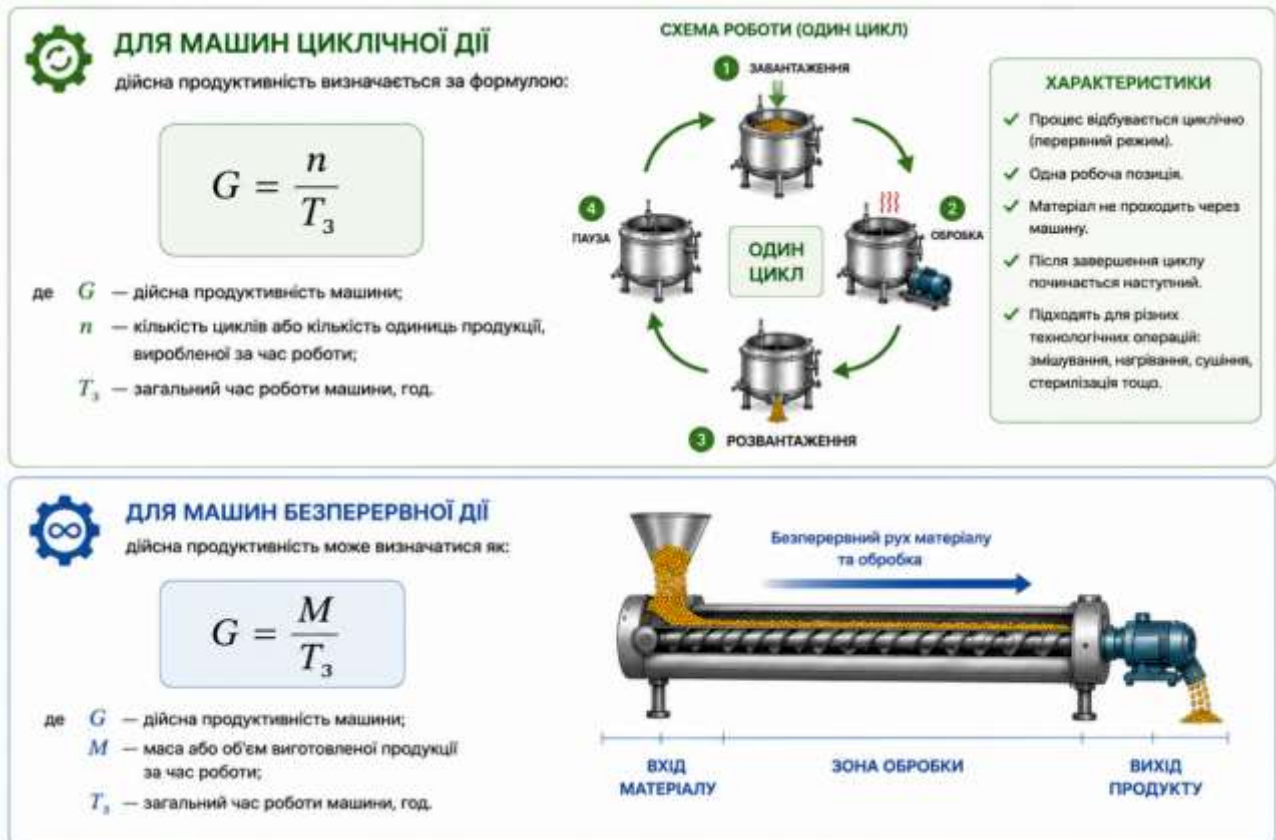
Однією з найважливіших технічних характеристик будь-якої технологічної машини є її продуктивність. Продуктивність характеризує ефективність роботи обладнання та визначає кількість продукції, яку машина здатна виробити або обробити за одиницю часу. Залежно від умов роботи та способу визначення розрізняють дійсну, теоретичну та технологічну продуктивність.

Продуктивність може виражатися в різних одиницях вимірювання: кілограмах за годину (кг/год), тоннах за годину (т/год), літрах за годину (л/год), штуках за годину (шт./год) тощо. Вибір одиниці вимірювання залежить від виду продукції та особливостей технологічного процесу.

Дійсна продуктивність є одним із найважливіших показників ефективності роботи технологічного обладнання. Вона характеризує фактичну кількість продукції, виробленої машиною за одиницю часу в реальних виробничих умовах з урахуванням усіх технологічних та організаційних особливостей процесу. Для машин циклічної дії дійсна продуктивність визначається кількістю виконаних

циклів або кількістю виготовленої продукції за певний проміжок часу. Для машин безперервної дії цей показник залежить від маси або об'єму продукції, що проходить через машину протягом часу її роботи. Визначення дійсної продуктивності дає змогу оцінити ефективність використання обладнання та обґрунтувати шляхи підвищення продуктивності виробничих процесів.

Формули та схеми визначення дійсної продуктивності машин циклічної та безперервної дії наведено на рис. 3.1.



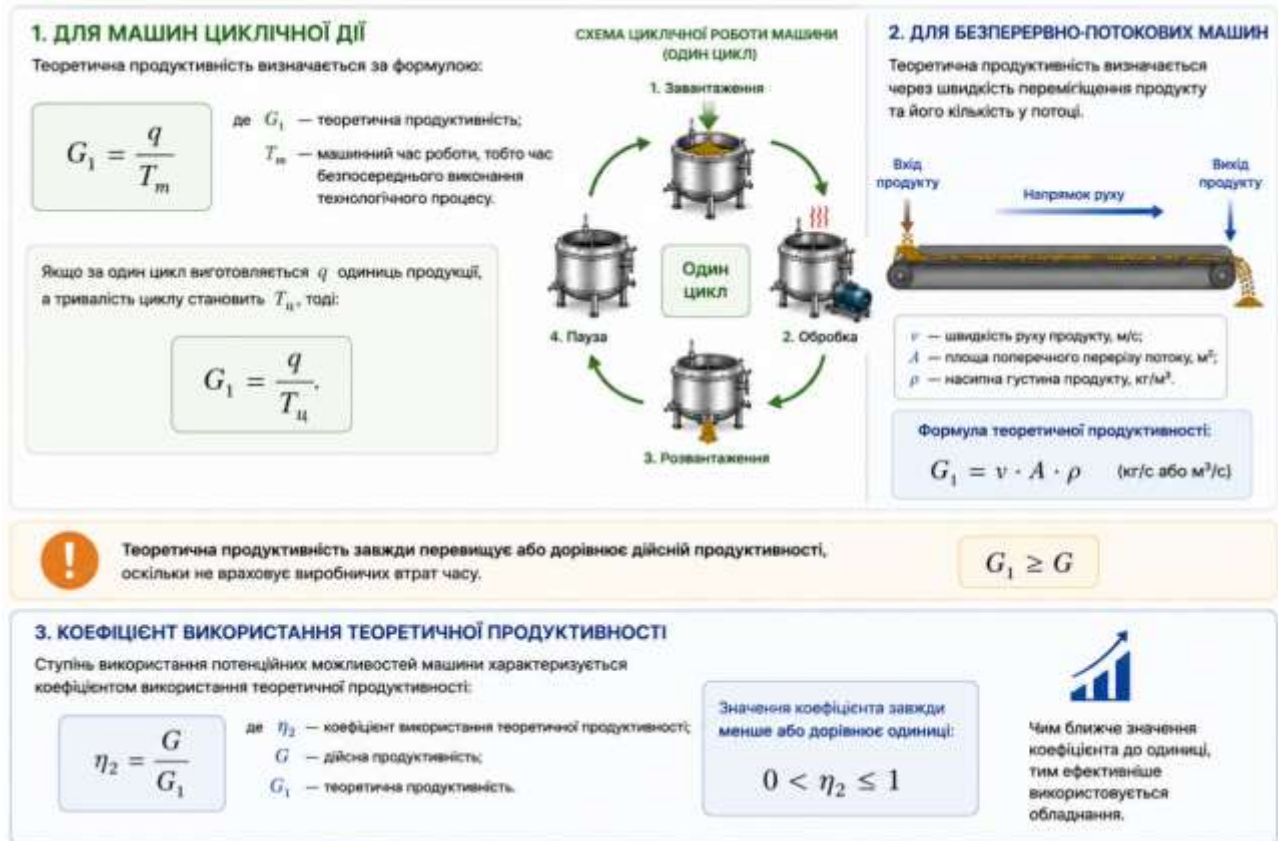
**Рис. 3.1. Формули та схеми визначення дійсної продуктивності машин циклічної та безперервної дії**

Дійсна продуктивність є основним показником, який характеризує ефективність використання обладнання в умовах конкретного виробництва.

Теоретична продуктивність характеризує максимально можливу кількість продукції, яку машина здатна виробити за одиницю часу за умови безперервної та безвідмовної роботи без урахування організаційних і технологічних втрат часу. Для машин циклічної дії теоретична продуктивність визначається кількістю продукції, виготовленої за один цикл, та тривалістю цього циклу. Для машин безперервної дії вона залежить від швидкості переміщення продукту, параметрів потоку та конструктивних характеристик обладнання. Порівняння дійсної та теоретичної продуктивності дає змогу оцінити ефективність використання обладнання, яка характеризується коефіцієнтом використання теоретичної продуктивності. Чим ближче значення цього коефіцієнта до одиниці, тим повніше реалізуються потенційні можливості машини.

Однією з найважливіших техніко-економічних характеристик технологічних машин є їх продуктивність, яка визначає кількість продукції, що виробляється або переробляється за одиницю часу. Залежно від принципу

роботи обладнання розрізняють методики визначення продуктивності для машин циклічної та безперервної дії. Для оцінювання ефективності використання обладнання також застосовують коефіцієнт використання теоретичної продуктивності, який характеризує ступінь реалізації потенційних можливостей машини в реальних умовах експлуатації. Формули визначення теоретичної продуктивності машин циклічної та безперервної дії, а також коефіцієнта використання теоретичної продуктивності наведено на рис. 3.2.

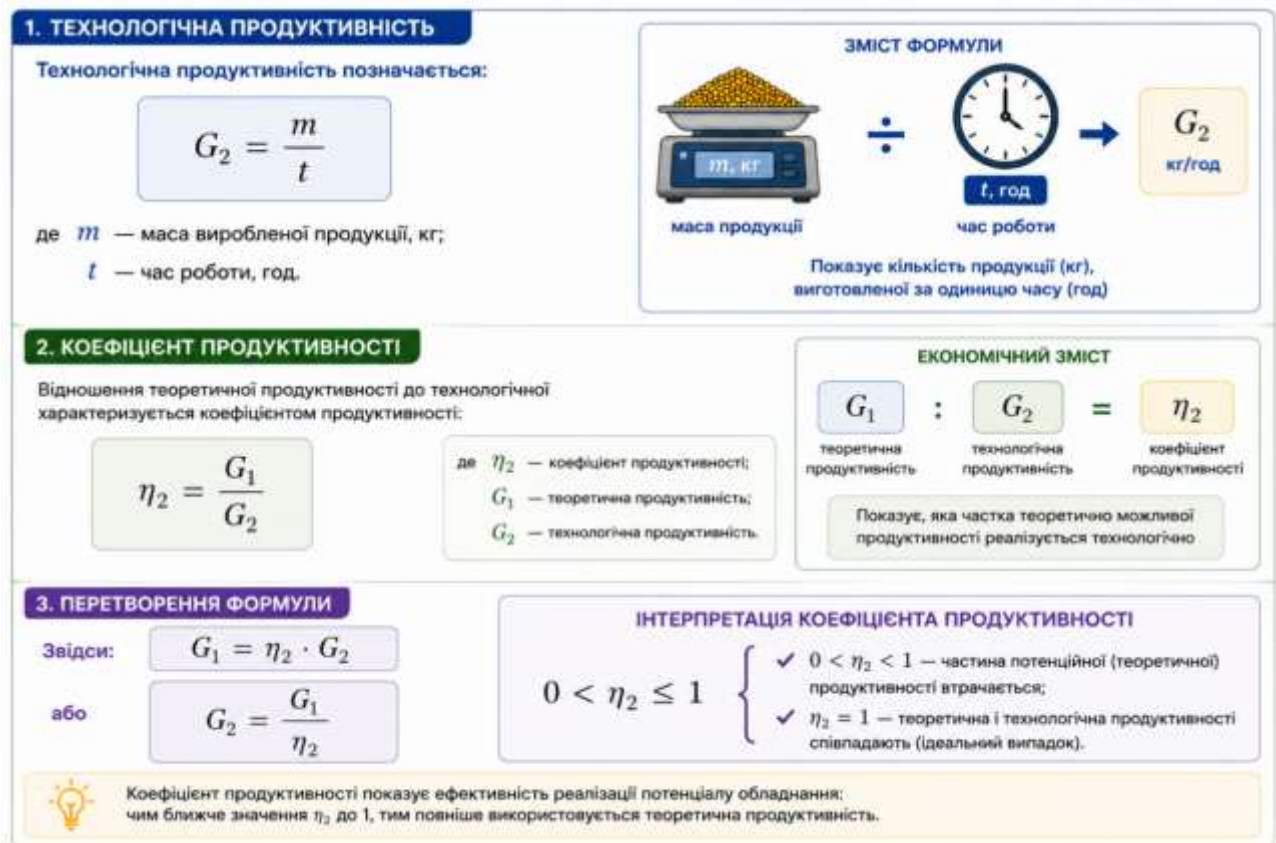


**Рис. 3.2. Формули визначення теоретичної продуктивності машин циклічної та безперервної дії і коефіцієнта використання теоретичної продуктивності**

Технологічна продуктивність характеризує фактичну кількість продукції, виробленої машиною за одиницю часу під час виконання конкретного технологічного процесу. Цей показник враховує реальні умови експлуатації обладнання, вплив властивостей сировини, режимів роботи та організації виробничого процесу. Технологічна продуктивність дає змогу об'єктивно оцінити ефективність функціонування машини та її відповідність вимогам виробництва.

Для оцінювання ступеня реалізації потенційних можливостей машини використовують коефіцієнт продуктивності, який визначається як відношення технологічної продуктивності до теоретичної. Цей коефіцієнт характеризує рівень використання технічних можливостей обладнання та дозволяє виявити резерви підвищення ефективності його роботи. На величину коефіцієнта впливають втрати часу, особливості технологічного процесу, технічний стан обладнання та рівень організації праці. Чим ближче значення коефіцієнта до одиниці, тим повніше використовуються продуктивність машини та її виробничий потенціал.

Для оцінювання ефективності роботи технологічного обладнання використовують показники технологічної продуктивності та коефіцієнта продуктивності. Їх аналіз дає змогу визначити ступінь використання технічних можливостей машини та оцінити ефективність організації виробничого процесу. Формули визначення технологічної продуктивності, коефіцієнта продуктивності та їх взаємозв'язок наведено на рис. 3.3.



**Рис. 3.3. Формули визначення технологічної продуктивності, коефіцієнта продуктивності та їх взаємозв'язок**

Технологічна продуктивність залежить від конструктивних параметрів машини, швидкості руху робочих органів, режимів роботи обладнання, фізико-механічних властивостей сировини та особливостей технологічного процесу. Вона характеризує потенційні можливості машини щодо виготовлення або оброблення продукції за одиницю часу за оптимальних умов експлуатації.

На продуктивність технологічного обладнання впливає сукупність конструктивних, технологічних, організаційних та експлуатаційних факторів.

Використання сучасних автоматизованих систем дозволяє підвищити продуктивність праці, зменшити втрати часу та забезпечити стабільність технологічних режимів.

Продуктивність обладнання значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей сировини та напівфабрикатів, таких як вологість, густина, в'язкість, гранулометричний склад та інші характеристики. Важливим фактором є також якість підготовки сировини до перероблення, оскільки належна підготовка забезпечує рівномірність технологічного процесу та покращує умови роботи обладнання.

На ефективність роботи впливають кваліфікація і досвід обслуговуючого персоналу. Правильна експлуатація обладнання, своєчасне виявлення та усунення несправностей сприяють підвищенню продуктивності та надійності роботи машин.

Своєчасне технічне обслуговування і ремонт забезпечують підтримання обладнання у працездатному стані, зменшують кількість аварійних зупинок та сприяють продовженню терміну його експлуатації.

Продуктивність також залежить від ступеня завантаження машини. Робота обладнання з оптимальним навантаженням забезпечує найбільш ефективне використання його технічних можливостей.

Важливе значення має дотримання встановлених технологічних параметрів процесу, зокрема температури, тиску, швидкості руху робочих органів та інших режимних показників. Відхилення від оптимальних значень можуть призводити до зниження продуктивності та погіршення якості продукції.

Крім того, на продуктивність впливає рівень організації виробництва та забезпечення безперервності технологічного процесу. Раціональна організація роботи, своєчасне постачання сировини та узгоджена робота всіх виробничих ланок сприяють ефективному використанню обладнання і підвищенню продуктивності підприємства в цілому.

Підвищення продуктивності обладнання досягається шляхом удосконалення конструкції машин, упровадження сучасних засобів автоматизації, скорочення непродуктивних витрат часу, оптимізації режимів роботи обладнання, підвищення рівня технічного обслуговування та раціональної організації виробництва. Важливими напрямками підвищення продуктивності також є модернізація обладнання, застосування енергоощадних технологій і використання сучасних систем контролю та керування технологічними процесами.

Аналіз дійсної, теоретичної та технологічної продуктивності дає змогу оцінити ефективність використання технологічного обладнання, виявити резерви підвищення продуктивності праці, зменшити втрати виробничого часу та забезпечити раціональне використання матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів підприємства. Показники продуктивності є важливими критеріями під час вибору, проектування та експлуатації технологічного обладнання харчових виробництв.

## **2. Основні техніко-економічні показники технологічного обладнання**

Основні властивості машин є важливими показниками, за якими оцінюють якість конструкції, технічний рівень та ефективність використання обладнання. Вони характеризують не лише виробничі можливості машини, а й її надійність, економічність, безпечність та зручність експлуатації. Для комплексної оцінки якості машин усі властивості прийнято об'єднувати в окремі групи залежно від їх призначення та характеру впливу на виробничий процес. Такий поділ дає змогу більш повно оцінити технічні, економічні та експлуатаційні характеристики обладнання, а також обґрунтовано здійснювати його вибір і вдосконалення.

Якість конструкції технологічних машин визначається сукупністю властивостей, які характеризують їхню надійність, довговічність, ремонтпридатність, безпечність та ефективність експлуатації. Оцінювання цих властивостей дає змогу визначити відповідність обладнання виробничим вимогам і забезпечити його раціональне використання. Основні властивості машин, що характеризують якість конструкції, та їх класифікацію наведено на рис. 3.4.



*Рис. 3.4. Основні властивості машин, що характеризують якість конструкції, та їх класифікація*

Якість конструкції машини оцінюється за багатьма критеріями, кожен з яких характеризує окремі властивості обладнання. Розглянемо основні з них.

До виробничих техніко-економічних показників належать технологічність конструкції, трудомісткість виготовлення та складання, ступінь стандартизації й уніфікації деталей і вузлів, взаємозамінність складальних одиниць, матеріаломісткість та енергоємність конструкції, а також рівень використання стандартних і типових елементів. Технологічність конструкції характеризує простоту виготовлення, складання, технічного обслуговування та ремонту машини, а також відповідність її конструктивних рішень сучасним технологіям машинобудування. Зазначені показники значною мірою визначають витрати на проектування, виготовлення та введення обладнання в експлуатацію.

До експлуатаційних техніко-економічних показників належать функціональні характеристики машини та показники її надійності. Функціональні показники відображають здатність обладнання ефективно виконувати задані технологічні операції та включають точність виконання технологічного процесу, продуктивність обладнання, експлуатаційну енергоємність, стабільність роботи, універсальність і гнучкість використання.

Саме ці характеристики визначають ефективність застосування машини в конкретних виробничих умовах.

Особливе значення серед експлуатаційних показників мають показники надійності, що характеризують здатність машини зберігати працездатність протягом устанавленого періоду експлуатації. До них належать безвідмовність роботи, довговічність, ремонтпридатність, збережуваність, ресурс роботи машини та коефіцієнт технічної готовності. Високі показники надійності забезпечують стабільність технологічного процесу, зменшують кількість аварійних зупинок, сприяють скороченню витрат на ремонт і технічне обслуговування та підвищують загальну ефективність виробництва.

Надійність є однією з найважливіших характеристик технологічного обладнання, оскільки безпосередньо впливає на продуктивність виробництва, якість продукції та економічні показники роботи підприємства.

До групи експлуатаційних неекономічних показників належать характеристики обладнання, які не мають безпосереднього грошового вираження, проте істотно впливають на ефективність його використання, умови праці персоналу та загальну якість виробничого процесу.

Одним із найважливіших показників є безпечність експлуатації, яка характеризує здатність обладнання забезпечувати захист обслуговуючого персоналу від травм, аварійних ситуацій та інших небезпечних факторів під час роботи.

Важливе значення має ергономічність, тобто відповідність конструкції обладнання фізіологічним і психологічним особливостям людини. Ергономічне обладнання забезпечує зручність керування, знижує втому працівників і підвищує продуктивність праці.

Естетичність конструкції характеризує зовнішній вигляд обладнання, гармонійність його форми, сучасність дизайну та якість виконання. Хоча цей показник безпосередньо не впливає на технологічний процес, він сприяє формуванню позитивного виробничого середовища.

Важливою характеристикою є екологічність, яка визначає рівень впливу обладнання на навколишнє середовище. Екологічно безпечне обладнання забезпечує мінімальні викиди шкідливих речовин, знижене споживання енергоресурсів та ефективне використання сировини.

До неекономічних показників належить також зручність обслуговування, що характеризує простоту проведення налагодження, очищення, технічного обслуговування та ремонту обладнання. Чим зручніше обслуговування, тим менше часу витрачається на допоміжні операції.

Суттєве значення мають рівні шуму та вібрації, які впливають на умови праці, комфорт персоналу та санітарно-гігієнічні показники виробничого середовища. Зниження шуму і вібрацій сприяє покращенню безпеки та працездатності працівників.

Окремим показником є престижність і сучасність конструктивного виконання, які відображають рівень технічної досконалості обладнання, використання новітніх технологій, матеріалів та інженерних рішень.

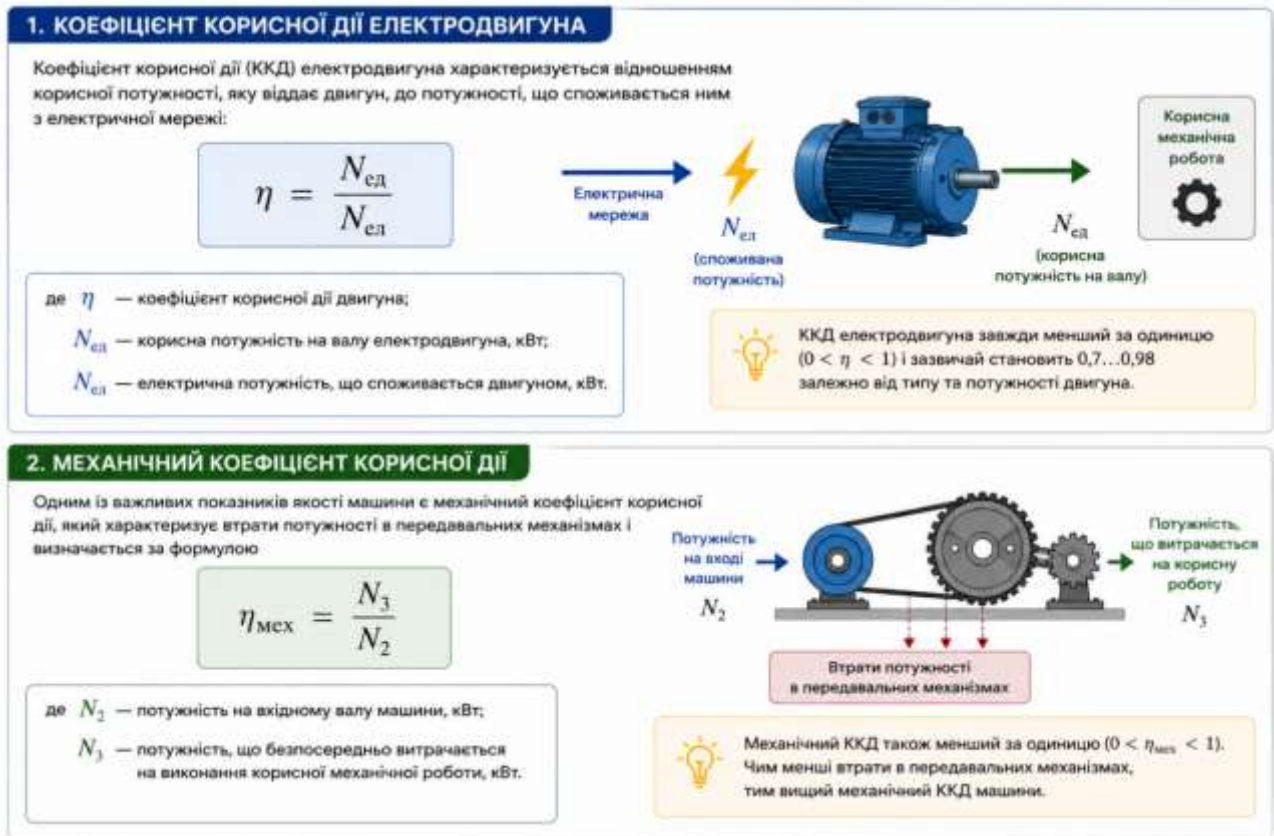
Таким чином, експлуатаційні неекономічні показники є важливими характеристиками технологічного обладнання, оскільки визначають безпечність, комфортність, екологічність та зручність його використання, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню ефективності виробництва.

Крім наведених показників, існують також спеціальні показники якості, які використовують для порівняння машини з базовими або еталонними зразками. Такі показники дають змогу оцінити конкурентоспроможність обладнання, визначити рівень його технічної досконалості та обґрунтувати доцільність впровадження у виробництво.

Комплексна оцінка якості технологічної машини повинна враховувати не лише її технічні характеристики, а й економічні, експлуатаційні, ергономічні та екологічні показники. Лише системний підхід до оцінювання якості дає змогу забезпечити ефективну, безпечну та економічно доцільну експлуатацію обладнання.

Одним із найважливіших показників ефективності роботи машин і механізмів є коефіцієнт корисної дії (ККД). Він характеризує ступінь використання підведеної енергії для виконання корисної роботи та дає змогу оцінити втрати енергії, що виникають під час функціонування обладнання. Для електродвигунів коефіцієнт корисної дії визначається відношенням корисної потужності на валу до потужності, споживаної з електричної мережі. У механічних передачах ККД характеризує втрати потужності, що виникають внаслідок тертя, деформацій та інших факторів у передавальних механізмах. Чим вищий коефіцієнт корисної дії, тим ефективніше використовується енергія та меншими є втрати під час роботи машини.

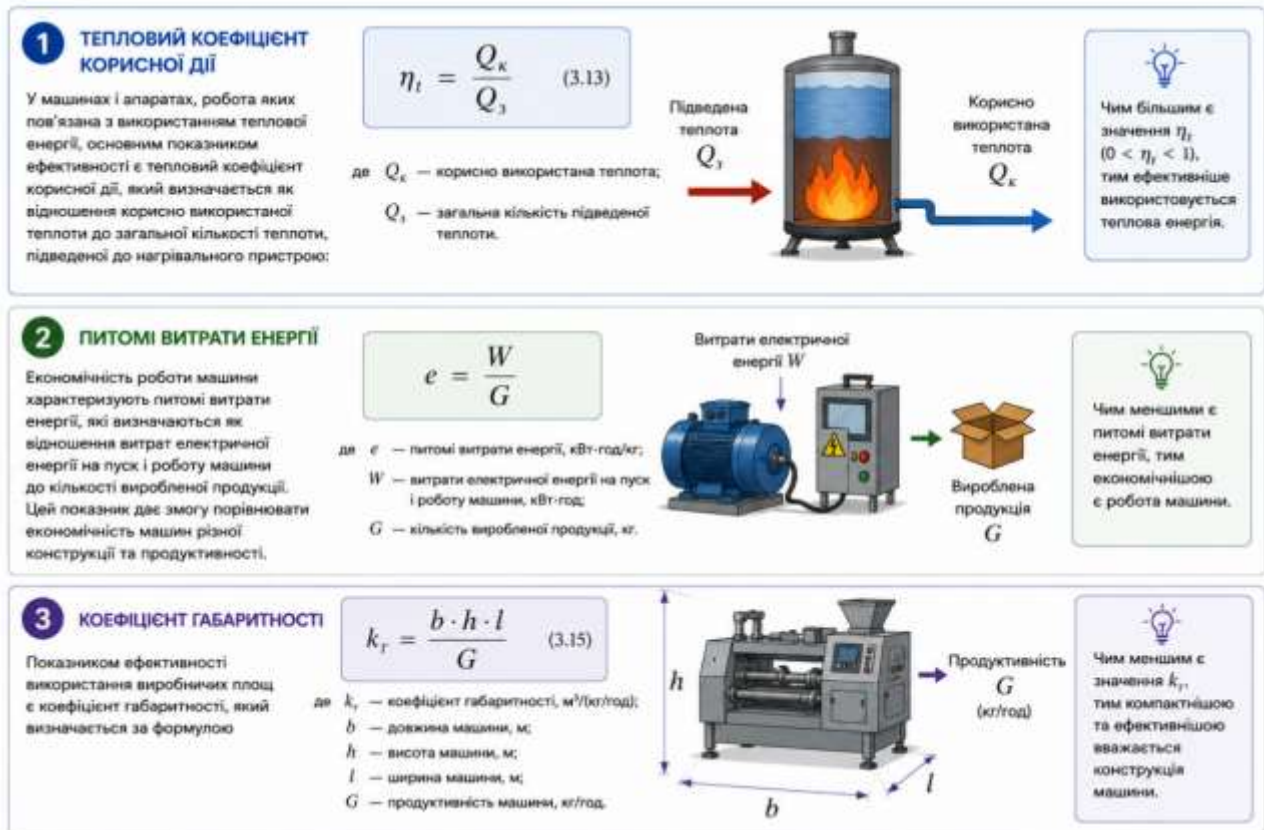
Схеми та формули визначення коефіцієнта корисної дії електродвигуна та механічного коефіцієнта корисної дії машини наведено на рис. 3.5.



**Рис. 3.5. Коефіцієнти корисної дії електродвигуна та механічної передачі машини**

Ефективність роботи машин і апаратів оцінюється за системою техніко-економічних показників, які характеризують ступінь використання енергії, матеріалів та виробничих площ. Для обладнання, що працює з використанням теплової енергії, важливим показником є тепловий коефіцієнт корисної дії, який відображає частку теплоти, що безпосередньо використовується для виконання технологічного процесу. Економічність роботи машин характеризують питомі витрати енергії, які показують кількість енергії, необхідної для виробництва одиниці продукції. Важливим конструктивним показником є також матеріаломісткість машини, що характеризує витрати матеріалу на створення обладнання в розрахунку на його продуктивність. Раціональність використання виробничих площ оцінюється коефіцієнтом габаритності, який враховує співвідношення між габаритними розмірами машини та її продуктивністю. Сукупність цих показників дає змогу комплексно оцінити технічну досконалість та економічну ефективність технологічного обладнання.

Основні показники ефективності роботи машин і апаратів наведено на рис. 3.6.



**Рис. 3.6. Основні показники ефективності роботи машин і апаратів**

Особливе місце серед показників якості займають показники надійності. Зі збільшенням швидкостей руху робочих органів і навантажень на елементи конструкції зростає ймовірність виникнення відмов і вимушених зупинок обладнання. У результаті фактична продуктивність машини може зростати повільніше, ніж її теоретично можлива продуктивність, а термін служби окремих вузлів і машини в цілому зменшується.

Під час проектування та експлуатації обладнання необхідно забезпечувати оптимальне співвідношення між витратами на виготовлення машини та витратами на її технічне обслуговування, ремонт і експлуатацію. Раціональна конструкція повинна забезпечувати мінімальні сукупні витрати протягом усього життєвого циклу машини за умови збереження високих показників продуктивності, надійності та безпеки.

### 3. Основні поняття надійності обладнання

Надійність є однією з найважливіших експлуатаційних характеристик технологічного обладнання. Вона визначає здатність машин і апаратів виконувати задані функції в установлених режимах роботи протягом певного періоду часу. Від рівня надійності обладнання залежать безперервність технологічного процесу, якість продукції, безпека праці, витрати на технічне обслуговування та економічна ефективність діяльності підприємства.

Працездатність — це стан машини, за якого вона здатна виконувати задані функції відповідно до вимог нормативно-технічної документації. Машина може перебувати у працездатному стані протягом усього періоду експлуатації з

перервами на технічне обслуговування та ремонт до настання граничного стану, коли подальша експлуатація стає неможливою або економічно недоцільною.

Справність — це стан машини, за якого вона відповідає всім вимогам, установленим нормативно-технічною документацією. Справна машина не має дефектів, які можуть впливати на її функціонування, безпеку або довговічність.

Відмова — це подія, що полягає у втраті машиною працездатності або порушенні здатності виконувати задані функції. Відмови можуть бути пов'язані з руйнуванням деталей, зношуванням поверхонь, порушенням регулювань або несправністю окремих вузлів. За характером виникнення відмови поділяють на раптові та поступові, а за можливістю усунення — на усувні та неусувні.

Напрацювання до відмови — це середня тривалість роботи машини від початку експлуатації або після ремонту до виникнення першої відмови. Для відновлюваних машин визначають також середнє напрацювання між двома послідовними відмовами.

Безвідмовність — властивість машини безперервно зберігати працездатний стан протягом заданого часу або заданого напрацювання без виникнення відмов.

Довговічність — властивість машини зберігати працездатність до настання граничного стану за умови проведення необхідного технічного обслуговування та ремонтів.

Ремонтопридатність — властивість машини, яка характеризує її пристосованість до попередження, виявлення та усунення відмов і несправностей шляхом проведення технічного обслуговування та ремонту. Висока ремонтпридатність забезпечує скорочення часу простоїв і зменшення витрат на відновлення працездатності обладнання.

Збережувальність — властивість машини зберігати встановлені показники якості та працездатності під час транспортування, зберігання, монтажу та після введення в експлуатацію.

Сукупність властивостей безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережувальності визначає надійність машини. Для її оцінювання використовують такі показники, як імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, коефіцієнт готовності, середній ресурс і середній термін служби. Комплексне оцінювання цих показників дає змогу прогнозувати ефективність роботи обладнання, своєчасно планувати технічне обслуговування та ремонт, а також запобігати аварійним ситуаціям.

Отже, надійність є комплексною властивістю технологічного обладнання, що визначає його здатність тривалий час ефективно виконувати виробничі функції. Знання основних показників надійності дає змогу оцінювати технічний стан машин, обґрунтовувати режими їх експлуатації та забезпечувати безпечну й економічно ефективну роботу обладнання на підприємствах харчової та переробної промисловості.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про види продуктивності машин, основні техніко-економічні показники та параметри якості обладнання; навчитися розраховувати

коефіцієнти продуктивності й ефективності; формувати розуміння показників надійності машин.

### **Теоретичні питання для опрацювання**

#### *I. Продуктивність машин і апаратів*

1. Поняття продуктивності машини.
2. Види продуктивності: дійсна; теоретична; технологічна.
3. Формули розрахунку продуктивності машин циклічної дії:

#### *II. Основні техніко-економічні показники технологічного обладнання*

1. Якість конструкції машини та її складові.
2. Групи показників якості:
  - виробничі техніко-економічні;
  - експлуатаційні техніко-економічні;
  - експлуатаційні неекономічні.
3. Основні показники:
  - коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна;
  - механічний ККД;
  - тепловий ККД;
  - питомі витрати енергії;
  - матеріалоемність;
  - коефіцієнт габаритності.
4. Вплив швидкості та навантаження на ефективність роботи обладнання.

#### *III. Основні поняття надійності обладнання*

1. Роботоздатність і справність.
2. Відмова (повна, часткова; раптова, поступова).
3. Наробка на відмову.
4. Безвідмовність.
5. Довговічність.
6. Ремонтпридатність.
7. Зберігаємість.
8. Комплексне поняття надійності.

### **Практичні завдання**

#### **Блок А. Розрахунково-аналітичний**

1. Машина виконала 480 циклів за 8 годин роботи. Визначити її дійсну продуктивність.
2. Теоретична продуктивність машини становить 80 од./год, фактична — 65 од./год.
  - Визначити коефіцієнт використання теоретичної продуктивності.
  - Зробити висновок щодо ефективності використання часу.
3. Визначити матеріалоемність машини масою 1200 кг при годинній продуктивності 300 кг/год.
4. Пояснити, як зміниться фактична продуктивність при збільшенні кількості вимушених зупинок.

#### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Підприємство планує модернізацію обладнання. Старий двигун має ККД 82 %, новий — 93 %. Обґрунтуйте економічну доцільність заміни.
2. Машина має високу продуктивність, але часто виходить із ладу. Які показники надійності порушені?
3. Порівняйте дві машини однакової продуктивності, але різної маси та габаритів. Яка з них буде більш економічно ефективною?

### **САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. Що характеризує продуктивність машини?
  - а) якість продукції; б) кількість продукції, виготовленої за одиницю часу; в) потужність двигуна.
2. Які види продуктивності машин розрізняють?
  - а) дійсну; б) теоретичну; в) технологічну; г) максимальну.
3. До виробничих техніко-економічних показників належать:
  - а) технологічність конструкції; б) трудомісткість виготовлення; в) ступінь стандартизації; г) матеріалоемність; д) енергоемність.
4. До функціональних показників якості конструкції належать:
  - а) точність виконання операцій; б) експлуатаційна енергоемність; в) безвідмовність; г) довговічність.
5. До групи експлуатаційних неекономічних показників належать:
  - а) безпечність; б) естетичність; в) престижність; г) продуктивність.
6. Коефіцієнт корисної дії двигуна характеризує відношення:
  - а) потужності, що віддає двигун, до потужності, яку він споживає; б) продуктивності до маси машини; в) корисної теплоти до підведеної теплоти.
7. Які показники належать до основних показників надійності обладнання?
  - а) безвідмовність; б) довговічність; в) ремонтпридатність; г) зберігаємість.
8. Що таке відмова машини?
  - а) стан машини після ремонту; б) порушення її роботоздатності; в) планова зупинка обладнання.
9. Які види відмов розрізняють?
  - а) раптові; б) поступові; в) ліквідуємі; г) неліквідуємі; д) технологічні.
10. Сукупність яких властивостей визначає загальну надійність машини?
  - а) безвідмовність; б) довговічність; в) ремонтпридатність; г) матеріалоемність; д) енергоемність.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – а, б, в; 3 – а, б, в, г, д; 4 – а, б, в, г; 5 – а, б, в; 6 – а; 7 – а, б, в, г; 8 – б; 9 – а, б, в, г; 10 – а, б, в.

## БЛОК 4

# ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про способи, технічні засоби та сучасні технології зберігання сільськогосподарської сировини, особливості використання машин і обладнання для зберігання зерна, овочів, фруктів і кормів; розвивати вміння аналізувати умови та режими зберігання сільськогосподарської сировини, оцінювати ефективність застосування технічних засобів і сучасних автоматизованих систем зберігання; виховувати відповідальне ставлення до раціонального використання сировинних ресурсів, прагнення до професійного самовдосконалення, дотримання вимог безпеки праці та культури виробництва

### План

1. Теоретичні основи зберігання сільськогосподарської сировини.
2. Машини та обладнання для зберігання зернової сировини.
3. Машини та обладнання для зберігання овочів і фруктів.
4. Машини та обладнання для зберігання кормової сировини.
5. Автоматизація процесів зберігання сільськогосподарської сировини.

***Мотивація.** Зберігання сільськогосподарської сировини є важливим етапом виробничого процесу, від якого залежать якість продукції, рівень її втрат та економічна ефективність підприємства. Знання способів зберігання, будови й принципів роботи відповідного обладнання дають змогу майбутньому педагогу професійного навчання якісно здійснювати професійну підготовку кваліфікованих робітників для аграрної галузі та формувати в них сучасне технологічне мислення.*

### **1. Теоретичні основи зберігання сільськогосподарської сировини**

Сільське господарство забезпечує населення продовольством, а переробну промисловість — сировиною. Проте вирощування та збирання врожаю є лише частиною виробничого процесу. Не менш важливим етапом є правильна організація зберігання сільськогосподарської сировини, оскільки саме під час зберігання можуть виникати найбільші втрати маси, поживної цінності та товарної якості продукції.

Сучасні технології зберігання ґрунтуються на керуванні фізичними, біохімічними та мікробіологічними процесами, що відбуваються в продукції після її збирання. Для цього використовують спеціальні споруди, машини та установки: зерносховища, овочесховища, фруктосховища, холодильні камери, силоси, вентиляційні системи, обладнання для сушіння, охолодження та герметизації. Раціональний вибір способу зберігання дає змогу мінімізувати

втрати, зберегти якість продукції та підвищити ефективність аграрного виробництва.

Правильна організація зберігання сільськогосподарської сировини базується на розумінні фізіологічних, біохімічних і мікробіологічних процесів, що відбуваються в продукції після її збирання. Важливо усвідомлювати, що зерно, овочі, плоди, фрукти та кормові культури залишаються біологічно активними об'єктами, у яких продовжуються процеси життєдіяльності. За відсутності належного контролю ці процеси можуть призводити до псування продукції та значних економічних втрат.

Після збирання врожаю в сільськогосподарській сировині продовжують відбуватися фізіологічні, біохімічні та мікробіологічні процеси, які можуть призводити до втрат маси та погіршення якості продукції (рис. 1.1).

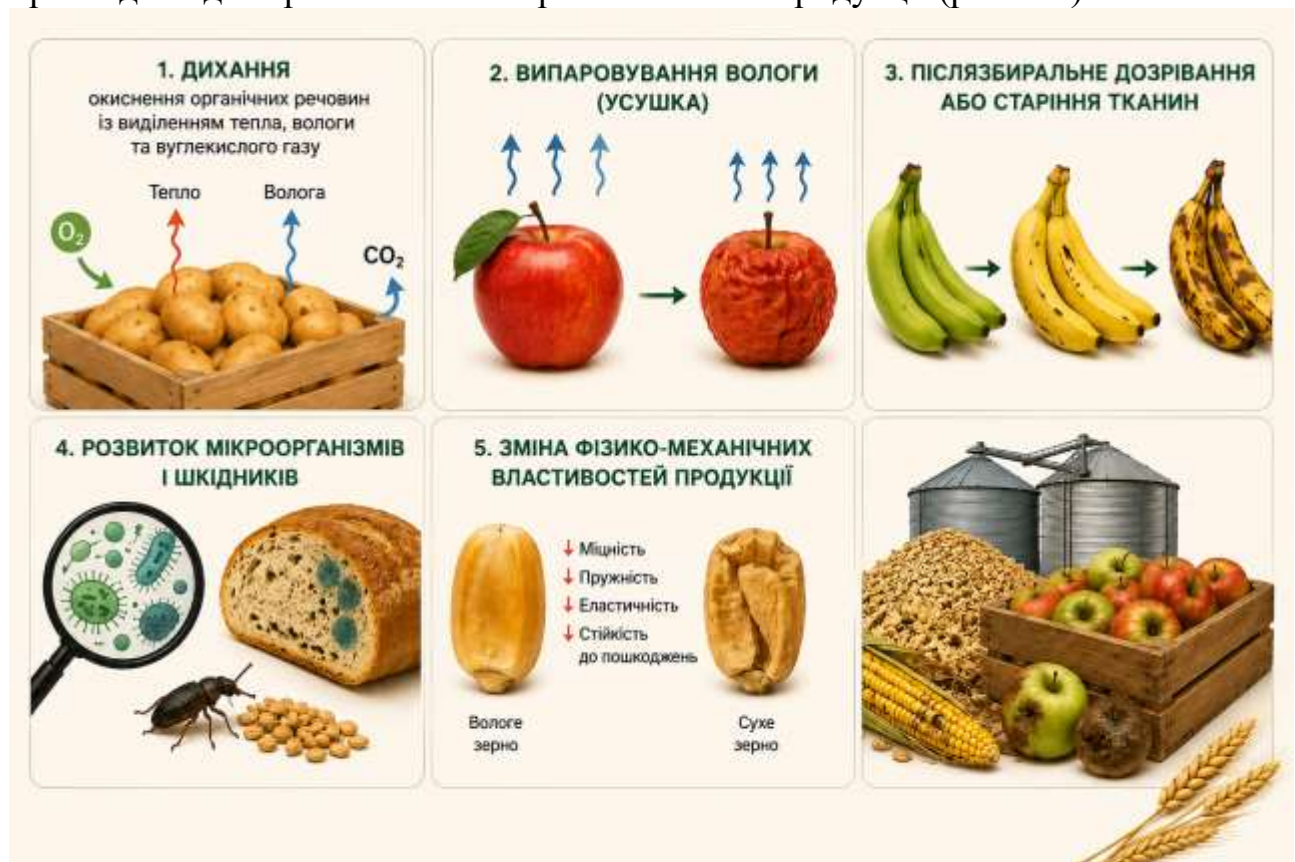


Рис. 4.1. Основні післязбиральні процеси в сільськогосподарській сировині

Інтенсивність зазначених процесів залежить від виду сировини, її вологості, температури, ступеня стиглості та умов навколишнього середовища.

Одним із найважливіших процесів, що відбуваються під час зберігання, є дихання. У процесі дихання відбувається окиснення органічних речовин із використанням кисню повітря. Спрощено цей процес можна подати такою схемою: *органічні речовини* + O<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + тепло.

У результаті дихання виділяється теплова енергія, яка накопичується в масі продукції. За несприятливих умов це може спричинити підвищення температури продукції, самоігрівання зерна, насіння або кормів, активізацію розвитку мікроорганізмів, утворення осередків пліснявиння, розвиток процесів гниття та псування.

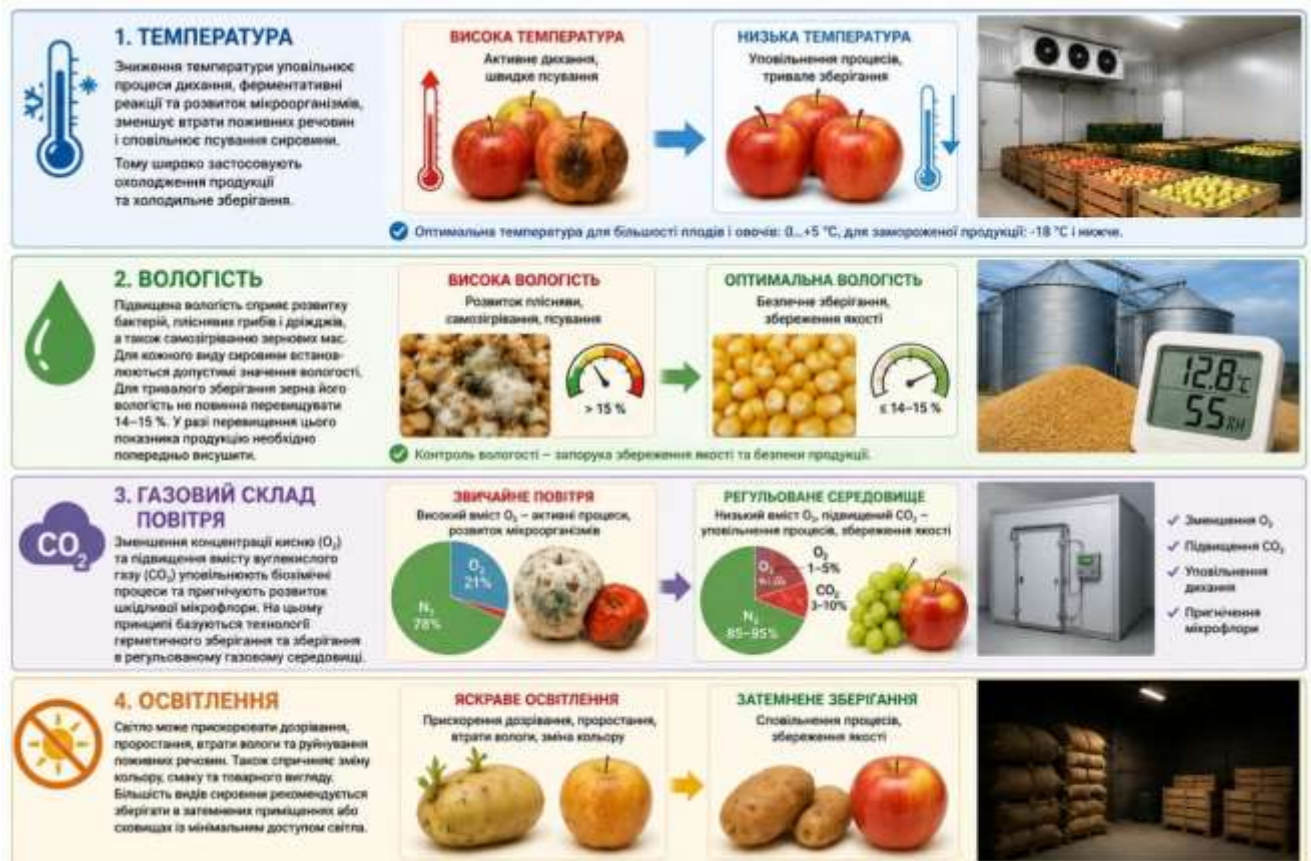
Особливо небезпечним є зберігання сировини з підвищеною вологістю без належної вентиляції, оскільки це створює сприятливі умови для інтенсивного самозігрівання та розвитку мікрофлори.

До основних біологічних чинників псування сільськогосподарської продукції належать бактерії, плісняві гриби, дріжджі, комахи, кліщі та гризуни.

Їхня діяльність призводить до втрат маси продукції, зниження її поживної та харчової цінності, накопичення токсичних речовин і продуктів життєдіяльності мікроорганізмів, погіршення товарного вигляду, зниження схожості насіння, погіршення смакових і технологічних властивостей продукції.

Саме тому під час зберігання необхідно суворо дотримуватися санітарно-гігієнічних вимог, регулярно контролювати стан продукції та здійснювати профілактичні заходи щодо боротьби зі шкідниками.

Ефективність зберігання сільськогосподарської сировини значною мірою залежить від параметрів навколишнього середовища, що впливають на інтенсивність біохімічних процесів і розвиток мікроорганізмів (рис. 4.2).



*Рис. 4.2. Вплив температури, вологості, газового складу повітря та освітлення на збереженість сільськогосподарської сировини*

Підтримання оптимальних параметрів навколишнього середовища є необхідною умовою забезпечення тривалого зберігання сільськогосподарської сировини, зменшення втрат продукції та збереження її харчової, біологічної й товарної цінності.

Ефективне зберігання сільськогосподарської сировини ґрунтується на комплексі заходів, спрямованих на уповільнення біохімічних процесів, запобігання розвитку мікроорганізмів і шкідників, а також на збереження якісних показників продукції протягом усього періоду зберігання. Для цього застосовують зниження вологості продукції шляхом сушіння, охолодження сировини до оптимальних температур, обмеження доступу повітря за допомогою герметизації, а також підтримання належного санітарно-гігієнічного стану сховищ. Важливе значення має захист продукції від шкідників і хвороб, постійний контроль температури, вологості та газового складу середовища, а також своєчасне проведення профілактичних і технологічних заходів. Дотримання цих принципів дає змогу мінімізувати втрати маси та якості продукції, забезпечити її тривале зберігання і підвищити економічну ефективність виробництва.

## **2. Машина та обладнання для зберігання зернової сировини**

Зерно є одним із найважливіших і наймасовіших видів сільськогосподарської продукції. Воно характеризується відносно високою здатністю до зберігання порівняно з іншими видами рослинної сировини. Проте за підвищеної вологості або температури зернова маса швидко втрачає якість унаслідок інтенсивного дихання, розвитку мікроорганізмів, шкідників хлібних запасів і процесів самозігрівання. Тому головним завданням технології зберігання зерна є створення таких умов, за яких фізіологічні, біохімічні та мікробіологічні процеси максимально уповільнюються.

Перед закладанням на зберігання зерно проходить післязбиральну обробку, яка забезпечує підвищення його стійкості під час тривалого зберігання. До основних операцій післязбиральної обробки належать очищення зерна від домішок, пилу та пошкоджених зерен, сортування і калібрування, сушіння до кондиційної вологості, а за потреби — знезараження від шкідників і збудників хвороб.

Якісна підготовка зернової маси значно знижує ризик розвитку процесів самозігрівання, ураження мікроорганізмами та втрат товарних і посівних властивостей зерна.

Одним із найважливіших завдань під час підготовки зерна до зберігання є захист його від комах-шкідників. Наявність навіть незначної кількості шкідників у зерновій масі може призвести до швидкого поширення зараження, підвищення температури зерна, погіршення його якості та значних економічних втрат.

Для боротьби зі шкідниками зернових запасів застосовують різні методи знезараження зерна та складських приміщень.

Одним із найсучасніших способів є небулізація. Цей метод передбачає розпилення дрібнодисперсного аерозолу інсектицидних препаратів над зерновою масою. Частинки препарату рівномірно розподіляються в об'ємі сховища та забезпечують ефективно знищення дорослих комах і значної частини їхніх личинок. Метод характеризується високою ефективністю, швидкістю обробки та можливістю застосування на сучасних механізованих елеваторах. За

умови дотримання встановлених норм і правил безпеки препарати не становлять небезпеки для персоналу та навколишнього середовища.

Ефективне зберігання зерна передбачає використання технологічних методів, що забезпечують пригнічення розвитку шкідників, мікроорганізмів і сповільнення біохімічних процесів у зерновій масі (рис. 4.3).



*Рис. 4.3. Технологічні методи боротьби зі шкідниками та забезпечення тривалого зберігання зерна*

За таких умов значно сповільнюються процеси дихання зерна, розвиток мікроорганізмів і шкідників, що забезпечує можливість тривалого зберігання продукції без істотного погіршення її якості.

Основними перевагами сухого зберігання є зниження інтенсивності фізіологічних процесів у зерні, можливість тривалого зберігання та відносна простота організації технологічного процесу.

Для реалізації цього способу використовують шахтні, барабанні та модульні зерносушарки, а також системи активного вентилявання зернової маси.

Охолоджене зберігання передбачає підтримання в зерновій масі низької температури, зазвичай у межах від 5 до 12 °С. За таких умов значно уповільнюються процеси дихання зерна, розвиток мікроорганізмів і життєдіяльність комах-шкідників.

Перевагою охолодженого зберігання є мінімальні кількісні та якісні втрати продукції. Ефективність цього способу значною мірою залежить від правильно організованої вентиляції. Для забезпечення стабільного температурного режиму

використовують припливно-витяжні системи вентиляції. У теплий період року вентилявання зазвичай здійснюють у нічний час, коли температура зовнішнього повітря нижча, а в холодний період — за потреби протягом доби.

Особливу увагу приділяють запобіганню утворенню конденсату в зерновій масі та на внутрішніх поверхнях сховищ, оскільки це може спричинити локальне підвищення вологості та розвиток пліснявих грибів.

Сутність охолодженого зберігання полягає в уповільненні життєдіяльності комах, мікроорганізмів і самого зерна, що забезпечує збереження його якості протягом тривалого часу.

Охолодження зерна може здійснюватися шляхом активного вентилявання холодним атмосферним повітрям, сезонного охолодження в осінньо-зимовий період або за допомогою спеціальних холодильних установок.

Основними завданнями активного вентилявання є вирівнювання температури зернової маси, видалення надлишкової вологи, запобігання самозігріванню, а також створення сприятливих умов для тривалого та безпечного зберігання зерна.

Підвищення ефективності зберігання зерна досягається шляхом створення безкисневого середовища або застосування сучасних методів знезараження, зокрема променевої стерилізації (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Сучасні методи забезпечення збереженості та знезараження зерна

Герметичне, або безкисневе, зберігання зерна ґрунтується на обмеженні доступу кисню до зернової маси. Цей спосіб є одним із найефективніших для тривалого зберігання зерна, особливо у випадках, коли необхідно максимально зберегти його якісні показники та поживну цінність. Сутність методу полягає у

створенні в сховищі такого газового середовища, в якому вміст кисню знижується до мінімального рівня, а концентрація вуглекислого газу підвищується. За таких умов значно сповільнюються процеси дихання зерна, пригнічується розвиток мікроорганізмів і повністю або частково припиняється життєдіяльність шкідників хлібних запасів. У результаті зернова маса переходить у стан своєрідної біологічної консервації, що забезпечує тривале збереження її якості.

Перевагами герметичного зберігання є мінімальні втрати сухої речовини, ефективний захист від шкідників, збереження харчових, технологічних і посівних властивостей зерна, а також можливість тривалого зберігання продукції без застосування хімічних засобів захисту. Разом із тим цей спосіб потребує використання спеціальних герметичних споруд і постійного контролю параметрів газового середовища. Основними засобами реалізації герметичного зберігання є металеві герметичні силоси, полімерні рукави (зернові мішки), газонепроникні ємності та спеціалізовані герметичні сховища.

Одним із перспективних способів знезараження зерна є променева стерилізація. Суть методу полягає у пригніченні або знищенні мікроорганізмів, комах-шкідників та їхніх личинок за допомогою різних видів електромагнітного випромінювання. Для обробки зерна можуть використовуватися інфрачервоні, ультрафіолетові, рентгенівські, а також іонізуючі випромінювання. Найбільший стерилізувальний ефект забезпечують  $\beta$ - та  $\gamma$ -промені, які здатні проникати в товщу зернової маси та ефективно знищувати патогенну мікрофлору і шкідників.

Перевагами променевої стерилізації є висока ефективність знезараження, відсутність хімічних залишків у продукції та можливість обробки великих партій зерна. Водночас застосування цього методу потребує спеціального обладнання, суворого дотримання вимог радіаційної безпеки та значних капіталовкладень.

Насіннєве зерно потребує особливо ретельного зберігання, оскільки необхідно забезпечити не лише його збереження, а й високу схожість та енергію проростання. Основним режимом зберігання насіннєвих фондів є зберігання зерна в сухому, очищеному та охолодженому стані.

Вологість насіннєвого зерна, що закладають на зберігання, повинна бути на 1,5–2,0 % нижчою за критичну для відповідної культури. Температуру зернової маси рекомендується підтримувати на рівні не вище 5–10 °С. Такі умови забезпечують мінімальну інтенсивність біохімічних процесів і сприяють тривалому збереженню посівних якостей насіння.

За партіями насіннєвого зерна здійснюють постійний контроль температури, вологості та зараженості шкідниками хлібних запасів. Насіннєве зерно очищають і висушують у першочерговому порядку, а охолодження проводять лише після завершення процесів післязбирального дозрівання.

Для захисту насіння від грибкових і бактеріальних захворювань перед закладанням на зберігання проводять протруювання спеціальними препаратами. При цьому використовують засоби захисту рослин, дозволені для обробки насіннєвого матеріалу, які пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів і не знижують схожість насіння.

Залежно від функціонального призначення, тривалості зберігання зерна та місця розташування в логістичному ланцюгу використовують різні типи зерносховищ. Кожен із них виконує певні технологічні завдання щодо приймання, обробки, зберігання, транспортування або реалізації зернової продукції (рис. 4.5).



*Рис. 4.5. Основні типи зерносховищ та їх функціональне призначення*

Кожен із наведених типів зерносховищ виконує специфічні функції в системі післязбиральної обробки та зберігання зерна. Проте навіть найсучасніше технологічне обладнання не може забезпечити належне збереження продукції без ефективного захисту від зовнішніх несприятливих факторів, таких як атмосферні опади, коливання температури, підвищена вологість, шкідники та гризуни. Вибір типу зерносховища визначається обсягом продукції, тривалістю зберігання, призначенням зерна та рівнем механізації технологічних процесів.

Для забезпечення належних умов зберігання зерна необхідно здійснювати постійний контроль його стану та параметрів середовища. Своєчасне виявлення несприятливих змін дозволяє запобігти самозігріванню зернової маси, розвитку шкідників, погіршенню якості продукції та втратам під час зберігання.

Одним із найважливіших заходів є регулярне вимірювання температури зернової маси. Підвищення температури може свідчити про розвиток процесів самозігрівання, активізацію мікроорганізмів або шкідників.

Не менш важливим є контроль вологості зерна. Надмірна вологість створює сприятливі умови для розвитку пліснявих грибів, бактерій та процесів псування продукції, тому вологість повинна підтримуватися в межах, установлених для конкретної культури.

У процесі зберігання проводять також перевірку зараженості зерна комахами-шкідниками та кліщами. Своєчасне виявлення шкідників дозволяє оперативно вжити заходів щодо їх ліквідації та запобігти втратам продукції.

Важливим елементом контролю є оцінювання санітарного стану зерносховищ. Необхідно регулярно перевіряти чистоту приміщень, відсутність залишків зерна, сміття, пилу та джерел можливого зараження.

Для підтримання належного стану зернової маси здійснюють її періодичне переміщення або аерацію. Ці заходи сприяють вирівнюванню температури та вологості по всьому об'єму зерна, запобігають самозігріванню та покращують умови зберігання.

Ефективне зберігання зернової сировини досягається завдяки комплексному застосуванню післязбиральної обробки, сушіння, охолодження, активного вентилявання, герметизації та використання сучасних зерносховищ. Раціональний вибір способу зберігання, належний технічний стан сховищ і постійний контроль параметрів зернової маси забезпечують мінімальні втрати продукції, збереження її якості та підвищення економічної ефективності зернового виробництва.

### **3. Машини та обладнання для зберігання овочів і фруктів**

Плодоовочева продукція належить до швидкопсувних видів сільськогосподарської сировини, тому її зберігання потребує створення спеціальних умов, які забезпечують уповільнення фізіологічних і біохімічних процесів, зменшення втрат маси та збереження товарних і харчових властивостей. Найкращі результати досягаються при зберіганні продукції у спеціалізованих сховищах, зокрема картоплесховищах, капустосховищах, коренеплодосховищах і цибулесховищах, де забезпечується підтримання оптимального температурно-вологісного режиму та належного повітрообміну.

Плоди зерняткових і кісточкових культур, а також ягоди доцільно зберігати в холодильних сховищах із регульованим газовим середовищем. Застосування таких технологій дає змогу значно знизити інтенсивність дихання плодів, сповільнити процеси дозрівання та старіння і суттєво подовжити термін зберігання продукції.

Для транспортування та зберігання плодоовочевої продукції використовують різні види тари: дерев'яні та пластикові ящики, контейнери, піддони, напівконтейнери, лотки, коробки та мішки. Вибір тари залежить від виду продукції, її фізико-механічних властивостей, способу транспортування та тривалості зберігання.

У великомістких контейнерах і ящиківих піддонах зазвичай транспортують і зберігають картоплю, коренеплоди та гарбузові культури. Плоди яблуні, груші, томати, баклажани, перець та іншу продукцію, яка потребує більш дбайливого поводження, розміщують у маломісткій тарі. Такий спосіб зберігання дає змогу зменшити механічні пошкодження та краще зберегти товарну якість продукції.

Місткість контейнерів зазвичай становить від 300 до 600 кг продукції, а ящиківих піддонів і напівконтейнерів — від 200 до 300 кг. Більшість таких видів

тари є багатооборотними, тобто придатними для багаторазового використання після відповідної санітарної обробки. У міжсезонний період їх можна компактно складати та зберігати.

Ящики та лотки використовують переважно для транспортування і зберігання дрібноплідної та легко травмованої продукції, зокрема плодів зерняткових і кісточкових культур, ягід та окремих видів овочів. У такій тарі продукція часто зберігається безпосередньо до моменту реалізації, тоді як великогабаритні контейнери використовують переважно для накопичення, транспортування та тимчасового зберігання до сортування або перероблення.

Традиційно найбільш поширеною є дерев'яна тара, проте останнім часом все ширше застосовуються вироби з пластмас, полімерних матеріалів, картону, сітчастих матеріалів і спеціальних пакувальних плівок. Для транспортування продукції, що швидко псується, використовують кошики місткістю 1–3 кг, а також спеціальну споживчу тару. Значного поширення набули контейнери з ударостійких полімерних матеріалів, зокрема поліетилену низького тиску та високоміцного полістиролу. Ящики можуть виготовлятися з пресованої соломи, а коробки — з гофрованого картону. Для пакування окремих видів продукції використовують також крафт-паперові мішки та сучасні термопластичні матеріали.

Транспортування плодів і овочів здійснюють у спеціально обладнаних транспортних засобах — рефрижераторних автомобілях, вагонах або контейнерах, оснащених холодильними установками. У таких транспортних засобах одночасно з охолодженням може підтримуватися певний газовий склад середовища, що сприяє збереженню якості продукції під час перевезення на значні відстані.

Висота складування затареної продукції залежить від типу сховища та способу регулювання режиму зберігання. У сховищах із регульованим температурним режимом висота укладання тари може досягати 6 м, при цьому між верхнім рядом тари та стелею необхідно залишати вільний простір заввишки 0,5–0,6 м для забезпечення належної циркуляції повітря. Якщо сховище обладнане системою примусової вентиляції, висота штабелювання зазвичай становить 2–2,5 м.

У сховищах із припливно-витяжною вентиляцією без регулювання температури висота укладання продукції в тарі або насипом становить у середньому 1,2–1,5 м і визначається залежно від виду продукції. При зберіганні продукції насипом у буртах, траншеях або засіках висота насипу залежить як від культури, так і від способу підтримання режиму зберігання. За використання систем активного вентилявання або холодильних установок висота насипу може досягати 5–6 м, за примусової вентиляції — до 2 м, а за природної вентиляції — 1–1,2 м.

Як правило, в одній камері або секції сховища розміщують один вид продукції приблизно однакової якості та ступеня стиглості. За необхідності окремо зберігають різні сорти однієї культури, якщо вони потребують різних режимів зберігання.

Овочі та фрукти є соковитою рослинною продукцією з високим вмістом води, який залежно від виду культури може становити від 70 до 95 %. Саме тому вони досить швидко втрачають якість під час зберігання. Після збирання врожаю в плодах та овочах продовжуються процеси дихання, випаровування вологи, дозрівання, старіння тканин і біохімічних перетворень. Унаслідок цього можуть виникати в'янення, зморщування, зниження харчової цінності, розвиток мікроорганізмів, гниття та значні втрати маси продукції.

Основним завданням технології зберігання плодоовочевої продукції є створення таких умов, за яких фізіологічні та біохімічні процеси максимально сповільнюються. Це досягається шляхом підтримання оптимальної температури та вологості повітря, регулювання газового складу середовища, забезпечення належної вентиляції, використання сучасних сховищ і дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Лише комплексне дотримання цих заходів дає змогу забезпечити тривале зберігання продукції з мінімальними втратами та високою якістю.

Ефективність зберігання плодоовочевої продукції значною мірою визначається її біологічними особливостями. На відміну від зерна, овочі та фрукти після збирання залишаються живими організмами, у тканинах яких продовжуються фізіологічні та біохімічні процеси. Саме тому під час зберігання необхідно створювати умови, які забезпечують максимальне уповільнення життєдіяльності продукції та збереження її споживчих властивостей.

До основних біологічних особливостей овочів і фруктів належать інтенсивне дихання та виділення тепла, значне випаровування вологи, висока чутливість до механічних пошкоджень, а також схильність до розвитку мікроорганізмів і фізіологічних захворювань. Інтенсивність цих процесів залежить від виду продукції, ступеня її стиглості, температури, вологості та газового складу навколишнього середовища. Саме тому для кожної культури встановлюють оптимальні режими зберігання, які передбачають підтримання відповідної температури, відносної вологості повітря та концентрації окремих газів.

Важливою умовою успішного зберігання є правильна підготовка продукції перед закладанням у сховище. Перед зберіганням овочі та фрукти сортують за якістю і розмірами, видаляють пошкоджені, хворі та нестандартні екземпляри, очищають від залишків ґрунту та сторонніх домішок. Для окремих культур, зокрема картоплі та коренеплодів, проводять лікувальне підв'ялювання або лікувальний період зберігання, під час якого відбувається загоєння механічних пошкоджень і формується захисний корковий шар. У багатьох випадках продукцію додатково охолоджують безпосередньо після збирання врожаю, що дає змогу значно знизити інтенсивність дихання та уповільнити процеси старіння.

Правильно проведена підготовка суттєво зменшує ризик розвитку хвороб, поширення гнилей і втрат продукції під час тривалого зберігання.

Тимчасове зберігання застосовують безпосередньо після збирання врожаю до його транспортування або закладання в стаціонарні сховища. Для цього

використовують бурти, кагати, траншеї, а також різні способи укриття продукції соломною, матами чи полімерними матеріалами.

Такий спосіб характеризується простотою організації та відносно низькими витратами, проте придатний переважно для короткочасного зберігання. Його ефективність значною мірою залежить від погодних умов і правильності організації вентиляції продукції.

Найбільш поширеним способом є зберігання продукції у спеціалізованих стаціонарних сховищах, обладнаних системами природної або примусової вентиляції. Такі споруди забезпечують підтримання оптимального температурно-вологісного режиму та створюють сприятливі умови для тривалого зберігання продукції.

Сучасні овочесховища дозволяють регулювати температуру і вологість повітря, здійснювати активне вентилявання продукції, а також механізувати процеси завантаження, переміщення та розвантаження. Цей спосіб широко застосовують для зберігання картоплі, моркви, столових буряків, капусти, цибулі та інших овочевих культур.

Для забезпечення тривалого зберігання плодоовочевої продукції застосовують різні технологічні способи, серед яких найбільш поширеними є холодильне зберігання, зберігання в регульованому газовому середовищі та контейнерно-тарне зберігання. Ці методи дають змогу зберегти якість продукції, зменшити втрати та подовжити терміни її реалізації (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Основні способи зберігання плодоовочевої продукції

Необхідною умовою успішного зберігання овочів і фруктів є постійний контроль параметрів середовища та стану продукції. Під час зберігання

регулярно контролюють температуру, відносну вологість повітря, ефективність роботи вентиляційних систем, газовий склад середовища, санітарний стан приміщень, а також появу ознак захворювань, гнилей і шкідників.

Своєчасне виявлення відхилень від встановлених параметрів дозволяє оперативно вживати необхідних заходів для запобігання псуванню продукції та мінімізації втрат.

Сучасні способи зберігання овочів і фруктів ґрунтуються на регулюванні температури, вологості та газового складу середовища, а також на створенні умов, які обмежують біологічну активність продукції. Поєднання спеціалізованих сховищ, холодильних установок, систем вентиляції та автоматизованого контролю забезпечує мінімальні втрати, збереження високої якості продукції та подовження термінів її реалізації.

#### **4. Машини та обладнання для зберігання кормової сировини**

Кормова сировина є основою раціонів сільськогосподарських тварин і значною мірою визначає їхню продуктивність, здоров'я та ефективність використання кормів. Від її якості залежить рівень засвоєння поживних речовин, інтенсивність росту молодняку, продуктивність тварин та економічна ефективність галузі тваринництва. На відміну від зерна, зелені та соковиті корми містять значну кількість вологи, тому є менш стійкими до зберігання і швидко псуються під впливом мікроорганізмів та ферментативних процесів. Основним завданням технології зберігання кормової сировини є максимальне збереження поживних речовин, зокрема білків, вуглеводів, жирів, вітамінів і мінеральних речовин, а також запобігання втратам сухої речовини та енергії корму.

Кормова сировина характеризується низкою біологічних особливостей, які ускладнюють її тривале зберігання. До них належать висока вологість, яка може становити від 60 до 80 % і більше, інтенсивні процеси дихання рослинних тканин після скошування, швидкий розвиток мікроорганізмів, а також здатність до самозігрівання при ущільненні або неправильному зберіганні. Крім того, під час зберігання можуть відбуватися втрати каротину, цукрів та інших цінних поживних речовин, що призводить до зниження кормової цінності сировини. Значні втрати поживних речовин не лише погіршують якість кормів, а й знижують ефективність їх використання у тваринництві. За відсутності спеціальних заходів консервування зелена кормова маса починає втрачати поживну цінність уже через декілька годин після збирання і може повністю зіпсуватися протягом 1–2 діб.

Для тривалого зберігання кормів застосовують різні способи консервування, які забезпечують збереження поживних речовин і запобігають розвитку небажаної мікрофлори. Найбільш поширеними є заготівля сіна, силосування та виробництво сінажу, що ґрунтуються на зниженні вологості кормової маси або створенні анаеробних умов зберігання. Суть цих способів полягає у створенні умов, за яких пригнічується розвиток шкідливих мікроорганізмів і максимально зберігається поживна цінність корму. Вибір способу консервування залежить від виду кормової культури, її вологості, кліматичних умов, технології заготівлі та наявності відповідних технічних

засобів. Сучасні технології зберігання кормів передбачають широке використання механізованих і автоматизованих засобів для заготівлі, транспортування, ущільнення та зберігання кормової маси. Основні способи консервування кормів та їх характеристика наведені на рис. 4.7.



Рис. 4.7. Основні способи консервування кормів

Сіно отримують шляхом висушування скошених трав до вологості 14–17 %. За такого вмісту вологи припиняється розвиток більшості мікроорганізмів і значно уповільнюються біохімічні процеси, що забезпечує тривале зберігання корму.

Технологічний процес заготівлі сіна включає скошування трав, ворушіння та підсушування рослинної маси, пресування в тюки або рулони та подальше зберігання під навісами, у скиртах або спеціальних сховищах.

Основними перевагами сіна є відносна простота технології заготівлі, можливість тривалого зберігання та зручність транспортування і роздавання тваринам. Разом із тим під час сушіння можуть виникати значні втрати поживних речовин, особливо каротину, білків і легкоперетравних вуглеводів. Крім того, якість сіна значною мірою залежить від погодних умов у період заготівлі.

Силосування є одним із найпоширеніших способів консервування соковитих кормів. Силос являє собою корм, отриманий шляхом молочнокислого бродіння подрібненої зеленої маси в анаеробних умовах, тобто без доступу повітря.

Сутність процесу полягає в ретельному ущільненні кормової маси, витісненні з неї кисню та створенні умов для розвитку молочнокислих бактерій.

У результаті накопичується молочна кислота, яка знижує кислотність середовища та забезпечує природне консервування корму.

Для силосування використовують кукурудзу, соняшник, багаторічні та однорічні трави, бобові культури та іншу зелену масу. Зберігають силос у спеціальних спорудах: силосних траншеях, баштах, герметичних полімерних рукавах або інших ємностях. Для ущільнення кормової маси використовують трактори та спеціальну трамбувальну техніку.

Основними перевагами силосування є висока поживна цінність корму, відносно невеликі втрати поживних речовин і незалежність процесу від погодних умов.

Сінаж є кормом, який отримують із пров'яленої рослинної маси вологістю 45–55 %, законсервованої в анаеробних умовах. За технологією заготівлі сінаж займає проміжне положення між сіном і силосом.

Порівняно із силосом сінаж характеризується нижчою кислотністю, кращим збереженням поживних речовин, особливо білків і вітамінів, а також вищими смаковими якостями для тварин. Для його зберігання використовують силосні траншеї, герметичні ємності або рулони, обгорнуті полімерною плівкою.

Сінаж широко застосовується в сучасному тваринництві завдяки високій поживній цінності та добрій поїданості тваринами.

Сучасні технології заготівлі кормів передбачають широке використання біологічних і технічних засобів консервування. Для підвищення якості силосу та сінажу застосовують бактеріальні закваски, які прискорюють розвиток корисної молочнокислої мікрофлори та покращують процес бродіння.

У деяких випадках використовують хімічні консерванти, які пригнічують розвиток небажаних мікроорганізмів і зменшують втрати поживних речовин. Значного поширення набули технології плівкового пакування рулонів, механізовані лінії заготівлі кормів, а також автоматизовані системи контролю температури та вологості за допомогою спеціальних датчиків.

Застосування сучасних технологій дозволяє істотно підвищити якість кормів, зменшити втрати поживних речовин і забезпечити стабільну кормову базу для тваринництва.

Під час зберігання кормової сировини необхідно забезпечувати герметичність сховищ, запобігати проникненню повітря та атмосферної вологи, контролювати температуру кормової маси та своєчасно виявляти осередки самозігрівання. Особливу увагу приділяють захисту кормів від пліснявих грибів, гризунів і комах-шкідників.

Важливим елементом є дотримання санітарно-гігієнічних вимог під час заготівлі, транспортування та зберігання кормів. Регулярний контроль вологості, температури та стану кормової маси дозволяє своєчасно виявляти відхилення від оптимальних параметрів і запобігати втратам якості продукції.

Зберігання кормової сировини базується на принципах сушіння або анаеробної консервації. Раціональний вибір способу заготівлі та зберігання кормів — сіна, силосу чи сінажу — забезпечує мінімальні втрати поживних речовин, високу якість кормів і створення надійної кормової бази для тваринництва протягом усього року. Сучасні технології консервування та

зберігання кормів сприяють підвищенню ефективності тваринницького виробництва та раціональному використанню кормових ресурсів.

### 5. Автоматизація процесів зберігання сільськогосподарської сировини

Сучасне зберігання сільськогосподарської продукції неможливе без використання новітніх технологій, автоматизованих систем контролю та керування технологічними процесами. Зі збільшенням обсягів виробництва, підвищенням вимог до якості продукції та необхідністю скорочення втрат традиційні методи зберігання вже не забезпечують достатнього рівня ефективності. Автоматизація технологічних процесів дає змогу мінімізувати вплив людського фактора, зменшити втрати продукції, оптимізувати енергетичні витрати, підвищити продуктивність праці та забезпечити безперервний контроль стану сировини протягом усього періоду зберігання.

Необхідність упровадження сучасних технологій зумовлена значними обсягами продукції, що надходить на зберігання, потребою в тривалому збереженні її якості, підвищенням вимог до безпечності харчових продуктів, а також прагненням до зниження експлуатаційних витрат і підвищення економічної ефективності виробництва. Автоматизовані системи дозволяють оперативно реагувати на зміни умов зберігання та своєчасно запобігати псуванню продукції.

Ефективне зберігання сільськогосподарської продукції неможливе без постійного контролю параметрів середовища. Своєчасне вимірювання температури, вологості, газового складу повітря та рівня заповнення сховищ дає змогу запобігати втратам продукції й підтримувати оптимальні умови зберігання (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Основні параметри моніторингу під час зберігання сільськогосподарської продукції

Для здійснення контролю використовують сучасні вимірювальні прилади та сенсорні системи: термодатчики, гігрометри, газоаналізатори, електронні щупи для контролю стану зернової маси, датчики рівня та інші контрольно-вимірювальні пристрої. Отримані дані автоматично передаються на комп'ютер, сервер або диспетчерський пункт, де здійснюється їх аналіз і зберігання.

Використання цифрових систем моніторингу дозволяє виявляти навіть незначні відхилення від установлених параметрів та оперативно вживати заходів щодо їх усунення.

Сучасні сховища обладнуються автоматизованими системами вентиляції та охолодження, які забезпечують підтримання оптимального мікроклімату незалежно від зовнішніх погодних умов.

До складу таких систем входять вентилятори з регульованою продуктивністю, автоматичні системи вмикання та вимикання обладнання, установки активного вентилявання, кондиціонери та холодильні агрегати. Робота обладнання координується за допомогою електронних контролерів, які аналізують показники датчиків і автоматично підтримують задані параметри температури та вологості.

Застосування автоматизованих систем забезпечує рівномірне охолодження продукції, запобігає її самозігріванню, зменшує ризик розвитку мікроорганізмів і сприяє підвищенню якості зберігання.

На сучасних підприємствах процеси очищення, сушіння, транспортування та завантаження продукції максимально механізовані. Для цього використовують норії, стрічкові, шнекові та скребкові транспортери, сепаратори, автоматизовані зерносушарки, дозатори та інше технологічне обладнання.

Механізація дозволяє значно підвищити продуктивність праці, скоротити тривалість технологічних операцій, зменшити втрати сировини та забезпечити стабільну якість продукції. Особливого значення набуває автоматичне керування процесами сушіння, яке дає змогу підтримувати оптимальні режими роботи обладнання та уникати пересушування або недосушування продукції.

На великих елеваторах, холодильних комплексах і логістичних центрах широко використовують комп'ютерні системи керування технологічними процесами. Основу таких систем становлять програмовані логічні контролери (PLC), які здійснюють автоматичне керування обладнанням відповідно до заданих алгоритмів.

Для візуалізації та аналізу технологічних процесів застосовують системи диспетчерського керування та збору даних (SCADA). Вони забезпечують відображення інформації в режимі реального часу, архівування даних, формування звітів і попередження про аварійні ситуації.

Завдяки сучасним засобам зв'язку оператор може дистанційно контролювати роботу обладнання через комп'ютер або мобільний пристрій, отримувати повідомлення про відхилення від заданих параметрів, керувати технологічними процесами та аналізувати статистичні дані щодо зберігання продукції.

Підвищення ефективності роботи сучасних сховищ нерозривно пов'язане із впровадженням енергоощадних технологій, які забезпечують раціональне використання енергетичних ресурсів, зниження експлуатаційних витрат та підтримання оптимальних умов зберігання продукції (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Основні енергоощадні технології сучасних сховищ

Застосування таких рішень дозволяє суттєво знизити собівартість зберігання продукції та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Сучасні технології передбачають використання інноваційних способів консервування та пакування продукції. До них належать зберігання в регульованому та модифікованому газовому середовищі, вакуумне пакування, застосування біологічних консервантів, автоматизованих ліній фасування та пакування.

Перспективним напрямом є впровадження так званих «розумних складів», у яких використовуються RFID-технології для автоматичної ідентифікації та обліку продукції. Такі системи дозволяють відстежувати місцезнаходження кожної партії продукції, контролювати терміни зберігання та автоматизувати логістичні процеси.

Інноваційні технології забезпечують більш тривале збереження якості продукції, підвищують рівень її безпечності та сприяють зниженню виробничих витрат.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про способи та технічні засоби зберігання сільськогосподарської сировини; формувати вміння аналізувати умови

зберігання зерна, овочів, фруктів і кормів; ознайомитися із сучасними автоматизованими системами контролю та вимогами безпеки під час експлуатації сховищ.

### **Теоретичні питання для опрацювання**

1. Біологічні процеси під час зберігання сільськогосподарської сировини.
2. Вплив температури, вологості та газового складу повітря на збереження продукції.
3. Способи та технічні засоби зберігання зернової сировини.
4. Особливості зберігання овочів і фруктів.
5. Способи консервування кормової сировини.
6. Автоматизація процесів зберігання сільськогосподарської сировини.
7. Санітарно-гігієнічні вимоги та вимоги безпеки до сховищ.

### **Практичні завдання**

#### **Блок А. Теоретико-аналітичний**

1. Пояснити механізм самозігрівання зернової маси та шляхи його запобігання.
2. Порівняти сухе, охолоджене та герметичне зберігання зерна.
3. Охарактеризувати особливості зберігання овочів і фруктів у холодильних камерах та регульованому газовому середовищі.
4. Пояснити відмінності між сіном, силосом і сінажем.
5. Проаналізувати переваги автоматизованих систем контролю температури, вологості та газового складу повітря.
6. Обґрунтувати значення санітарного контролю та вимог охорони праці під час зберігання сировини.

#### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Вологість зерна становить 18 %. Які технологічні заходи необхідно провести перед закладанням на зберігання?
2. У зерносховищі спостерігається підвищення температури зернової маси. Визначити можливі причини та запропонувати заходи усунення проблеми.
3. Після закладання моркви на зберігання виявлено ознаки гниття. Які порушення могли бути допущені?
4. У силосній траншеї з'явилися осередки плісняви. Визначити причини та запропонувати профілактичні заходи.
5. Підприємство планує впровадження автоматизованої системи вентиляції зерносховища. Обґрунтувати доцільність такого рішення.
6. У зерносховищі зафіксовано підвищену концентрацію пилу. Які заходи безпеки необхідно вжити?

#### **Блок В. Розрахункові завдання**

1. Розрахувати втрати маси 10 т картоплі при усушці 4 %.
2. Визначити економію електроенергії при зменшенні її споживання на 15 % за річного використання 120 000 кВт·год.
3. Розрахувати річну економію коштів за вартості електроенергії 4 грн/кВт·год.

4. Оцінити термін окупності автоматизованої системи вартістю 500 000 грн.

### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Які основні процеси продовжуються в сільськогосподарській сировині після збирання?

а) дихання; б) випаровування вологи; в) дозрівання або старіння; г) розвиток мікроорганізмів і шкідників.

2. Які фактори середовища найбільше впливають на збереження сировини?

а) температура; б) вологість; в) газовий склад повітря; г) освітлення.

3. Які операції виконують під час підготовки зерна до зберігання?

а) очищення; б) сортування; в) сушіння; г) знезараження.

4. Які способи зберігання зерна належать до основних?

а) сухе зберігання; б) охолоджене зберігання; в) герметичне зберігання; г) променева стерилізація.

5. Для чого застосовують активне вентилявання зернової маси?

а) вирівнювання температури; б) видалення надлишкової вологи; в) запобігання самозігріванню.

6. Які споруди використовують для тимчасового зберігання овочів і фруктів?

а) бурти; б) кагати; в) траншеї; г) силоси.

7. У чому полягає сутність холодильного зберігання овочів і фруктів?

а) охолодження продукції до 0...+4 °С; б) уповільнення дихання; в) зниження активності мікроорганізмів; г) підвищення вологості продукції.

8. Які основні способи збереження кормової сировини використовують у тваринництві?

а) сушіння; б) силосування; в) сінажування; г) заморожування.

9. Яке обладнання застосовують для автоматизованого контролю умов зберігання?

а) термодатчики; б) гігрометри; в) газоаналізатори; г) електронні вимірювальні щупи; д) манометри.

10. Які заходи належать до пожежної безпеки під час зберігання сільськогосподарської сировини?

а) заборона відкритого вогню та куріння; б) справна електропроводка; в) заземлення обладнання; г) наявність вогнегасників і сигналізації; д) контроль самозігрівання зерна та кормів.

Ключ до тесту: 1 – а, б, в, г; 2 – а, б, в, г; 3 – а, б, в, г; 4 – а, б, в, г; 5 – а, б, в; 6 – а, б, в; 7 – а, б, в; 8 – а, б, в; 9 – а, б, в, г; 10 – а, б, в, г, д.

## БЛОК 5

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МИТТЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

#### План

1. Призначення миття рослинної сировини та класифікація мийного обладнання.
2. Машини та обладнання для миття цукрових буряків.
3. Машини та обладнання для миття плодів, овочів і зелені.
4. Машини та обладнання для миття зернової сировини.

***Мотивація.** Якість сільськогосподарської сировини значною мірою визначає ефективність її переробки та якість готової продукції. Для видалення пилу, ґрунту, рослинних решток та інших домішок на переробних підприємствах застосовують спеціальні машини для очищення та миття сировини. Знання їх будови, принципу дії та особливостей експлуатації є необхідною складовою професійної підготовки майбутніх фахівців аграрного профілю. Вивчення цієї теми сприятиме формуванню компетентностей щодо раціонального використання технологічного обладнання та організації сучасних процесів переробки сільськогосподарської продукції.*

#### **1. Призначення миття рослинної сировини та класифікація мийного обладнання**

Миття є одним із найважливіших процесів підготовки сільськогосподарської та харчової сировини до подальшої переробки. Його основне призначення полягає у видаленні з поверхні продукції забруднень різного походження: залишків ґрунту, піску, пилу, камінців, рослинних решток, листя, соломи та інших сторонніх домішок. Процес миття здійснюється за допомогою чистої проточної або оборотної води, яка повинна забезпечувати ефективне змочування поверхні сировини, відокремлення забруднень і перенесення їх у мийне середовище.

Мийна вода виконує декілька важливих функцій: змочує поверхню продукту, сприяє розм'якшенню та відокремленню забруднень, забезпечує їх диспергування і стабілізацію у водному середовищі. Під час миття можуть відбуватися процеси набухання та пептизації білкових речовин, емульгування й омилення жирів, а також руйнування механічних зв'язків між забрудненнями та поверхнею продукту.

Миття є однією з найважливіших операцій підготовки сільськогосподарської сировини до подальшої переробки. Воно забезпечує видалення механічних домішок, мікроорганізмів та інших забруднень, що можуть негативно впливати на якість і безпечність продукції. Ефективне миття сприяє покращенню санітарного стану сировини, підвищенню якості готової продукції та створенню оптимальних умов для виконання наступних технологічних операцій.

Технологічний процес миття включає кілька послідовних стадій, кожна з яких виконує певну функцію очищення сировини. Залежно від виду продукції та характеру забруднень можуть застосовуватися операції замочування, відокремлення легких домішок, інтенсивного промивання, механічного очищення та остаточного ополіскування. Сукупність цих операцій забезпечує досягнення необхідного рівня чистоти сировини перед її подальшою переробкою. Основні стадії технологічного процесу миття наведено на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Технологічний процес миття сільськогосподарської сировини

Якість миття оцінюють за ступенем очищення поверхні продукції, відсутністю залишків забруднень і мийних засобів, а також за мікробіологічними показниками. Чим менша кількість мікроорганізмів залишається на поверхні після обробки, тим вищою є ефективність процесу миття.

Для інтенсифікації процесу миття використовують різні способи створення турбулентного руху мийного середовища. Турбулізація забезпечує виникнення дотичних напружень на поверхні продукту, що сприяє руйнуванню шару забруднень і прискорює фізико-хімічні процеси очищення.

Миття рослинної сировини може здійснюватися різними методами: зануренням у воду (відмочуванням), обробкою струменями води під тиском, використанням щіткових пристроїв, барботуванням повітря та інтенсивним перемішуванням. У сучасних мийних машинах найчастіше застосовується поєднання декількох способів очищення, що дозволяє досягти високої якості миття при мінімальних витратах води та енергії.

Вибір способу миття визначається видом сировини, її фізико-механічними властивостями, ступенем забруднення та вимогами до якості очищення. Для

кожного виду продукції встановлюються оптимальні режими миття, які забезпечують максимальне видалення забруднень без пошкодження сировини.

Для миття харчової рослинної сировини та санітарної обробки технологічного обладнання використовують мийні машини різних типів і конструкцій. Залежно від особливостей технологічного процесу вони класифікуються за кількома ознаками.

За характером роботи мийні машини поділяють на машини періодичної та безперервної дії. Машини періодичної дії виконують миття окремими партіями продукції, тоді як машини безперервної дії забезпечують безперервне переміщення та обробку сировини.

За призначенням розрізняють машини для миття рослинної сировини, тари, технологічного обладнання та допоміжних матеріалів.

За типом транспортуючих пристроїв мийні машини можуть бути лінійними, барабанными, стрічковими, елеваторними та комбінованими.

За способом впливу мийного середовища на об'єкт миття машини поділяють на шприцеві, відмочувальні та відмочувально-шприцеві. У шприцевих машинах очищення здійснюється переважно струменями води під тиском, у відмочувальних — шляхом занурення продукції у воду, а в комбінованих поєднуються обидва способи.

У харчовій промисловості найбільшого поширення набули лопатеві, стрічкові, барабанні, вібраційні, елеваторні, щіткові та комбіновані мийні машини. Кожен тип обладнання має свої переваги та використовується для обробки певних видів сировини.

До мийних машин висуваються високі технічні та експлуатаційні вимоги. Вони повинні забезпечувати високий ступінь очищення продукції, виключати пошкодження сировини під час миття, мати мінімальні витрати води та енергії, характеризуватися простотою конструкції, зручністю обслуговування, надійністю в роботі, компактністю та довговічністю.

## **2. Машини та обладнання для миття цукрових буряків**

Бурякомийні машини класифікуються на однокорпусні або двокорпусні з постійним рівнем води (КМЗ-57М, КМЗ-61 та ін.); комбіновані (з двома рівнями води) типу СКМ, СКД-6.

Земля та глина найкраще відмиваються за умови інтенсивного тертя коренеплодів один об одного. Тому на початковій стадії миття буряк повинен перебувати у скупченому стані, тобто на початку корпусу бурякомийної машини має бути передбачене відділення зі зниженим рівнем води.

У процесі переміщення буряка вздовж корпусу машини, коли основна частина забруднень уже видалена, доцільно проводити подальше миття в менш скупченому стані та чистішою водою. Для остаточного відокремлення легких спливаючих домішок поверхня води над буряком повинна залишатися спокійною. Для цього в мийній частині машини передбачають відділення з підвищеним рівнем води, у якому дзеркало води розташоване на 300...400 мм вище рівня бурякової маси. Такий режим миття забезпечується в комбінованих бурякомийних машинах.

Бурякомийні машини з постійним рівнем води призначені для миття буряка з відносно невеликим вмістом домішок. До цього типу належать однокорпусні бурякомийки, усередині яких розміщені один або два робочі вали, а також двокорпусні машини (КМЗ-61).

Однокорпусні бурякомийні машини відрізняються від двокорпусних конструкцією камене- та пісковловлювачів, будовою вузлів вивантаження буряка, а також способом подачі води.

Однокорпусна бурякомийна машина призначена для очищення коренеплодів буряка від землі, піску, каміння та інших домішок перед подальшою переробкою.

Принцип роботи машини ґрунтується на поєднанні механічного впливу робочих органів, водного потоку та взаємного тертя коренеплодів. У процесі миття буряки переміщуються через мийну камеру, де з їхньої поверхні видаляються забруднення. Легкі домішки відводяться з водою, а важкі осідають у спеціальних уловлювачах.

Після миття очищені коренеплоди надходять до розвантажувальної частини та подаються на подальшу переробку. Машина забезпечує високу якість очищення буряків, знижує зношування технологічного обладнання та підвищує ефективність виробничого процесу. Будову та принцип роботи однокорпусної бурякомийної машини наведено на рис. 5.2.



*Рис. 5.2. Технологічний процес роботи однокорпусної бурякомийної машини*

Комбіновані бурякомийні машини призначені для миття сильно забрудненого буряка. Їх конструкція передбачає наявність двох зон із різними рівнями води. Перша зона має знижений рівень води і призначена для

інтенсивного відмивання ґрунту та домішок, що міцно прилипли до поверхні коренеплодів. У цій зоні буряк перебуває у більш скупченому стані, що сприяє ефективному очищенню завдяки взаємному тертю коренеплодів.

**Бурякомийна машина СКД-6** (рис. 5.3) призначена для очищення коренеплодів буряка від ґрунту, піску, каміння, рослинних решток та інших домішок перед подальшою переробкою.

Принцип роботи машини ґрунтується на двоступеневому митті. На першому етапі буряк очищується в умовах низького рівня води, де інтенсивне перемішування та взаємне тертя коренеплодів забезпечують видалення основної маси забруднень. На другому етапі за вищого рівня води здійснюється остаточне очищення коренеплодів і відокремлення легких та важких домішок.

У процесі миття буряк безперервно переміщується через робочі зони машини, а пісок, каміння та інші важкі домішки відокремлюються у спеціальних уловлювачах. Легкі рослинні домішки спливають на поверхню води та автоматично видаляються з мийної зони.

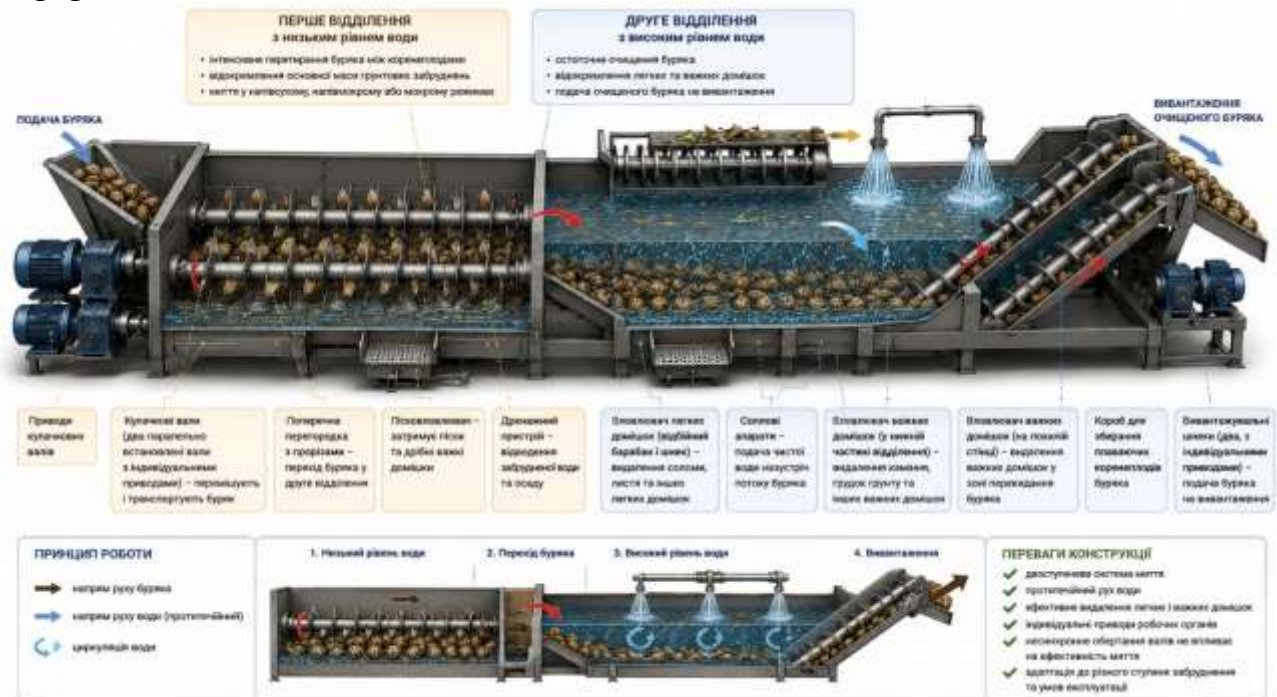
Після завершення миття очищені коренеплоди вивантажуються з машини та подаються на наступні технологічні операції. Автоматичне підтримання рівня води в робочих зонах забезпечує стабільність технологічного процесу та високу якість очищення.



**Рис. 5.3.** Бурякомийна машина СКД-6: а — зовнішній вигляд; б — будова; в — принцип роботи

Завдяки двоступеневій системі миття та ефективному видаленню домішок бурякомийна машина СКД-6 забезпечує якісне очищення буряків навіть за значного ступеня їх забруднення, що підвищує ефективність подальшої технологічної переробки.

**Коритні комбіновані бурякомийні машини Ш1-ПМД-2 і Ш1-ПМД-3** (рис. 5.4.) призначені для очищення коренеплодів буряка від ґрунту, піску, каміння, рослинних решток та інших домішок перед подальшою технологічною переробкою.



*Рис. 5.4. Будова та принцип роботи коритної комбінованої бурякомийної машини Ш1-ПМД-2 (Ш1-ПМД-3)*

Принцип роботи машин ґрунтується на двоступеневому митті. На першому етапі буряк очищується в умовах низького рівня води, де завдяки інтенсивному перемішуванню та взаємному тертю коренеплодів відокремлюється основна маса ґрунтових забруднень. Залежно від ступеня забруднення сировини процес може здійснюватися в напіво сухому, напіво мокрому або мокрому режимах.

На другому етапі в умовах високого рівня води відбувається остаточне очищення коренеплодів, а також відокремлення легких і важких домішок. Каміння, грудки ґрунту та інші важкі включення видаляються у спеціальних уловлювачах, тоді як соломка, листя та інші легкі домішки спливають на поверхню води й відводяться з робочої зони.

Особливістю машин є реалізація принципу протитечієвого руху буряка та мийної води, що підвищує ефективність очищення та зменшує витрати свіжої води.

Поєднання двоступеневого миття, протитечієвого руху води та сировини й ефективною системою видалення домішок забезпечує високу якість очищення буряка та його якісну підготовку до подальшої переробки.

### 5.3. Машини та обладнання для миття плодів, овочів і зелені

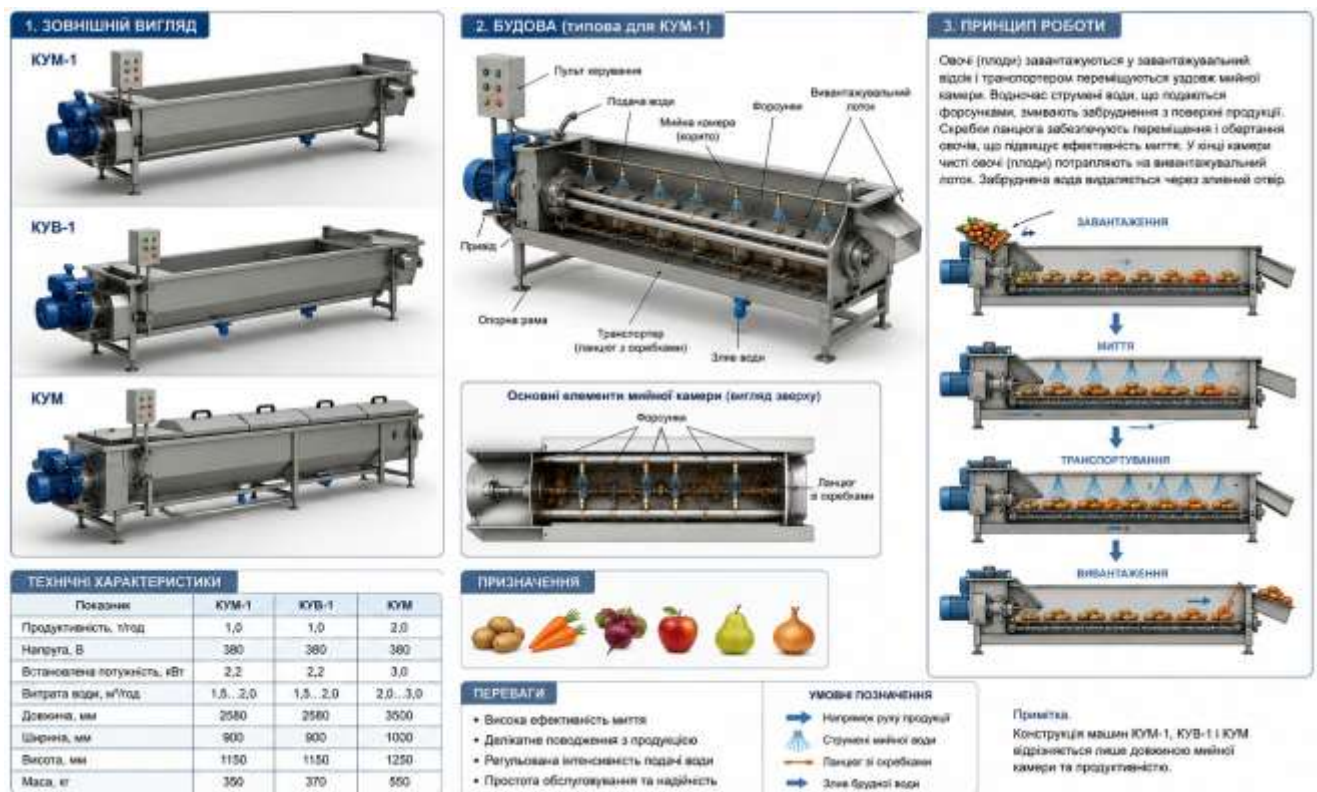
**Лінійні мийні машини КУМ-1, КУВ-1 і КУМ** призначені для миття овочів і плодів. Виняток становлять коренеплоди, які перед миттям потребують попереднього відмочування для розм'якшення та видалення міцно прилиплих забруднень.

Машини КУМ-1 і КУВ-1 працюють із використанням барботажного режиму, який створюється подаванням стисненого повітря у мийну ванну. Утворені повітряні бульбашки інтенсифікують перемішування води та продукції, що підвищує ефективність видалення забруднень із поверхні плодів і овочів.

Під час роботи продукція безперервно переміщується через мийну зону, після чого надходить на стадію ополіскування чистою водою. Завершальним етапом є вивантаження очищеної сировини для подальшої переробки.

Машина КУМ використовується переважно для миття малозабруднених плодів і овочів із ніжною структурою, тоді як машини КУМ-1 і КУВ-1 забезпечують більш інтенсивне очищення завдяки барботажній обробці.

Загальний вигляд, будову та принцип роботи лінійних мийних машин КУМ-1, КУВ-1 і КУМ наведено на рис. 5.5.



**Рис. 5.5. Лінійні мийні машини КУМ-1, КУВ-1 і КУМ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи**

Завдяки безперервному режиму роботи, високій продуктивності та можливості обробки різних видів плодово-овочевої продукції мийні машини КУМ-1, КУВ-1 і КУМ широко застосовуються на підприємствах харчової та переробної промисловості.

**Барабанна мийна машина А9-КМ-2** призначена для миття твердих плодів і овочів, зокрема коренеплодів, яблук, груш та іншої сировини, стійкої до механічного впливу.

Принцип роботи машини ґрунтується на послідовному проходженні продукції через кілька зон очищення. На початковому етапі відбуваються відмочування сировини та видалення основної маси забруднень. Під час

переміщення барабанами продукція інтенсивно перемішується, а забруднення відокремлюються завдяки дії води та взаємному тертю плодів або овочів.

На завершальному етапі продукція проходить остаточне ополіскування чистою водою, що забезпечує видалення залишків забруднень і мийної води з її поверхні.

Зовнішній вигляд, будову та принцип роботи барабанної мийної машини А9-КМ-2 наведено на рис. 5.6.



Рис. 5.6. Барабанна мийна машина А9-КМ-2: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Послідовне виконання операцій відмочування, миття та ополіскування забезпечує високу якість очищення, ефективне видалення механічних домішок і належну підготовку сировини до подальшої переробки або зберігання.

**Машина Т1-КУН** призначена для миття зеленних культур, зокрема петрушки, кропу, листя хрону, м'яти та іншої пряно-ароматичної сировини.

Принцип роботи машини полягає в послідовному виконанні операцій попереднього миття та контрольного ополіскування. Зелень завантажують у мийну ванну, де під дією водного потоку з її поверхні видаляються забруднення. Далі продукція автоматично переміщується до зони контрольного ополіскування, де здійснюється остаточне очищення.

Після миття зелень додатково обполіскується чистою водою та транспортується до зони вивантаження для подальшої переробки або пакування.

Машина забезпечує дбайливе очищення зеленних культур, мінімізує механічні пошкодження та гарантує високу якість миття. Поєднання попереднього миття, контрольного ополіскування та безперервного транспортування сприяє ефективній підготовці сировини до наступних технологічних операцій.

Будову та принцип дії машини Т1-КУН для миття зеленних культур показано на рис. 5.7.



Рис. 5.7. Машина Т1-КУН: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Мийні машини типу А9-КМБ призначені для миття томатів та іншої сировини з ніжною консистенцією, яка потребує дбайливого механічного оброблення під час очищення.

Будову та принцип роботи мийної машини типу А9-КМБ для миття томатів наведено на рис. 5.8.



Рис. 5.8. Мийна машина типу А9-КМБ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

У промисловості застосовують три модифікації машин цього типу: А9-КМБ-4, А9-КМБ-8 і А9-КМБ-16, які відрізняються продуктивністю.

Принцип роботи машини ґрунтується на поєднанні барботажного миття, механізованого транспортування та остаточного ополіскування продукції. Сировина надходить у водне середовище, де під дією інтенсивних потоків повітря перебуває в постійному русі, що сприяє відмочуванню, розпушенню та відокремленню забруднень від її поверхні.

Під час подальшого транспортування продукція обертається, завдяки чому забезпечується рівномірне очищення всієї поверхні та додаткове видалення залишків забруднень. Перед вивантаженням сировина проходить стадію остаточного ополіскування струменями чистої води.

Поєднання барботажного очищення та м'якого транспортування забезпечує високу якість миття плодів і овочів за мінімального рівня механічних пошкоджень, що особливо важливо під час обробки томатів та іншої продукції з ніжною структурою.

#### **4. Машини та обладнання для миття зернової сировини**

Зволоження і миття зерна є важливими операціями підготовки зернової сировини до розмелювання. У процесі зволоження в зерні відбуваються фізико-біологічні зміни, які сприяють зміцненню ендосперму та підвищенню еластичності оболонки. Це полегшує їх відокремлення під час подальшої переробки та забезпечує зменшення втрат ендосперму.

Під час миття зерна очищається його поверхня від пилу, бруду та мікроорганізмів, а також відокремлюються легкі й важкі домішки. У результаті підвищується якість зерна та ефективність його подальшої переробки.

Для забезпечення необхідних технологічних властивостей зерна та підвищення ефективності його подальшої переробки на борошномельних підприємствах застосовують різні способи зволоження, пропарювання та гідравлічного очищення. Вибір обладнання залежить від призначення технологічної операції та вимог до якості підготовки зерна.

Промисловість випускає три основні типи зволожувальних машин: водоструминні, водорозпилювальні та комбіновані мийні машини з вертикальною віджимною колонкою.

Найбільш рівномірне зволоження поверхні зерна забезпечують водорозпилювальні машини, в яких вода подається у вигляді дрібнодисперсних крапель. Такий спосіб сприяє рівномірному розподілу вологи по поверхні зерна та її подальшому проникненню в ендосперм.

У комбінованих мийних машинах вода використовується не лише для зволоження зерна, а й як робоче середовище для відокремлення домішок, які важко видалити сухими способами очищення. Для підвищення ефективності очищення зерно доцільно подавати в мийну ванну в зоні утворення висхідних потоків води, тобто назустріч напрямку руху зернових шнеків.

**Машина А1-БМШ** призначена для миття, віджимання та часткового лушення зерна. Вона забезпечує одночасне очищення зерна від забруднень, видалення надлишкової вологи та часткове відокремлення зовнішніх оболонки.

Принцип роботи машини ґрунтується на інтенсивній механічній взаємодії зерна з робочими органами та його обробці у водному середовищі. У процесі переміщення зерно багаторазово перемішується, очищується від пилу, бруду та інших домішок, а також частково звільняється від поверхневих оболонок.

Одночасно із миттям відбувається віджимання надлишкової вологи, що покращує технологічні властивості зерна та підвищує ефективність його подальшої переробки. Відокремлені домішки, оболонки та відпрацьована вода безперервно видаляються з робочої зони машини.

Будову та принцип роботи машини А1-БМШ д показано на рис. 5.9.



Рис. 5.9. Машина А1-БМШ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Поєднання процесів миття, віджимання та часткового лушення в одному агрегаті забезпечує високий ступінь очищення зерна, покращує його технологічні характеристики та створює оптимальні умови для подальшого розмелювання або іншої технологічної обробки.

**Мийна машина А1-БМГ** призначена для миття круп і зернобобових культур, видалення пилу, забруднень та легких домішок.

Принцип роботи машини ґрунтується на поєднанні процесів відмочування, миття, транспортування та зневоднення продукту. Під час обробки крупа або зернобобові культури переміщуються у водному середовищі, де з їхньої поверхні видаляються пил, забруднення та легкі домішки.

Інтенсивне перемішування продукту у воді сприяє підвищенню ефективності очищення, а безперервне транспортування забезпечує рівномірну обробку всієї маси сировини. Після миття продукт проходить стадію

попереднього зневоднення, а забруднена вода разом із відокремленими домішками відводиться з робочої зони машини.

Будову та принцип дії мийної машини А1-БМГ наведено на рис. 5.10.



Рис. 5.10. Мийна машина А1-БМГ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Поєднання процесів миття, транспортування та зневоднення в одному агрегаті забезпечує високу ефективність очищення круп і зернобобових культур та їх якісну підготовку до подальших технологічних операцій. Така конструкція дозволяє скоротити тривалість технологічного процесу, зменшити втрати продукту та підвищити продуктивність обладнання. Одночасне виконання кількох операцій в одному технологічному циклі сприяє зниженню енерговитрат, раціональному використанню виробничих площ і спрощенню організації технологічного процесу.

Миття круп і зернобобових культур здійснюється в спеціальних мийних машинах, які поєднують процеси очищення, транспортування та зневоднення продукту. Принцип роботи таких машин ґрунтується на видаленні легких домішок у водному середовищі, механічному переміщенні продукту шнеком та подальшому його зневодненні на ситових поверхнях. Під час перебування у мийній ванні відбувається інтенсивне відокремлення пилу, рослинних решток, оболонки, мінеральних домішок та інших сторонніх включень. Легкі домішки спливають на поверхню води і видаляються разом із потоком промивної рідини, тоді як важчі осідають на дно ванни.

Після очищення продукт за допомогою шнекового транспортера переміщується до зони зневоднення, де надлишкова волога відокремлюється через ситові поверхні. Це забезпечує отримання сировини з оптимальними показниками вологості для подальших технологічних операцій, таких як сушіння, лущення, подрібнення або теплової обробки. Використання таких машин дозволяє підвищити якість готової продукції, покращити санітарно-гігієнічний стан сировини та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Принципову схему роботи мийної машини для круп і зернобобових культур наведено на рис. 5.11.

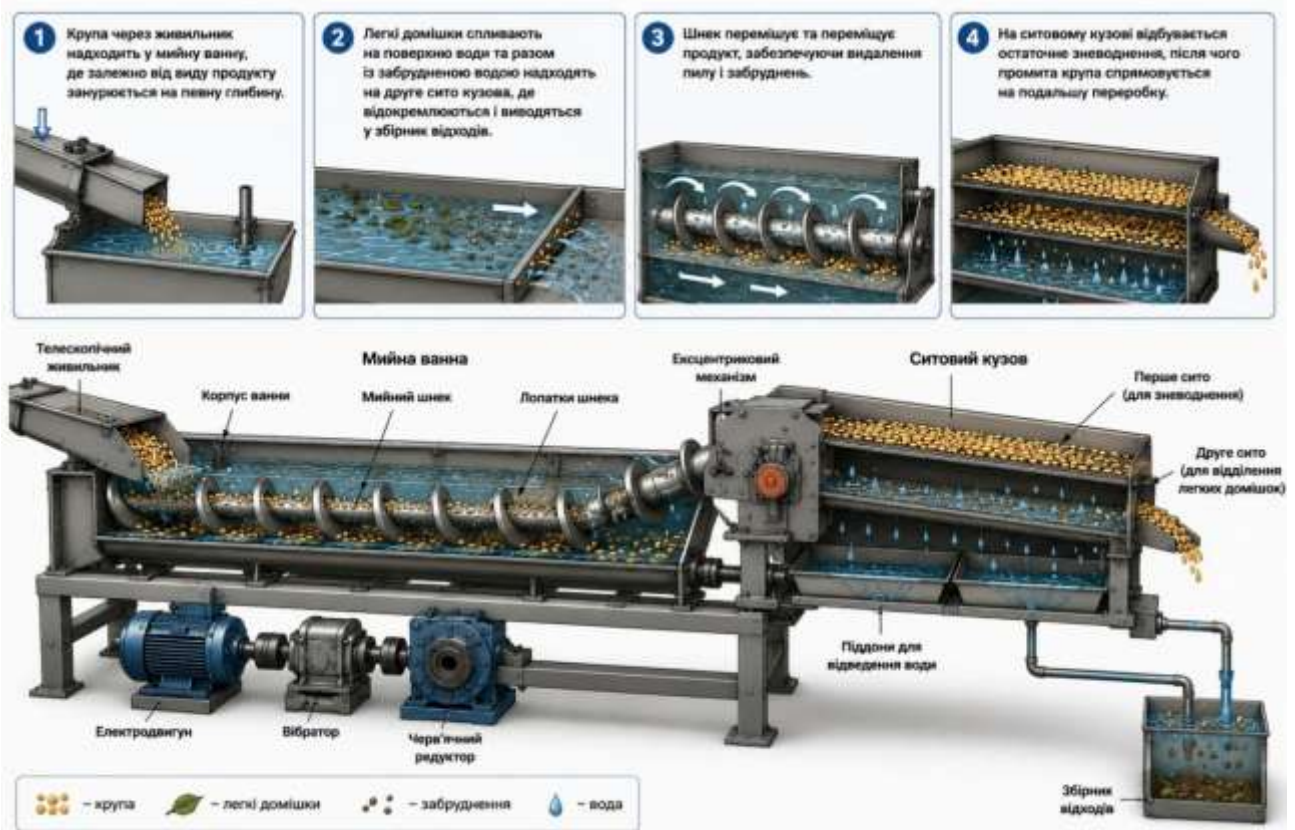


Рис. 5.11. Схема технологічного процесу миття і зневоднення круп у машині А1-БМГ

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про призначення, будову, принцип роботи та класифікацію машин для миття рослинної сировини; формувати вміння аналізувати технологічні режими миття, обґрунтовувати вибір обладнання залежно від виду сировини та виробничих умов.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Сутність процесу миття та його основні стадії.
2. Класифікація машин для миття рослинної сировини.
3. Особливості миття цукрових буряків, плодів, овочів, зелені та зерна.
4. Способи інтенсифікації процесу миття.
5. Вимоги до мийного обладнання та санітарного контролю.

### Практичні завдання

#### Блок А. Теоретико-аналітичний

1. Пояснити призначення та особливості роботи бурякомийних машин.
2. Порівняти однокорпусну бурякомийну машину та комбіновану машину СКД-6.
3. Охарактеризувати роль барботування та душового ополіскування в процесі миття плодів і овочів.
4. Пояснити принцип роботи машини Т1-КУН для миття зелені.

5. Охарактеризувати особливості роботи машини А1-БМШ для миття зерна.

6. Визначити фактори, що впливають на ефективність процесу миття рослинної сировини.

### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Партія буряків має високу забрудненість глиною. Який спосіб миття доцільно застосувати?

2. Необхідно організувати миття томатів. Який тип мийної машини доцільно використати?

3. У машині для миття зерна спостерігається недостатнє очищення поверхні зернівок. Які можливі причини?

4. Після миття зелені спостерігаються механічні пошкодження продукції. Які параметри роботи обладнання слід перевірити?

5. Зменшилась якість ополіскування плодів. Які вузли машини необхідно перевірити?

### **Блок В. Розрахункові завдання**

1. Розрахувати продуктивність безперервної мийної машини за заданими параметрами шару продукту та швидкості його переміщення.

2. Визначити продуктивність шнекової мийної машини за заданими конструктивними параметрами.

3. Проаналізувати вплив частоти обертання робочих органів на інтенсивність миття.

4. Визначити вплив коефіцієнта заповнення робочої камери на продуктивність обладнання.

## **САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. Які стадії включає процес миття сільськогосподарської сировини?

а) попереднє ополіскування; б) основна мийка; в) остаточне ополіскування; г) сушіння.

2. Якими способами здійснюють турбулізацію мийної води?

а) повітряним барботуванням; б) механічним перемішуванням; в) гідродинамічними випромінювачами; г) Заморожуванням.

3. За якими ознаками класифікують мийні машини?

а) за характером процесу; б) за видом оброблюваних об'єктів; в) за типом транспортуючих пристроїв; г) за способом впливу миючого середовища; д) за кольором корпусу.

4. Які вимоги висуваються до мийних машин?

а) високий ступінь очищення; б) мінімальна витрата води та енергії; в) надійність роботи; г) великі габарити; д) простота обслуговування.

5. Для чого призначене відділення з низьким рівнем води в комбінованих бурякомийках

а) для інтенсивного перетирання буряків; б) для остаточного ополіскування; в) для відмивання прилиплих домішок.

6. Які домішки видаляються в бурякомийних машинах?

а) пісок; б) каміння; в) солома; г) земля; д) металеві деталі.

7. Для яких продуктів застосовують лінійні мийні машини КУМ-1 та КУВ-1?

а) плоди; б) овочі; в) зелень; г) коренеплоди з сильним забрудненням.

8. Які основні робочі органи мийної машини А9-КМБ?

а) ванна; б) роликотий конвеєр; в) повітряний барботер; г) шприцювальний пристрій; д) молотковий ротор.

9. Для чого використовують машину А1-БМШ?

а) для миття зерна; б) для віджимання зерна; в) для луцення зерна; г) для сушіння зерна.

10. Які вимоги безпеки необхідно виконувати під час експлуатації мийного обладнання?

а) використовувати спецодяг; б) працювати лише на справному обладнанні; в) не занурювати руки в робочу зону; г) мити обладнання під напругою; д) забезпечувати заземлення машин.

Ключ до тесту: 1 – а, б, в; 2 – а, б, в; 3 – а, б, в, г; 4 – а, б, в, д; 5 – а, в; 6 – а, б, в, г; 7 – а, б; 8 – а, б, в, г; 9 – а, б, в; 10 – а, б, в, д.

## БЛОК 6 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МИТТЯ ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ ТА ТАРИ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про призначення, класифікацію, будову, принцип роботи та особливості експлуатації барабанних і конвеєрних мийних машин, а також обладнання для миття тари, що використовується на підприємствах харчової та переробної промисловості; розвивати вміння аналізувати технологічні процеси миття тваринної сировини та тари, оцінювати ефективність роботи мийного обладнання, обґрунтовувати вибір машин залежно від виду сировини, ступеня забруднення та виробничих умов; виховувати відповідальне ставлення до дотримання санітарно-гігієнічних вимог, правил безпечної експлуатації обладнання, раціонального використання водних ресурсів та прагнення до професійного самовдосконалення.

### План

1. Класифікація та конструктивні особливості барабанних мийних машин.
2. Конвеєрні мийні машини: будова та принцип роботи.
3. Обладнання для миття тари.

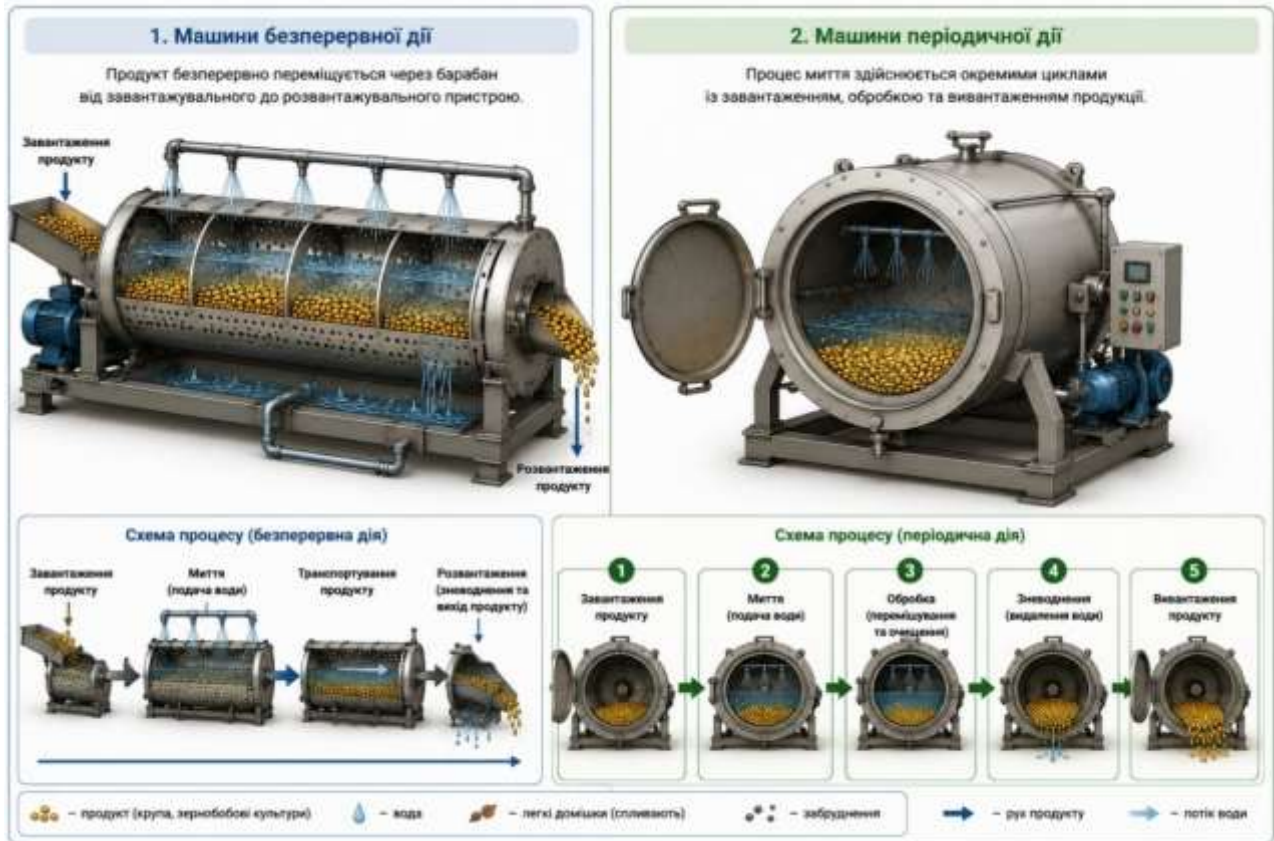
***Мотивація.** Миття тваринної сировини та тари є важливим етапом технологічної підготовки продукції до подальшої переробки. Від ефективності цього процесу залежать якість готової продукції, дотримання санітарно-гігієнічних вимог, безпечність харчових продуктів і стабільність роботи підприємства. Знання будови та принципів роботи мийного обладнання дає змогу майбутньому педагогу професійного навчання орієнтуватися в сучасних технологіях переробних виробництв, формувати професійні компетентності здобувачів освіти та здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та харчової галузей.*

### **1. Класифікація та конструктивні особливості барабанних мийних машин**

Барабанні мийні машини широко застосовуються на підприємствах м'ясопереробної промисловості для первинної та повторної обробки сировини, а також для санітарного очищення тари та виробничого інвентарю. Вони забезпечують ефективне поєднання механічного впливу, гідродинамічного очищення та, за необхідності, теплової дії, що сприяє якісному видаленню забруднень із поверхні оброблюваних об'єктів.

Такі машини використовуються для миття туш і напівтуш тварин, субпродуктів (печінки, серця, легень, шлунків тощо), кісткової сировини, кишкової сировини, оборотної тари (ящиків, контейнерів), а також дрібного виробничого інвентарю.

Залежно від організації технологічного процесу барабанні мийні машини поділяють на машини безперервної та періодичної дії. Вони відрізняються способом подавання, обробки та вивантаження продукції, що визначає особливості їх застосування на підприємствах харчової та переробної промисловості (рис. 6.1).



*Рис. 6.1. Барабанні мийні машини безперервної та періодичної дії*

Ефективність роботи барабанних мийних машин значною мірою залежить від їх конструктивного виконання. Конструкція барабана визначає інтенсивність перемішування продукту, тривалість його перебування в зоні миття, якість очищення та продуктивність машини. Залежно від технологічного призначення використовують горизонтальні та похилі, циліндричні та конічні барабани, а також машини з різними елементами інтенсифікації процесу миття.

Горизонтальні барабани переважно застосовують для ретельного промивання продукції за відносно тривалого часу перебування в робочій зоні, тоді як похилі забезпечують одночасне миття та переміщення сировини вздовж барабана. Циліндричні барабани відзначаються простотою конструкції та рівномірністю обробки, а конічні сприяють покращенню транспортування продукту та підвищенню інтенсивності його перемішування. Вибір конструкції залежить від фізико-механічних властивостей сировини, ступеня її забруднення та вимог до якості очищення.

Для підвищення ефективності миття в барабанних машинах використовують внутрішні лопаті, напрямні, перегородки, душові пристрої, форсунки та інші конструктивні елементи, які забезпечують багаторазове перевертання продукту та його інтенсивний контакт з водою. У результаті

підвищується якість видалення ґрунту, пилу, рослинних залишків та інших домішок. Барабанні мийні машини відзначаються надійністю, простотою експлуатації та широким застосуванням на підприємствах з переробки овочів, плодів та іншої сільськогосподарської продукції. Основні конструктивні різновиди барабанних мийних машин наведено на рис. 6.2.



**Рис. 6.2. Класифікація барабанних мийних машин за конструктивним виконанням**

Залежно від способу взаємодії продукту з мийним середовищем барабанні мийні машини поділяють на зрошувальні, занурювальні та комбіновані. Кожен із цих типів має свої конструктивні особливості та забезпечує різну інтенсивність очищення сировини залежно від її фізико-механічних властивостей, ступеня забруднення та вимог до якості миття.

У зрошувальних машинах очищення продукту відбувається переважно за рахунок дії струменів води, які подаються через форсунки на поверхню сировини під час її переміщення в барабані. Такі машини використовують для видалення пилу, легких забруднень і залишків рослинного походження. Вони характеризуються відносно невеликими витратами води та простотою конструкції.

У занурювальних машинах продукт повністю або частково перебуває у водному середовищі, де відбувається розмочування та відокремлення забруднень. Під час обертання барабана сировина інтенсивно переміщується, що покращує якість очищення. Такі машини ефективні для миття продукції із значним забрудненням ґрунтом та іншими важковідокремлюваними домішками.

Комбіновані машини поєднують переваги занурювального та зрошувального способів миття. У них продукт спочатку проходить стадію

відмочування та очищення у водній ванні, а потім додатково промивається струменями чистої води. Це забезпечує більш повне видалення забруднень, покращує санітарний стан сировини та підвищує якість її підготовки до подальшої переробки.

Вибір типу барабанної мийної машини визначається видом продукції, характером забруднень, необхідною продуктивністю та технологічними вимогами виробництва. Основні різновиди барабанних мийних машин наведено на рис. 6.3.



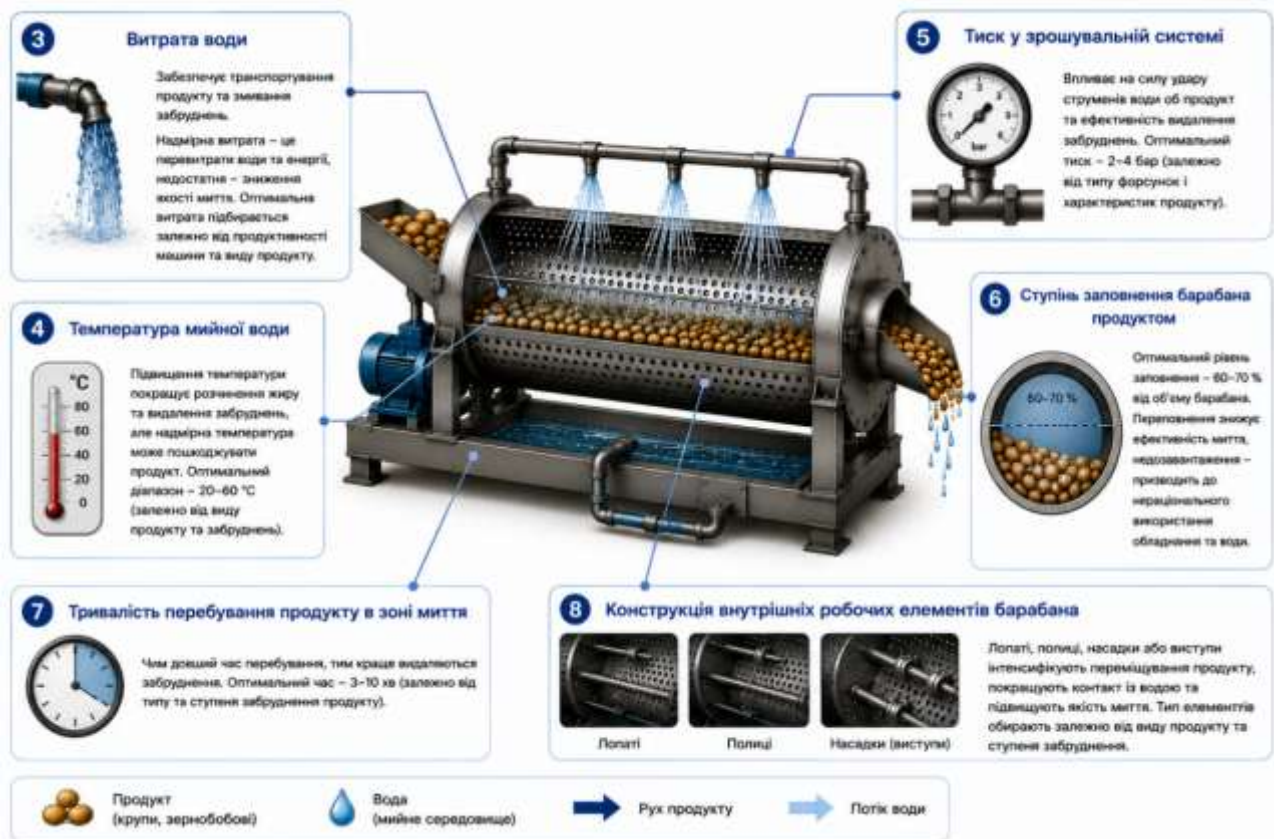
Рис. 6.3. Класифікація барабанних мийних машин за способом подачі мийного середовища

Принцип роботи барабанної мийної машини ґрунтується на механічному перемішуванні продукту під час обертання барабана. У процесі роботи продукт піднімається разом зі стінкою барабана або його внутрішніми полицями, досягає певної висоти, після чого під дією сили тяжіння падає вниз. При цьому він піддається ударній і тертьовій дії, що сприяє руйнуванню та відокремленню забруднень від поверхні. Постійне перемішування забезпечує багаторазовий контакт усіх частин продукту з мийним середовищем, що підвищує рівномірність і якість очищення.

Одночасно продукт обробляється струменями води, які подаються через систему форсунок або душових пристроїв. Поєднання механічної дії та гідродинамічного змивання забезпечує ефективне очищення сировини від крові, слизу, залишків тканин, пилу та інших забруднень. Відокремлені домішки видаляються разом із потоком промивної води, а очищений продукт переміщується до вихідного отвору машини для подальшої обробки.

Якість очищення продукції в барабанних мийних машинах визначається сукупністю технологічних параметрів процесу. До основних із них належать

частота обертання барабана, кут його нахилу, тривалість перебування продукту в робочій зоні, витрата води, інтенсивність її подачі та ступінь заповнення барабана сировиною. Правильний вибір режимів роботи обладнання забезпечує ефективне видалення забруднень, зменшення витрат води та енергії, а також збереження якості сировини. Основні технологічні параметри роботи барабанних мийних машин наведено на рис. 6.4.



**Рис. 6.4. Основні технологічні параметри роботи барабанних мийних машин**

Правильний вибір режимів роботи барабанної мийної машини забезпечує високу якість очищення сировини, раціональне використання води та енергії, а також сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу на підприємствах м'ясопереробної промисловості.

**Барабанна мийна машина БСН-2М** (рис. 6.5) призначена для миття туш дрібних тварин після їх знекровлення. Машина забезпечує ефективне видалення залишків крові, забруднень та інших сторонніх речовин із поверхні туш перед подальшою переробкою.

Принцип роботи машини полягає в тому, що туші завантажуються в барабан, після чого подається вода і вмикається привід. Під час обертання барабана туші багаторазово піднімаються та падають під дією сили тяжіння, інтенсивно перемішуючись і омиваючись водою.

Поєднання механічного впливу та дії водяних потоків забезпечує ефективне очищення поверхні туш від залишків крові та інших забруднень. Відпрацьована вода разом із домішками відводиться з робочої зони, а після завершення процесу миття очищена продукція вивантажується для подальших технологічних операцій.

Будову та принцип дії барабанної мийної машини БСН-2М наведено на рис. 6.5.



Рис. 6.5. Барабанна мийна машина БСН-2М: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Використання машини БСН-2М забезпечує високу якість миття, підвищує санітарно-гігієнічний рівень виробництва та сприяє дотриманню ветеринарно-санітарних вимог на підприємствах м'ясопереробної промисловості.

Мийна машина ДО7-ФМГ (рис. 6.6) призначена для миття туш свиней у шкурі після знекровлення.

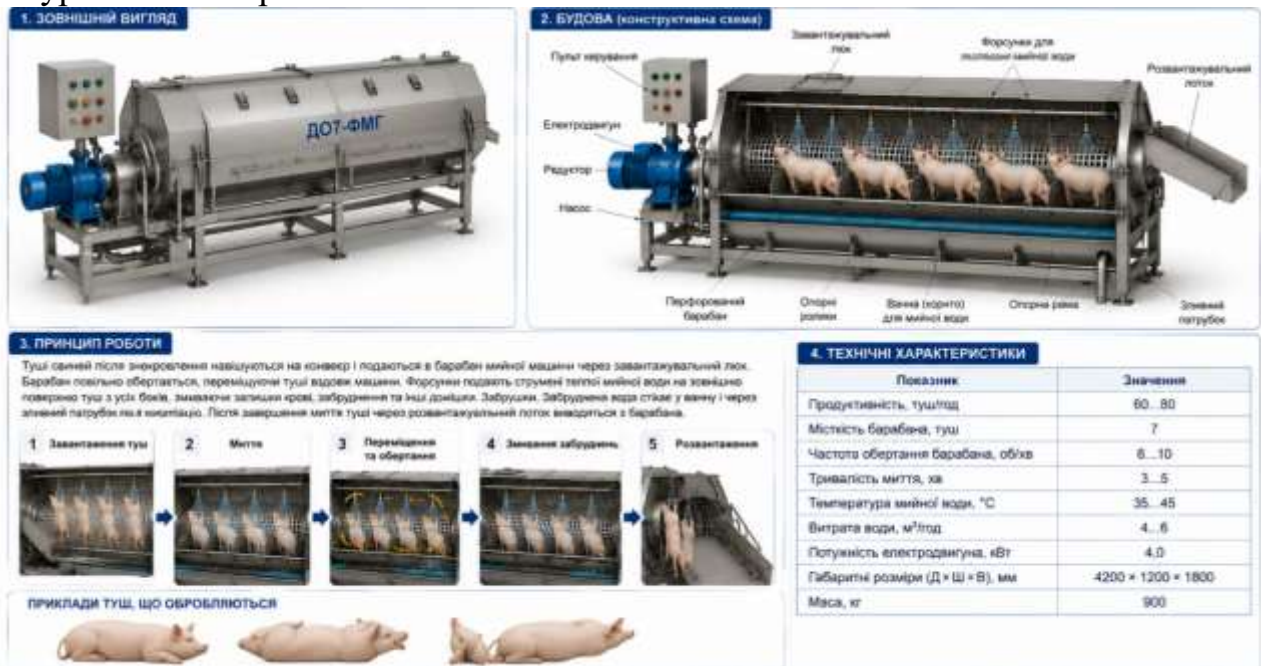


Рис. 6.6. Мийна машина ДО7-ФМГ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Принцип роботи машин ґрунтується на одночасній дії обертових щіток і струменів води. Під час проходження через робочу зону туші інтенсивно очищуються від залишків крові, слизу, бруду та інших механічних забруднень.

Безперервне зрошення водою сприяє ефективному змиванню забруднень, а щіткова обробка забезпечує ретельне очищення поверхні туш без пошкодження тканин і шкіри.

Поєднання механічного очищення та гідродинамічного впливу води забезпечує високу якість миття продукції та її підготовку до подальших технологічних операцій на м'ясопереробних підприємствах.

Ефективність роботи мийних машин визначається їх продуктивністю та раціональними режимами роботи. Для барабанних мийних машин одним із найважливіших параметрів є частота обертання барабана, яка встановлюється з урахуванням критичного числа обертів (рис. 6.7).

### 1. Продуктивність машин для мийки туш тварин

Продуктивність машин для мийки туш тварин  $\Pi$  (кг/год.)

$$\Pi = 3600 \frac{mv}{l}, \quad (6.1)$$

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



### 2. Критичне число обертів барабанних мийних машин (ММ)

Під час розрахунку барабанних мийних машин (ММ) необхідно враховувати критичне число обертів. Ефективність процесу визначається співвідношенням сил діючих на шматок продукції. Чим вище продукція піднімається, тим з вищої висоти вона падає. Найменше число обертів, при якому продукт або частинка поміщена в середині барабану починає обертатись разом з ним, не відриваючись від стінки за час обертання називається критичним числом обертів барабана, а відповідна кутова швидкість – критичною кутовою швидкістю.

Критичним числом обертів називають мінімальну частоту, за якої частинка продукту обертається разом із барабаном, не відриваючись від його стінки.

Критичне число обертів гладенького і полічного мийного барабана:

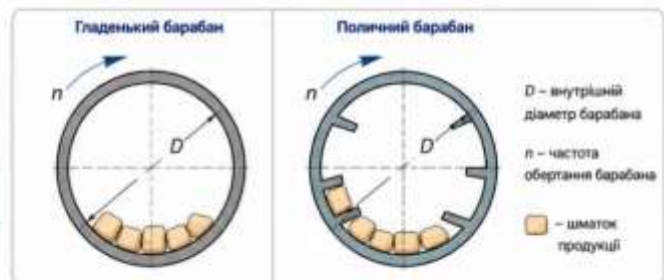
$$n_{кр} = \frac{42,3}{\sqrt{D}}, \quad \text{об/хв} \quad (6.2)$$

Де  $n_{кр}$  – критичне число обертів, об/хв;  
 $D$  – внутрішній діаметр барабана, м.

### 3. Розрахункове число обертів барабана

Для орієнтовного розрахунку числа обертів барабана приймемо:

$$n = f \cdot n_{кр} \quad (6.3)$$



Рекомендоване значення коефіцієнта $f$		
Тип барабана	$f$	Призначення
Гладенькі барабани	0,75 – 0,80	Для інтенсивного підйому та падіння продукції
Барабани з полицями	0,20 – 0,30	Для більш м'якого перемішування та миття продукції

**Рис. 6.7. Розрахунок продуктивності машин для миття туш тварин і критичного числа обертів барабанних мийних машин**

Надмірне збільшення частоти обертання барабана призводить до виникнення відцентрової сили, яка притискає продукт до внутрішньої поверхні барабана. У такому випадку продукт перестає вільно переміщуватися та падати, що суттєво знижує ефективність механічного очищення і погіршує якість миття.

Витрата води залежить від виду сировини, ступеня її забрудненості, продуктивності машини та обраного режиму миття. Орієнтовно вона становить від 0,5 до 2,5 м<sup>3</sup>/год на 1 т продукції. Для забезпечення якісного змивання забруднень у зрошувальних системах підтримують тиск води в межах 0,15–0,30 МПа. Правильно підібрані параметри подачі води забезпечують ефективне очищення продукції та раціональне використання водних ресурсів.

До конструкції барабанних мийних машин висуваються підвищені санітарно-гігієнічні вимоги, тому для їх виготовлення використовують матеріали, дозволені для контакту з харчовими продуктами.

Важливою вимогою до барабанних мийних машин харчових виробництв є забезпечення належного санітарно-гігієнічного стану обладнання. Для виготовлення машин використовують матеріали, дозволені для контакту з харчовими продуктами, а внутрішні поверхні повинні виключати накопичення залишків сировини та розвиток мікроорганізмів (рис. 6.8).



*Рис. 6.8. Конструкційні матеріали та санітарно-гігієнічні вимоги до барабанних мийних машин*

Барабанні мийні машини широко застосовуються в харчовій і переробній промисловості завдяки високій продуктивності, простоті конструкції, надійності та довговічності. Вони забезпечують рівномірне очищення продукції, легко автоматизуються та характеризуються відносно невеликими витратами на технічне обслуговування.

До недоліків барабанних мийних машин належать значні витрати води, підвищений рівень шуму та можливість механічного пошкодження продукції з ніжною структурою. Крім того, їх експлуатація потребує очищення стічних вод і достатньої виробничої площі для розміщення обладнання.

Безпечна експлуатація барабанних мийних машин забезпечується дотриманням комплексу технічних і організаційних заходів. Машини повинні бути обладнані захисними кожухами та огороженнями рухомих частин. Конструкцією мають бути передбачені блокувальні пристрої, які унеможливають запуск обладнання при відкритих люках або кожухах.

Електродвигуни та інше електрообладнання повинні мати надійне захисне заземлення. Необхідно регулярно перевіряти справність систем водопостачання, стан форсунок, трубопроводів та запірної арматури. Особлива увага приділяється контролю температури води, тиску в системі та технічному стану приводу.

Після завершення роботи обладнання підлягає ретельному очищенню та санітарній обробці відповідно до встановлених вимог виробничої санітарії. Сучасні барабанні мийні машини постійно вдосконалюються з метою підвищення ефективності миття, зниження витрат води та енергії, а також покращення санітарно-гігієнічних показників.

## **2. Конвеєрні мийні машини: будова та принцип роботи**

Конвеєрні мийні машини широко застосовуються на підприємствах м'ясної, харчової, рибопереробної, молочної та фармацевтичної промисловості для безперервного миття тваринної сировини, харчових продуктів, тари та виробничого інвентарю. Їх використання дозволяє механізувати й автоматизувати процес очищення, забезпечити стабільну якість миття, підвищити продуктивність праці та покращити санітарно-гігієнічний стан виробництва. Особливо ефективними такі машини є на підприємствах з великими обсягами виробництва, де необхідно забезпечити безперервність технологічного процесу та високу якість санітарної обробки.

На відміну від барабанних мийних машин, у конвеєрних установках продукція або тара безперервно переміщується через робочі зони за допомогою стрічкового, роликового, ланцюгового чи підвісного конвеєра. Завдяки цьому забезпечується рівномірна обробка об'єктів миття та можливість організації потокового виробництва. Під час руху продукція послідовно проходить зони попереднього ополіскування, основного миття, додаткового очищення та кінцевого промивання чистою водою. Безперервність процесу сприяє стабільності технологічного режиму та забезпечує високу продуктивність обладнання.

Конвеєрні мийні машини використовують для миття туш і напівтуш тварин, субпродуктів, кісткової та кишкової сировини, металевої, пластикової та скляної тари, лотків, ящиків, контейнерів, а також різноманітного виробничого інвентарю. Залежно від призначення обладнання процес очищення може здійснюватися струменями води, мийними розчинами, щітковими пристроями або їх поєднанням. У деяких конструкціях передбачене також знезараження поверхонь гарячою водою чи парою, що дозволяє підвищити рівень санітарної безпеки продукції та виробничого середовища.

Важливою перевагою конвеєрних мийних машин є можливість регулювання швидкості руху конвеєра, інтенсивності подачі води та тривалості перебування продукції в робочій зоні. Це дає змогу адаптувати режим роботи обладнання до виду сировини, ступеня її забруднення та вимог технологічного процесу. Крім того, сучасні машини часто оснащуються системами рециркуляції води, автоматичного контролю параметрів миття та засобами енергозбереження.

Конвеєрні мийні машини відрізняються конструкцією транспортуючих органів, режимом роботи та способом очищення продукції. Залежно від технологічного призначення використовують різні типи машин, що забезпечують необхідну інтенсивність миття та продуктивність процесу. Рациональний вибір конструкції машини дозволяє підвищити ефективність очищення, скоротити витрати води та мийних засобів і забезпечити відповідність продукції санітарно-гігієнічним вимогам. Основні типи конвеєрних мийних машин наведено на рис. 6.9.



*Рис. 6.9. Класифікація конвеєрних мийних машин за конструкцією, режимом роботи та способом миття*

Принцип роботи конвеєрної мийної машини полягає в тому, що продукція або тара переміщується конвеєром через кілька послідовних зон обробки. Спочатку здійснюється попереднє ополіскування для видалення легких забруднень, далі — основне миття гарячою водою або мийним розчином температурою 60–75 °С. Після цього проводиться ополіскування чистою водою для видалення залишків мийних засобів, а за потреби — дезінфекція та сушіння гарячим повітрям температурою 65–80 °С.

Миття здійснюється за допомогою форсунок, які створюють струмені води або мийного розчину під тиском 0,15–0,30 МПа, забезпечуючи ефективне очищення навіть важкодоступних ділянок поверхні.

Основними технологічними параметрами роботи машини є швидкість руху конвеєра, температура та витрата води, тиск у форсунках, концентрація мийних засобів і тривалість перебування продукції в зонах обробки. Оптимальне поєднання цих параметрів забезпечує високу якість миття та економне використання ресурсів.

Залежно від виду продукції та ступеня її забруднення тривалість перебування об'єктів у машині зазвичай становить від 2 до 10 хвилин.

Конвеєрні мийні машини широко застосовуються завдяки безперервності роботи, високій продуктивності та можливості автоматизації процесу миття. Вони забезпечують стабільну якість очищення продукції, а використання систем рециркуляції сприяє зменшенню витрат води та скороченню ручної праці.

До недоліків конвеєрних мийних машин належать значні габаритні розміри, складніша конструкція та вища вартість порівняно з барабанними машинами. Крім того, їх експлуатація потребує регулярного технічного обслуговування систем подачі води, форсунок, фільтрів і засобів автоматичного керування.

Важливою умовою експлуатації конвеєрних мийних машин є дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Для цього обладнання виготовляють із матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами, а його конструкція повинна забезпечувати зручність очищення, санітарної обробки та ефективне відведення стічних вод (рис. 6.10).



**Рис. 6.10. Конструкційні матеріали та санітарно-гігієнічні вимоги до конвеєрних мийних машин**

Конвеєрні мийні машини є високоефективним обладнанням для очищення тваринної сировини, тари та виробничого інвентарю в умовах потокового виробництва. Вони забезпечують високу продуктивність, стабільну якість миття, економічне використання ресурсів і повністю відповідають сучасним вимогам санітарної безпеки харчової промисловості.

### 3. Обладнання для миття тари

Миттю підлягають різні види тари та виробничого інвентарю, які контактують із харчовою або медичною продукцією. До них належать металева тара (консервні банки, лотки), скляна тара (пляшки, банки, флакони), пластикові та металеві лотки для котлет, пельменів та інших напівфабрикатів, тара для медичної продукції, а також виробничий посуд і допоміжний інвентар. Якість миття безпосередньо впливає на безпечність готової продукції, її якість та термін зберігання.

Для прискорення видалення залишків продукції тару попередньо відмочують. У воду додають лужні мийні засоби, які розчиняють жири, розм'якшують білкові забруднення та полегшують подальше механічне очищення поверхонь. Для миття скляної тари застосовують розчин каустичної соди (NaOH) концентрацією до 0,5 %. Лужне середовище ефективно видаляє органічні забруднення та залишки етикеткового клею. Температура мийного розчину зазвичай становить 40–60 °С.

Металеву консервну тару миють гарячою водою температурою близько 65 °С. Після миття тара підлягає стерилізації паром. Під час обробки необхідно не допускати механічних пошкоджень захисного покриття банок і контролювати температуру, щоб запобігти деформації металу.

Процес миття тари в автоматизованих мийних машинах складається з кількох послідовних операцій, що забезпечують ефективне видалення забруднень, залишків мийних засобів і підготовку тари до подальшого використання у виробництві (рис. 6.11).

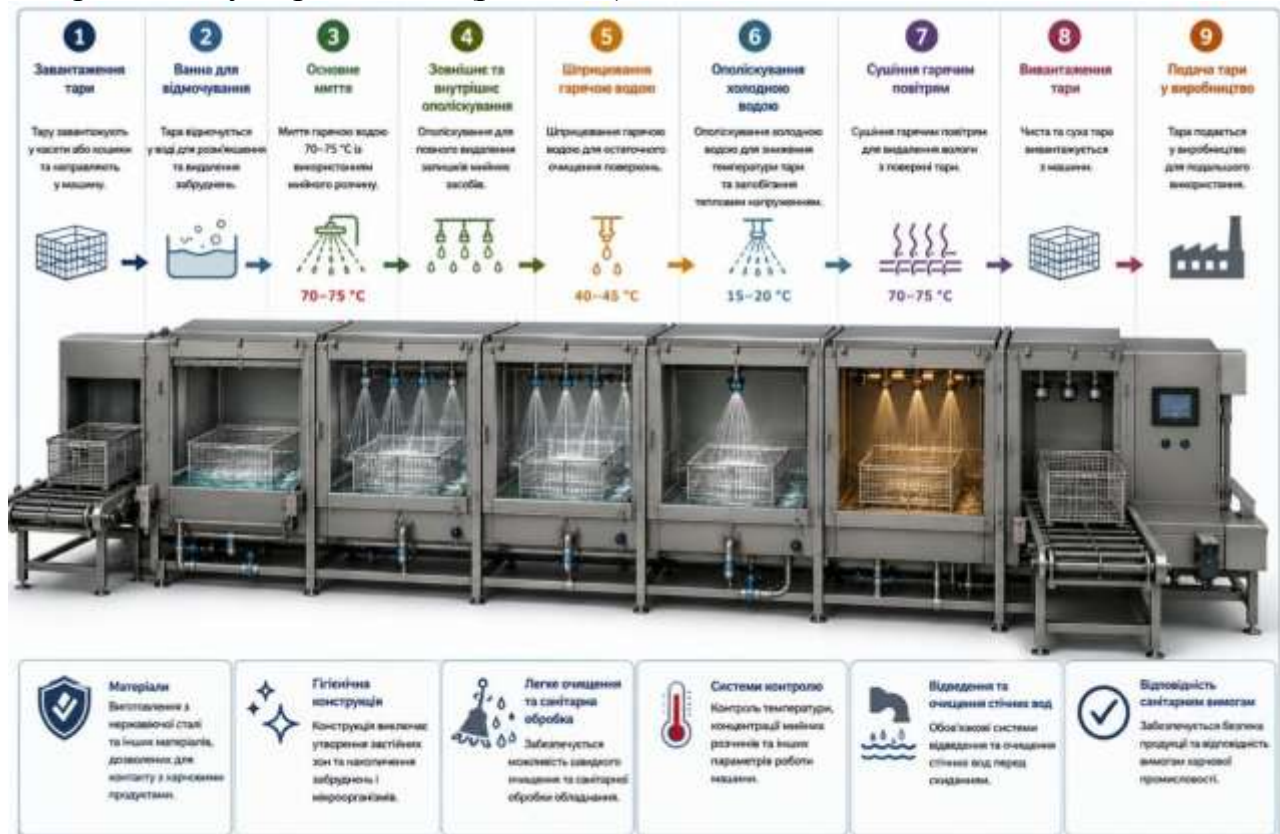


Рис. 6.11. Технологічна схема процесу миття тари в автоматизованих мийних машинах

Для забезпечення мікробіологічної безпеки тари та інвентарю застосовують дезінфекцію та стерилізацію. Для цього використовують 3 %-й освітлений розчин хлорного вапна, 2 %-й розчин хлораміну або гостру (насичену) водяну пару. Паровий метод є найбільш екологічним, оскільки не залишає хімічних залишків на поверхні тари. Після проведення хімічної дезінфекції обов'язковим є ретельне ополіскування питною водою.

Особливу увагу необхідно приділяти дотриманню температурного режиму та недопущенню різких перепадів температур. Це особливо важливо для скляної тари, яка може руйнуватися внаслідок термічного шоку, а також для металевої тари з лакованим покриттям, де існує ризик пошкодження захисного шару. Перехід між температурними режимами повинен бути поступовим.

Під час миття та дезінфекції тари необхідно використовувати воду, що відповідає санітарно-гігієнічним нормам, контролювати концентрацію мийних і дезінфекційних розчинів, своєчасно замінювати робочі розчини, здійснювати контроль залишкової лужності після миття та вести журнали санітарної обробки й контролю якості миття.

**Пляшкомийна машина** призначена для миття скляної тари перед її заповненням продукцією. Такі машини широко використовуються на підприємствах харчової, напоївної, молочної, консервної та фармацевтичної промисловості, де до чистоти тари висуваються підвищені санітарно-гігієнічні вимоги. Використання пляшкомийних машин забезпечує якісне очищення внутрішніх і зовнішніх поверхонь тари та створює необхідні умови для безпечного зберігання продукції.

Принцип роботи машини полягає в послідовному переміщенні пляшок через зони відмочування, миття та ополіскування. Спочатку пляшки надходять у мийну машину, де проходять стадії відмочування у воді та мийному розчині для розм'якшення і видалення забруднень. На цьому етапі з поверхні тари видаляються залишки продукту, етикеток, клею та інші забруднення, що накопичилися під час експлуатації або зберігання.

Після цього тара піддається багаторазовому внутрішньому та зовнішньому шприцюванню струменями води під певним тиском, що забезпечує ефективне очищення її поверхонь і видалення залишків мийних засобів. У сучасних машинах для підвищення якості миття можуть застосовуватися кілька послідовних зон промивання з використанням води різної температури та ступеня очищення. Між окремими стадіями відбувається стікання використаної рідини, що підвищує якість промивання та зменшує витрати води.

Після завершення миття та ополіскування очищені пляшки автоматично вивантажуються і подаються на наступні операції технологічної лінії — контроль якості, наповнення, закупорювання та маркування. Безперервний характер роботи машини забезпечує високу продуктивність і дозволяє інтегрувати її в автоматизовані виробничі лінії.

Багатостадійна обробка забезпечує високу якість очищення тари, ефективно видалення механічних і біологічних забруднень та її підготовку до подальшого використання у виробництві харчової, фармацевтичної та іншої продукції. Завдяки цьому підвищується безпечність готової продукції,

зменшується ризик її мікробіологічного забруднення та забезпечується дотримання встановлених санітарно-гігієнічних норм.

Будову та принцип дії пляшкочийної машини наведено на рис. 6.12.



Рис. 6.12. Пляшкочийна машина: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Окрім розглянутої пляшкочийної машини, у промисловості застосовуються й інші конструкції машин для миття тари, які за принципом дії істотно не відрізняються від описаної. Незалежно від конструктивних особливостей, технологічний процес миття тари включає послідовне завантаження тари в пляшконосії або транспортні пристрої, проходження через зони замочування, відмивання, шприцювання, сушіння та подальше вивантаження.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про призначення, будову та принцип роботи барабанних і конвеєрних мийних машин, а також обладнання для миття тари; сформувати вміння аналізувати технологічні режими миття, оцінювати ефективність роботи обладнання та дотримуватися вимог безпечної експлуатації.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Призначення мийних машин у переробній промисловості.
2. Класифікація барабанних і конвеєрних мийних машин.
3. Особливості миття тваринної сировини.
4. Технологічний процес миття тари.
5. Вимоги безпеки праці та санітарного контролю.

### Практичні завдання

#### Блок А. Теоретико-аналітичний

1. Пояснити призначення та особливості роботи барабанних мийних машин.
2. Охарактеризувати конструкцію та принцип роботи машини БСН-2М.
3. Пояснити принцип роботи конвеєрних мийних машин та роль форсунок у процесі очищення.
4. Охарактеризувати основні етапи миття тари у пляшкомиєрних машинах.
5. Визначити фактори, що впливають на якість миття тваринної сировини та тари.
6. Порівняти барабанні та конвеєрні мийні машини за принципом роботи та сферою застосування.

#### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Після миття на сировині залишаються забруднення. Які параметри роботи обладнання необхідно перевірити?
2. Під час роботи барабанної машини виникли надмірні шум і вібрація. Визначити можливі причини.
3. У конвеєрній мийній машині спостерігається нерівномірне зрошування продукту. Які вузли потребують перевірки?
4. Виявлено перевитрату води під час миття тари. Запропонувати можливі технічні рішення.
5. Обґрунтувати вибір типу мийної машини для конкретного виду сировини.

#### **Блок В. Розрахункові завдання**

1. Розрахувати продуктивність машини для миття туш:  

$$P = (m \cdot v) / l,$$
де  $m$  — маса однієї туші, кг;  $v$  — швидкість руху транспортера, м/с;  $l$  — крок розміщення туш, м.  
Вихідні дані:  $m = 80$  кг;  $v = 0,15$  м/с;  $l = 1,8$  м.
2. Визначити критичне число обертів барабана:  

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D},$$
де:  $D$  — внутрішній діаметр барабана, м.  
Вихідні дані:  $D = 1,2$  м.
3. Визначити тривалість перебування тари у мийній машині:  

$$t = L / v,$$
де  $L$  — довжина мийної камери, м;  $v$  — швидкість руху конвеєра, м/с.  
Вихідні дані:  $L = 8$  м;  $v = 0,05$  м/с.

### **САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. Для миття яких об'єктів застосовують барабанні мийні машини?
  - а) туш і напівтуш; б) субпродуктів; в) кісткової сировини; г) тари; д) борошна.
2. За режимом роботи барабанні мийні машини поділяють на:
  - а) безперервної дії; б) періодичної дії; в) вакуумні.
3. Які технологічні параметри впливають на ефективність миття у барабанних машинах?

а) частота обертання барабана; б) витрата води; в) температура води; г) тиск у зрошувальній системі; д) колір барабана.

4. Які переваги барабанних мийних машин?

а) висока продуктивність; б) простота конструкції; в) можливість автоматизації; г) рівномірність миття; д) підвищена шумність.

5. Які типи конвеєрів використовують у конвеєрних мийних машинах?

а) стрічкові; б) роликові; в) ланцюгові; г) підвісні.

6. Які стадії проходить продукція в конвеєрній мийній машині?

а) попереднє ополіскування; б) основне миття; в) повторне ополіскування; г) дезінфекція; д) сушіння.

7. Для відмочування скляної тари використовують:

а) розчин каустичної соди; б) чисту воду; в) хлорне вапно.

8. Які засоби застосовують для дезінфекції тари?

а) 3 % розчин хлорного вапна; б) 2 % розчин хлораміну; в) гостру пару; г) соняшникову олію.

9. До вимог безпеки перед початком роботи належать:

а) перевірка заземлення; б) огляд захисних огорожень; в) перевірка аварійної кнопки «Стоп»; г) контроль рівня і температури води.

10. Під час роботи забороняється:

а) відкривати кришки під час роботи механізмів; б) торкатися рухомих частин; в) проводити регулювання без зупинки машини; г) контролювати рівень шуму.

Ключ до тесту: 1 – а, б, в, г; 2 – а, б; 3 – а, б, в, г; 4 – а, б, в, г; 5 – а, б, в, г; 6 – а, б, в, г, д; 7 – а, б; 8 – а, б, в; 9 – а, б, в, г; 10 – а, б, в.

## БЛОК 7

# МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про призначення, будову, принцип роботи та особливості експлуатації машин для зняття шкури, щетини, сажі, оперення та луски під час первинної обробки тваринної сировини; розвивати вміння аналізувати конструкції технологічного обладнання, оцінювати ефективність його роботи та обґрунтовувати вибір машин для виконання виробничих операцій; виховувати відповідальне ставлення до дотримання технологічних вимог, санітарно-гігієнічних норм, правил безпеки праці та прагнення до постійного професійного самовдосконалення.

### План

1. Способи сортування, очищення та розділення рослинної сировини.
2. Машини для розділення та очищення зернової сировини.
3. Гребневіддільні машини: призначення, будова та принцип роботи.
4. Машини для сортування і розділення клубнеплодів та ягід.
5. Протиральні машини та їх використання у переробних виробництвах.

***Мотивація.** Первинна обробка тваринної сировини є важливим етапом технологічного процесу, від якого залежать якість продукції, продуктивність праці та економічна ефективність переробного підприємства. Знання будови та принципів роботи відповідного обладнання дає змогу майбутньому педагогу професійного навчання не лише орієнтуватися в сучасних технологіях переробки сировини, а й якісно здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та харчової галузей.*

### **1. Способи сортування, очищення та розділення рослинної сировини**

Якість сільськогосподарської продукції значною мірою залежить від її первинної обробки після збирання врожаю. Свіжозібране зерно або насіння являє собою багатокомпонентну суміш, до складу якої входять зерна основної культури та різноманітні домішки органічного і мінерального походження. Наявність домішок негативно впливає на якість продукції, ускладнює її зберігання та подальшу переробку.

Відсутність належного очищення призводить до зниження товарної якості зерна, збільшення втрат під час зберігання, підвищення вологості та самозігрівання зернової маси, розвитку мікроорганізмів і шкідників, пошкодження технологічного обладнання та виникнення економічних збитків. Тому розділення та очищення є обов'язковими етапами технологічного процесу на елеваторах, зерносховищах, комбікормових і зернопереробних підприємствах.

Розділення сільськогосподарської сировини являє собою сукупність технологічних операцій, спрямованих на поділ вихідної суміші на окремі фракції або компоненти за їх фізичними, механічними та аеродинамічними властивостями. Об'єктами розділення можуть бути зернові, зернобобові та олійні культури, насіннєвий матеріал, а також сировина для виробництва круп.

Процес розділення ґрунтується на використанні відмінностей між компонентами суміші за геометричними розмірами, формою частинок, насипною густиною, аеродинамічними властивостями, шорсткістю поверхні, магнітною сприйнятливістю, кольором, оптичними характеристиками, пружністю та механічною міцністю.

Фізичною основою процесів очищення є закони механіки твердих тіл, аеродинаміки, гравітації та електромагнетизму. Так, під час ситового очищення використовується різниця в геометричних розмірах частинок, під час пневматичного очищення — різниця швидкостей їх осідання у повітряному потоці, під час гравітаційного сортування — різниця густини, а під час магнітного очищення — відмінності в магнітних властивостях компонентів суміші.

Очищення зернової маси ґрунтується на використанні фізичних відмінностей між зерном і домішками. Залежно від властивостей компонентів суміші застосовують ситове, пневматичне, гравітаційне, магнітне та оптичне очищення, які часто поєднують у багатоступеневих технологічних схемах (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Основні способи очищення зернової маси та багатоступенева схема її обробки

На ефективність очищення впливають вологість зерна, ступінь засміченості вихідної маси, правильний вибір решіт, налаштування повітряних потоків, технічний стан обладнання та рівномірність подачі матеріалу до робочих органів машин.

Очищення зернової сировини має важливе економічне значення. Воно дає змогу підвищити клас зерна, зменшити витрати на транспортування та зберігання, скоротити втрати продукції, підвищити рентабельність виробництва та забезпечити відповідність продукції вимогам державних стандартів і технічних регламентів.

Розділення та очищення сільськогосподарської сировини є складним багатофакторним технологічним процесом, який базується на використанні фізичних відмінностей між компонентами суміші. Раціональне поєднання різних методів очищення забезпечує високу якість продукції, стабільність її зберігання, економічну ефективність виробництва та безпечність харчових і кормових продуктів.

## **2. Машини для розділення та очищення зернової сировини**

Свіжозібране зерно (зерновий ворох), що надходить на приймальні пункти, елеватори та зернопереробні підприємства, містить значну кількість різноманітних домішок. До їх складу можуть входити зерна інших культур, частинки соломи та колосків, полова, насіння бур'янів, пил, пісок, грудочки ґрунту та інші сторонні включення. Наявність домішок погіршує якість продовольчого і насінневого зерна, ускладнює його зберігання та знижує ефективність подальшої переробки.

Несвоєчасне або неякісне очищення зернової маси може призвести до підвищення вологості, самозігрівання зерна, активного розвитку мікроорганізмів і плісняви, втрати посівних та товарних властивостей продукції. Тому післязбиральна обробка зерна обов'язково передбачає проведення очищення, сортування та за необхідності сушіння з доведенням показників якості до встановлених базисних кондицій.

Очищення зерна являє собою технологічний процес видалення із зернової маси сторонніх домішок, а також шуплого, битого, пошкодженого або неповноцінного зерна основної культури. Очищенню підлягає все зерно, яке надходить на зберігання, транспортування або переробку.

Сортування зерна полягає в поділі зернової маси на окремі фракції за певними фізико-механічними властивостями. Основними ознаками сортування є геометричні розміри зернин (довжина, ширина та товщина), форма, густина, аеродинамічні характеристики, зокрема критична швидкість витання, фрикційні властивості поверхні, магнітні та електричні характеристики, пружність, а також різні комбінації перелічених ознак.

На борошномельних підприємствах зерно, як правило, поділяють на дві основні фракції, тоді як на круп'яних заводах, що переробляють гречку, просо та інші культури, кількість фракцій може становити від чотирьох до шести. Такий поділ дає змогу підвищити ефективність подальших технологічних процесів і покращити якість готової продукції.

Процеси очищення та сортування зерна часто об'єднують загальним терміном «сепарування». Сепарування являє собою комплекс технологічних операцій, спрямованих на розділення зернової суміші на окремі компоненти або фракції відповідно до їх фізичних і механічних властивостей.

Вибір способу сепарування та відповідного обладнання ґрунтується на відмінностях між компонентами зернової суміші за розмірами, густиною, аеродинамічними, магнітними та іншими характеристиками. Саме ці відмінності покладено в основу класифікації зерноочисних і сортувальних машин.

На невеликих зернопереробних підприємствах найчастіше використовують скорочені технологічні схеми очищення, до складу яких входять аспіратори для видалення легких домішок, повітряно-ситові сепаратори для попереднього та основного очищення, ситові сортувальні машини для поділу зерна за розмірами, пневмосортувальні столи для розділення за густиною, каменевідбірні машини для видалення мінеральних домішок та магнітні колонки для вилучення металомагнітних частинок.

Раціональне поєднання різних способів очищення та сортування забезпечує високу якість зерна, підвищує ефективність його зберігання і переробки, сприяє зменшенню технологічних втрат та гарантує безпечність готової продукції.

Зерноочисні та сортувальні машини призначені для видалення домішок із зернової маси та поділу зерна на фракції за певними фізико-механічними властивостями. Їх застосовують на елеваторах, зерноскладах, борошномельних, круп'яних та комбікормових підприємствах.

Залежно від технологічного призначення вони поділяють на машини загального та спеціального призначення. Таке обладнання забезпечує поетапне видалення домішок різного походження та підготовку зерна до зберігання, переробки або використання як насіннєвого матеріалу (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Класифікація зерноочисних машин за призначенням

Для очищення зернової маси використовують різні типи зерноочисних машин, що відрізняються конструкцією, принципом дії та умовами експлуатації. Основні класифікаційні ознаки цих машин наведено на рис. 7.3.



Рис. 7.3. Класифікація зерноочисних машин за конструктивним виконанням, принципом роботи та способом встановлення

Повітроочисні машини призначені для видалення легких домішок, таких як полова, пил, лузга, сухі рослинні залишки та шупле зерно. Вони широко застосовуються на підприємствах післязбиральної обробки зерна, у борошномельному, круп'яному та олійному виробництвах, а також для контролю якості готової продукції та відходів. Використання таких машин сприяє підвищенню якості зернової сировини, покращенню умов її зберігання та забезпеченню ефективної роботи наступного технологічного обладнання.

Принцип роботи повітроочисних машин ґрунтується на використанні різниці аеродинамічних властивостей зерна та домішок. Під дією повітряного потоку легкі частинки захоплюються та відокремлюються від основної зернової маси, тоді як повноцінне зерно залишається в потоці матеріалу. Ефективність очищення залежить від швидкості повітряного потоку, фізичних властивостей зерна та характеру домішок.

Повітряне очищення часто поєднують з іншими способами сепарації, зокрема ситовим, трієрним або магнітним, що дозволяє досягти вищого ступеня очищення сировини. Таке поєднання забезпечує видалення не лише легких домішок, а й домішок, які відрізняються від зерна розмірами, формою або магнітними властивостями.

Зерноочисні машини класифікують за конструктивним виконанням, призначенням і принципом дії. Залежно від технологічних завдань застосовують машини загального та спеціального призначення, які забезпечують видалення різних видів домішок і сортування зерна за фізичними властивостями. Машини загального призначення використовують для попереднього, первинного та вторинного очищення зерна, тоді як машини спеціального призначення призначені для виконання окремих операцій, пов'язаних із видаленням специфічних домішок або калібруванням зернової маси. Основні типи зерноочисних машин та їх класифікацію наведено на рис. 7.4.



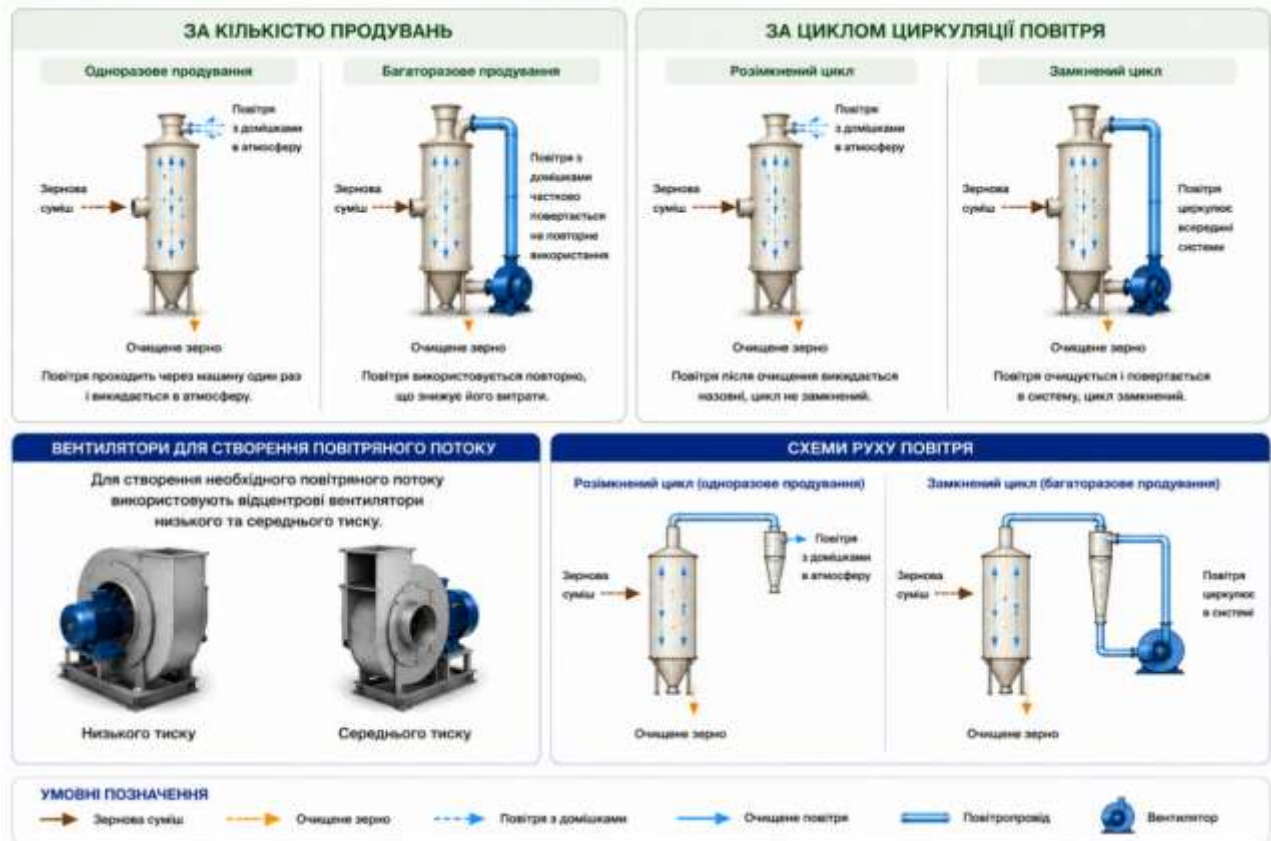
*Рис. 7.4. Машини загального та спеціального призначення для очищення і сортування зерна*

Ефективність роботи повітроочисних машин значною мірою залежить від способу використання повітряного потоку та схеми його циркуляції в системі очищення зерна. Саме параметри повітряного потоку визначають повноту видалення легких домішок, продуктивність обладнання та якість очищення зернової маси. Правильно організований рух повітря забезпечує надійне відокремлення пилу, полови, лузги, подрібнених рослинних залишків та щуплого зерна без значних втрат повноцінного продукту.

Залежно від конструкції машини очищення може здійснюватися за допомогою відкритого, замкненого або комбінованого повітряного потоку. У системах з відкритою циркуляцією повітря після проходження через робочу зону викидається в навколишнє середовище або надходить до пиловловлювальних пристроїв. У системах із замкненим циклом частина очищеного повітря повертається до робочої зони, що дозволяє зменшити енерговитрати та покращити умови праці.

Важливе значення для ефективності очищення мають швидкість повітряного потоку, рівномірність його розподілу по перерізу каналу та напрямок руху відносно зернового потоку. Неправильно вибрані параметри можуть призводити до недостатнього видалення домішок або, навпаки, до втрат повноцінного зерна разом із відходами. Тому конструкція повітряної системи та режими її роботи підбираються з урахуванням фізичних властивостей зерна і домішок, що підлягають видаленню.

Основні схеми використання повітряного потоку та його циркуляції в повітроочисних машинах наведено на рис. 7.5.



**Рис. 7.5. Класифікація повітроочисних машин за способом використання повітряного потоку та схеми циркуляції повітря**

На зернопереробних підприємствах застосовують різні типи повітроочисних машин, які забезпечують видалення легких домішок із зернової маси та підвищують якість її очищення. Такі машини є важливою складовою технологічного процесу післязбиральної обробки зерна, оскільки дозволяють зменшити вміст пилу, полови, лузги, соломистих частинок та інших домішок, що погіршують якість продукції. Крім того, повітряне очищення сприяє покращенню умов зберігання зерна, зменшує ризик його самозігрівання та підвищує ефективність роботи наступного технологічного обладнання.

Найбільш поширеними є зерноочисні колонки, пневматичні сепаратори, машини попереднього очищення та сепаратори різних конструкцій. Їх робота ґрунтується на використанні повітряного потоку, за допомогою якого домішки відокремлюються від зерна за аеродинамічними властивостями. Залежно від конструкції машини та режиму роботи очищення може здійснюватися як самостійно, так і в поєднанні з іншими способами сепарації. Використання таких машин дозволяє підвищити якість зернової сировини, зменшити втрати під час подальшої переробки та забезпечити відповідність продукції встановленим стандартам. Основні типи повітроочисних машин наведено на рис. 7.6.



*Рис. 7.6. Основні типи повітроочисних машин, що застосовуються на зернопереробних підприємствах*

Одним із найпростіших і найпоширеніших видів повітроочисних машин є **пневноколонки (аспіраційні канали)**. Вони використовуються для попереднього та основного очищення зерна від легких домішок і широко застосовуються на зерноочисних агрегатах, елеваторах, зернопереробних та комбикормових підприємствах. Простота конструкції, надійність у роботі та висока продуктивність зумовлюють їх широке використання в технологічних лініях очищення зерна.

Очищення зернової суміші в пневноколонках здійснюється повітряним потоком, який відокремлює легкі домішки від основного зерна за рахунок різниці їх аеродинамічних властивостей. Під час проходження зернової маси через аспіраційний канал пил, солома, лузга, подрібнені рослинні рештки та щуплі зернівки захоплюються потоком повітря і відводяться в осаджувальні або пиловловлювальні пристрої, тоді як повноцінне зерно під дією сили тяжіння продовжує рухатися вниз.

Для підвищення ефективності очищення в каналах можуть встановлюватися скатні полиці, напрямні щитки та інші конструктивні елементи, що забезпечують більш рівномірний розподіл зерна по перерізу каналу та збільшують тривалість його взаємодії з повітряним потоком. Це сприяє більш повному видаленню легких домішок і підвищує якість очищення зернової маси.

Ефективність роботи пневноколонки залежить від швидкості повітряного потоку, рівномірності подачі зерна, конструкції аспіраційного каналу та фізичних властивостей очищуваного матеріалу. Основні конструктивні схеми пневноколонки наведено на рис. 7.7.



*Рис. 7.7. Будова та принцип роботи пневмоколонки (аспіраційного каналу)*

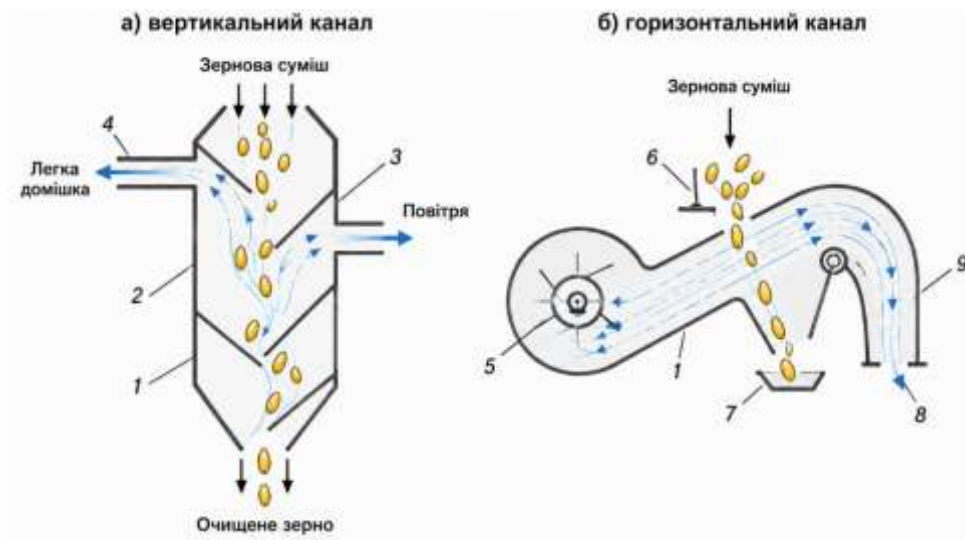
Пневмоколонка являє собою вертикальний або похилий коробчастий канал, у якому зернова суміш обробляється повітряним потоком. Усередині каналу можуть бути встановлені спеціальні скатні полиці, які сповільнюють рух зерна та збільшують тривалість його взаємодії з повітряним потоком, що підвищує ефективність очищення.

Принцип роботи пневмоколонки ґрунтується на різниці критичних швидкостей витання зерна та домішок. Повноцінне зерно має більшу критичну швидкість, тому під дією сили тяжіння продовжує рухатися вниз або по заданій траєкторії до приймального лотка. Легкі домішки, пил, солома та щупле зерно мають меншу критичну швидкість і виносяться повітряним потоком у відповідний патрубок або спеціальний приймач відходів.

Швидкість повітряного потоку регулюють заслінками або зміною режиму роботи вентилятора. Вона повинна бути достатньою для видалення легких домішок, але не викликати втрат повноцінного зерна. На ефективність роботи пневмоколонки впливають швидкість повітря, конструкція каналу, рівномірність подачі зернової суміші та кут нахилу каналу.

Із збільшенням кута нахилу каналу до вертикального положення змінюються умови руху частинок і зростають енергетичні витрати процесу. Тому вертикальні аспіраційні канали доцільно використовувати переважно для видалення легких домішок із невеликими критичними швидкостями витання.

Завдяки простоті конструкції та високій ефективності аспіраційні канали (рис. 7.8) є важливими елементами багатьох зерноочисних машин і пневматичних сепараторів. Їх використання забезпечує надійне видалення легких домішок, зменшення запиленості зернової маси та покращення санітарно-гігієнічних умов у виробничих приміщеннях. Це сприяє підвищенню якості очищення зерна та ефективності роботи зернопереробних підприємств.



**Рис. 7.8. Схеми простих аспіраційних каналів:**

*а – вертикальний аспіраційний канал; б – горизонтальний аспіраційний канал; 1 – нижня секція каналу; 2 – середня секція каналу; 3 – вихід повітря; 4 – вихід легкої домішки; 5 – вентилятор; 6 – завантажувальний патрубок; 7 – вихід очищеного зерна; 8 – вихід важких домішок; 9 – регулювальна заслінка.*

Зерноочисні та сортувальні машини є важливим елементом технологічного процесу післязбиральної обробки зерна. Рациональний вибір обладнання ґрунтується на аналізі фізико-механічних властивостей зернової суміші та технологічних вимог виробництва. Розуміння принципів класифікації та роботи зерноочисного обладнання є необхідною умовою ефективного проектування, експлуатації та модернізації зернопереробних підприємств.

**Повітряний сепаратор РЗ-БАБ** призначений для очищення зерна від легких домішок у технологічних лініях із пневмотранспортом або аспіраційними системами. Його робота ґрунтується на розділенні компонентів зернової суміші за аеродинамічними властивостями в повітряному потоці.

Під час роботи зернова суміш рівномірно подається в повітряний канал, де взаємодіє з потоком повітря, що безперервно відсмоктується аспіраційною системою. Легкі домішки — пил, солома, лузга та щупле зерно — захоплюються повітряним потоком і відводяться до системи аспірації, тоді як повноцінне зерно під дією сили тяжіння осідає та виводиться окремо.

Ефективність очищення залежить від швидкості повітряного потоку та рівномірності подачі зернової суміші. Регулювання режиму роботи дає змогу забезпечити максимальне видалення легких домішок за мінімальних втрат повноцінного зерна.

Застосування сепаратора РЗ-БАБ підвищує якість зерна, покращує роботу наступного технологічного обладнання та сприяє зменшенню запиленості виробничих приміщень.

Будову та принцип дії повітряного сепаратора РЗ-БАБ наведено на рис. 7.9.

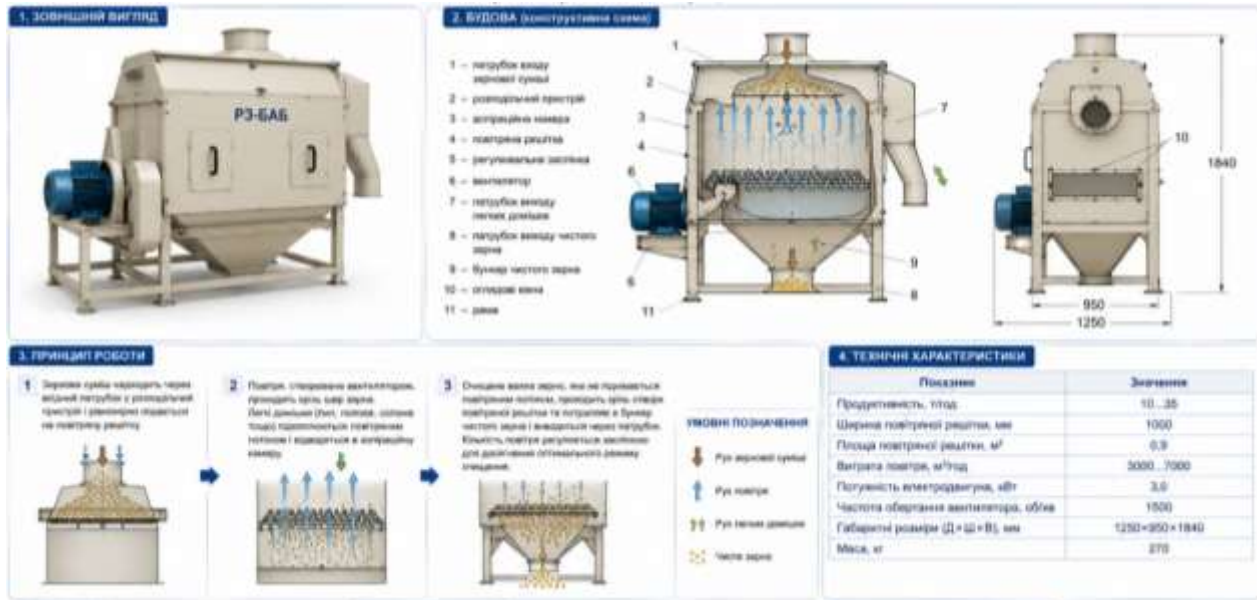


Рис. 7.9. Повітряний сепаратор РЗ-БАБ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Перевагами повітряного сепаратора РЗ-БАБ порівняно з іншими аналогічними машинами є наявність віброрізка, який забезпечує рівномірний розподіл зернової маси по ширині повітряного каналу та її попереднє розшарування перед сепарацією. Це створює сприятливі умови для більш ефективного відокремлення легких домішок і підвищує якість очищення зерна.

Важливою конструктивною особливістю сепаратора є також можливість регулювання форми та поперечного перерізу повітряного каналу по його висоті. Завдяки цьому забезпечується зміна швидкості повітряного потоку на окремих ділянках каналу, що дозволяє оптимізувати режим сепарації залежно від виду зерна, його вологості та ступеня засміченості.

Поєднання рівномірної подачі зернової маси з можливістю гнучкого регулювання параметрів повітряного потоку істотно підвищує ефективність очищення зерна від легких домішок, зменшує втрати повноцінного зерна та покращує якість кінцевого продукту.

**Повітряний сепаратор А1-БВЗ** призначений для очищення зерна від легких домішок і працює за принципом замкненого циклу циркуляції повітря. Такий режим роботи дає змогу зменшити енергетичні витрати, знизити запиленість виробничих приміщень і підвищити економічність процесу очищення.

Під час роботи зернова суміш рівномірно подається в робочу зону, де інтенсивно продувається повітряним потоком. Легкі домішки — пил, солома, лузга та щупле зерно — захоплюються повітрям і відокремлюються від основної маси зерна. Повноцінне зерно, яке має більшу критичну швидкість витання, під дією сили тяжіння осідає та виводиться з машини.

Після відокремлення домішок повітря очищується і повторно використовується в технологічному процесі, утворюючи замкнений цикл циркуляції. Це забезпечує стабільну роботу сепаратора та підвищує ефективність очищення зерна.

Будову та принцип дії повітряного сепаратора А1-БВЗ наведено на рис. 7.10.



Рис. 7.10. Повітряний сепаратор А1-БВЗ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Сепаратор А1-БВЗ широко застосовують на елеваторах, борошномельних і комбикормових підприємствах для попереднього та основного очищення зерна від легких домішок.

**Повітряний сепаратор РЗ-БСД** призначений для відбору зернової суміші з матеріалопроводу пневмотранспортної системи та її подальшого очищення від легких домішок за аеродинамічними властивостями. Машина ефективно видаляє щупле і біте зерно, оболонки, частинки соломи, пил та інші легкі домішки, що погіршують якість зернової маси.

Під час роботи зернова суміш надходить у робочу зону сепаратора, де взаємодіє із зустрічним потоком повітря. Легкі домішки, пил, солома та щупле зерно захоплюються повітряним потоком і відокремлюються від основної маси зерна. Повноцінне зерно, яке має більшу критичну швидкість витання, під дією сили тяжіння осідає та виводиться з машини.

У процесі очищення домішки додатково розділяються на важкі та легкі фракції, що підвищує ефективність сепарації. Інтенсивність повітряного потоку

регулюється залежно від виду зерна та ступеня його засміченості, що забезпечує стабільну якість очищення і мінімальні втрати повноцінного зерна.

Будову та принцип дії повітряного сепаратора РЗ-БСД наведено на рис. 7.11.

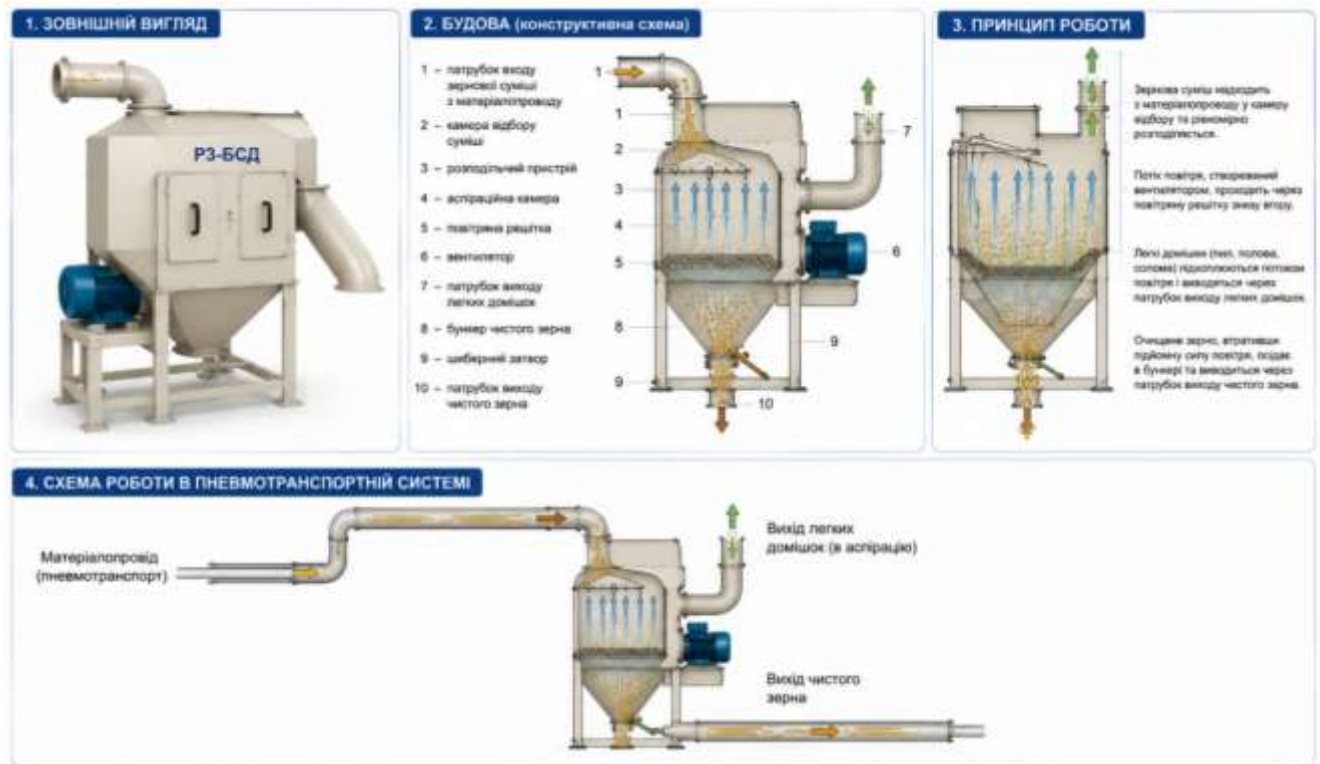


Рис. 7.11. Повітряний сепаратор РЗ-БСД: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Сепаратор РЗ-БСД характеризується високою ефективністю очищення та широко застосовується на елеваторах, борошномельних і комбикормових підприємствах для попереднього та основного очищення зернової сировини.

**Аеродинамічний сепаратор САД-10** призначений для поділу сипких матеріалів на фракції за густиною та аеродинамічними властивостями. У зернопереробній промисловості його використовують для калібрування насіння, очищення зернової маси, а також для розділення продуктів переробки зерна на окремі фракції. Зокрема, сепаратор ефективно застосовується під час переробки круп'яних культур для сортування лущеного зерна, відокремлення дробленого ядра та борошнистих частинок.

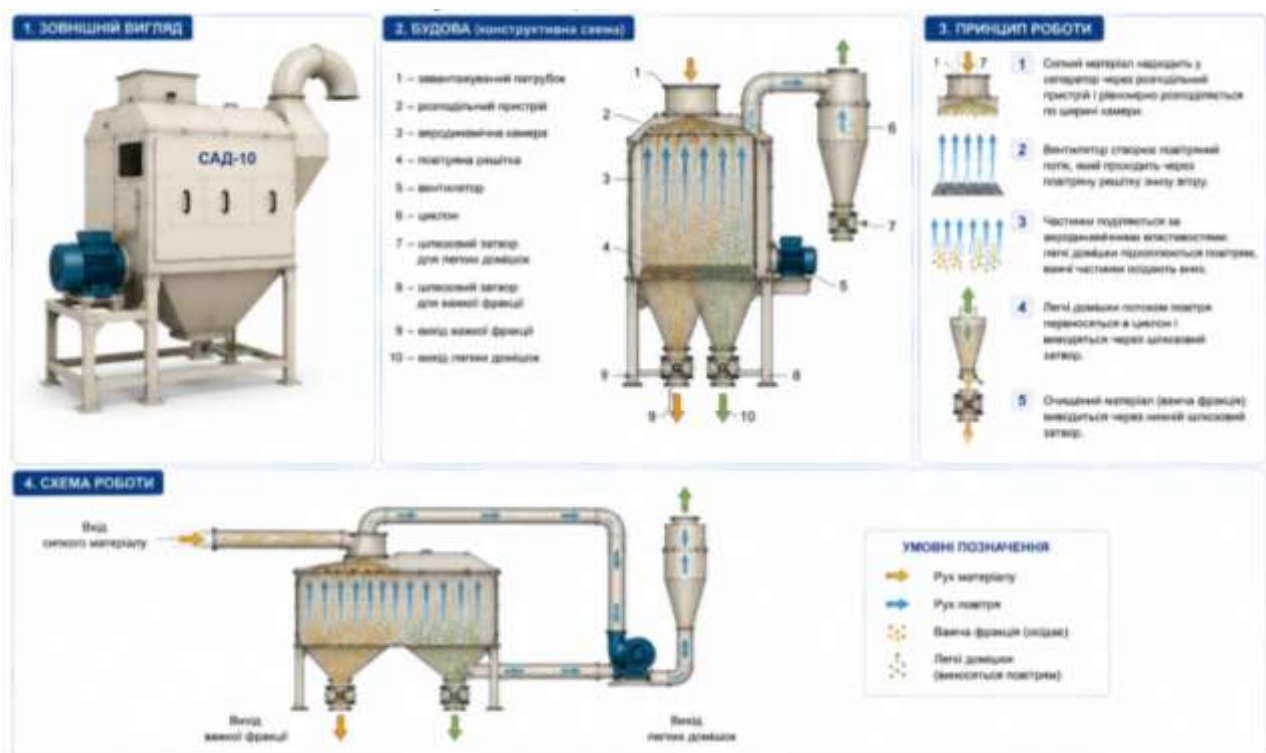
Робота сепаратора ґрунтується на розділенні зернової суміші за аеродинамічними властивостями, питомою масою та формою частинок. Матеріал рівномірно подається в робочу зону, де взаємодіє з повітряним потоком. Легкі домішки, такі як пил, солома та інші дрібні частинки, відокремлюються від основної маси зерна й виводяться з машини.

Під час вільного падіння зернова суміш потрапляє під дію повітряних струменів, унаслідок чого частинки рухаються різними балістичними траєкторіями та розділяються на окремі фракції. Отримані фракції збираються окремо, а проміжні продукти можуть повторно надходити на сепарування, що підвищує точність поділу та зменшує втрати цінного продукту.

Якість сепарування залежить від рівномірності подачі матеріалу, швидкості повітряного потоку та налаштування меж розділення фракцій. Завдяки цьому забезпечується ефективне калібрування зерна та отримання продукту з необхідними якісними показниками.

Сепаратор САД-10 характеризується продуктивністю до 10 т/год у режимі очищення та до 5 т/год у режимі калібрування. Споживана потужність становить 7–15 кВт, а маса машини не перевищує 1150 кг. Завдяки високій точності розділення матеріалу за густиною та аеродинамічними властивостями сепаратор він широко використовується в насінництві, круп'яному виробництві та на зернопереробних підприємствах для підвищення якості готової продукції.

Будову та принцип дії аеродинамічного сепаратора САД-10 наведено на рис. 7.12.



**Рис. 7.12. Аеродинамічний сепаратор САД-10: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи**

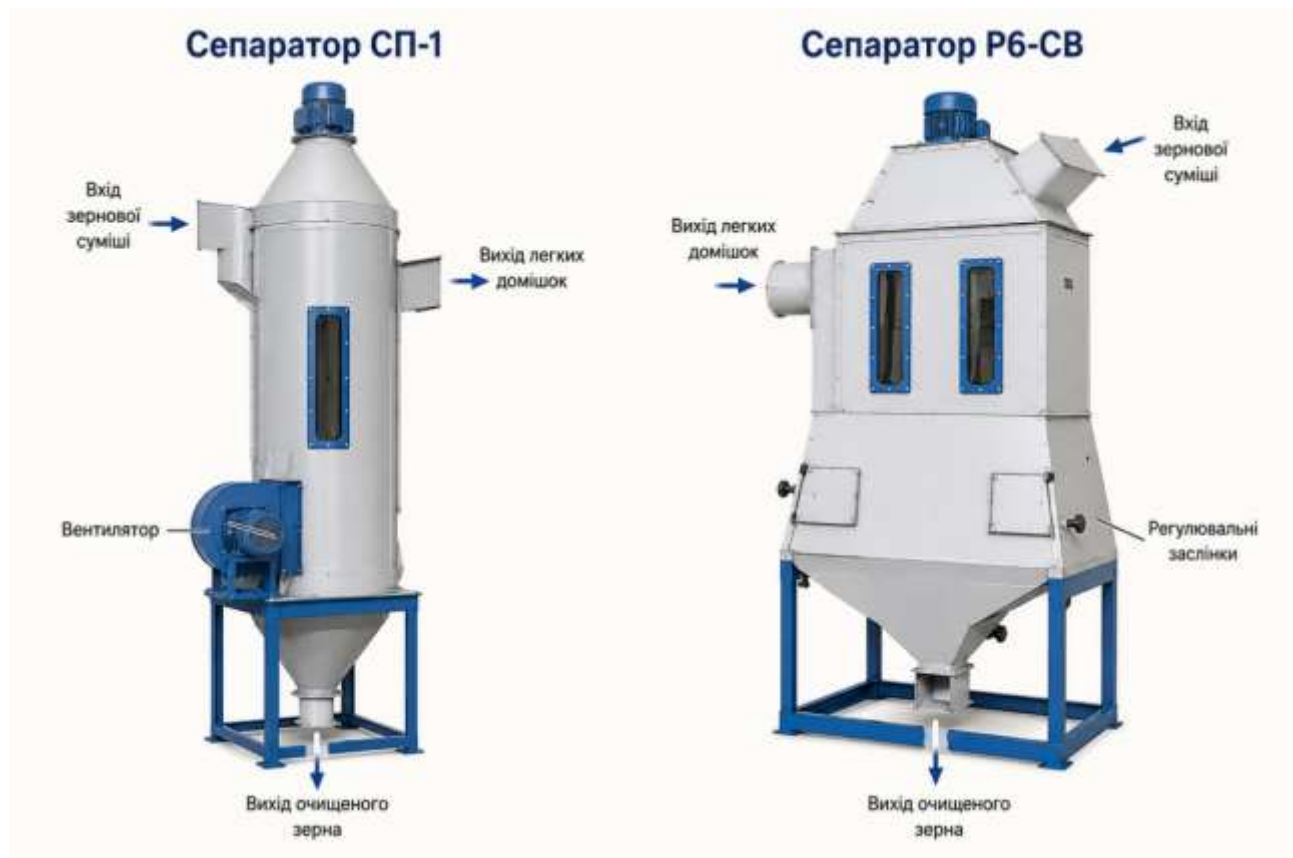
Сепаратор САД-10 характеризується продуктивністю до 10 т/год у режимі очищення та до 5 т/год у режимі калібрування. Споживана потужність становить 7–15 кВт, а маса машини не перевищує 1150 кг. Завдяки високій точності розділення матеріалу за густиною та аеродинамічними властивостями сепаратор він широко використовується в насінництві, круп'яному виробництві та на зернопереробних підприємствах для підвищення якості готової продукції.

На сучасних млинах, крупорушках і невеликих зернопереробних підприємствах широко застосовуються пневматичні сепаратори малої продуктивності, зокрема СП-1 та Р6-СВ (рис. 7.13). Ці машини призначені для очищення зерна від легких домішок, таких як пил, солома, лузга, частинки соломи та інші сторонні включення, що відрізняються від основної зернової

маси аеродинамічними характеристиками. Завдяки компактним розмірам, простоті конструкції та невисоким енерговитратам вони набули широкого поширення на підприємствах малої та середньої потужності.

Принцип роботи сепараторів СП-1 і Р6-СВ аналогічний принципу дії сепараторів А1-БВЗ, СП-5 та інших машин аспіраційного типу і ґрунтується на розділенні зернової суміші за аеродинамічними властивостями її компонентів. У процесі роботи зернова суміш потрапляє в робочу камеру, де взаємодіє з повітряним потоком заданої швидкості. Легкі домішки захоплюються потоком повітря та відводяться в аспіраційну систему, тоді як повноцінне зерно, яке має більшу масу та вищу швидкість осадження, відокремлюється і спрямовується для подальшої переробки.

Застосування таких сепараторів дозволяє суттєво покращити якість очищення зерна на початкових етапах технологічного процесу, зменшити запиленість виробничих приміщень, підвищити ефективність роботи наступного обладнання та знизити втрати корисного продукту. Крім того, використання пневматичної сепарації сприяє покращенню санітарно-гігієнічних умов виробництва та підвищенню загальної ефективності зернопереробних ліній.

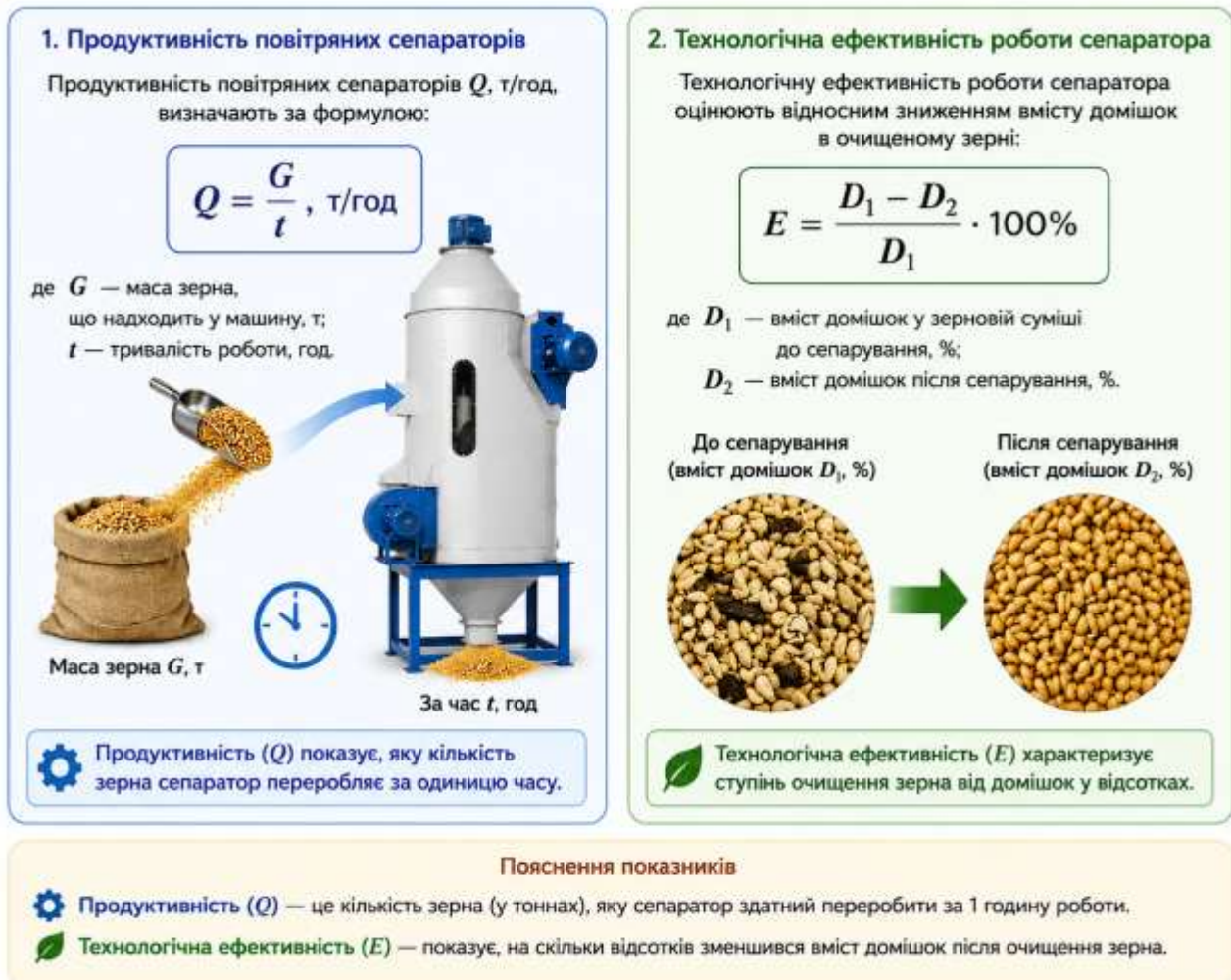


*Рис. 7.13. Загальний вигляд повітроочисних сепараторів СП-1 та Р6-СВ*

Пневматичні сепаратори є важливими машинами первинного очищення зернової сировини, оскільки забезпечують видалення легких домішок на основі відмінностей їх аеродинамічних властивостей. Їх використання сприяє підвищенню якості зерна, зниженню вмісту небажаних домішок та покращенню санітарно-гігієнічних показників сировини. Завдяки ефективному попередньому

очищенню зменшується навантаження на машини наступних технологічних операцій, підвищується надійність роботи обладнання та знижуються витрати енергії на подальшу переробку. У комплексі це забезпечує підвищення ефективності технологічних ліній і покращення якості кінцевої продукції.

Ефективність роботи повітряних сепараторів оцінюють сукупністю показників, основними з яких є продуктивність і технологічна ефективність виконуваної операції (рис. 7.14).



**Рис. 7.14. Показники продуктивності та ефективності очищення зерна в повітряних сепараторах**

Ситові сепаратори призначені для розділення зернової суміші на фракції за геометричними розмірами зернівок, насамперед за їх товщиною та шириною, а також для видалення великих і дрібних домішок. Цей спосіб очищення є одним із найпоширеніших у технології післязбиральної обробки зерна та його підготовки до зберігання і переробки.

Основними робочими органами ситових машин є сита. Процес поділу зернової суміші за допомогою сит називають просіюванням. Його сутність полягає в проходженні частинок через отвори певного розміру та форми, що дозволяє відокремлювати компоненти суміші відповідно до їх геометричних характеристик.

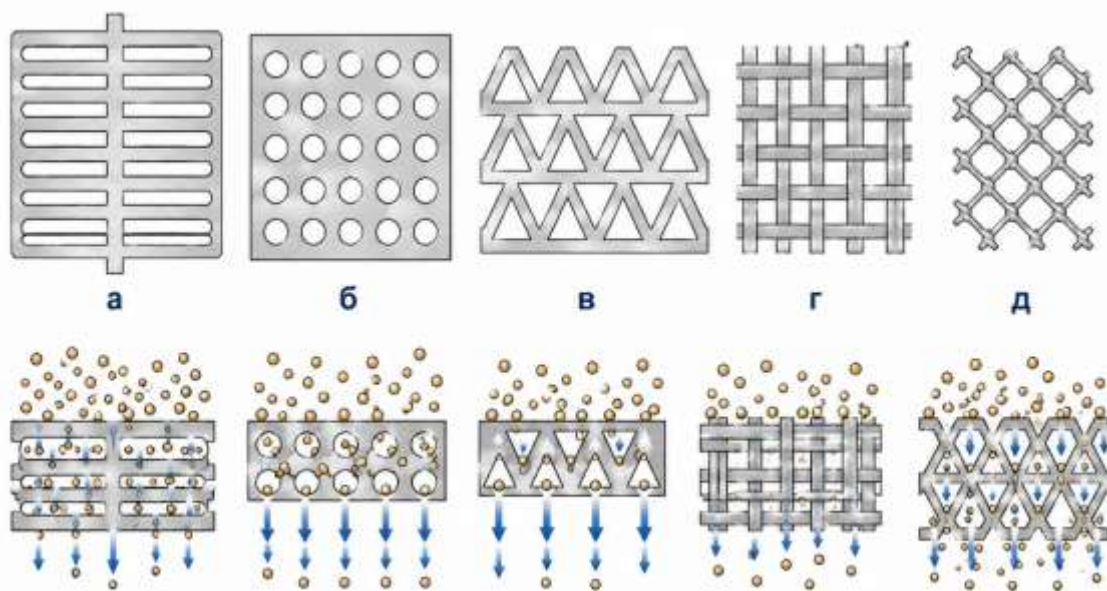
Сита виготовляють у вигляді металевих оцинкованих листів з отворами однакового розміру та форми. Залежно від призначення застосовують сита з

довгастими, круглими, квадратними, прямокутними або трикутними отворами (рис. 7.15, а–в). Крім штапованих металевих сит, широко використовують плетені та ткані сита (рис. 7.15, г, д), які виготовляють із тонкого металевого дроту.

Отвори плетених сит зазвичай мають квадратну або прямокутну форму. Важливою вимогою до таких сит є висока точність розмірів отворів та збереження їх геометричних параметрів у процесі експлуатації. Від точності виготовлення сит значною мірою залежить ефективність розділення зернової суміші та якість кінцевого продукту.

Промисловість випускає плетені сита відповідно до вимог чинних стандартів, які регламентують розміри отворів, допустимі відхилення, матеріали виготовлення та показники міцності. Правильний вибір типу сита та розміру його отворів забезпечує високу ефективність очищення зерна, зменшення втрат основної культури та покращення якості готової продукції.

Ситові сепаратори використовують як для попереднього очищення зернової маси від грубих домішок, так і для більш точного сортування зерна на окремі фракції перед подальшими технологічними операціями.



**Рис. 7.15. Форми сит та схеми просіювання:**

а – сито з довгастими отворами; б – сито з круглими отворами; в – сито з трикутними отворами; г – ткане дротяне сито; д – плетене дротяне сито

Стандартний ряд металевих плетених сит характеризується тим, що розмір сторони вічка кожного наступного сита перевищує розмір вічка попереднього у 1,122 рази. Це відношення називають модулем сита. Така система стандартизації забезпечує можливість точного підбору сит для виконання різних операцій очищення та сортування зерна.

Ефективність ситового очищення зерна значною мірою залежить від правильного вибору типу ситового полотна, форми та розмірів його отворів. Для поділу зернової суміші за різними геометричними ознаками використовують сита з круглими та довгастими отворами (рис. 7.16).



*Рис. 7.16. Ситові полотна ПО з круглими та довгастими отворами для очищення і сортування зерна*

Кожна зернівка характеризується трьома основними геометричними розмірами: довжиною, шириною та товщиною. Співвідношення цих розмірів для різних культур суттєво відрізняється. Саме ця особливість покладена в основу ситового способу очищення та сортування зернової маси.

Поділ зерна за товщиною здійснюють на ситах із довгастими отворами. Через такий отвір може пройти лише зернівка, товщина якої менша за ширину щілини. При цьому довжина зернівки практично не впливає на процес проходження, оскільки вона значно менша за довжину отвору.

Ширина зернівки, як правило, більша за її товщину. Тому якщо зерно не проходить через отвір за товщиною, воно тим більше не зможе пройти через нього за шириною. Саме тому довгасті отвори забезпечують ефективний поділ зернової маси за товщиною зернівок.

Для підвищення ефективності просіювання довжину довгастих отворів виконують у 2–3 рази більшою за середню довжину зернівки. Отвори на ситі розташовують таким чином, щоб їх довга вісь збігалася з напрямком руху зернової маси.

Поділ зерна за шириною здійснюють на ситах із круглими отворами. Зернівка може пройти через круглий отвір лише за умови, що її ширина менша за діаметр отвору. Довжина та товщина зерна при цьому істотного значення не мають.

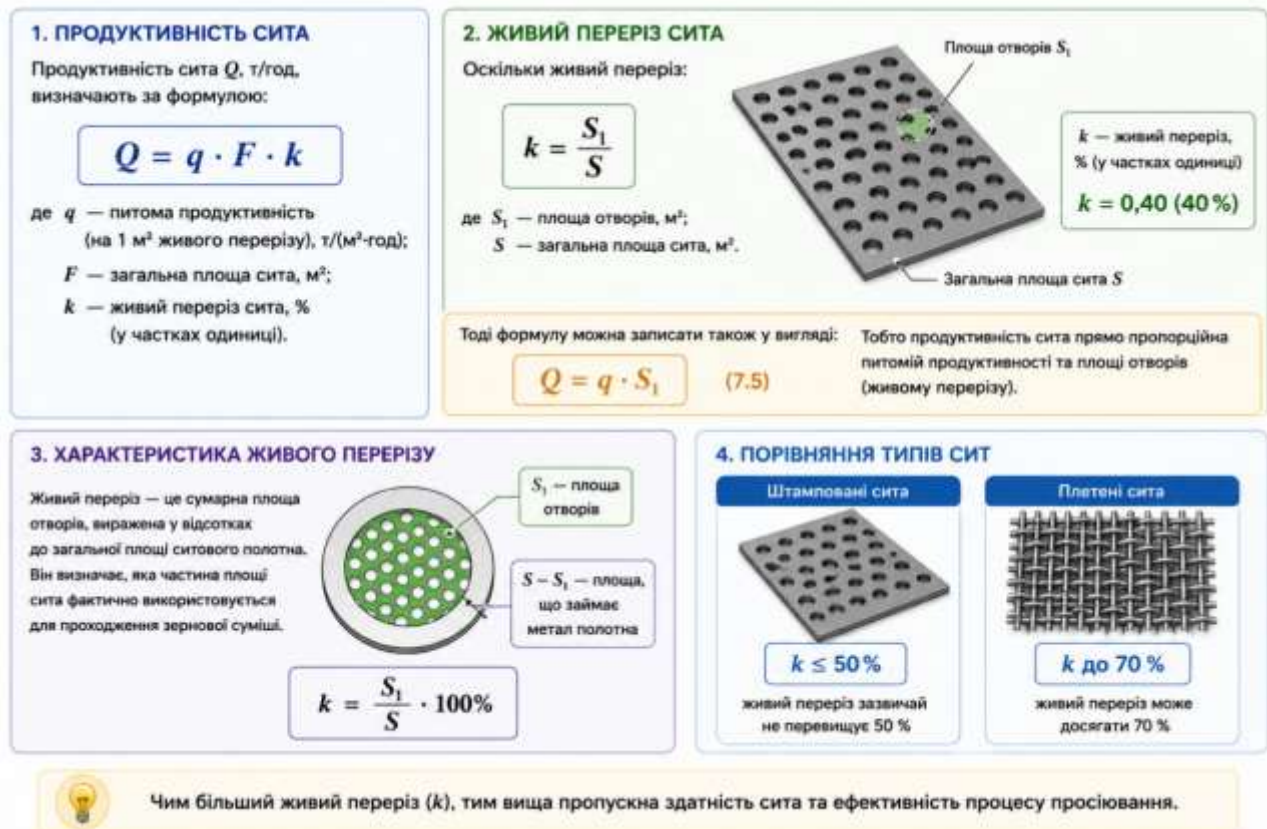
Круглі отвори забезпечують розділення компонентів зернової суміші саме за шириною зернівок і широко використовуються під час сортування насінневого матеріалу та очищення окремих культур.

На практиці сита з довгастими отворами застосовують значно частіше, ніж сита з круглими отворами. Це пояснюється тим, що їхній живий переріз більший, а отже, вони мають вищу пропускну здатність і продуктивність. Крім того, встановлено, що маса зернівки найбільшою мірою корелює саме з її товщиною. Тому поділ зерна за товщиною дозволяє ефективніше розділяти його на продовольчі, насінневі та фуражні фракції.

Для окремих культур використовують сита спеціальної форми. Наприклад, зернівки гречки та деяких бур'янів мають тригранну форму, тому для їх розділення застосовують сита з трикутними отворами. За допомогою таких сит можна ефективно відокремлювати татарську гречку від пшениці, насіння щавлю від насіння тимофіївки та інші важковідокремлювані домішки.

Правильний вибір форми та розмірів отворів сит є однією з головних умов ефективного очищення, сортування та калібрування зернової сировини.

Продуктивність сит значною мірою залежить від їхнього живого перерізу, тобто сумарної площі отворів ситового полотна. Основні розрахункові залежності та характеристики сит наведено на рис. 7.17.



**Рис. 7.17.** Основні параметри, що впливають на продуктивність ситового очищення зерна

Сита позначаються номерами, які відповідають розміру отвору. Номер ситового полотна дорівнює робочому розміру отвору, вираженому в міліметрах і помноженому на десять. Така система маркування спрощує вибір сит для виконання конкретних технологічних операцій.

За допомогою сит визначають гранулометричний склад зернопродуктів, тобто відсотковий вміст фракцій із різними розмірами частинок у загальній масі продукту. Для цього проводять ситовий аналіз, під час якого матеріал

послідовно просіюють через набір сит із різними розмірами отворів. Розміри отворів змінюються відповідно до прийнятого модуля сит, що дозволяє отримати ряд фракцій із різними розмірами частинок.

Просіювання може здійснюватися як через одне сито, так і через систему сит. При використанні декількох сит можливі різні схеми їх розташування. Якщо сита розміщені в одній площині, а розміри отворів збільшуються в напрямку руху матеріалу, спочатку відокремлюються дрібні частинки, а потім більші. Якщо необхідно спочатку виділити великі частинки, сита встановлюють одне над одним, причому розміри отворів поступово зменшуються зверху вниз. У практиці також застосовують комбіновані схеми розташування сит.

Ефективність роботи ситових апаратів характеризується коефіцієнтом корисної дії сита, який показує частку прохідової фракції, що фактично пройшла через сито порівняно з її теоретично можливою кількістю (рис. 7.18).

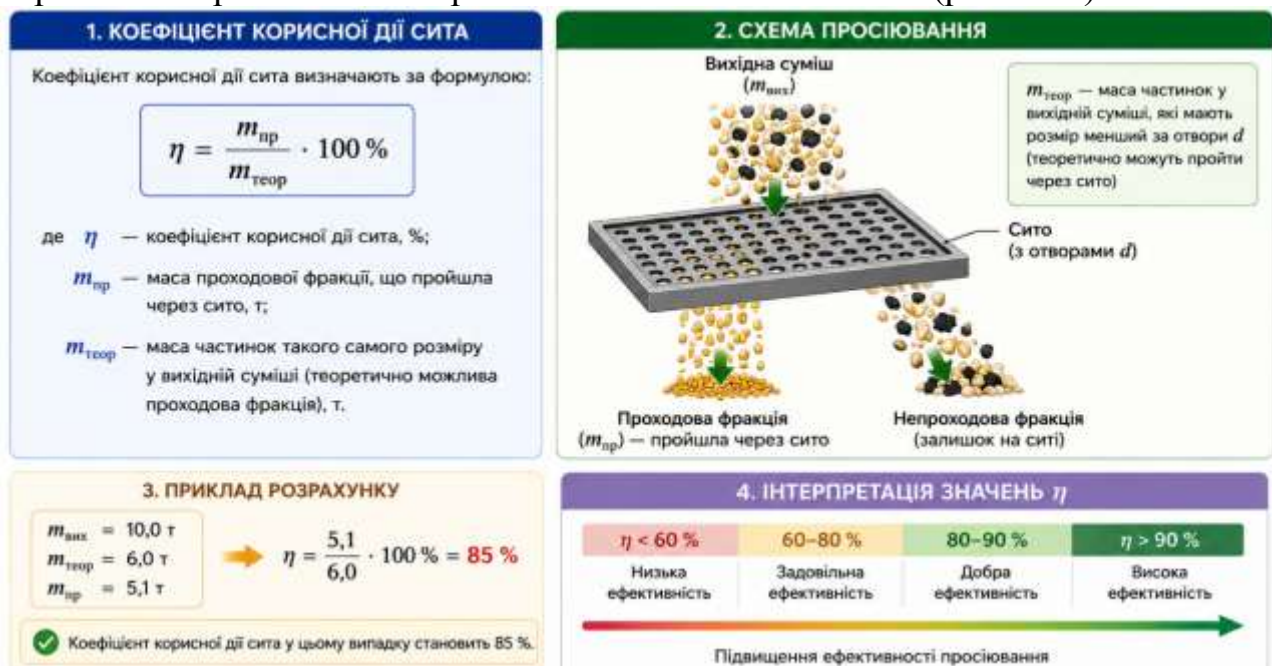


Рис. 7.18. Коефіцієнт корисної дії сита як показник ефективності просіювання

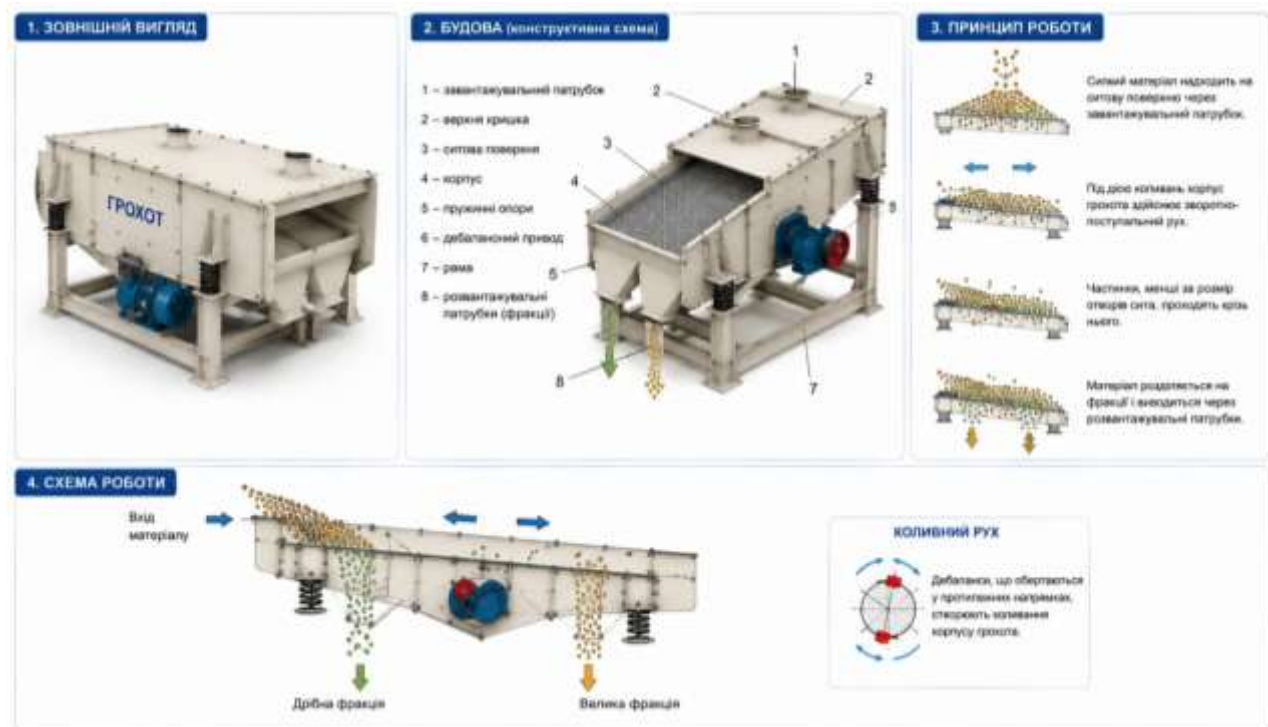
Процес просіювання відбувається під час відносного переміщення матеріалу щодо робочої поверхні сита. Таке переміщення може забезпечуватися як на нерухомих, так і на рухомих ситах. На нерухомому ситі рух матеріалу виникає під дією сили тяжіння за умови, що кут нахилу сита перевищує кут тертя матеріалу. У цьому випадку частинки переміщуються вздовж ситової поверхні, а дрібні фракції проходять крізь отвори сита, тоді як більші затримуються на його поверхні.

Проте найбільшого поширення набули рухомі ситові поверхні, які забезпечують вищу інтенсивність просіювання та продуктивність обладнання. Коливальний рух сита сприяє постійному перемішуванню матеріалу, запобігає забиванню отворів і підвищує ймовірність проходження дрібних частинок крізь ситову поверхню. Завдяки цьому досягається більш якісне розділення матеріалу за розмірами частинок та підвищується ефективність технологічного процесу.

У зернопереробній, комбікормовій та харчовій промисловості широко застосовуються **плоскі коливні грохоти**, які відзначаються простотою

конструкції, надійністю роботи та високою ефективністю просіювання. Вони використовуються для очищення, сортування та класифікації сипких матеріалів за розмірами частинок.

Будову та принцип дії плоского коливного грохота наведено на рис. 7.19.



*Рис. 7.19. Плоский коливний грохот: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи*

Під час роботи зернова суміш переміщується по поверхні сита. Частинки, розміри яких менші за отвори сита, проходять крізь нього та потрапляють у нижній короб, звідки виводяться назовні. Така частина продукту називається проходом або проходовою фракцією. Частинки, які не проходять крізь отвори сита, рухаються по його поверхні до вихідного лотка і відводяться для подальшої обробки. Ця частина матеріалу називається сходом або сходовою фракцією.

Завдяки простоті конструкції, високій продуктивності та надійності роботи коливні грохоти широко використовуються в зерноочисних, круп'яних, комбікормових і борошномельних виробництвах для очищення, сортування та калібрування зернової сировини.

**Барабанний грохот (бурат)** призначений для очищення та сортування зернових матеріалів за розмірами частинок. Такі машини широко застосовуються на зернопереробних і комбікормових підприємствах для видалення домішок та розділення матеріалу на окремі фракції.

Основним робочим органом машини є обертовий барабан циліндричної або конічної форми, бічна поверхня якого виконана у вигляді ситового полотна. Під час обертання барабана матеріал переміщується, пересипається та поступово переміщується вздовж його осі. У процесі руху дрібні частинки проходять крізь отвори сита, а більші залишаються всередині барабана та виводяться через вихідний отвір.

Ефективність роботи барабанного грохота (бурата) залежить від частоти обертання барабана, розміру отворів ситової поверхні, кута нахилу барабана та властивостей матеріалу. Завдяки безперервному режиму роботи барабанні грохоти забезпечують достатньо високу продуктивність і якість сортування зернових матеріалів.

Будову та принцип дії барабанного грохота (бурата) наведено на рис. 7.20.

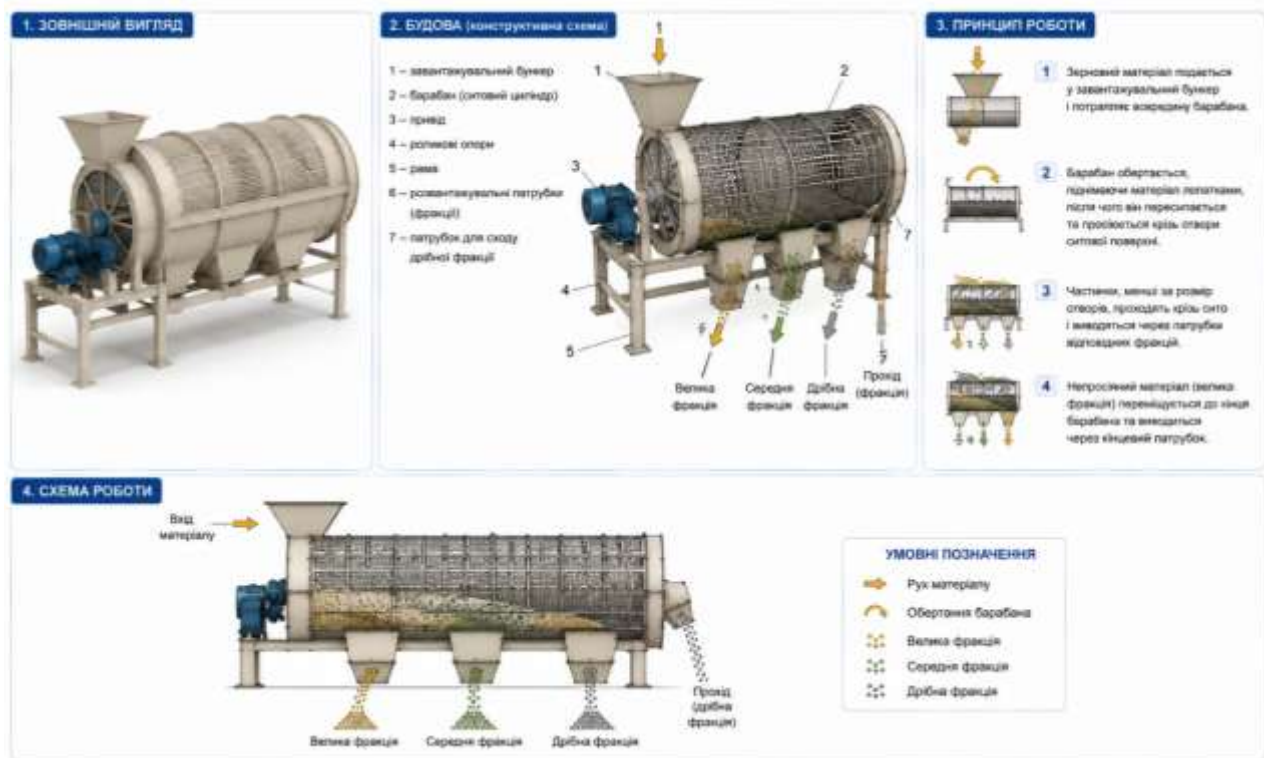


Рис. 7.20. Барабанний грохот (бурата): зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Під час обертання барабана зернова маса безперервно перемішується та переміщується вздовж його осі. Частинки, розміри яких менші за отвори ситової поверхні, проходять крізь них і утворюють проходову фракцію. Більші частинки не проходять через отвори та переміщуються до розвантажувального кінця барабана, утворюючи сходову фракцію. Таким чином здійснюється поділ зернової суміші за розмірами частинок.

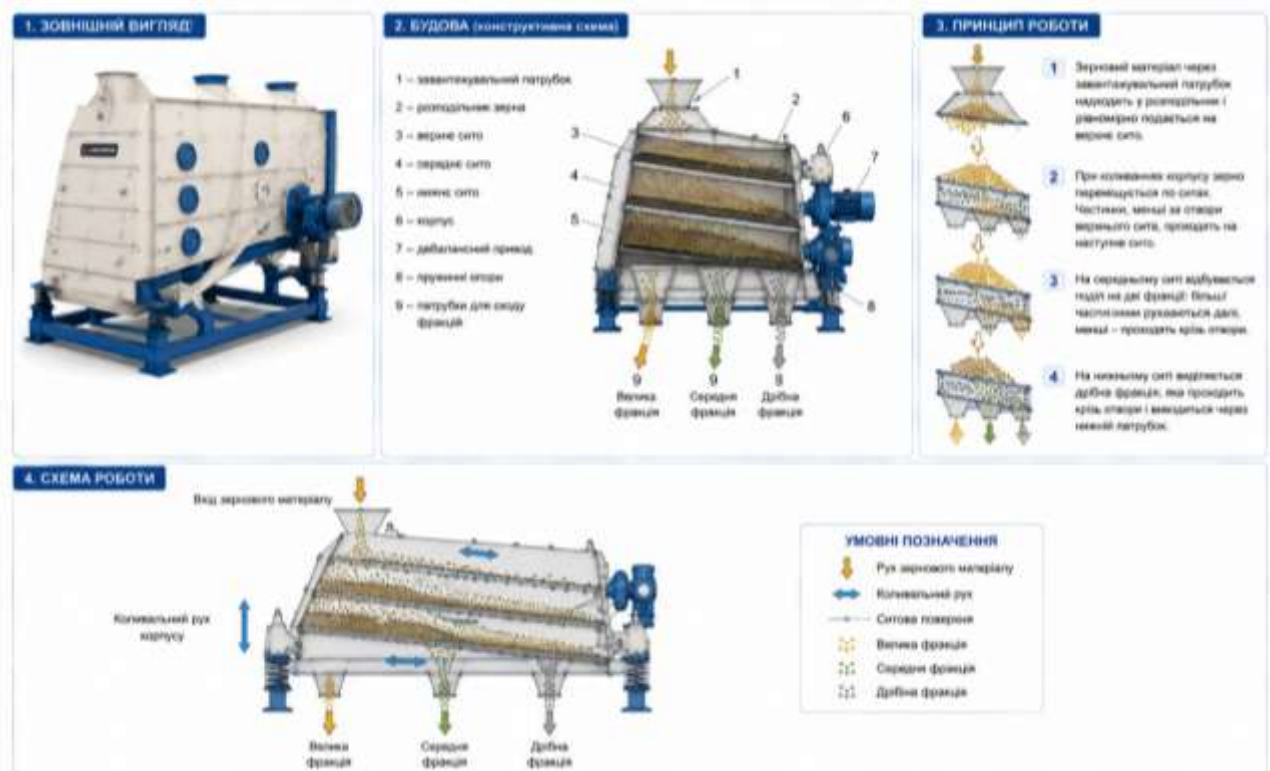
У процесі роботи частинки під дією відцентрової сили піднімаються разом із барабаном на певну висоту, після чого відриваються від його поверхні та осипаються вниз під дією сили тяжіння. Це забезпечує інтенсивне перемішування матеріалу і підвищує ефективність просіювання.

Для ефективної роботи барабанного грохота частота обертання не повинна перевищувати критичного значення. За надмірної швидкості відцентрова сила утримує частинки на внутрішній поверхні барабана, що погіршує процес просіювання.

Барабанні грохоти характеризуються простотою конструкції, надійністю та високою продуктивністю. Їх широко застосовують на зерноочисних, комбікормових, круп'яних і борошномельних підприємствах для очищення, сортування та калібрування зернової сировини.

**Ситовий сепаратор фірми «Совокрим»** призначений для очищення та сортування зернових культур за геометричними розмірами. Машина забезпечує ефективне видалення великих і дрібних домішок та широко використовується в технологічних лініях післязбиральної обробки зерна.

Будову та принцип дії ситового сепаратора фірми «Совокрим» наведено на рис. 7.21.



*Рис. 7.21. Ситовий сепаратор фірми «Совокрим»: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи*

Для запобігання забиванню отворів сит застосовують гумові кульки, які під час коливань очищають ситову поверхню. Амплітуду коливань ситового корпусу регулюють у межах 3–6 мм, що дає змогу адаптувати режим роботи до властивостей зернової суміші.

Технологічний процес полягає в послідовному розділенні зернової маси на ситах різних ярусів. Зернова суміш рівномірно подається на верхнє сортувальне сито, де відокремлюються великі домішки. Далі зерно надходить на нижні сита, на яких відбувається остаточне очищення від дрібних домішок. Повноцінне зерно виводиться з машини окремим потоком, а домішки видаляються через відповідні випускні отвори.

Для підвищення ефективності просіювання забезпечується рівномірний розподіл зернової маси по ширині сит. Поєднання двоярусної системи сит, автоматичного очищення ситових поверхонь і регульованого режиму коливань забезпечує високу якість очищення зерна, стабільну продуктивність і надійну роботу сепаратора.

**Віброситові сепаратори типу БСХ** призначені для очищення та сортування зернової маси за геометричними розмірами частинок. За принципом дії вони подібні до ситових сепараторів фірми «Совокрим» і здійснюють поділ

зернової суміші на фракції шляхом її просіювання через систему сит, що виконують коливальні рухи.

Будову та принцип дії віброситового сепаратора типу БСХ наведено на рис. 7.23.



*Рис. 7.23. Віброситовий сепаратор типу БСХ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи*

Сепаратори типу БСХ забезпечують рівномірний розподіл зернової маси по ширині ситових поверхонь, що сприяє повнішому використанню робочої площі сит, підвищує ефективність очищення та запобігає перевантаженню окремих зон машини.

Під час роботи зернова суміш переміщується по ситах під дією коливань. Великі домішки відокремлюються сходом із верхніх сит, дрібні проходять крізь отвори підсвічних сит, а очищене зерно виводиться окремим потоком.

За наявності пневмосепарувального каналу одночасно із ситовим очищенням здійснюється аспірація зернової маси. При цьому видаляються легкі домішки — пил, полови, лузга, щупле зерно та інші частинки з низькою критичною швидкістю витання. Поєднання ситового та пневматичного очищення забезпечує високу якість сепарації зерна.

Сепаратори типу БСХ характеризуються високою продуктивністю, надійністю та широко застосовуються для попереднього й первинного очищення зернових культур на елеваторах і зернопереробних підприємствах.

Повітряноситові **сепаратори типу ЗСМ** застосовують переважно на підприємствах, обладнаних механічними транспортними системами. Принцип їх роботи ґрунтується на послідовному використанні повітряної та ситової сепарації, що забезпечує високу ефективність очищення зернової маси. Будову та принцип дії повітряноситового сепаратора типу ЗСМ наведено на рис. 7.24.



*Рис. 7.24. Повітряноситовий сепаратор типу ЗСМ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи*

Технологічний процес у сепараторі ЗСМ поєднує повітряне та ситове очищення зернової суміші. На першому етапі за допомогою повітряного потоку видаляються легкі домішки — пил, солома, лузга, сухі рослинні рештки та щупле зерно.

Після попередньої аспірації зерно надходить на ситову систему, де відбувається його поділ за розмірами частинок. Великі домішки відокремлюються сходом із верхніх сит, а дрібні проходять крізь отвори підсівних сит. Коливальний рух сит забезпечує інтенсивне переміщення матеріалу та підвищує ефективність просіювання.

На завершальному етапі зерно додатково очищується в аспіраційному каналі, де видаляються залишки легких домішок. Завдяки двоступеневій аспірації та ситовому сепаруванню досягається висока якість очищення зернової маси.

Поєднання повітряної та ситової сепарації в одній машині підвищує ефективність очищення, скорочує кількість технологічних операцій і забезпечує підготовку зерна до подальшого зберігання або переробки.

**Трієри** призначені для очищення продовольчого зерна та насінневого матеріалу зернових, зернобобових, круп'яних і олійних культур від коротких і довгих домішок після попередньої обробки на повітряно-ситових сепараторах. За допомогою трієрів із зернової маси видаляють домішки, що відрізняються від основної культури за довжиною зернівок, зокрема кукіль, вівсюг, биті зерна та інші важковідокремлювані включення. Поділ зернової суміші за довжиною частинок здійснюється за допомогою циліндричних або дискових трієрів. Робота трієра ґрунтується на розділенні зернової суміші за довжиною частинок. Під час

обертання робочої поверхні з комірками короткі зернівки та домішки захоплюються комірками, піднімаються на певну висоту і висипаються в приймальний жолоб. Довші частинки не утримуються в комірках, тому раніше випадають під дією сили тяжіння та продовжують рухатися вздовж робочої зони.

Ефективність сепарації залежить від правильного співвідношення розмірів комірок і частинок, а також від режиму роботи машини. Важливим параметром є частота обертання робочого органа. За надмірної швидкості відцентрова сила перешкоджає своєчасному випаданню частинок із комірок, що погіршує якість розділення. Тому трієри працюють із частотою обертання, нижчою за критичну.

Залежно від технологічного призначення трієри використовують для видалення коротких або довгих домішок із зернової маси. Їх застосування забезпечує підвищення якості продовольчого та насінневого зерна, а також ефективність подальших технологічних процесів. Будову та принцип дії циліндричного трієра наведено на рис. 7.25.

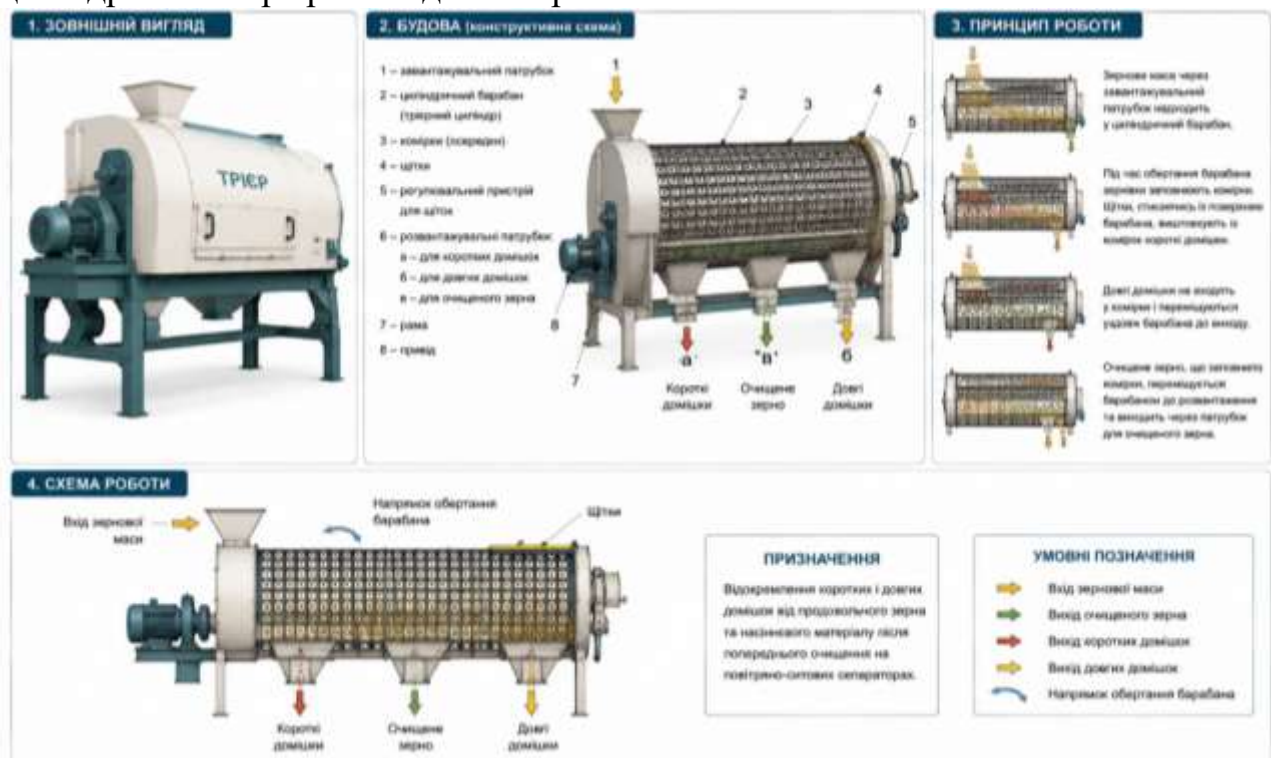


Рис. 7.25. Циліндричний трієр: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Будову та принцип дії дискового трієра наведено на рис. 7.26. Як видно з рисунка, машина складається із завантажувального патрубку, корпусу, пакета дисків (трієрного блоку), привідного вала, приводу, механізму регулювання нахилу дисків, вивантажувальних патрубків і рами. Принцип роботи дискового трієра ґрунтується на розділенні зернової суміші за довжиною частинок. Під час обертання дисків короткі домішки затримуються в комірках дисків і виводяться через відповідний патрубок, тоді як довгі домішки сходять із поверхні дисків і видаляються окремо. Очищене зерно проходить через робочу камеру та вивантажується через центральний патрубок. Такий принцип роботи забезпечує ефективне відокремлення коротких і довгих домішок від зернової маси та підвищує якість очищення насінневого матеріалу.

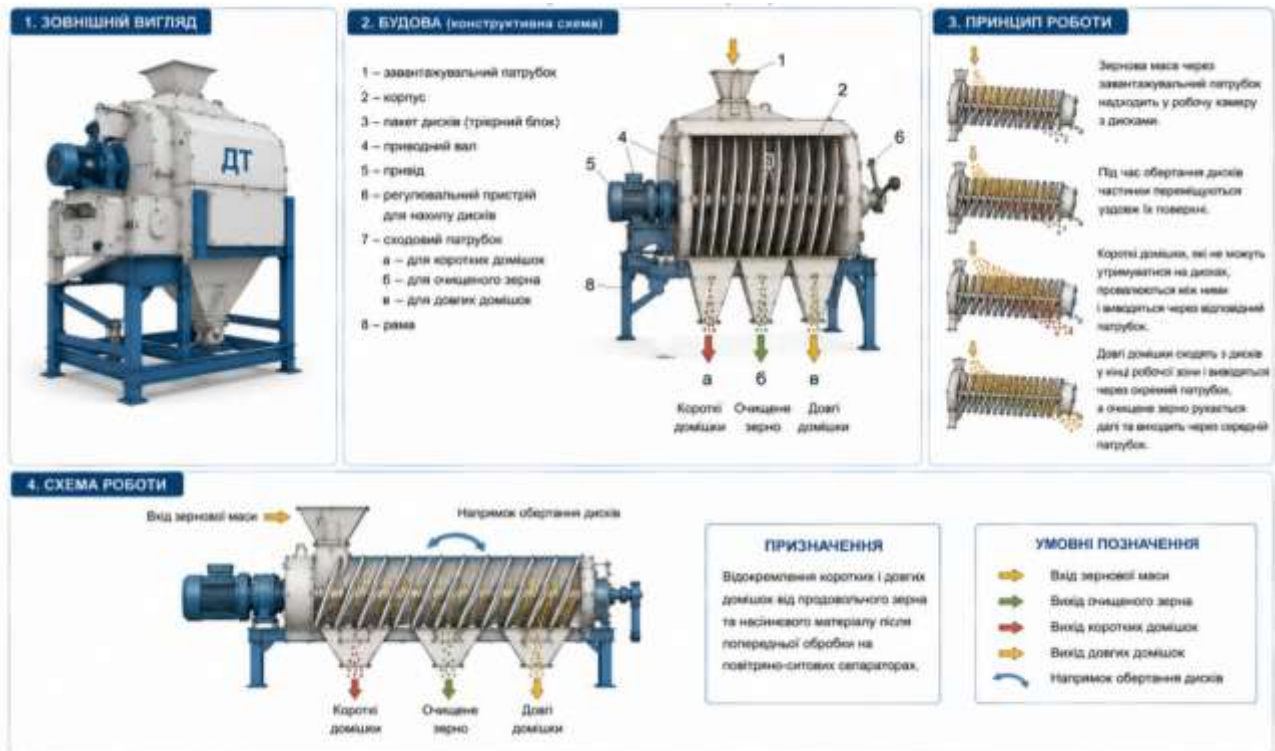


Рис. 7.26. Дисковий трієр: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

На підприємствах зернопереробної промисловості для очищення зерна від домішок, які відрізняються за довжиною, широко застосовують дискові трієри-куклівідбірники ТДК (А9-УТК-6) та трієри-вівсюговідбірники ТДК (А9-УТО-6) (рис. 7.27).

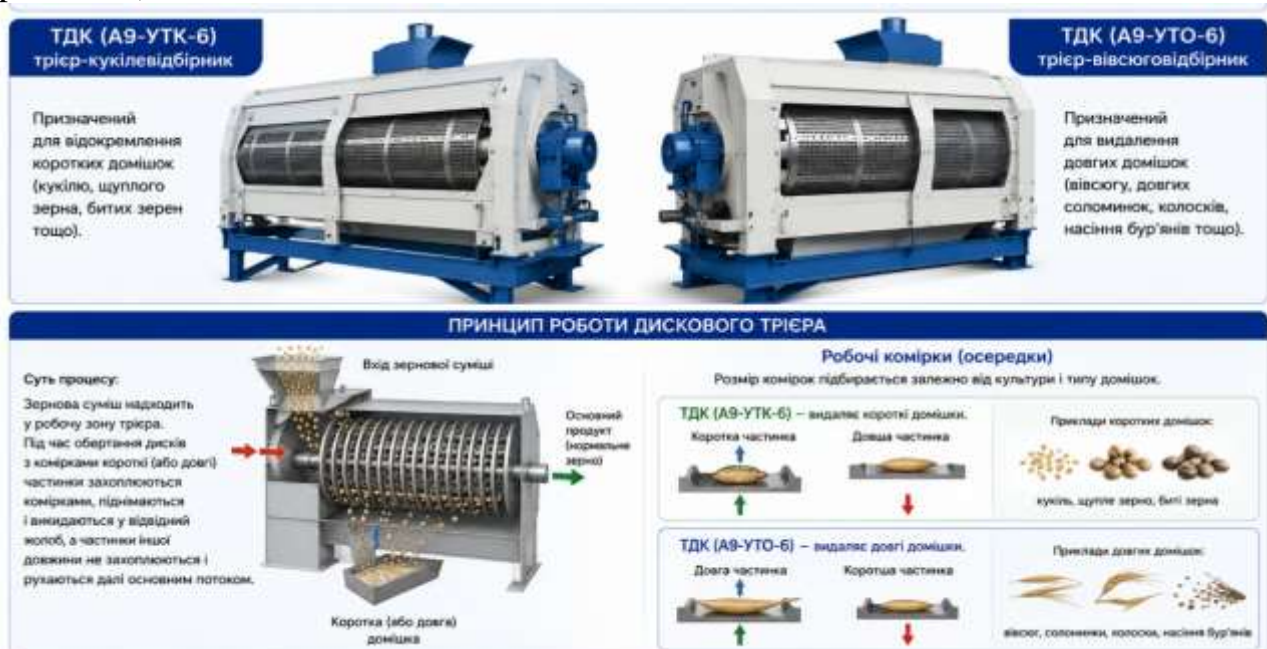


Рис. 7.27. Дискові трієри-куклівідбірники ТДК (А9-УТК-6) та трієри-вівсюговідбірники ТДК (А9-УТО-6)

Незважаючи на широке застосування дискових трієрів, найбільшого поширення на зернопереробних підприємствах набули циліндричні трієри. Це пояснюється їх простішою конструкцією, меншою металомісткістю, зручністю технічного обслуговування та ремонту, а також нижчою вартістю виготовлення й експлуатації.

Циліндричні трієри характеризуються достатньо високою надійністю роботи та забезпечують ефективне очищення зерна від коротких і довгих домішок у широкому діапазоні продуктивності. Водночас за технологічною ефективністю поділу зернової суміші вони дещо поступаються дисковим трієрам, які забезпечують більш точне сортування завдяки особливостям конструкції робочих органів і більшій площі активної поверхні комірок.

Вибір типу трієра визначається продуктивністю підприємства, вимогами до якості очищення зерна, економічною доцільністю та особливостями технологічної схеми виробництва. У сучасних зерноочисних комплексах часто використовують поєднання різних типів трієрів, що дозволяє досягти високої ефективності очищення та сортування зернової сировини.

Зернова маса, що надходить на переробку, зазвичай містить мінеральні домішки у вигляді грудочок ґрунту, піску, щебеню, гальки та інших сторонніх включень. Якщо їхні розміри близькі до розмірів зерна, видалити такі домішки за допомогою легкого повітряно-ситових сепараторів практично неможливо. Для їх відокремлення застосовують спеціальні каменевідбірні машини.

Залежно від способу розділення зерна і мінеральних домішок **каменевідбірні машини** поділяють на кілька основних груп (рис. 7.28).



**Рис. 7.28. Класифікація каменевідбірних машин за принципом дії та конструктивними особливостями**

У вібропневматичних каменевідбірних машинах розділення суміші здійснюється під спільною дією висхідного повітряного потоку та коливань робочої поверхні вібростолу. У результаті виникає ефект самосортування, за якого компоненти суміші розшаровуються відповідно до їх насипної густини. Зерно, густина якого у 2–3 рази менша за густину мінеральних домішок, під дією повітряного потоку переміщується у верхні шари матеріалу та набуває властивостей сипкої рухомої маси. Під дією сили тяжіння воно переміщується вниз по похилій поверхні деки. Мінеральні домішки концентруються в

нижньому шарі, контактують із поверхнею деки та під дією спрямованих коливань переміщуються вгору до вихідного патрубку.

У вібраційних дискових машинах аеродинамічний вплив відсутній, тому процес самосортування відбувається менш інтенсивно. Такі машини мають більші габаритні розміри та вищу матеріаломісткість порівняно з вібропневматичними машинами аналогічної продуктивності.

У гідравлічних каменевідбірних машинах, які одночасно виконують функції зерномийних машин, відокремлення мінеральних домішок відбувається у водному середовищі. Важкі домішки осідають на дно робочої камери, тоді як зерно залишається у завислому стані та переміщується далі технологічною лінією.

На сучасних борошномельних, круп'яних і комбікормових підприємствах найбільшого поширення набули вібропневматичні каменевідбірні машини, які поєднують високу ефективність очищення з відносно простою конструкцією.

**Каменевідбірна машина РЗ-БКТ** призначена для видалення з зернової маси мінеральних домішок, які відрізняються від зерна насипною густиною. Основними вузлами машини є вібростіл, привідний механізм, приймальний і випускні пристрої, аспіраційний канал із регулювальною заслінкою та корпус.

Будову та принцип дії каменевідбірної машини РЗ-БКТ наведено на рис. 7.29.

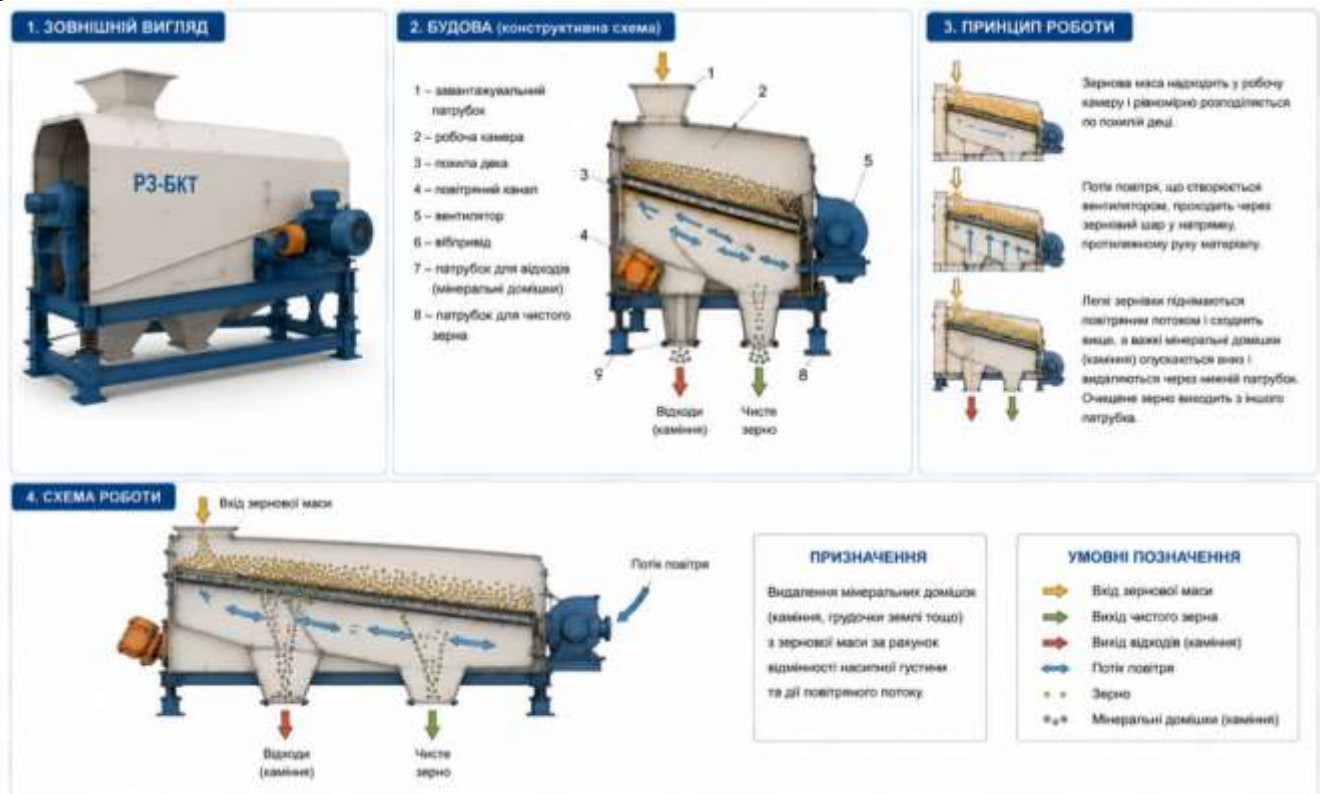


Рис. 7.29. Каменевідбірна машина РЗ-БКТ: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Основним робочим органом каменевідбірної машини є вібростіл, який здійснює коливання та одночасно продувається висхідним повітряним потоком. Поєднання вібрації, нахилу деки та дії повітря забезпечує розділення зернової суміші за густиною і аеродинамічними властивостями.

Під час роботи зернова суміш рівномірно надходить на поверхню вібростола. Під дією коливань і повітряного потоку матеріал розшаровується: важкі мінеральні домішки (каміння, грудочки ґрунту, частинки металу) концентруються біля поверхні деки та переміщуються до виходу для відходів. Зерно, яке має меншу густину, займає верхні шари й переміщується у протилежному напрямку до виходу очищеного продукту. Легкі домішки захоплюються повітряним потоком і відводяться аспіраційною системою.

Ефективність розділення залежить від подачі зерна, амплітуди та напрямку коливань вібростола, кута нахилу деки й швидкості повітряного потоку. Оптимальне налаштування цих параметрів забезпечує високу якість очищення зерна від мінеральних домішок.

Використання каменевідбірної машини РЗ-БКТ підвищує якість зернової сировини та захищає подальше технологічне обладнання від передчасного зношування і пошкоджень.

Продовольче та фуражне зерно, що надходить на переробку, а також готові зернові продукти можуть містити металоманітні домішки, які неможливо ефективно видалити за допомогою повітряно-ситових сепараторів, трієрів або інших механічних засобів очищення. До таких домішок належать цвяхи, дріт, металеві ошурки, частинки руди, шлаку, а також продукти зношування робочих органів технологічного обладнання — бил, молотків, шнеків, транспортерів та інших деталей машин.

Наявність металоманітних домішок у зерновій масі є надзвичайно небезпечною. Потрапляючи до технологічного обладнання, вони можуть спричиняти пошкодження робочих органів, прискорювати їх зношування та викликати аварійні ситуації. Крім того, під час ударів металевих частинок об металеві поверхні можуть виникати іскри, що за наявності пилоповітряної суміші створює небезпеку пожежі або вибуху. Особливо небезпечним є потрапляння металоманітних домішок у готову продукцію, призначену для харчових або кормових цілей.

Вміст металоманітних домішок у готовій продукції регламентується санітарними нормами. Загальна кількість таких домішок не повинна перевищувати 3 мг на 1 кг продукції. Максимальний розмір окремих металоманітних частинок не повинен бути більшим за 0,3 мм, а маса окремих частинок руди або шлаку — не більше 0,4 мг.

У технологічних схемах виробництва борошна та круп магнітний захист встановлюють після бункерів для неочищеного зерна і дозувальних пристроїв, перед оббивальними, щітковими та луцильними машинами, подрібнювачами, а також на етапі контролю готової продукції. У комбікормовому виробництві магнітні уловлювачі розміщують перед дробарками, луцильними машинами, грануляторами, екструдерами та на виході готової продукції.

Залежно від джерела магнітного поля магнітні сепаратори поділяють на сепаратори з постійними магнітами та електромагнітні сепаратори (рис. 7.30).



*Рис. 7.30. Класифікація магнітних сепараторів за типом джерела магнітного поля*

Принцип роботи магнітних сепараторів ґрунтується на різниці магнітних властивостей зернових продуктів і металомагнітних домішок. Під час проходження зернової маси через зону дії магнітного поля феромагнітні частинки притягуються до магнітної поверхні та відокремлюються від основного потоку продукту. Для ефективного вилучення домішок сила магнітного притягання повинна перевищувати сумарну дію всіх механічних сил, що перешкоджають утриманню частинки на поверхні магніту.

Ефективність роботи магнітного сепаратора оцінюють за ступенем зниження вмісту металомагнітних домішок у продукті після очищення. Цей показник визначають аналогічно до ефективності інших зерноочисних машин — шляхом порівняння кількості домішок до та після обробки.

Принцип роботи магнітного **уловлювача барабанного типу** ґрунтується на вилученні металомагнітних домішок із зернової маси під дією магнітного поля постійного магніту.

Під час роботи зерно надходить на похилу поверхню та рівномірним шаром переміщується над обертовим барабаном. Металомагнітні домішки притягуються до поверхні барабана магнітним полем і утримуються на ній під час обертання. Після виходу із зони дії магнітного поля вони відокремлюються від поверхні барабана та збираються в окремий приймач. Очищене зерно під дією сили тяжіння сходить із похилої площини та спрямовується до наступного технологічного обладнання.

Ефективність роботи магнітного уловлювача залежить від напруженості магнітного поля, товщини шару зерна, швидкості руху продукту та рівномірності його подачі. Використання таких пристроїв забезпечує надійне вилучення металомагнітних домішок, підвищує якість продукції та захищає технологічне обладнання від пошкоджень.

Будову та принцип дії магнітного уловлювача барабанного типу наведено на рис. 7.31.



Рис. 7.31. Магнітний уловлювач барабанного типу: зовнішній вигляд, будова та принцип роботи

Використання магнітних уловлювачів має як переваги, так і певні експлуатаційні обмеження (рис. 7.32).



Рис. 7.32. Переваги та недоліки магнітних уловлювачів

У сучасному обладнанні найбільшого поширення набули постійні магніти у вигляді підків, пластин або дисків, виготовлені зі спеціальних магнітотвердих

сплавів, зокрема сплаву магніко (рис. 7.33). Такі магніти характеризуються високою залишковою намагніченістю, меншою чутливістю до ударів і струсів, компактними розмірами та меншою масою порівняно з традиційними підковоподібними магнітами.



Рис. 7.33. Основні форми постійних магнітів і сфери їх використання

Для очищення зерна та проміжних продуктів помелу від металоманітних домішок широко використовують магнітні сепаратори У1-БМП та У1-БМП-01 (рис. 7.34). Ці машини призначені для уловлювання феромагнітних частинок із зернової маси перед її подальшою технологічною обробкою. Їх конструкції практично однакові. Відмінності між ними полягають переважно у виконанні корпусу та способі встановлення в технологічних лініях. Корпуси виготовляються у різних модифікаціях залежно від технологічного призначення, місця монтажу та напрямку руху продукту.



Рис. 7.34. Конструкції магнітних сепараторів У1-БМП та У1-БМП-01

Принцип роботи сепараторів базується на проходженні зерна або продуктів помелу через зону дії постійного магнітного поля. Під час руху

продукту металоманітні домішки притягуються до магнітної поверхні та утримуються на ній, тоді як очищений продукт безперешкодно проходить далі по технологічній лінії.

Регулярне очищення магнітних елементів від накопичених домішок є обов'язковою умовою ефективної роботи сепаратора. Контроль стану магнітних уловлювачів здійснюють відповідно до графіка санітарного та технічного обслуговування підприємства.

Використання магнітних сепараторів У1-БМП і У1-БМП-01 дозволяє значно знизити ризик пошкодження технологічного обладнання, підвищити безпечність виробництва та забезпечити відповідність готової продукції встановленим вимогам щодо вмісту металоманітних домішок.

Поряд із сепараторами на постійних магнітах у зернопереробній промисловості застосовують електромагнітні сепаратори (рис. 7.35). Їх принцип дії аналогічний роботі магнітних сепараторів із постійними магнітами, проте магнітне поле створюється електромагнітами, які живляться постійним електричним струмом.



*Рис. 7.35. Застосування електромагнітних сепараторів*

Основною перевагою електромагнітних сепараторів є значно більша сила магнітного притягання порівняно з постійними магнітами. Це дозволяє ефективніше вилучати дрібні металоманітні домішки та підвищувати ступінь очищення зерна і продуктів його переробки.

Крім того, електромагнітні системи дають можливість регулювати напруженість магнітного поля залежно від умов роботи, продуктивності обладнання та характеристик оброблюваного матеріалу. Завдяки цьому електромагнітні сепаратори широко використовуються на високопродуктивних зернопереробних підприємствах, де до якості очищення висуваються підвищені вимоги.

Застосування магнітних та електромагнітних сепараторів забезпечує надійний захист технологічного обладнання від пошкодження металевими включеннями, підвищує безпечність виробництва та гарантує відповідність готової продукції санітарним і технологічним нормативам.

### 3. Гребневіддільні машини: призначення, будова та принцип роботи

Гребневіддільні машини призначені для відокремлення ягід або плодів від гребенів, плодоніжок, стебел і суцвіть під час первинної переробки рослинної сировини. Найчастіше їх застосовують при переробці винограду, смородини, агрусу, калини, а також деяких лікарських та ефіроолійних культур.

Для відокремлення ягід винограду від гребенів на переробних підприємствах використовують гребневіддільні машини різних конструкцій. Вони забезпечують високу якість підготовки сировини до подальшої переробки та сприяють зменшенню втрат продукції. Будову, основні типи та принцип роботи гребневіддільних машин наведено на рис. 7.36.



Рис. 7.36. Будова, типи та принцип роботи гребневіддільних машин

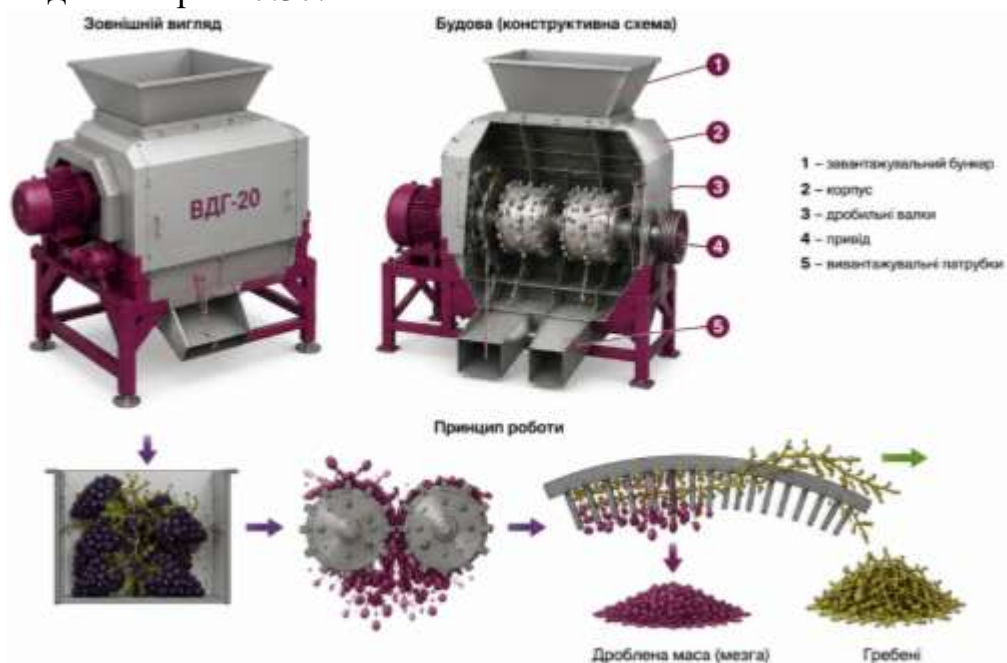
У виноробстві гребневіддільні машини виконують дві основні функції: дроблення ягід винограду та відокремлення гребенів. Під дробленням розуміють руйнування шкірки ягід і часткове порушення клітинної структури м'якоті, що сприяє інтенсивнішому виділенню соку та покращує перебіг подальших технологічних процесів.

Дроблення винограду може здійснюватися як з відокремленням гребенів, так і без нього. При відділенні гребенів у сусло потрапляє менше дубильних

речовин, що позитивно впливає на якість окремих видів вин, особливо столових і білих. Крім того, зменшується вміст речовин, які можуть надавати напою небажаного трав'янистого присмаку та надмірної терпкості.

У разі переробки винограду без відокремлення гребенів процес пресування проходить інтенсивніше, оскільки гребені створюють дренажний шар, який запобігає ущільненню мезги та полегшує відтік соку. Такий спосіб часто застосовують під час виробництва окремих типів вин, коли необхідно забезпечити кращу фільтрацію мезги та підвищити вихід сусла.

Вибір способу дроблення залежить від сорту винограду, технології виробництва та вимог до якості готової продукції. Для виконання цих операцій використовують спеціальні дробарки-гребневідділювачі, які забезпечують одночасне руйнування ягід і відокремлення гребенів. Однією з найбільш поширених машин для дроблення винограду та відокремлення гребенів є валкова дробарка-гребневідділювач ВДГ-20. Її загальний вигляд, будову та принцип роботи наведено на рис. 7.37.



**Рис. 7.37. Загальний вигляд, будова та принцип роботи валкової дробарки-гребневідділювача ВДГ-20**

Під час роботи виноградні кетяги надходять із приймального бункера до дробильних валків. Завдяки спеціальному профілю їхньої поверхні ягоди руйнуються переважно шляхом стискання, а не перетирання. Такий спосіб дроблення забезпечує ефективне виділення соку за мінімального пошкодження гребенів і насіння, що позитивно впливає на якість отриманої мезги.

Ступінь подрібнення ягід регулюється зміною зазору між валками. Для захисту механізмів від перевантажень і потрапляння сторонніх предметів у конструкції передбачено запобіжний пристрій, який автоматично відключає привід у разі виникнення аварійної ситуації.

Після дроблення виноградна маса по похилому лотку надходить до гребневідділювача, виконаного у вигляді горизонтального перфорованого циліндра з ротором, оснащеним бичами. Під час обертання ротора ягоди

відокремлюються від гребенів і проходять крізь отвори перфорованого циліндра, утворюючи мезгу. Гребені переміщуються вздовж циліндра до вихідного отвору та видаляються окремим потоком.

Отримана мезга, що являє собою суміш соку, м'якоті та шкірки ягід, відводиться з машини та спрямовується на подальшу переробку. Ефективність роботи гребневідділювача залежить від конструктивних особливостей робочих органів, режимів роботи машини та фізико-механічних властивостей винограду. Правильно підібрані параметри забезпечують високу повноту відділення гребенів, мінімальне травмування ягід і отримання якісної мезги для подальшого виробництва виноматеріалів.

Застосування дробарок-гребневідділювачів дозволяє підвищити якість виноградної мезги, покращити вихід соку та забезпечити оптимальні умови для подальших процесів бродіння і виноробства.

#### 4. Машини для сортування і розділення клубнеплодів, фруктів та ягід

Після миття плодово-овочева сировина підлягає інспектуванню та сортуванню. Інспектування передбачає видалення пошкоджених, загнилих, уражених хворобами або шкідниками плодів і овочів, а також сторонніх домішок. Сортування забезпечує розподіл продукції на однорідні групи за якістю, розмірами, забарвленням, ступенем зрілості та іншими показниками. Проведення цих операцій сприяє підвищенню якості готової продукції, зменшенню втрат сировини та підвищенню ефективності подальших технологічних процесів. Схему процесів інспектування та сортування плодово-овочевої сировини наведено на рис. 7.38.



Рис. 7.38. Інспектування та сортування плодово-овочевої сировини перед переробкою

На підприємствах, що переробляють невеликі обсяги сировини, операції інспектування та сортування зазвичай поєднують і виконують вручну. Продукт подається на конвеєр тонким шаром, що забезпечує його візуальний огляд.

Робітники розміщуються з обох боків конвеєра та видаляють некондиційну сировину, спрямовуючи її до спеціальних контейнерів або збірників відходів.

Недоліком звичайних стрічкових конвеєрів є неможливість огляду нижньої поверхні плодів, яка контактує зі стрічкою. Для усунення цього недоліку використовують роликові інспекційні конвеєри. Під час руху конвеєра ролики, спираючись на гумові напрямні, обертаються навколо власної осі та повертають плоди, розташовані на них в один шар. Завдяки цьому стає доступною для огляду вся поверхня плодів округлої або циліндричної форми, що значно підвищує якість інспектування.

Однією з найбільш поширених машин для інспектування, сортування та ополіскування овочів і фруктів є **інспекційний роликовий конвеєр А9-КТ2-0**. Його загальний вигляд, будову та принцип роботи наведено на рис. 7.39.



*Рис. 7.39. Загальний вигляд, будова та принцип роботи інспекційного роликового конвеєра А9-КТ2-0*

Як видно з рис. 7.39, основними складовими інспекційного конвеєра є транспортне роликове полотно, завантажувальний бункер, каркас, приводний механізм, душовий пристрій, збірники відходів і випускний лоток. Продукт надходить на роликове полотно, де здійснюється його візуальне інспектування та сортування. Під час переміщення ролики безперервно обертають плоди навколо власної осі, що дає змогу оглянути їх з усіх боків і своєчасно видалити пошкоджені плоди, сторонні домішки та інші дефекти.

На каркасі встановлено підшипникові опори ведучого й натяжного валів із зірочками, через які проходить тяговий ланцюг. До ланцюга прикріплено конвеєрне полотно, виконане у вигляді дюралюмінієвих роликів. Під час роботи ролики перекочуються по гумових напрямних і одночасно обертаються навколо власної осі, забезпечуючи безперервне перевертання плодів. Це створює

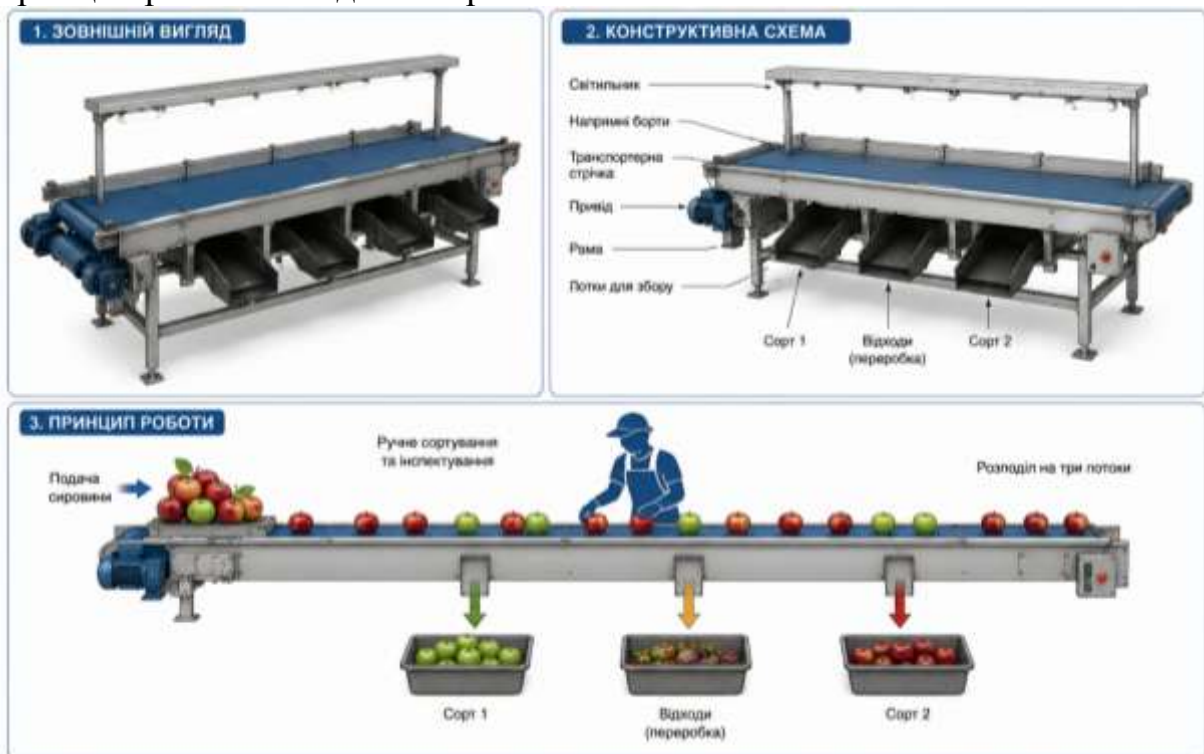
сприятливі умови для повного візуального контролю поверхні сировини та своєчасного виявлення дефектів.

Сировина надходить на конвеєр через завантажувальний бункер, обладнаний регульовальною заслінкою. Змінюючи положення заслінки, встановлюють необхідну товщину шару продукції, що забезпечує якісне інспектування та рівномірне завантаження робочої поверхні конвеєра. Уздовж обох боків транспортного полотна розміщені збірники відходів, у які видаляють пошкоджені, загнилі, уражені хворобами чи шкідниками плоди, а також сторонні домішки.

Після завершення інспектування продукція надходить у зону ополіскування, де обробляється водою за допомогою душового пристрою, встановленого над похилою ділянкою конвеєра. Ополіскування сприяє видаленню залишків забруднень, пилу та дрібних механічних домішок із поверхні плодів і овочів. Очищена сировина через регульований за висотою випускний лоток спрямовується на наступні операції технологічного процесу.

Використання інспекційних роликів конвеєрів забезпечує підвищення ефективності контролю якості сировини, зменшення виробничих втрат, поліпшення санітарного стану продукції та підготовку овочів і фруктів до подальшої технологічної переробки.

**Конвеєр сортувальний А9-К1** призначений для ручного сортування та інспектування плодів і ягід із розподілом продукції на дві товарні групи та відходи (або сировину для подальшої переробки). Його загальний вигляд, будову та принцип роботи наведено на рис. 7.40.



*Рис. 7.40. Загальний вигляд, будова та принцип роботи сортувального конвеєра А9-К1*

Основними складовими сортувального конвеєра є каркас, приводна та натяжна станції, конвеєрна стрічка, опорні ролики, електродвигун, черв'ячний редуктор, завантажувальний лоток, поздовжні розподільні перегородки та вивантажувальні лотки.

Каркас конвеєра виготовлений зі сталевих труб. На ньому встановлена прогумована конвеєрна стрічка, яка підтримується системою опорних роликів. Рух стрічки здійснюється від електродвигуна через черв'ячний редуктор, що забезпечує її плавне переміщення із заданою швидкістю.

Сировина надходить на стрічку через завантажувальний лоток, оснащений регульованою заслінкою, яка забезпечує рівномірний розподіл продукту по всій ширині конвеєра. Робоча поверхня стрічки за допомогою поздовжніх перегородок поділена на три секції.

Плоди або ягоди подаються до бічних секцій стрічки. Під час руху конвеєра оператори здійснюють візуальний контроль якості сировини та відбирають плоди відповідно до встановлених критеріїв сортування. Продукцію, що відрізняється за розмірами, ступенем зрілості або іншими якісними показниками, переміщують до центральної секції стрічки. У результаті сировина розподіляється на окремі товарні сорти.

Для накопичення продукції, призначеної для подальшої переробки або вибракування, між робочими місцями можуть установлюватися спеціальні збірники. За потреби відсортовану продукцію безпосередньо завантажують у контейнери або іншу транспортну тару.

У кінцевій частині конвеєра розміщені окремі вивантажувальні лотки, через які кожна фракція продукції спрямовується до відповідної тари або на наступні технологічні операції.

Використання сортувальних конвеєрів забезпечує підвищення продуктивності праці, поліпшення якості сортування, зменшення втрат сировини, ефективне видалення дефектної продукції та раціональну організацію технологічного процесу на підприємствах із переробки плодів і ягід.

Важливою операцією підготовки плодово-овочевої сировини до переробки та реалізації є **калібрування**. Його метою є розподіл продукції на однорідні групи за розмірами, масою або іншими фізичними характеристиками. Калібрування забезпечує однорідність сировини, підвищує ефективність подальших технологічних операцій, покращує товарний вигляд продукції, спрощує її пакування, транспортування та зберігання, а також сприяє підвищенню якості готової продукції.

Залежно від принципу визначення калібрувальної ознаки розрізняють прямий і непрямий способи калібрування. При прямому способі продукцію сортують безпосередньо за геометричними розмірами (діаметром, довжиною, товщиною або висотою), використовуючи калібрувальні отвори, ролики, стрічки чи інші робочі органи машин. Такий спосіб забезпечує високу точність сортування і застосовується для більшості плодів та овочів.

При непрямому способі калібрування продукцію розподіляють за показниками, що пов'язані з її розмірами, зокрема масою, об'ємом, густиною або аеродинамічними властивостями. Цей спосіб використовують у випадках, коли пряме вимірювання геометричних параметрів є складним або економічно недоцільним.

Схему прямого та непрямого способів калібрування наведено на рис. 7.41. Як видно з рисунка, вибір способу калібрування визначається фізико-

механічними властивостями продукції, вимогами технологічного процесу та конструктивними особливостями калібрувального обладнання.



**Рис. 7.41. Прямий і непрямий способи калібрування плодово-овочевої сировини**

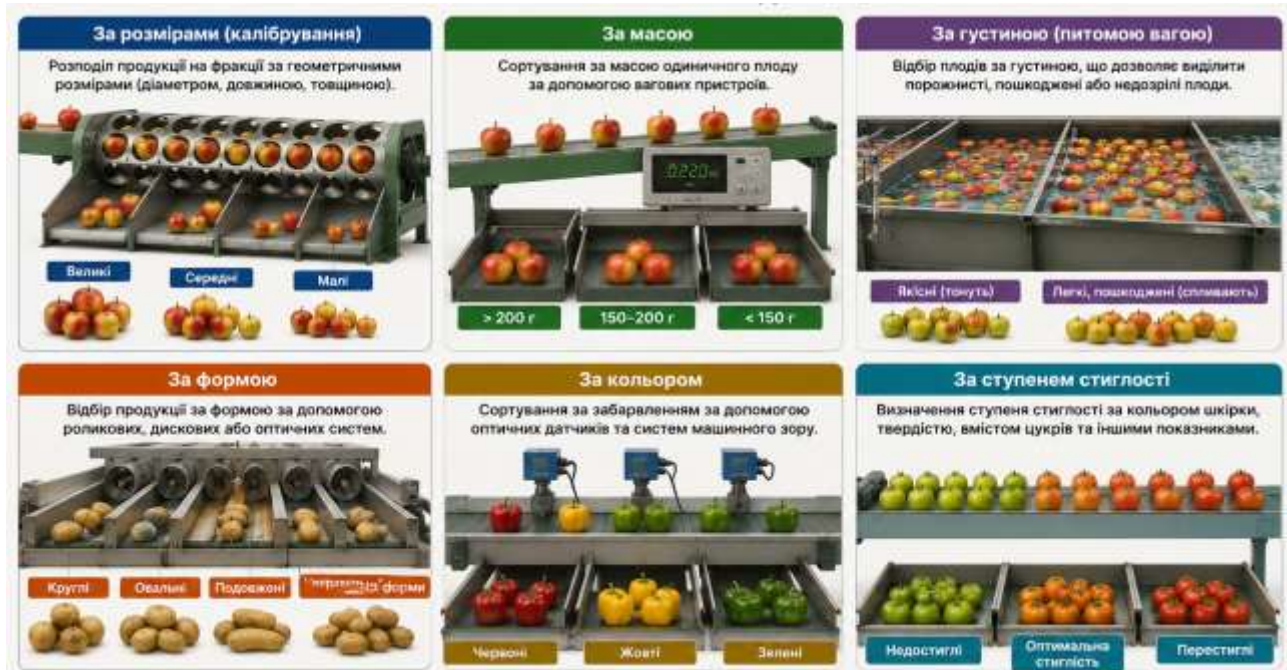
Прямий спосіб калібрування ґрунтується на безпосередньому розподілі плодів за їх геометричними розмірами. Плоди переміщуються вздовж калібрувальної поверхні або щілини зі змінною шириною. У місці, де ширина щілини перевищує відповідний розмір плода, він під дією власної маси провалюється до приймального бункера або на відповідний конвеєр і спрямовується до відповідної фракції. Такий спосіб забезпечує досить високу точність сортування, має просту конструкцію обладнання та широко застосовується для калібрування яблук, груш, томатів, картоплі, цибулі та іншої плодово-овочевої продукції.

Непрямий спосіб калібрування базується на використанні залежності між масою плода та його геометричними розмірами. У цьому випадку продукцію сортують за масою за допомогою спеціальних вагових механізмів або автоматичних калібраторів. Оскільки маса більшості плодів безпосередньо пов'язана з їх розмірами, сформовані групи одночасно характеризуються близькими геометричними параметрами. Такий спосіб забезпечує високу продуктивність і широко застосовується для калібрування плодів, форма яких ускладнює використання прямих методів сортування.

Сортування є однією з найважливіших технологічних операцій підготовки плодово-овочевої сировини до зберігання, реалізації або переробки. Його основною метою є розподіл продукції на однорідні групи за певними ознаками, що забезпечує підвищення якості готової продукції, покращує умови її пакування, транспортування та зберігання, а також сприяє підвищенню ефективності подальших технологічних процесів. Крім того, сортування дає змогу видалити нестандартну, пошкоджену або уражену продукцію, що позитивно впливає на якість кінцевої продукції та зменшує виробничі втрати.

Залежно від фізико-механічних властивостей сировини та вимог технологічного процесу сортування може здійснюватися за розмірами, масою,

густиною, формою, кольором, ступенем стиглості, зовнішнім виглядом та іншими показниками. Для виконання цих операцій використовують різні типи сортувального обладнання: роликові, стрічкові, вагові, вібраційні, фотоелектронні та інші сортувальні машини. Основні способи сортування плодів і овочів наведено на рис. 7.42.



*Рис. 7.42. Основні способи сортування плодів і овочів за фізичними властивостями*

Для розділення плодів і овочів за розмірами, формою або масою застосовують різні типи калібрувальних пристроїв. Вибір конструкції залежить від фізико-механічних властивостей продукції, необхідної точності сортування та продуктивності технологічної лінії.

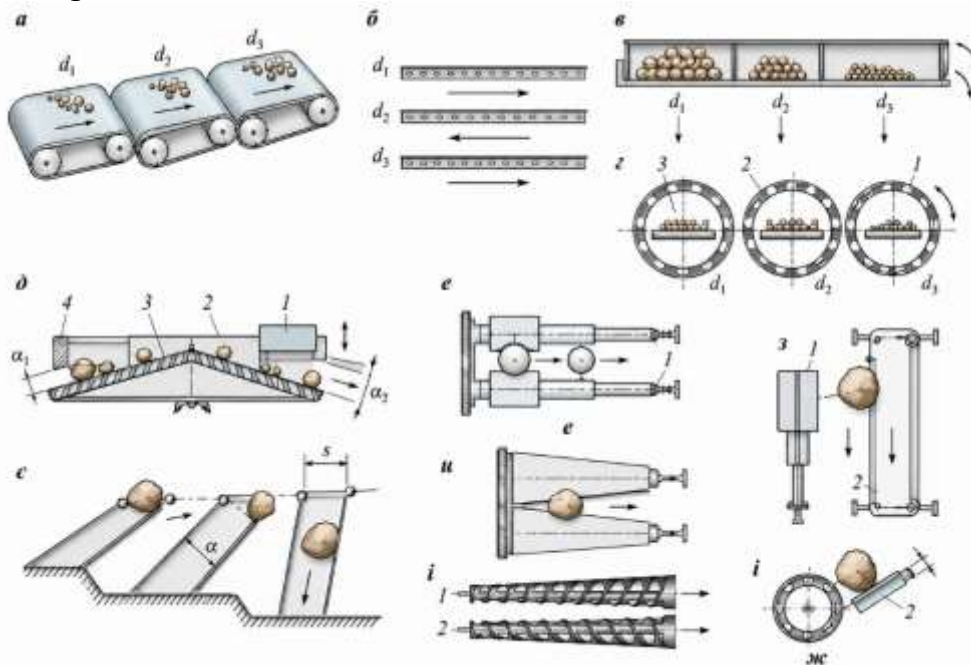
Стрічкові калібрувальні пристрої (рис. 7.43, а) являють собою систему послідовно розташованих похилих конвеєрних стрічок з отворами різного діаметра. Плоди, переміщуючись по стрічці, проходять через отвори, розміри яких відповідають їхнім геометричним параметрам. Таким чином продукція розподіляється на окремі фракції.

Замість конвеєрних стрічок можуть використовуватися вібраційні полотна або єдине калібрувальне полотно, розділене по ширині на зони з отворами різних розмірів.

Вібраційні калібрувальні пристрої (рис. 7.43, б) використовують переважно для калібрування картоплі та інших плодів із достатньою механічною міцністю. Розділення відбувається під час переміщення продукту по коливній поверхні з отворами різних розмірів. Коливання робочої поверхні забезпечують рівномірне переміщення плодів, підвищують ефективність калібрування та зменшують ймовірність закупорювання отворів.

Барабанні калібрувальні пристрої (рис. 7.43, в, г) складаються з обертових барабанів, на поверхні яких виконані калібрувальні отвори. Робоча поверхня барабана поділена на секції з отворами різних розмірів, розташованими у

порядку їх поступового збільшення. Отвори можуть мати круглу, овальну або іншу форму залежно від виду продукції. Під час обертання барабана плоди переміщуються вздовж його осі. Плоди менших розмірів проходять через отвори перших секцій і потрапляють у відповідні приймальні лотки. Більші плоди продовжують рух до наступних секцій барабана, де відокремлюються відповідно до своїх розмірів.



**Рис. 7.43. Схеми калібрувальних пристроїв:**

*а – стрічкові калібратори; б – решітні калібратори; в – барабанні калібратори; г – коливні ситові калібратори; д – роликові калібратори; е – калібратори на похилих планках; ж – стрічкові калібратори; и – конічні роликові калібратори; і – шнекові калібратори*

Дискові калібрувальні пристрої (рис. 7.43, д) складаються з конічного диска, що обертається, та напрямних ребер, розташованих над його поверхнею. Між ребрами і поверхнею диска утворюються калібрувальні отвори змінного розміру, величину яких регулюють зміною положення ребер. Під час роботи плоди, потрапляючи на диск, під дією сили тяжіння та відцентрової сили переміщуються до його периферії і проходять через отвори, розміри яких відповідають їхнім геометричним параметрам. У результаті відбувається розподіл плодів на фракції за розмірами.

У валкових калібрувальних пристроях (рис. 7.43, е) калібрувальний отвір утворюється між двома паралельно встановленими ступінчастими валками, що обертаються.

У валково-стрічкових калібрувальних пристроях (рис. 7.43, ж) калібрувальна щілина утворюється між ступінчастим валком і похило встановленим стрічковим конвеєром. Під час роботи плоди переміщуються вздовж щілини, ширина якої поступово збільшується. Залежно від своїх розмірів вони проходять через щілину в певній зоні та потрапляють до відповідних приймальних пристроїв. Таким чином здійснюється їх розподіл на фракції за розмірами.

Тросові калібрувальні пристрої (рис. 7.43, є) складаються з паралельно розташованих рухомих тросів, відстань між якими поступово збільшується.

На початку робочої зони відстань між тросами менша за діаметр плода, тому він утримується на їх поверхні. У процесі переміщення відстань між тросами збільшується, і в момент, коли вона перевищує діаметр плода, він провалюється у відповідний приймальний збірник.

Гвинтові калібрувальні пристрої (рис. 7.43, з) використовують для калібрування плодів переважно кулястої форми. Основними робочими органами є два конічні шнеки з постійним кроком витків, які обертаються назустріч один одному. Під час руху плодів уздовж шнеків відстань між їхніми поверхнями поступово збільшується. Плоди проходять крізь утворену щілину в місці, де її розмір стає більшим за їхній діаметр.

Конусні калібрувальні пристрої (рис. 7.43, и) подібні за принципом роботи до гвинтових. Їхніми робочими органами є два конічні валики, розташовані під певним кутом один до одного. У міру переміщення продукції відстань між твірними валиків поступово збільшується, що забезпечує поділ плодів на фракції за розмірами.

Для підвищення точності калібрування плодів застосовують **багатобарабанні калібрувальні машини**, які забезпечують розподіл продукції на кілька фракцій за розмірами за один технологічний цикл. Їх особливістю є наявність кількох послідовно розташованих перфорованих барабанів із отворами різного діаметра. Така конструкція дає змогу значно підвищити точність сортування, продуктивність обладнання та однорідність отриманих фракцій.

Між барабанами встановлюють похилу напрямну поверхню, яку називають «вуликом». Вона забезпечує рівномірний розподіл плодів по всій ширині барабанів, запобігає їх скупченню та сприяє послідовному надходженню продукції до кожної зони калібрування. Завдяки цьому всі плоди мають однакові умови проходження через робочі органи машини, що підвищує якість калібрування.

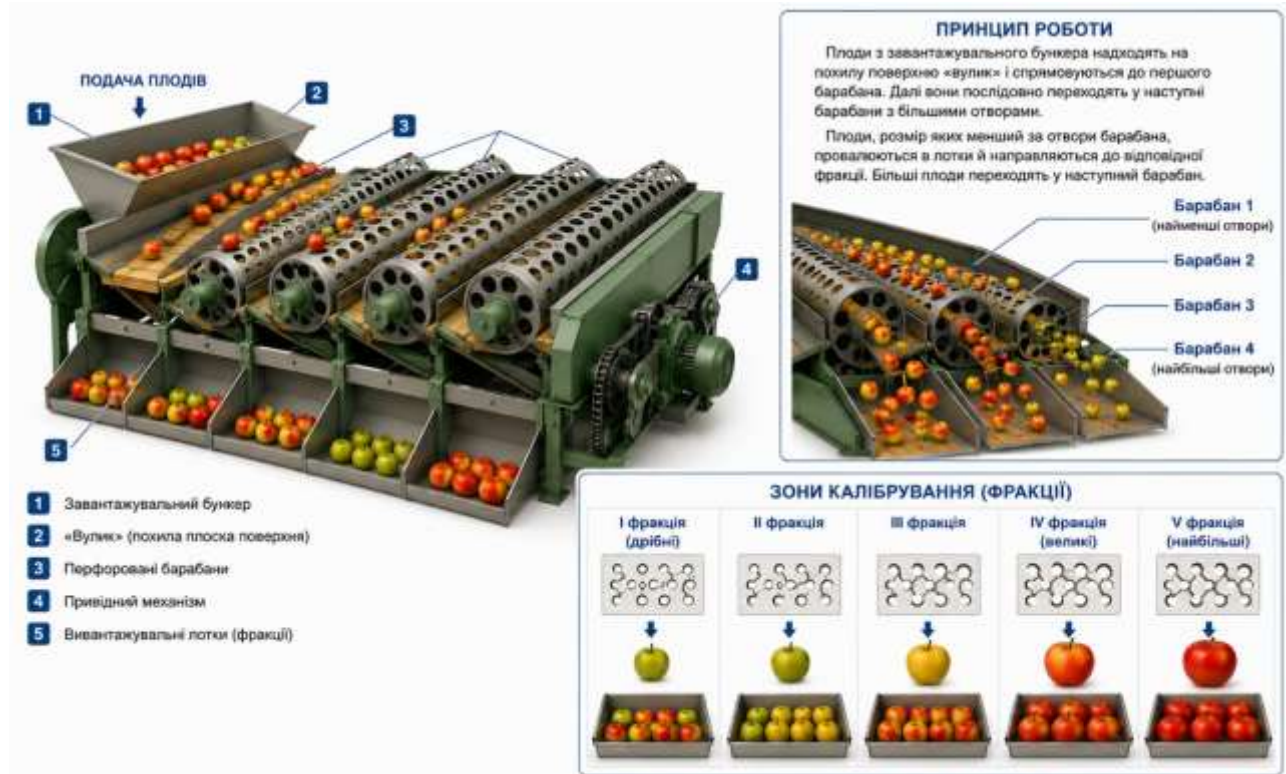
Конструкцію та принцип роботи барабанної калібрувальної машини з «вуликом» наведено на рис. 7.44.

Плоди із завантажувального бункера надходять на похилу поверхню «вулика», звідки рівномірно розподіляються між першим перфорованим барабаном. Під час обертання барабанів продукція поступово переміщується вздовж їхньої осі. Плоди, розміри яких менші за діаметр отворів барабана, провалюються крізь отвори та потрапляють до відповідних вивантажувальних лотків. Плоди більшого розміру переходять до наступного барабана з більшими отворами, де процес повторюється.

У результаті проходження через усі барабани продукція автоматично розподіляється на кілька каліброваних фракцій — від найдрібніших до найбільших. Такий спосіб забезпечує високу точність сортування, рівномірність розмірів плодів у кожній фракції та мінімізує механічні пошкодження продукції.

Основними перевагами багатобарабанних калібрувальних машин є висока продуктивність, можливість одночасного отримання кількох фракцій за один

прохід, рівномірний розподіл продукції по робочих органах, простота конструкції та надійність в експлуатації. Завдяки цьому вони широко застосовуються на підприємствах із післязбиральної доробки, сортування та переробки плодів і овочів, де висуваються підвищені вимоги до точності калібрування та якості готової продукції.

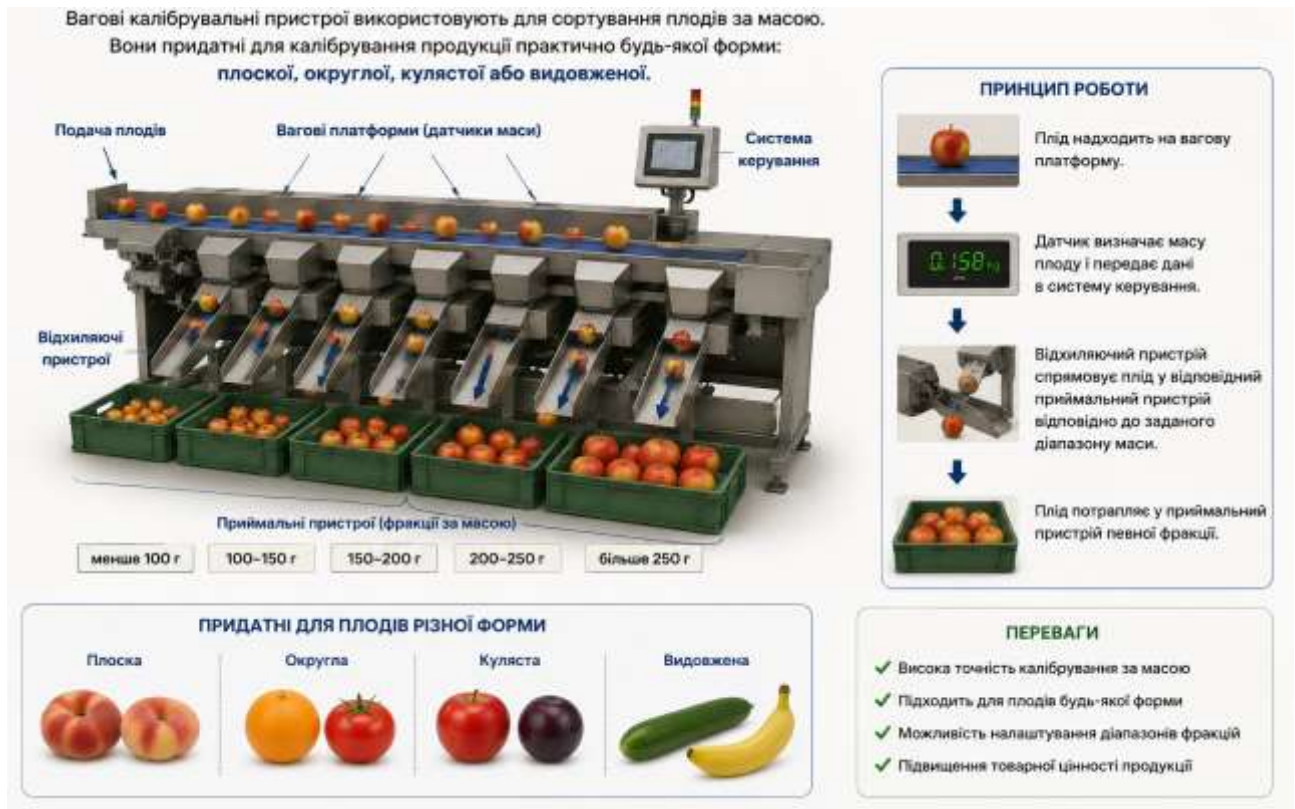


*Рис. 7.44. Барабанна калібрувальна машина з похилою поверхнею («вуликом»)*

Для сортування плодів за масою застосовують **вагові калібрувальні пристрої**, які забезпечують високоточний розподіл продукції на однорідні групи незалежно від її форми та геометричних розмірів. На відміну від калібрування за розмірами, цей спосіб базується на безпосередньому визначенні маси кожного плода, що дає змогу отримувати більш рівномірні партії продукції та підвищувати її товарні якості.

Вагове калібрування широко використовують для плодів і овочів округлої, кулястої, плоскої та видовженої форми, зокрема яблук, груш, персиків, цитрусових, томатів, авокадо та інших культур. Такий спосіб особливо ефективний для продукції, яка має значні відхилення форми, але повинна бути однаковою за масою відповідно до вимог стандартів або умов реалізації.

Принцип роботи вагового калібрувального пристрою наведено на рис. 7.45.



**Рис. 7.45. Ваговий калібрувальний пристрій для сортування плодів за масою**

Як видно з рис. 7.45, продукція через завантажувальний пристрій надходить на транспортний механізм, де кожний плід розміщується в окремій комірці або на індивідуальному носії. Під час проходження через зону зважування ваговий механізм або тензометричний датчик визначає масу кожного плода та передає отримані дані до системи автоматичного керування.

На основі результатів зважування система визначає належність плода до відповідної вагової фракції. Після проходження зони зважування спрацьовує механізм відведення, який у визначеному місці спрямовує продукцію до відповідного приймального лотка або контейнера. У результаті формується кілька однорідних фракцій із заданими межами маси.

Сучасні вагові калібрувальні машини оснащують тензометричними датчиками, електронними системами керування, програмованими контролерами та автоматичними механізмами відведення продукції. Це забезпечує високу точність калібрування, стабільність роботи, можливість швидкого переналаштування обладнання на різні види плодово-овочевої продукції та підвищення продуктивності технологічного процесу.

Основною перевагою вагового калібрування є висока точність сортування незалежно від геометричної форми плодів. Такі машини забезпечують формування однорідних партій продукції за масою, що особливо важливо під час фасування, зберігання та реалізації плодів і овочів. Залежно від конструкції вагові калібрувальні пристрої можуть містити ряд стаціонарних вагових механізмів або рухомі вагові чашки, інтегровані в транспортну систему.

Машини для інспектування, сортування та калібрування плодово-овочевої сировини є важливою складовою сучасних технологічних ліній переробних підприємств. Їх використання забезпечує розподіл продукції на однорідні групи

за якісними показниками, розмірами або масою, підвищує ефективність наступних технологічних операцій, зменшує втрати сировини та сприяє поліпшенню якості готової продукції. Вибір типу сортувально-калібрувального обладнання залежить від фізико-механічних властивостей сировини, необхідної точності сортування, продуктивності технологічної лінії та вимог до якості кінцевої продукції.

## 5. Протиральні машини та їх використання в переробних виробництвах

Протиральні машини застосовують у виробництві плодово-ягідних і овочевих пюре, соків з м'якоттю, концентрованих томатопродуктів, дитячого харчування та інших рослинних напівфабрикатів. Їх використання забезпечує одержання однорідної маси та відокремлення неїстівних або малопродатних частин сировини.

Протирання — це процес відокремлення м'якоті плодів і овочів від насіння, кісточок, шкірки, плодоніжок та інших грубих включень шляхом продавлювання продукту через отвори сит діаметром від 0,7 до 5,0 мм.

Основними вимогами до протиральних машин є забезпечення високої якості розділення сировини на протерту масу та відходи, а також максимальне вилучення м'якоті з вихідного продукту при мінімальних втратах цінних компонентів. Машини повинні працювати з низькими питомими витратами енергії та забезпечувати високу продуктивність процесу. Важливою умовою є отримання однорідного напівфабрикату з необхідним ступенем подрібнення і дисперсності, що відповідає вимогам подальшої переробки або готового продукту. Крім того, протиральні машини повинні забезпечувати стабільність технологічного процесу, надійність роботи та незмінність показників якості продукції протягом усього виробничого циклу.

Протиральна машина **КПУ-М** (рис. 7.50) призначена для переробки томатів, ягід, а також насінневих і кісточкових плодів з метою одержання пюре, соків із м'якоттю, паст та інших плодово-овочевих напівфабрикатів. Машина здійснює подрібнення сировини з одночасним відокремленням неїстівних частин, забезпечуючи високу якість готового продукту.

Протиральна машина **КПУ-М** забезпечує максимальне вилучення м'якоті з плодово-овочевої сировини та ефективно відокремлення відходів у вигляді шкірки, насіння, кісточок і грубих волокнистих частин. У результаті роботи машини отримують однорідну протерту масу із заданим ступенем подрібнення, придатну для подальшого виробництва пюре, соків із м'якоттю, томатної пасты, соусів, дитячого харчування та інших харчових продуктів.

Принцип роботи машини ґрунтується на продавлюванні попередньо подрібненої сировини через отвори ситового барабана під дією робочих лопатей або бичів ротора. М'якоть проходить крізь отвори сита і збирається в приймальному патрубку, тоді як шкірка, насіння, кісточки та інші тверді включення переміщуються вздовж сита й виводяться через окремий патрубок для відходів. Такий принцип роботи забезпечує високу повноту вилучення м'якоті та мінімальні її втрати.

Конструкція машини дає змогу переробляти різні види плодово-овочевої сировини, змінюючи лише сита з отворами відповідного діаметра залежно від виду продукції та необхідної дисперсності готового напівфабрикату. Безперервний режим роботи забезпечує стабільність технологічного процесу, високу продуктивність обладнання та відносно невеликі питомі витрати енергії.

Будову та принцип роботи протиральної машини КПУ-М наведено на рис. 7.50.



*Рис. 7.50. Протиральна машина КПУ-М: будова та принцип роботи*

Основними перевагами протиральної машини КПУ-М є висока продуктивність, ефективне відокремлення відходів, висока повнота вилучення м'якоті, простота конструкції, надійність в експлуатації, можливість переробки широкого асортименту плодово-овочевої сировини та легкість санітарної обробки після завершення роботи.

Завдяки зазначеним перевагам протиральні машини широко використовують на підприємствах консервної, сокової та плодоовочевої промисловості для виробництва високоякісних напівфабрикатів і готової продукції, що відповідає сучасним вимогам харчової промисловості.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про призначення, будову та принцип роботи машин для очищення, сортування, калібрування та протирання рослинної сировини; сформувати вміння аналізувати технологічні параметри процесів розділення та оцінювати ефективність роботи обладнання.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Способи розділення та очищення рослинної сировини.
2. Класифікація машин для очищення, сортування та калібрування.
3. Принцип роботи повітряних сепараторів.
4. Інспекція, сортування та калібрування плодоовочевої сировини.
5. Призначення гребневіддільних і протиральних машин.

### Практичні завдання

#### Блок А. Теоретико-аналітичний

1. Пояснити технологічне значення очищення та сортування рослинної сировини.
2. Охарактеризувати принцип роботи повітряного сепаратора РЗ-БАБ.
3. Визначити роль повітряного потоку у процесі очищення зерна.
4. Пояснити призначення інспекційних конвеєрів у технологічних лініях переробки плодів і овочів.
5. Охарактеризувати способи калібрування плодів і ягід.
6. Пояснити принцип роботи гребневіддільних машин.
7. Визначити особливості роботи протиральних машин.

#### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. У повітряному сепараторі знизилась ефективність очищення зерна. Які параметри необхідно перевірити?
2. У відходах після очищення виявлено значну кількість повноцінного зерна. Які помилки могли бути допущені під час налаштування машини?
3. Під час сортування плодів частина пошкодженої сировини не видаляється. Визначити можливі причини.
4. Після калібрування продукція розподіляється за розмірами неточно. Які регулювання необхідно виконати?
5. Обґрунтувати вибір обладнання для сортування ягід перед заморожуванням.

#### Блок В. Розрахункові завдання

1. Розрахувати продуктивність повітряного сепаратора:

$$П = G / t,$$

де  $G$  — маса зерна, т;  $t$  — час роботи, год.

Вихідні дані:  $G = 30$  т;  $t = 2,5$  год.

2. Визначити ефективність очищення зерна:

$$E = ((D_1 - D_2) / D_1) \cdot 100,$$

де  $D_1$  — вміст домішок до очищення, %;  $D_2$  — вміст домішок після очищення, %.

Вихідні дані:  $D_1 = 10$  %;  $D_2 = 3$  %.

3. Розрахувати продуктивність сортувального конвеєра:

$$П = m / t,$$

де  $m$  — маса відсортованої сировини, кг;  $t$  — час роботи, год.

Вихідні дані:  $m = 2500$  кг;  $t = 1,5$  год.

4. Визначити продуктивність протиальної машини:

$$П = G / t,$$

де  $G$  — маса переробленої сировини, кг;  $t$  — час роботи, год.

Вихідні дані:  $G = 1800$  кг;  $t = 0,75$  год.

### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Розділення сільськогосподарської сировини — це:
  - а) процес сушіння зерна; б) сукупність операцій поділу суміші на фракції за фізико-механічними властивостями; в) процес подрібнення зерна.
2. За якими властивостями можуть розділятися компоненти зернової суміші?
  - а) геометричні розміри; б) насипна густина; в) аеродинамічні властивості; г) магнітна сприйнятливість; д) колір.
3. Які способи очищення зерна належать до основних?
  - а) ситове; б) пневматичне; в) гравітаційне; г) магнітне; д) оптичне.
4. При пневматичному очищенні:
  - а) легкі домішки виносяться повітряним потоком; б) зерно поділяється за кольором; в) повноцінне зерно осідає.
5. До машин загального призначення для очищення зерна належать:
  - а) повітряно-ситові сепаратори; б) аспіратори; в) магнітні колонки; г) пневмосортувальні столи.
6. Повітряний сепаратор РЗ-БАБ призначений для:
  - а) очищення зерна від легких домішок; б) подрібнення зерна; в) сушіння зерна; г) калібрування тари.
7. Сита з довгастими отворами використовують для поділу зерна за:
  - а) довжиною; б) товщиною; в) кольором; г) вологістю.
8. Сита з круглими отворами застосовують для поділу зерна за:
  - а) шириною; б) товщиною; в) масою.
9. До переваг повітряно-ситових сепараторів належить:
  - а) одночасний поділ за розмірами і аеродинамічними властивостями; б) висока ефективність очищення; в) можливість видалення легких і дрібних домішок; г) відсутність потреби в електроенергії.
10. Трієри використовують для розділення зернової суміші за:
  - а) довжиною частинок; б) кольором; в) магнітними властивостями; г) вологістю.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – а, б, в, г, д; 3 – а, б, в, г, д; 4 – а, в; 5 – а, б; 6 – а; 7 – б; 8 – а; 9 – а, б, в; 10 – а.

## БЛОК 8

# МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ТВАРИННОЇ СИРОВИНИ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про способи механічного подрібнення сировини, будову, принцип роботи та особливості експлуатації обладнання для подрібнення ударом, роздавлюванням, різанням і гомогенізації; розвивати вміння аналізувати технологічні процеси подрібнення, оцінювати ефективність роботи обладнання та обґрунтовувати вибір машин залежно від властивостей сировини й виробничих потреб; виховувати відповідальне ставлення до раціонального використання обладнання та енергетичних ресурсів, дотримання вимог безпеки праці, прагнення до професійного самовдосконалення й підвищення фахової компетентності.

### План

1. Машина для зняття шкіри, щетини та сажі з туш тварин.
2. Машина для видалення оперення з птиці.
3. Лускознімальні машини для обробки риби.

***Мотивація.** Подрібнення є однією з найпоширеніших технологічних операцій на переробних підприємствах, від якої значною мірою залежать якість продукції, інтенсивність подальших технологічних процесів та ефективність виробництва. Знання принципів роботи машин для подрібнення та гомогенізації дає змогу майбутньому педагогу професійного навчання розуміти сучасні технології переробки сировини, грамотно використовувати технічну документацію та якісно здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної й харчової галузей.*

#### **1. Машина для зняття шкіри, щетини та сажі з туш тварин**

Відділення шкіри від туші може здійснюватися механічним, тепловим, хімічним або комбінованим способами. На підприємствах м'ясної промисловості найбільшого поширення набули машини для механічного зняття шкіри, оскільки вони забезпечують високу продуктивність, зменшують трудомісткість процесу та сприяють отриманню якісної сировини. Залежно від виду тварин і особливостей технологічного процесу такі машини поділяють на установки для великої рогатої худоби, дрібної рогатої худоби та свинячих туш.

Зняття шкіри є однією з найважливіших операцій первинної переробки забійних тварин. Якість її виконання безпосередньо впливає на товарний вигляд туші, збереження цілісності шкіри, вихід м'ясної продукції та ефективність подальших технологічних процесів. Порушення технології зняття шкіри може призводити до пошкодження поверхні туші, втрат цінної сировини та погіршення санітарного стану виробництва.

У промисловості застосовують механічне зняття шкур шляхом розрізання або розривання підшкірного шару. Під час розрізання зв'язки між шкірою та тушею руйнуються ріжучими інструментами, тоді як при розриванні використовується сила натягу, створювана спеціальними механізмами. Кожен із цих способів має свої особливості, переваги та сфери застосування залежно від виду тварин, продуктивності лінії та вимог до якості готової продукції.

Використання сучасних машин для зняття шкур дозволяє підвищити продуктивність праці, покращити умови роботи персоналу та забезпечити стабільну якість виконання технологічної операції. Основні способи механічного зняття шкур наведено на рис. 8.1.



*Рис. 8.1. Схема процесу механічного зняття шкури та обладнання для його виконання*

Для механізованого зняття шкур на м'ясопереробних підприємствах використовують установки різних конструкцій. Вибір типу обладнання залежить від виду тварин, продуктивності підприємства, способу зняття шкури та рівня механізації виробництва. Застосування спеціалізованих установок дозволяє скоротити тривалість операції, зменшити втрати сировини та забезпечити стабільну якість обробки туш.

За конструкцією робочих органів установки для зняття шкур поділяють на **тросові, ланцюгові та барабанні**. Кожен із цих типів має свої конструктивні особливості, переваги та сферу застосування. Тросові установки відзначаються простотою конструкції та використовуються переважно на підприємствах невеликої потужності. Барабанні установки забезпечують рівномірне прикладання зусилля під час відокремлення шкури та характеризуються високою продуктивністю.

Робочим органом ланцюгових установок є замкнутий тяговий ланцюг, який безперервно рухається по спеціально профільованих напрямних. Така конструкція забезпечує спочатку бічне, а потім поздовжнє зняття шкури, що

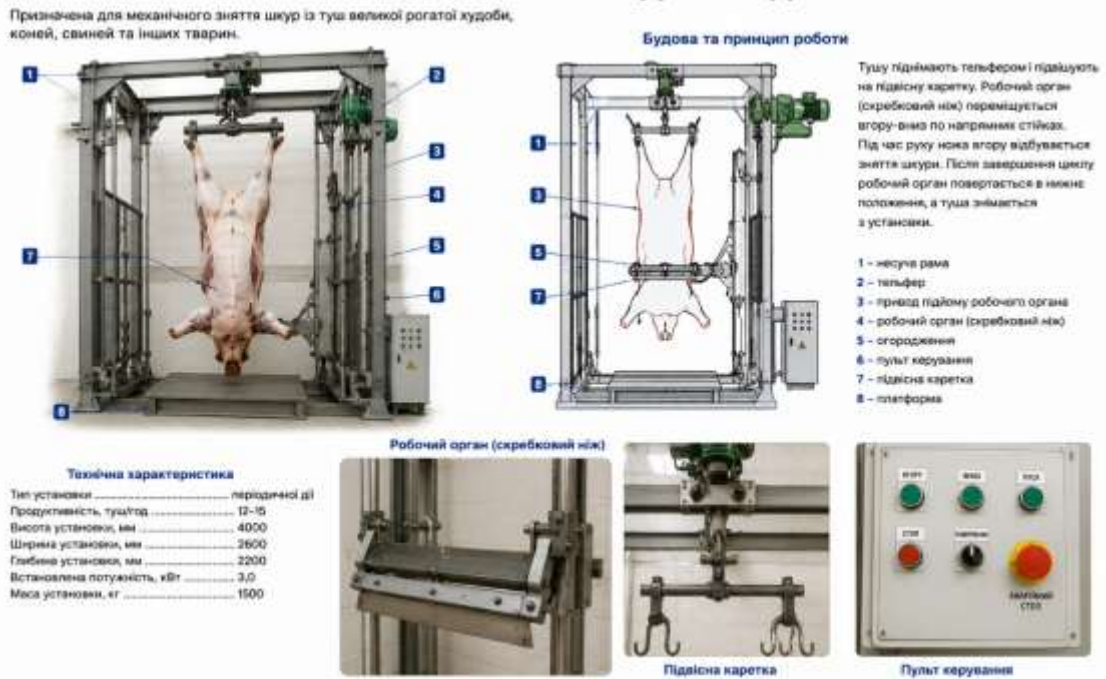
сприяє рівномірному відокремленню її від поверхні туші та зменшує ризик пошкодження шкурної сировини. Ланцюгові установки можуть бути періодичної або безперервної дії, що дозволяє використовувати їх як на окремих робочих місцях, так і в складі потоково-механізованих ліній.

Завдяки високій надійності, продуктивності та можливості автоматизації технологічного процесу ланцюгові установки набули широкого поширення на сучасних м'ясопереробних підприємствах. Класифікацію установок для зняття шкур наведено на рис. 8.2.



**Рис. 8.2. Класифікація установок для зняття шкур за конструкцією робочих органів**

Для механізованого зняття шкур із туш великої рогатої худоби на м'ясопереробних підприємствах застосовують установки періодичної дії. До таких машин належить установка ФУАМ, яка забезпечує відокремлення шкури від туші шляхом прикладання тягового зусилля у заданому напрямку. Використання установки дає змогу підвищити продуктивність праці, зменшити трудомісткість процесу та забезпечити високу якість обробки туш і шкур. Конструкцію та принцип роботи установки ФУАМ наведено на рис. 8.3.



**Рис. 8.3. Установка ФУАМ періодичної дії для механічного зняття шкур**

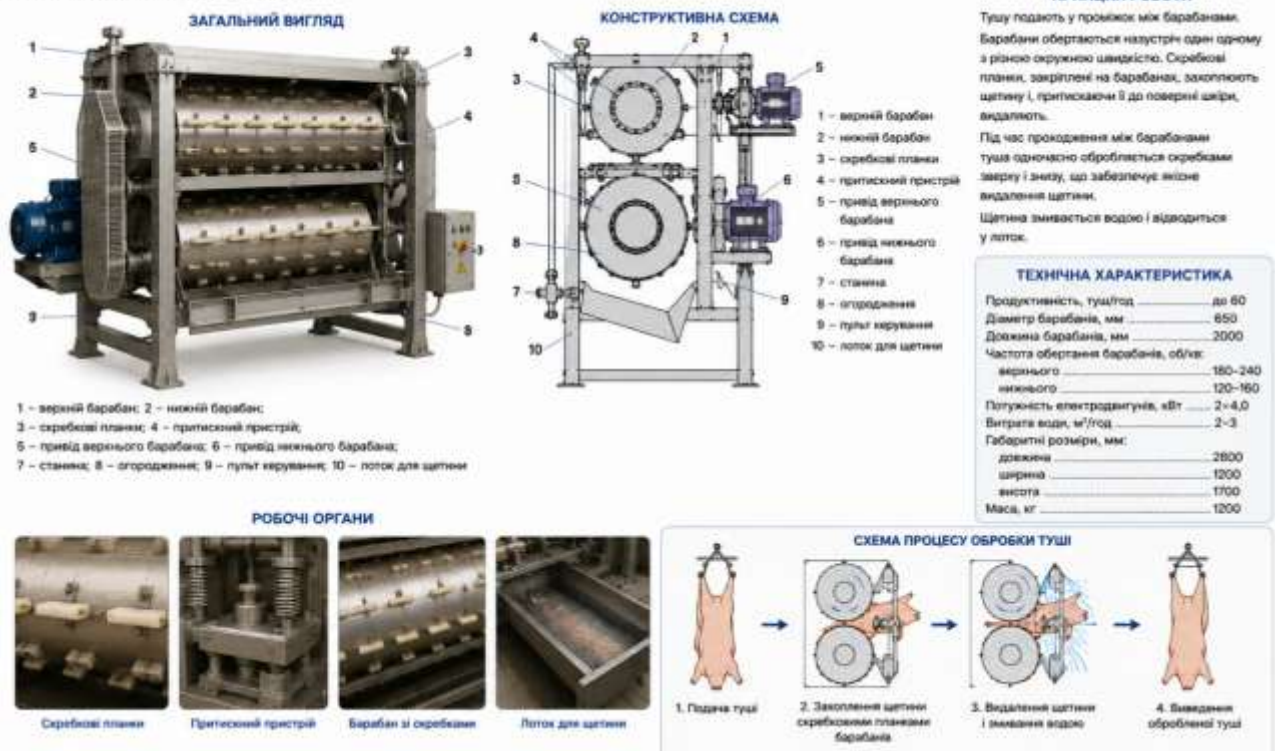
Застосування установки ФУАМ забезпечує механізацію трудомісткого процесу зняття шкур, підвищує продуктивність праці, покращує якість обробки туш та зменшує ризик пошкодження шкіри під час її відділення.

Після ошпарювання свинячих туш проводять видалення щетини, а після обпалювання — очищення поверхні від залишків сажі та обгорілих частинок шкіри. Для виконання цих операцій використовують спеціальні машини. Машини для видалення щетини називають скребмашинами, а машини для очищення туш після обпалювання — полірувальними машинами.

Залежно від положення туші під час обробки розрізняють поперечно-горизонтальні, поздовжньо-горизонтальні та поздовжньо-вертикальні скребмашини.

Після ошпарювання свинячих туш проводять механічне видалення щетини, яке є однією з основних операцій первинної обробки. Для цього застосовують спеціальні скребмашини, робочі органи яких захоплюють і видаляють щетину з поверхні шкіри без її значного пошкодження. Однією з найбільш поширених машин цього типу є двобарабанна поперечно-горизонтальна скребмашина К7-ФУ2-Щ. Конструкцію та принцип її роботи наведено на рис. 8.4.

Двобарабанна поперечно-горизонтальна скребмашина К7-ФУ2-Щ (рис. 8.2) призначена для механічного видалення щетини зі свинячих туш після їх ошпарювання.



**Рис. 8.4. Двобарабанна поперечно-горизонтальна скребмашина К7-ФУ2-Щ: будова та принцип роботи**

Основними вузлами машини є два скребкові барабани, підтримувальна решітка, захисна огорожа, завантажувальний і вивантажувальний склизи, піддон та шнек для відведення щетини і стічної води. Сукупність цих елементів забезпечує безперервне переміщення туші через робочу зону, ефективне очищення її поверхні та відведення продуктів обробки за межі машини. Конструкція установки розрахована на роботу в умовах потокового виробництва та забезпечує високу надійність технологічного процесу.

Кожний барабан оснащений збірними скребками, підсиленими пружинами, що забезпечують їх еластичний контакт із поверхнею туші та ефективне видалення щетини без значного пошкодження шкіри. Пружне кріплення скребків дозволяє їм адаптуватися до нерівностей поверхні туші, забезпечуючи більш повне очищення важкодоступних ділянок. Барабани обертаються з різною частотою, завдяки чому підвищується інтенсивність обробки, покращується захоплення щетини та забезпечується висока якість очищення поверхні туші.

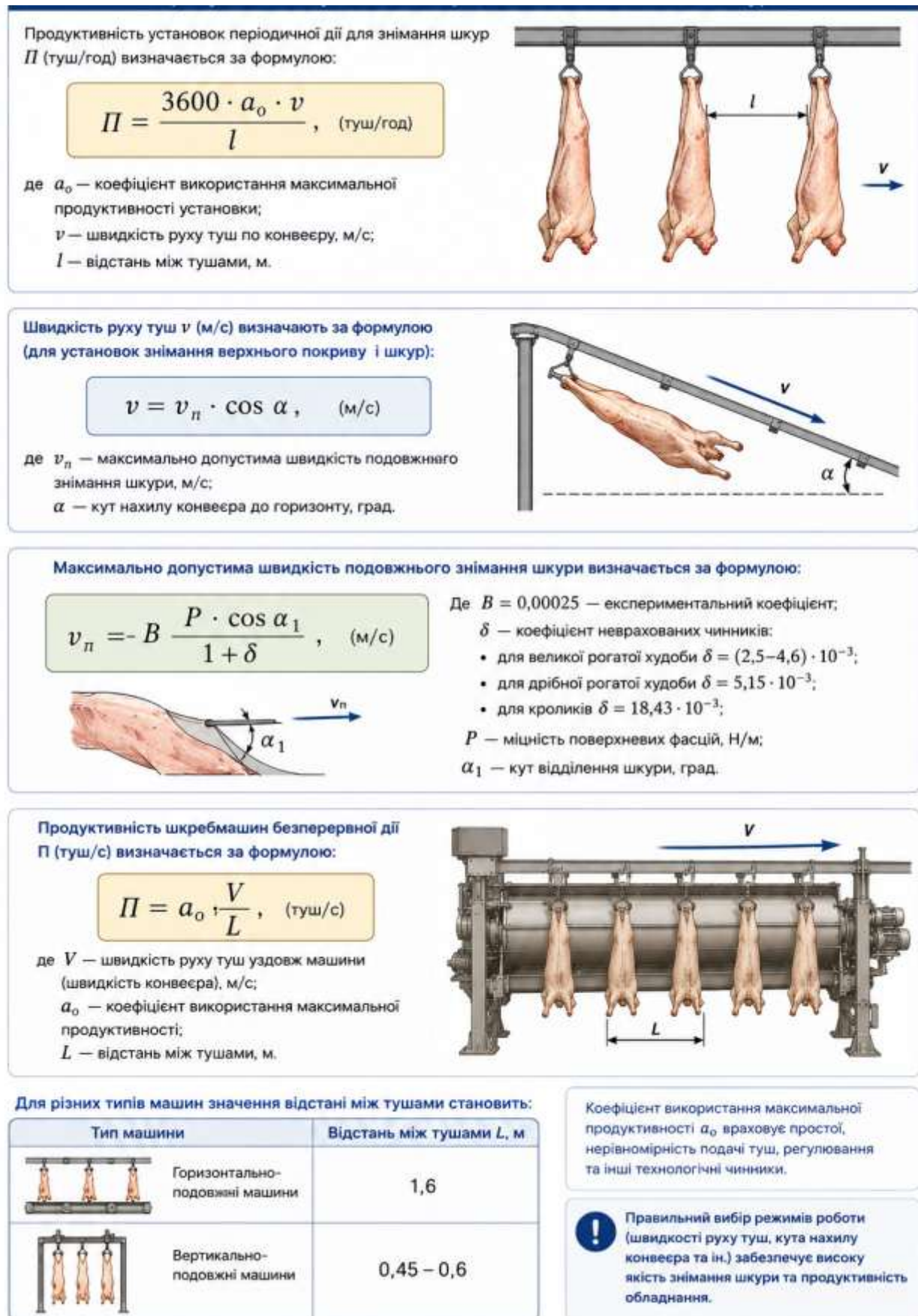
Туша надходить до машини через завантажувальний склиз і переміщується по підтримувальній решітці між обертовими барабанами. Під час обробки скребки видаляють щетину та залишки епідермісу з поверхні шкіри, а безперервна подача води сприяє змиванню відокремлених забруднень. Інтенсивний механічний вплив барабанів забезпечує рівномірне очищення всієї поверхні туші та покращує санітарний стан продукції. Після завершення очищення туша вивантажується через вихідний склиз і спрямовується на подальшу переробку.

Видалена щетина разом із водою збирається в піддоні та відводиться шнеком за межі машини. Для запобігання розбризкуванню води та покращення санітарних умов праці завантажувальний і вивантажувальний отвори обладнані гумовими шторками. Конструкція машини забезпечує зручність обслуговування, надійність роботи та відповідність санітарно-гігієнічним вимогам м'ясопереробного виробництва. Усі вузли, що контактують із продукцією, виготовляються з матеріалів, дозволених для використання в харчовій промисловості.

Застосування скребмашини K7-ФУ2-Щ забезпечує високу якість очищення свинячих туш від щетини, підвищує продуктивність праці, скорочує тривалість технологічного процесу та покращує товарний вигляд готової продукції. Використання машини дозволяє зменшити частку ручної праці, підвищити рівень механізації виробництва та забезпечити стабільну якість виконання технологічної операції.

Однією з основних техніко-економічних характеристик обладнання для знімання шкур є продуктивність. Вона залежить від конструктивних особливостей машини, швидкості переміщення туш, відстані між ними, режимів роботи обладнання та фізико-механічних властивостей шкури. Важливий вплив на продуктивність також мають рівень механізації виробництва, організація технологічного процесу, кваліфікація обслуговуючого персоналу та технічний стан обладнання.

Для оцінювання ефективності роботи установок використовують розрахункові залежності, які дозволяють визначити їхню пропускну здатність за різних умов експлуатації, обґрунтувати вибір обладнання та оптимізувати режими його роботи. Аналіз показників продуктивності дає можливість оцінити рівень використання виробничих потужностей, виявити резерви підвищення ефективності технологічного процесу та забезпечити раціональне завантаження обладнання. Основні формули для розрахунку продуктивності наведено на рис. 8.5.



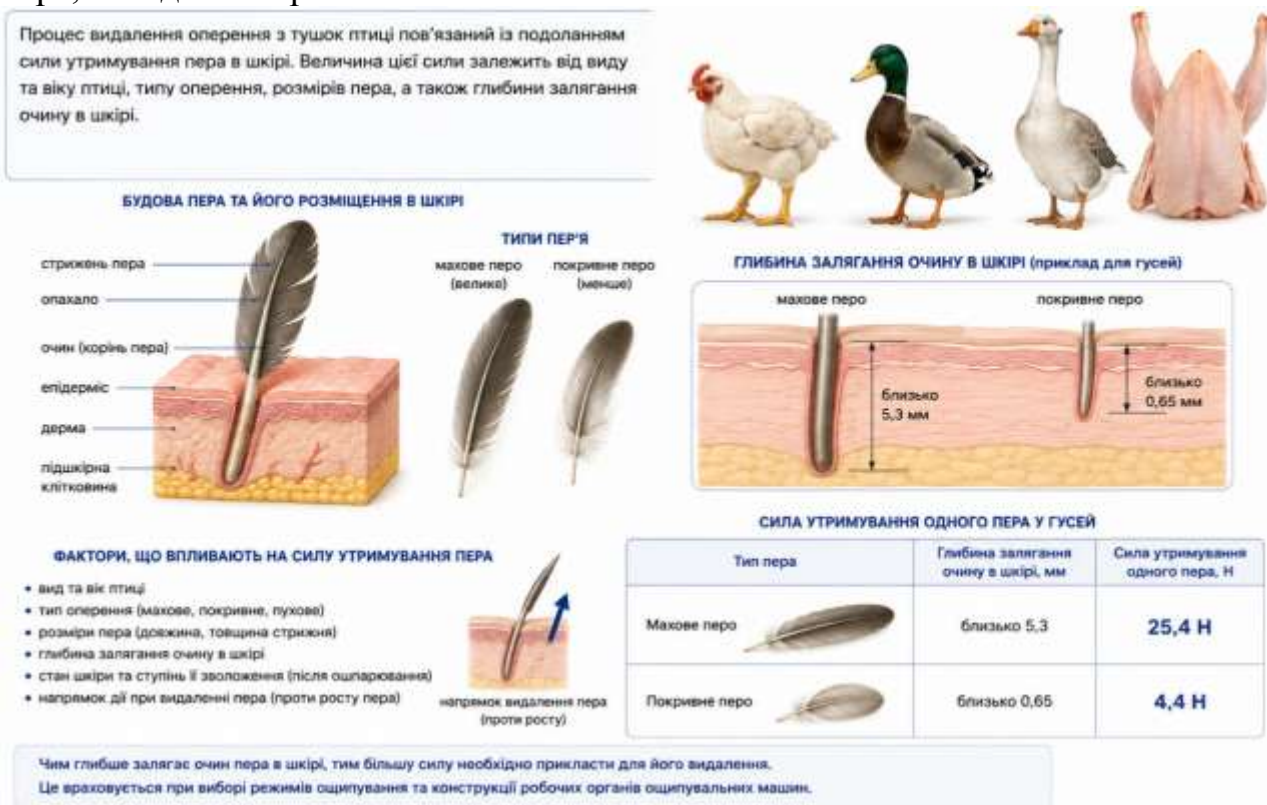
**Рис. 8.5. Розрахунок продуктивності установок для знімання шкур**

Аналіз наведених залежностей показує, що продуктивність установок для знімання шкур визначається насамперед швидкістю переміщення туш і раціональною організацією технологічного процесу. Правильний вибір режимів

роботи обладнання забезпечує високу якість знімання шкір, підвищення продуктивності праці та ефективне використання виробничих потужностей підприємства.

## 2. Машини для видалення оперення з птиці

Видалення оперення є однією з основних операцій первинної переробки птиці. Ефективність цього процесу значною мірою залежить від сили утримування пера в шкірі, яка визначається видом і віком птиці, типом оперення, розмірами пера та глибиною залягання очину. Чим глибше очин занурений у шкіру, тим більші зусилля необхідні для його видалення. Ці особливості враховують під час вибору режимів ошпарювання та параметрів роботи машин для видалення оперення. Основні фактори, що впливають на силу утримування пера, наведено на рис. 8.6.



**Рис. 8.6.** Сила утримування пера в шкірі та фактори, що впливають на процес видалення оперення

Для зменшення сили утримування пера в шкірі та полегшення його видалення перед обскубуванням тушки птиці піддають тепловому обробленню. Найбільш поширеним способом є обшпарювання гарячою водою, під час якого послаблюється зв'язок між очиним пера та шкірою. Це сприяє полегшенню процесу видалення оперення та підвищує ефективність роботи обладнання.

Залежно від виду птиці та вимог до якості обробки застосовують м'яке, середнє або жорстке обшпарювання. Вибір режиму визначається температурою води, тривалістю оброблення та особливостями подальшого технологічного процесу. Основні режими теплового оброблення тушок птиці наведено на рис. 8.7.



*Рис. 8.7. Режими обшпарювання тушок птиці перед механічним видаленням оперення*

Підвищення температури води та тривалості оброблення сприяє зниженню сили утримування оперення, однак надмірне нагрівання може погіршити зовнішній вигляд тушок і знизити якість шкіри.

Оперення крил, голови та шиї сухопутної птиці характеризується найбільшою міцністю закріплення. Тому для забезпечення якісного видалення пера без пошкодження шкіри перед обскубуванням часто проводять додаткове локальне теплове оброблення (підшпарювання) саме цих ділянок.

У водоплавної птиці оперення розвинене значно сильніше, ніж у сухопутної. Крім того, добре розвинений пуховий покрив і наявність природного жирового змащення пера, яке запобігає намоканню, ускладнюють проникнення гарячої води до поверхні шкіри. У зв'язку з цим тушки водоплавної птиці обробляють за вищих температур або застосовують спеціальні режими теплової обробки.

Обшпарювання тушок птиці здійснюють шляхом занурення у ванни з гарячою водою або зрошуванням гарячою водою. Температура води підтримується автоматичними системами регулювання. Метод зрошування дає змогу зменшити мікробне обсіменіння поверхні тушок порівняно з методом занурення.

Для зниження мікробного забруднення води та покращення процесу видалення оперення під час обшпарювання зануренням допускається використання слабких розчинів дезінфекційних засобів, дозволених чинними санітарними нормами. Одним із сучасних способів теплового оброблення є комбіноване обшпарювання гарячою водою з подальшою обробкою гарячим повітрям підвищеної вологості. Така технологія сприяє кращому видаленню пера та подовжує термін зберігання тушок.

Для оброблення водоплавної птиці замість гарячої води можуть застосовувати пароповітряну суміш. У цьому випадку теплове оброблення проводять у спеціальних парових камерах.

Видалення оперення необхідно виконувати безпосередньо після завершення теплового оброблення, оскільки через 15–20 хвилин сила утримування пера майже повністю відновлюється, що значно ускладнює процес обскубування.

Після механічного видалення основної маси оперення на поверхні тушок можуть залишатися дрібні волосоподібні пера та пух. Для їх усунення застосовують обпалювання, яке забезпечує остаточне очищення шкіри та покращує товарний вигляд продукції. Обпалювання здійснюють у спеціальних газових камерах, де тушки короткочасно обробляються полум'ям високої температури. Схему процесу обпалювання тушок птиці наведено на рис. 8.8.



*Рис. 8.8. Обпалювання тушок птиці для видалення залишків волосоподібного пера*

Для повного видалення пеньків пера та пуху з тушок водоплавної птиці після обскубування застосовують воскування. Суть процесу полягає у багаторазовому зануренні тушок у розплавлену воскомасу з наступним охолодженням і механічним видаленням затверділого шару разом із залишками оперення. Під час охолодження воскомаса щільно прилягає до поверхні шкіри та надійно захоплює дрібні залишки пера, пуху і пеньків, які не були видалені на попередніх етапах обробки.

Воскування забезпечує високу якість очищення поверхні тушок, покращує їх товарний вигляд та зменшує втрати маси під час подальшого зберігання. Крім того, цей процес сприяє отриманню більш рівної та чистої поверхні шкіри, що підвищує споживчі властивості готової продукції. Ефективність воскування

залежить від температури воскомаси, тривалості занурення, умов охолодження та якості подальшого видалення затверділого шару. Технологічну схему процесу воскування наведено на рис. 8.9.

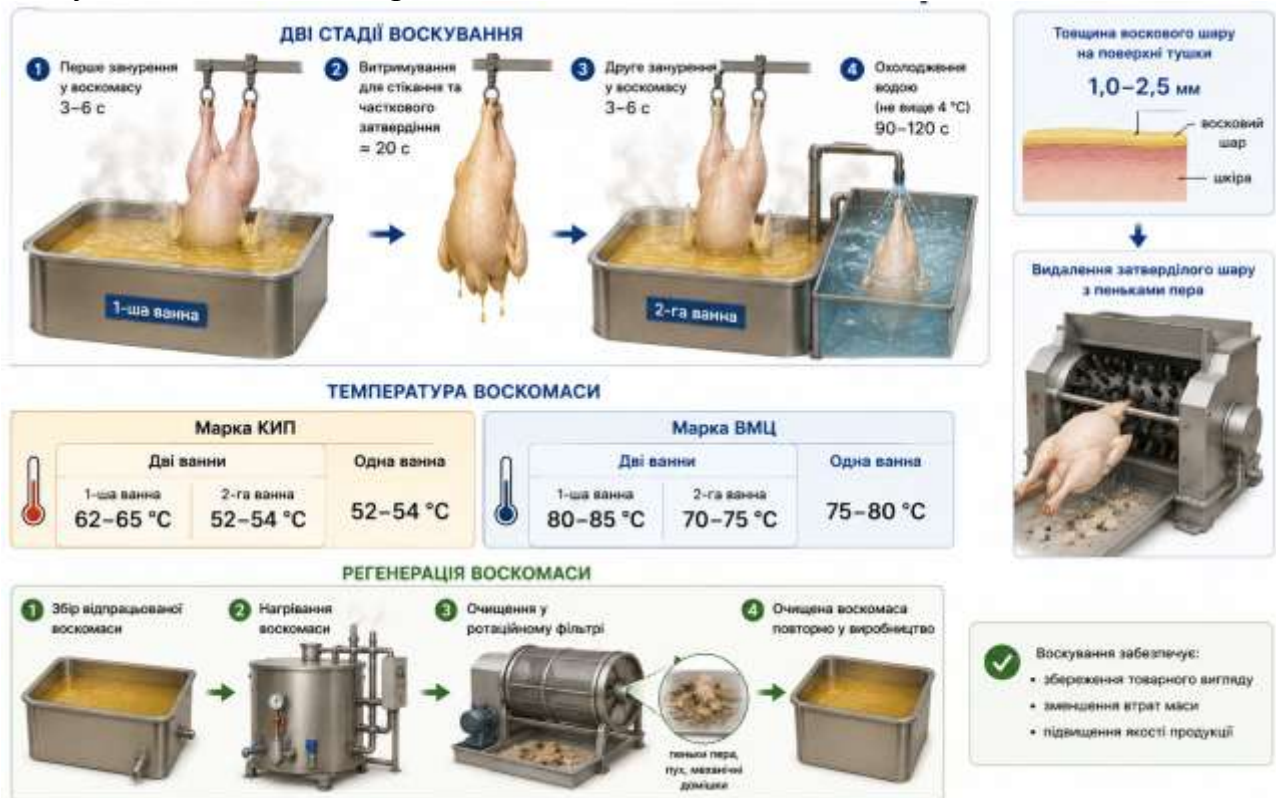


Рис. 8.9. Технологічна схема воскування тушок водоплавної птиці

Воскування проводять у дві стадії в спеціальних ваннах із паровим обігрівом. Тушки занурюють у розплавлену воскомасу марки КИП або ВМЦ на 3–6 с, після чого витримують приблизно 20 с для стікання та часткового затвердіння першого шару. Потім тушки повторно занурюють у воскомасу на 3–6 с.

Температура воскомаси КИП у першій ванні становить 62–65 °С, у другій — 52–54 °С. При використанні однієї ванни температуру підтримують у межах 52–54 °С. Для воскомаси ВМЦ температура в першій ванні становить 80–85 °С, у другій — 70–75 °С, а при одностадійному воскуванні — 75–80 °С.

Товщина воскового шару на поверхні тушки становить 1,0–2,5 мм. Після воскування тушки охолоджують водою температурою не вище 4 °С протягом 90–120 с. Затверділий шар воскомаси разом із пеньками пера видаляють у спеціальних перознімальних машинах.

Використану воскомасу регенерують: її нагрівають і очищають у ротатійних фільтрах від пеньків пера, пуху та інших механічних домішок, після чого повторно використовують у виробництві.

Ефективність процесу воскування значною мірою залежить від властивостей застосовуваної воскомаси. У птахопереробній промисловості найчастіше використовують воскомаси марок КИП і ВМЦ, які відрізняються складом, фізико-механічними властивостями та здатністю видаляти пеньки пера. Вибір марки воскомаси визначається видом птиці, технологічними умовами

виробництва та вимогами до якості очищення тушок. Основні характеристики воскомас КІП і ВМЦ наведено на рис. 8.10.



Рис. 8.10. Порівняльна характеристика воскомас КІП і ВМЦ для обробки тушок птиці

Воскування позитивно впливає на якість оброблення тушок: усуваються залишки оперення, згладжуються незначні дефекти технологічної обробки, поліпшуються колір і товарний вигляд продукції завдяки утворенню тонкого глянцевого шару на поверхні шкіри.

Оперення з тушок птиці видаляють на бильних машинах і дискових автоматах. У сучасному обладнанні передбачена можливість регулювання сили впливу робочих органів на тушку. Для цього використовують робочі органи різної жорсткості, змінюють їхнє взаємне розташування та частоту обертання.

Під час роботи автоматів для знімання оперення тушки безперервно зрошуються водою температурою 48–50 °С. Видалене перо змивається у гідрожолоб, розташований під обладнанням, і транспортується до відділення первинної обробки пера.

Принцип роботи більшості машин і автоматів для знімання оперення ґрунтується на використанні сили тертя гумових пальців або бил по поверхні оперення. Ефективне видалення пера забезпечується тоді, коли сила тертя між робочим органом і пером перевищує силу його утримування в шкірі тушки.

Машини для видалення оперення призначені для механізованого зняття пера з тушок птиці. Найчастіше їх застосовують для видалення махового оперення з крил водоплавної птиці, яке характеризується значною силою утримування у шкірі.

Для механічного видалення оперення використовують машини різних конструкцій, вибір яких залежить від виду птиці, її віку та сили утримування пера в шкірі. Відмінності у фізико-механічних властивостях оперення зумовили

створення різних типів робочих органів, що забезпечують ефективне видалення пера без пошкодження шкіри тушок. За конструкцією робочих органів машини для видалення оперення поділяють на вальцеві, пластинчасті, гребінчасті, пальцьові та бильні. Пальцьові машини, які набули найбільшого поширення, поділяються на барабанні та дискові. Класифікацію цих машин наведено на рис. 8.11.

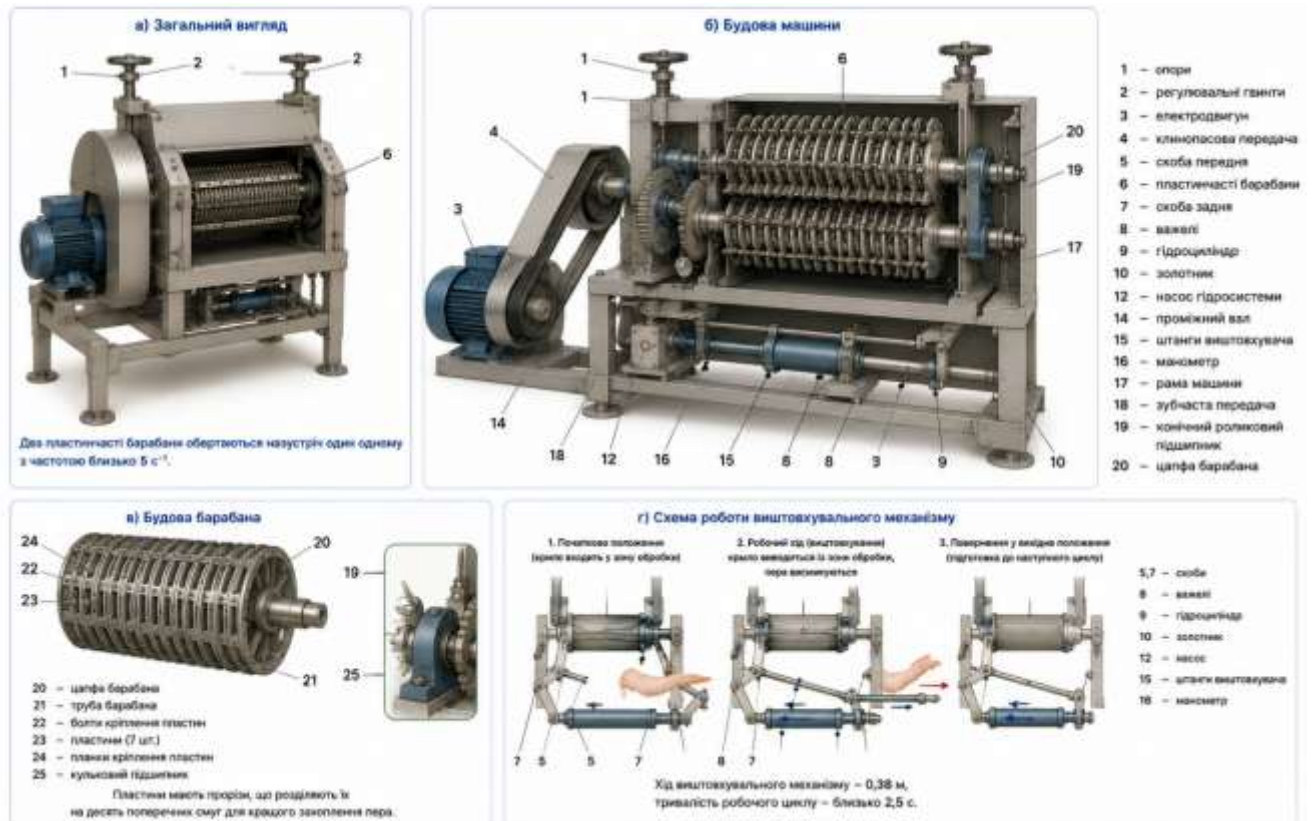


**Рис. 8.11. Класифікація машин для видалення оперення птиці за конструкцією робочих органів**

Після основного видалення оперення на окремих ділянках тушки, зокрема на крилах водоплавної птиці, можуть залишатися міцно утримувані пера, які важко видаляються звичайними способами обскубування. Їх наявність погіршує товарний вигляд продукції, знижує якість обробки та потребує виконання додаткових технологічних операцій. Особливо складним є видалення махового пера, яке характеризується міцним закріпленням у шкірі.

Для механічного видалення таких пер застосовують спеціалізовані машини, робочі органи яких забезпечують надійне захоплення та висмикування пера без значного пошкодження шкіри. Використання спеціальних машин дозволяє підвищити якість обробки тушок, зменшити частку ручної праці та забезпечити стабільність технологічного процесу. Крім того, механізоване видалення пера сприяє підвищенню продуктивності праці та покращенню санітарно-гігієнічних умов виробництва.

Однією з таких машин є машина 326-А, призначена для обробки крил водоплавної птиці. Її конструкція забезпечує ефективне видалення залишків міцно утримуваного пера та високу якість підготовки тушок до подальших операцій переробки. Конструкцію машини наведено на рис. 8.12.



**Рис. 8.12. Машина 326-А для видалення пера з крил водоплавної птиці**

Машина складається з опор із регульовальними гвинтами та робочого органа у вигляді двох пластинчастих барабанів, що обертаються назустріч один одному. Кожний барабан має робочу поверхню з пластин, розділених прорізами на окремі смуги, що покращує захоплення пера та підвищує ефективність його видалення. Конструкція робочих органів забезпечує надійний контакт із пером за мінімального пошкодження шкіри птиці.

Обертання барабанів здійснюється від електродвигуна через клинопасову та зубчасту передачі. Машина також оснащена гідравлічним виштовхувальним механізмом, який забезпечує автоматичне виведення крила із зони обробки після завершення процесу видалення пера. Автоматизація окремих операцій сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню трудомісткості процесу.

Під час роботи оператор розправляє крило та подає його в зазор між барабанами. Пластини барабанів захоплюють пера і протягують їх між робочими поверхнями. Коли тушка досягає виштовхувального механізму, автоматично спрацьовує гідросистема, яка переміщує крило із зони обробки. У процесі цього переміщення пера висмикуються зі шкіри. Після завершення робочого ходу механізм автоматично повертається у вихідне положення, забезпечуючи підготовку машини до наступного циклу роботи.

Машина 326-А забезпечує ефективне видалення махового оперення з крил водоплавної птиці, зменшує трудомісткість процесу та підвищує продуктивність ліній первинної переробки птиці. Її використання дозволяє покращити якість обробки тушок і забезпечити стабільність технологічного процесу.

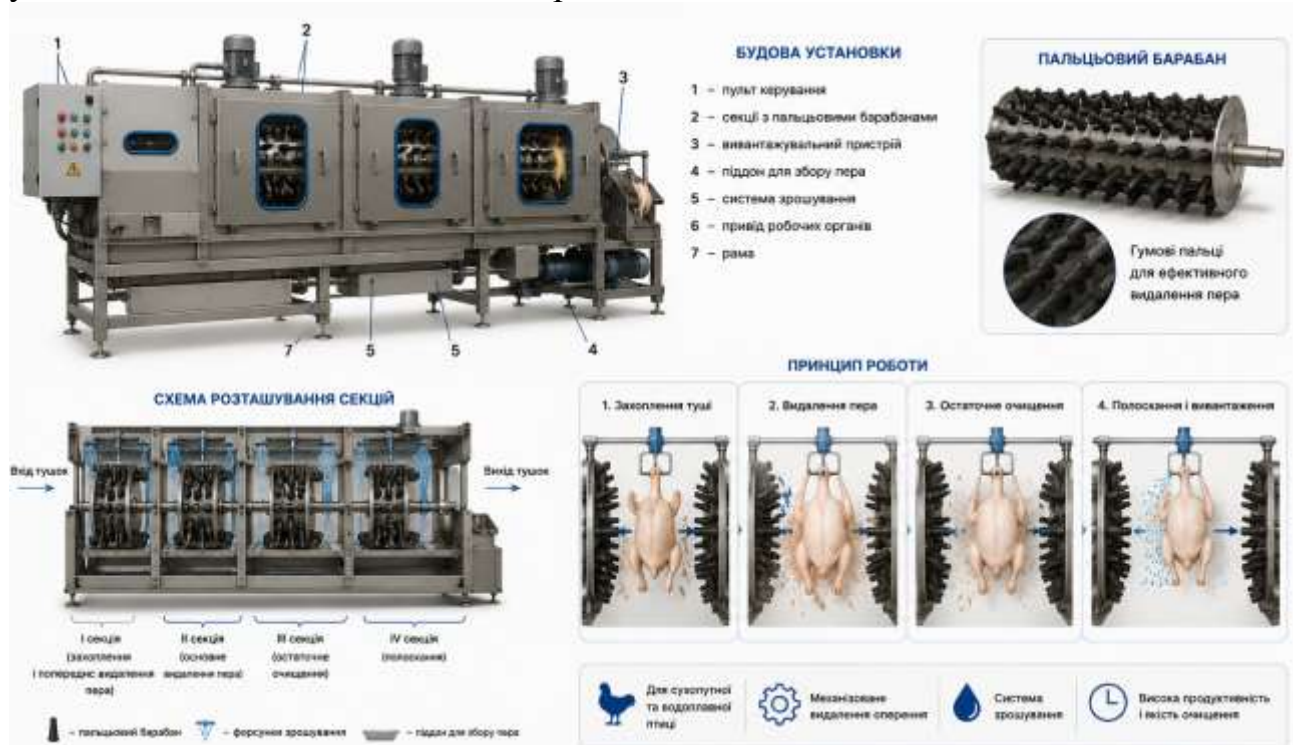
Основний обсяг робіт з видалення оперення на сучасних птахопереробних підприємствах виконують автоматичні пальцьові установки. Їх застосування

забезпечує високу продуктивність, рівномірність обробки та мінімальне пошкодження поверхні тушок. Однією з найбільш поширених машин цього типу є автоматична установка Г8-МОП-2, призначена для механізованого видалення оперення з тушок сухопутної та водоплавної птиці після попереднього теплового оброблення.

До складу установки входять корпус, завантажувально-розвантажувальний люк, приймальний лоток, піддон, станина, пневматичний привід, система пневмоциліндрів, приводний механізм, робочий диск та гумові пальці (кільця), які безпосередньо здійснюють видалення оперення. Перед початком роботи в установку подають воду для змивання пера та забруднень, а також стиснене повітря для роботи пневматичної системи. Робочий диск приводиться в обертання від електродвигуна через редуктор.

Після попереднього обшпарювання тушки автоматично надходять у робочу зону установки. Під час обертання диска вони інтенсивно контактують із гумовими пальцями, які завдяки тертю та багаторазовим ударам відокремлюють пера від шкіри. Видалене оперення змивається водою в піддон і разом зі стічною водою відводиться через зливну систему.

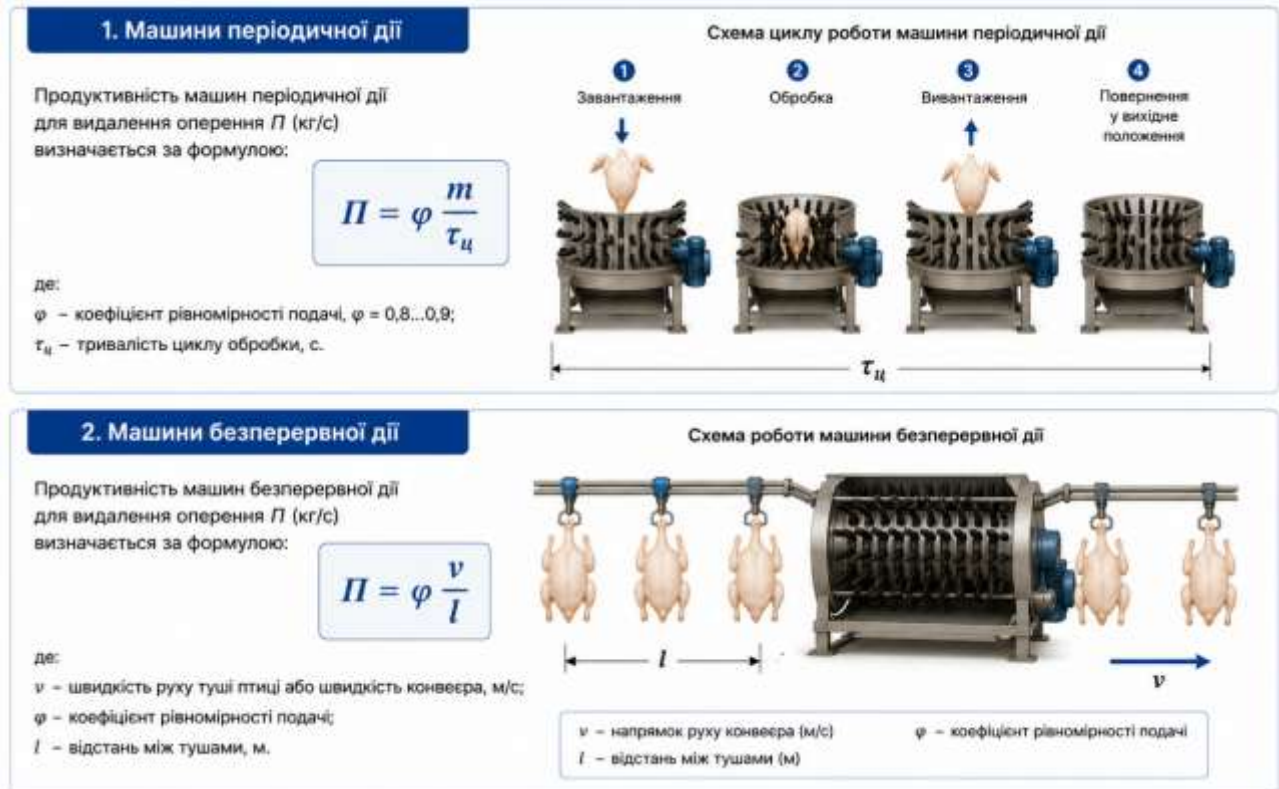
Після завершення циклу оброблення тушка під дією відцентрової сили переміщується до розвантажувального люка, який автоматично відкривається за допомогою пневмоциліндра. Після вивантаження всі механізми повертаються у вихідне положення, і цикл роботи повторюється. Конструкція та принцип роботи установки Г8-МОП-2 наведені на рис. 8.13.



**Рис. 8.13. Автоматична установка Г8-МОП-2 для механізованого видалення оперення з тушок птиці**

Автоматична установка Г8-МОП-2 характеризується високою продуктивністю, надійністю роботи та забезпечує якісне видалення оперення при мінімальному пошкодженні шкірного покриву тушок.

Однією з найважливіших технічних характеристик обладнання для видалення оперення є продуктивність. Вона залежить від конструкції машини, режиму її роботи, швидкості переміщення тушок та рівномірності їх подачі. Для машин періодичної дії продуктивність визначається тривалістю робочого циклу, а для машин безперервної дії — швидкістю руху конвеєра та відстанню між тушками. Основні залежності для розрахунку продуктивності наведено на рис. 8.14.



**Рис. 8.14. Визначення продуктивності машин для видалення оперення періодичної та безперервної дії**

Аналіз наведених залежностей свідчить, що продуктивність машин для видалення оперення визначається конструктивними параметрами обладнання та організацією подачі тушок у робочу зону. Раціональний вибір режимів роботи забезпечує високу ефективність процесу, зниження втрат продукції та покращення якості очищення тушок птиці.

### 3. Лускознімальні машини для обробки риби

Лускознімальні машини призначені для механізованого видалення луски з поверхні риби перед подальшим технологічним обробленням. Їх застосування значно підвищує продуктивність праці, покращує якість очищення та зменшує трудомісткість процесу порівняно з ручним способом.

Видалення луски є однією з основних операцій первинної обробки риби. Для механізації цього процесу застосовують лускознімальні машини різних конструкцій, які відрізняються способом подавання та оброблення сировини. Залежно від організації технологічного процесу розрізняють машини для групової та поштучної обробки риби. Кожен тип обладнання має свої

особливості, переваги та сферу застосування. Класифікацію лускознімальних машин наведено на рис. 8.15.

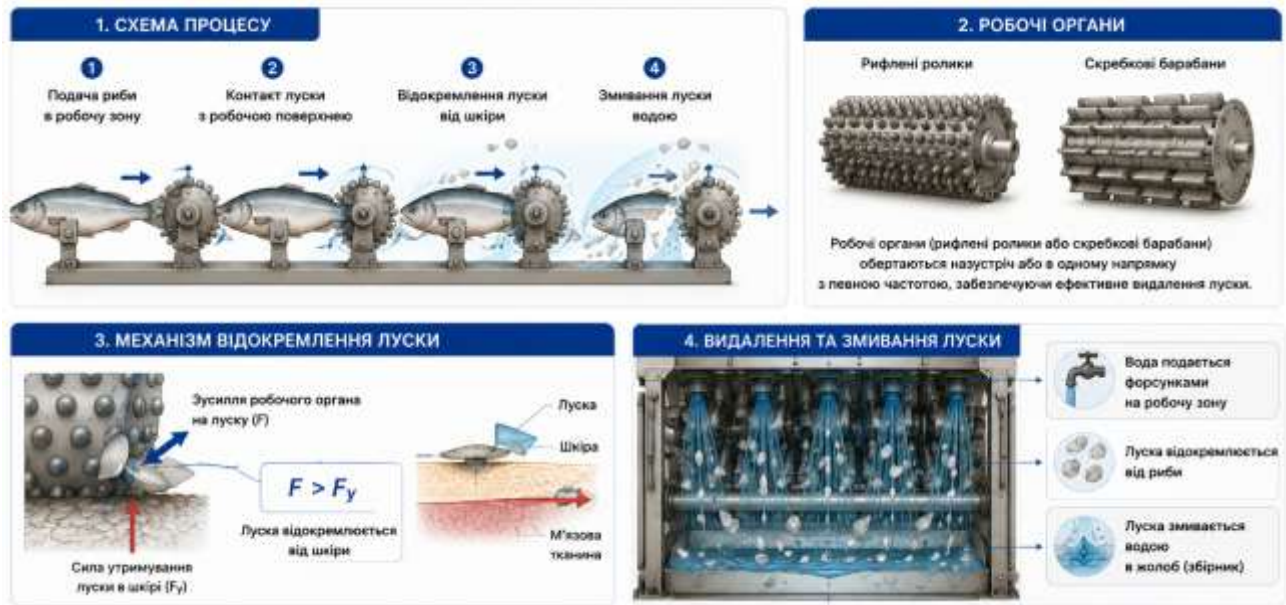


*Рис. 8.15. Класифікація лускознімальних машин за способом оброблення риби*

У машинах для групової обробки риба завантажується в робочий барабан партіями. Внутрішня поверхня барабана обладнана спеціальними скребками, рифами або абразивними елементами. Під час обертання барабана риба переміщується всередині нього, багаторазово контактуючи з робочими поверхнями. У результаті механічного впливу луска відокремлюється від шкіри та видаляється з робочої зони потоком води. Такі машини характеризуються високою продуктивністю, простотою конструкції та застосовуються переважно для оброблення великої кількості однотипної риби на підприємствах значної потужності.

У машинах для поштучної обробки кожна риба очищується окремо. Робочими органами є барабани або диски, на зовнішній поверхні яких розміщені скоби, насічки, рифи чи інші елементи для захоплення та видалення луски. Поштучна обробка забезпечує більш рівномірне очищення поверхні риби, дозволяє краще контролювати технологічний процес і зменшує ризик механічного пошкодження шкіри та м'язової тканини. Такі машини доцільно використовувати для обробки цінних видів риби або продукції, до зовнішнього вигляду якої висуваються підвищені вимоги.

Ефективність процесу видалення луски значною мірою залежить від конструкції робочих органів машини та режимів їх роботи. У більшості лускознімальних машин очищення риби здійснюється внаслідок механічної дії рифлених, абразивних або скребкових поверхонь, які руйнують зв'язок між лускою та шкірою. Важливий вплив на якість очищення мають швидкість обертання робочих органів, тривалість обробки та інтенсивність подачі води. Відокремлена луска змивається водою та відводиться із робочої зони, що сприяє підтриманню належного санітарного стану обладнання. Схему процесу видалення луски наведено на рис. 8.16.



*Рис. 8.16. Принцип роботи лускознімальних машин*

Для підвищення ефективності очищення в більшості машин передбачена безперервна подача води в робочу зону. Вода не лише видаляє відокремлену луску, а й охолоджує поверхню риби, підтримує належний санітарний стан обладнання та полегшує подальше очищення робочих органів. Крім того, водяний потік запобігає накопиченню відходів у зоні обробки, зменшує тертя між рибою та робочими поверхнями і сприяє більш рівномірному перебігу технологічного процесу.

Якість роботи лускознімальних машин залежить від виду риби, розмірів і міцності луски, швидкості обертання робочих органів, тривалості оброблення та інтенсивності подачі води. Важливе значення також мають конструкція робочих поверхонь, ступінь заповнення машини продуктом та технічний стан обладнання. Правильний вибір режимів роботи забезпечує повне видалення луски при мінімальних пошкодженнях поверхні риби, збереження товарного вигляду продукції та високу продуктивність процесу.

Для механізованого видалення луски з риби на підприємствах рибопереробної промисловості застосовують лускознімальні машини різних конструкцій. Однією з найбільш поширених машин періодичної дії є машина ЧБ-1 барабанного типу, призначена для обробки риби різних видів і промислових розмірів. Видалення луски в машині здійснюється внаслідок взаємодії риби з рифленими робочими поверхнями барабана під час його обертання. У процесі роботи риба багаторазово переміщується та перекочується всередині барабана, що забезпечує інтенсивний контакт її поверхні з робочими елементами та ефективне відокремлення луски.

Завдяки простоті конструкції, надійності в експлуатації та достатньо високій продуктивності машина ЧБ-1 широко використовується на підприємствах малої та середньої потужності. Її застосування дозволяє механізувати трудомісткий процес очищення риби, підвищити продуктивність

праці та забезпечити стабільну якість обробки сировини. Конструкцію та принцип роботи машини наведено на рис. 8.17.



Рис. 8.17. Машина ЧБ-1 барабанного типу для механізованого видалення луски з риби

Машина ЧБ-1 призначена для механізованого видалення луски з риби різних видів і розмірів. Вона широко використовується на рибопереробних підприємствах для первинної обробки сировини та забезпечує високу продуктивність при збереженні цілісності тушок.

Основними вузлами машини є завантажувальний лоток, лускознімальний барабан, привідний механізм, розвантажувальний лоток і корпус. Робочим органом машини є перфорований сталевий барабан, на внутрішній поверхні якого закріплені скребки для видалення луски. Барабан встановлений під невеликим кутом нахилу в бік вивантаження, що сприяє рівномірному розподілу риби та полегшує її розвантаження після завершення обробки.

Обертання барабана здійснюється від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу. Для видалення луски та підтримання санітарного стану робочої зони барабан обладнаний системою подачі води, яка змиває відокремлену луску через перфорацію в піддон.

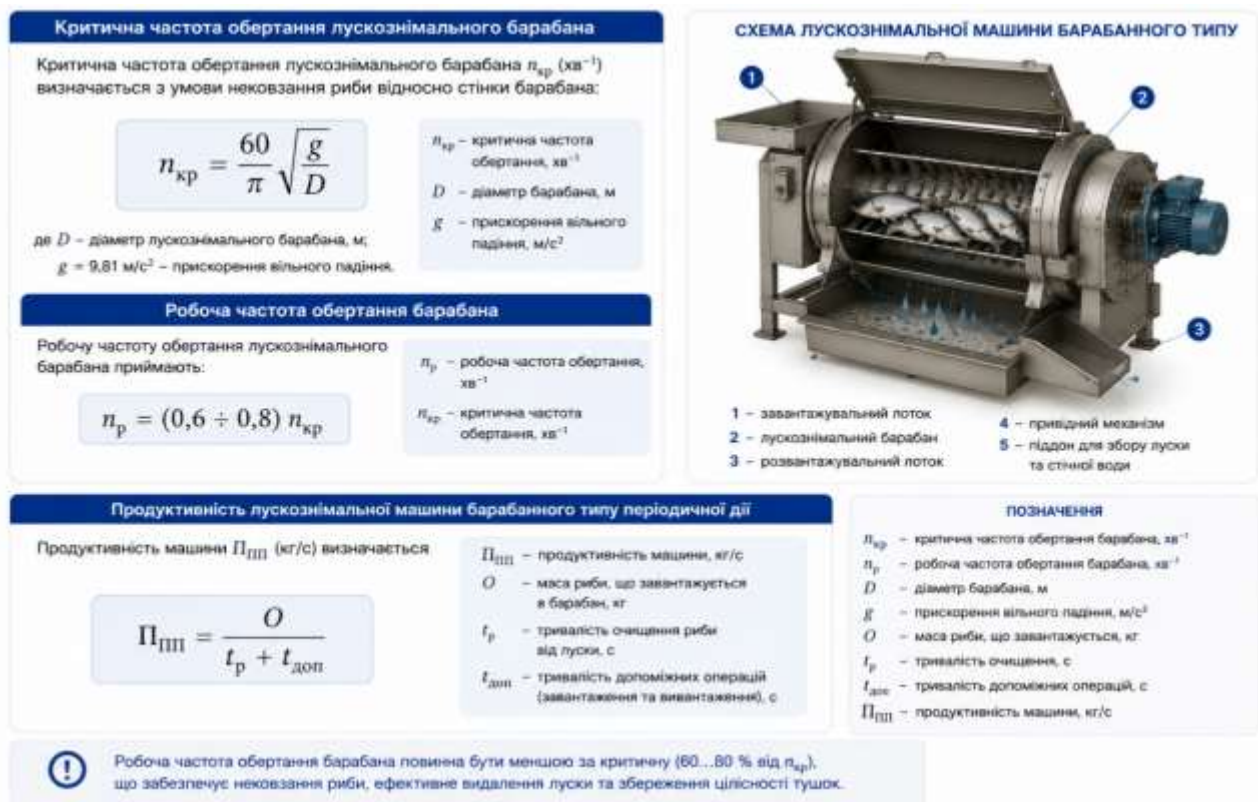
Під час роботи риба партіями завантажується в барабан через завантажувальний лоток. У процесі обертання барабана риба переміщується всередині нього та багаторазово контактує зі скребками, внаслідок чого луска відокремлюється від поверхні шкіри. Відокремлена луска разом із водою відводиться в піддон, розташований під барабаном.

Тривалість обробки залежить від виду та розмірів риби і регулюється за допомогою реле часу. Після завершення встановленого циклу електродвигун

автоматично вимикається, відкривається кришка барабана, і очищена риба самопливом вивантажується через розвантажувальний лоток.

Машина ЧБ-1 характеризується простотою конструкції, надійністю в експлуатації та високою продуктивністю. Її використання дозволяє значно зменшити трудомісткість процесу очищення риби та забезпечити стабільну якість обробки сировини.

Ефективність роботи лускознімальних машин значною мірою залежить від правильно вибраних режимів обробки. Одним із найважливіших параметрів є частота обертання барабана, яка повинна забезпечувати інтенсивне видалення луски без пошкодження поверхні риби. Для оцінювання роботи обладнання також визначають його продуктивність, що залежить від місткості барабана, тривалості очищення та часу виконання допоміжних операцій. Основні розрахункові залежності наведено на рис. 8.18.

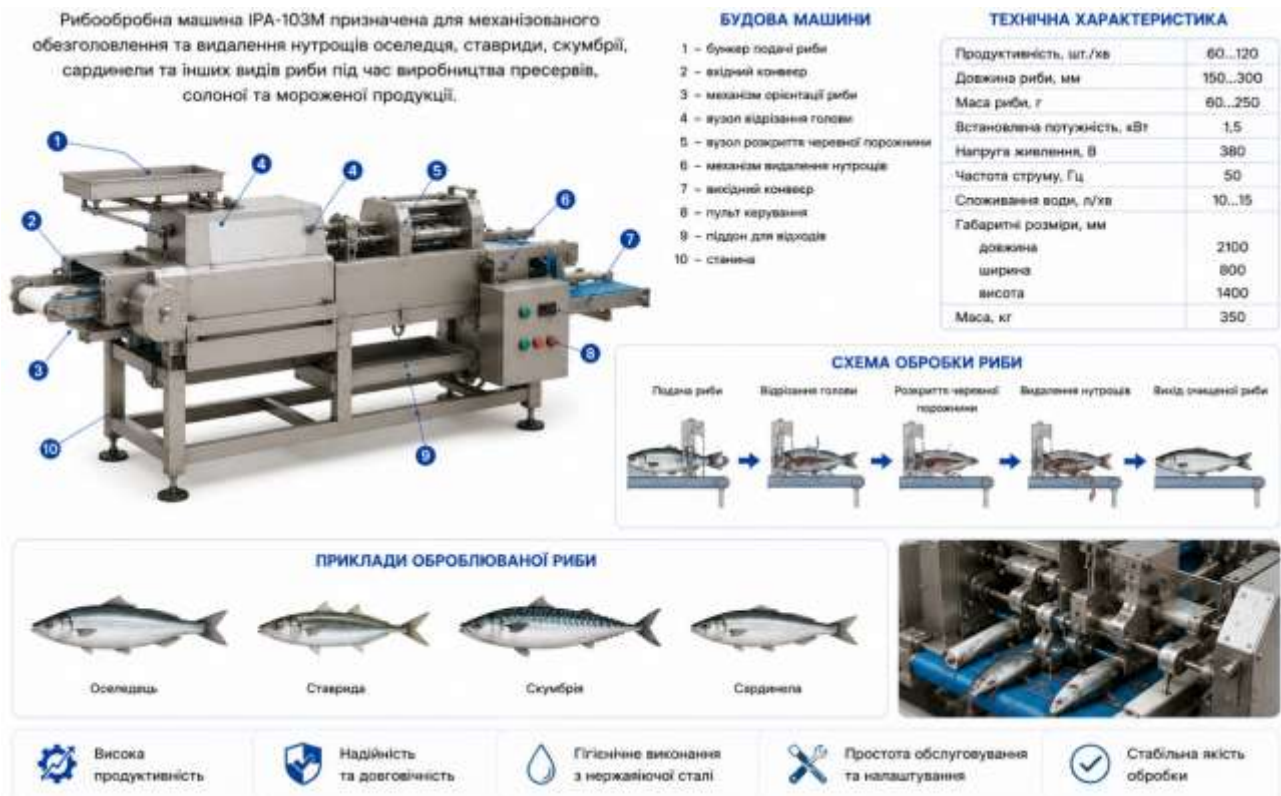


**Рис. 8.18. Визначення режимів роботи та продуктивності лускознімальної машини барабанного типу**

Аналіз наведених залежностей показує, що продуктивність лускознімальної машини визначається як конструктивними параметрами барабана, так і режимами його роботи. Вибір робочої частоти обертання на рівні 60–80 % від критичної забезпечує ефективне видалення луски, запобігає ковзанню риби по внутрішній поверхні барабана та сприяє збереженню її товарного вигляду. Раціональне поєднання технологічних параметрів дозволяє підвищити продуктивність обладнання та якість обробки риби.

Під час виробництва солоні, мороженої продукції та пресервів важливе значення має механізація операцій обезголовлення й патрання риби. Для

виконання цих операцій застосовують спеціалізовані рибообробні машини, які забезпечують високу продуктивність, стабільну якість обробки та зменшення трудових витрат. Однією з таких машин є ІРА-103М, призначена для механізованого видалення голови та нутрощів оселедця, ставриди, скумбрії, сардинели та інших видів риби. Конструкцію та принцип роботи машини наведено на рис. 8.19.



**Рис. 8.19. Рибообробна машина ІРА-103М для обезголовлення та видалення нутрощів риби**

На машині виконуються такі технологічні операції: відрізання голови прямим різом, видалення нутрощів та остаточне очищення черевної порожнини від їх залишків за допомогою гідроструменя без розтину черевця.

Основними вузлами машини є станина, операційний транспортер із лотками для риби, стрічка супроводу голів, обмежувальна планка для фіксації положення голови, ножовий механізм, гідроголовка з насадками, вузол доочищення нутрощів, приводи робочих органів, лотки для відведення голів та піддон для збору відходів і стічної води.

Під час роботи рибу вручну укладають у лотки операційного транспортера. Голову орієнтують у напрямку обмежувальної планки, а черевце — у напрямку руху транспортера. Положення обмежувальної планки регулюють залежно від розмірів риби, що забезпечує точне відрізання голови з мінімальними втратами їстівної частини.

Операційний транспортер подає рибу до ножового механізму, де дисковий ніж відрізає голову. Відрізані голови відводяться через спеціальні лотки, а тушка надходить до вузла патрання. Для стабільного положення риби в лотку передбачено притискну призму, яка автоматично піднімається після відрізання

голови та фіксує тушку. Одночасно спрацьовує механізм визначення товщини риби, що забезпечує автоматичне налаштування положення гідронасадки.

Після фіксації тушки гідронасадка встановлюється на рівні її поздовжньої осі. У робочій зоні до насадки подається вода під тиском, струмінь якої проникає через зріз голови в черевну порожнину та видаляє нутрощі без розтину черевця. Після виходу лотка із зони обробки подача води автоматично припиняється.

Для остаточного очищення тушка проходить через вузол доочищення, який складається з притискного та очисного роликів. У цьому вузлі механічно видаляються залишки внутрішніх органів, що забезпечує високу якість патрнання та покращує товарний вигляд продукції.

Застосування машини ІРА-103М дозволяє механізувати найбільш трудомісткі операції первинної обробки риби, підвищити продуктивність праці, зменшити втрати сировини та забезпечити стабільну якість готової продукції.

Ефективність роботи рибообробного обладнання залежить не лише від його конструктивних особливостей, а й від правильного вибору технологічних режимів, своєчасного технічного обслуговування та дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Особливого значення набувають контроль стану робочих органів, регулювання механізмів і підтримання належної чистоти обладнання. Основні чинники, що забезпечують надійну та ефективну роботу лускознімальних і рибообробних машин, наведено на рис. 8.20.

1. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ					2. РЕГУЛЮВАННЯ ОБЛАДНАННЯ			
Параметри, що впливають на якість обробки риби					Правильне регулювання забезпечує високу якість обробки та мінімальні втрати сировини.			
<p><b>Швидкість обертання робочих органів</b></p>  <p>Забезпечує ефектне відокремлення луска або проведення операцій обробки без пошкодження тушки.</p>	<p><b>Тривалість технологічного циклу</b></p>  <p>Висока швидкість обробки та продуктивність процесу.</p>	<p><b>Продуктивність машини</b></p>  <p>Показує кількість риб, оброблених за одиницю часу.</p>	<p><b>Інтенсивність подачі води в робочу зону</b></p>  <p>Знижує луску, нутрощі та залишки, підтримує санітарний стан робочої зони.</p>	<p><b>Інші параметри</b></p>  <p>Кут згинання барильця, положення нагрівача, темп води тощо.</p>	<p><b>Положення насадки</b></p>  <p>Регулюється висота та зворіт носа, відносно напрямку.</p>	<p><b>Положення копії</b></p>  <p>Забезпечує правильне підвішення притискного елемента і фіксацію риби.</p>	<p><b>Напрями елементи</b></p>  <p>Обсягує положення раби та висночість траєкторія черевця.</p>	<p><b>Положення гідронасадки</b></p>  <p>Автоматично або вручну встановлюється на рівні поздовжньої осі тушки.</p>
3. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ					4. САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНІ ВИМОГИ			
Регулярне обслуговування – запорука надійної та безпечної роботи обладнання.					Дотримання санітарних вимог – гарантія безпеки продукції.			
<p><b>Зачищення кожів</b></p>  <p>Забезпечує чистоту для гвинту та пошкодження риби.</p>	<p><b>Перевірка привода та механізмів</b></p>  <p>Контролюйте стан ланцюга, ременів, муфт, редуктора.</p>	<p><b>Перевірка підшипників та вузлів</b></p>  <p>Своєчасні змащування та заміна запчастин пошкодженим.</p>	<p><b>Система подачі води та гідралічні пристрої</b></p>  <p>Перевіряйте тиск, відсутність засмічення, герметичність з'єднань.</p>	<p><b>Заміна зношених деталей</b></p>  <p>Замініть елементи зменшеною якість обробки та продуктивності машини.</p>	<p><b>Матеріали</b></p>  <p>Усі деталі, що контактують із рибкою, виготовляються з корозійностійких матеріалів, дозволених для харчової промисловості.</p>	<p><b>Легке розбирання</b></p>  <p>Конструкція забезпечує можливість швидкого демонтажу робочого органу без використання спеціальних інструментів.</p>	<p><b>Очищення</b></p>  <p>Після кожної зміни необхідно ретельно очищати та промивати всі робочі поверхні.</p>	<p><b>Дезінфекція</b></p>  <p>Регулярно проводьте дезінфекцію поверхні відловленим мийними та дезінфікуючими засобами.</p>
<p><b>ВАЖЛИВО!</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Дотримуйтесь рекомендацій виробника щодо режимів роботи та обслуговування.</li> <li>Не перевищуйте допустимі навантаження та швидкості.</li> <li>Контролюйте якість обробки риби та вчасно коригуйте налаштування.</li> </ul>					<p><b>РЕЗУЛЬТАТ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Висока якість обробки риби</li> <li>Мінімальні втрати сировини</li> <li>Тривала та надійна робота обладнання</li> <li>Безпечна та якісна продукція</li> </ul> 			

**Рис. 8.20.** Основні вимоги до експлуатації та технічного обслуговування лускознімальних і рибообробних машин

Ефективність роботи лускознімальних і рибообробних машин значною мірою залежить від правильного вибору та налаштування технологічних режимів. До основних параметрів, що впливають на якість обробки риби,

належать швидкість обертання робочих органів, тривалість технологічного циклу, продуктивність машини та інтенсивність подачі води в робочу зону.

Важливе значення має правильне регулювання положення ножів, копирів, напрямних елементів і гідронасадок. Це дає можливість адаптувати обладнання до різних видів, розмірів і анатомічних особливостей риби, забезпечуючи високу якість обробки та мінімальні втрати сировини.

Під час експлуатації необхідно контролювати стан робочих органів, своєчасно виконувати заточування ножів, перевіряти справність приводних механізмів, підшипникових вузлів, систем подачі води та гідравлічних пристроїв. Зношені або пошкоджені елементи слід своєчасно замінювати, оскільки їх використання може призвести до погіршення якості продукції та зниження продуктивності обладнання.

Особливу увагу приділяють санітарно-гігієнічному стану машин. Усі деталі, що контактують із рибною сировиною, виготовляють із корозійностійких матеріалів, дозволених для використання в харчовій промисловості. Конструкція сучасних машин передбачає можливість швидкого розбирання, очищення та промивання робочих поверхонь після завершення роботи.

Після кожної зміни обладнання необхідно ретельно очищати від залишків риби, луски, крові та інших забруднень, промивати гарячою водою і, за потреби, дезінфікувати відповідно до встановлених санітарних вимог. Регулярне проведення санітарної обробки запобігає розвитку мікроорганізмів і забезпечує безпечність готової продукції.

Для безпечної роботи персоналу всі рухомі частини машин повинні бути обладнані захисними кожухами та огороженнями. Забороняється виконувати очищення, регулювання або ремонт обладнання під час його роботи. Перед проведенням будь-яких ремонтних або профілактичних робіт машину необхідно повністю зупинити та відключити від джерел живлення.

Правильна експлуатація, своєчасне технічне обслуговування, дотримання вимог охорони праці та санітарних норм забезпечують високу продуктивність рибообробного обладнання, стабільну якість очищення риби, зниження втрат сировини та тривалий термін служби машин.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ**

**Мета:** закріпити знання про призначення, будову, принцип роботи та особливості експлуатації машин для зняття шкіри, щетини, оперення та луски; формувати вміння аналізувати технологічні параметри роботи обладнання, визначати його продуктивність та оцінювати ефективність використання на переробних підприємствах.

### **Теоретичні питання для опрацювання**

1. Способи механічної обробки тваринної сировини.
2. Машини для зняття шкіри та видалення щетини з туш тварин.
3. Обладнання для видалення оперення з птиці.
4. Лускознімальні машини для обробки риби.

5. Основні показники продуктивності та ефективності роботи обладнання.

### Практичні завдання

#### Блок А. Теоретико-аналітичний

1. Пояснити фізико-механічні основи процесу зняття шкіри з туш тварин.
2. Охарактеризувати будову та принцип роботи установки ФУАМ.
3. Пояснити призначення та особливості роботи шкребмашини К7-ФУ2-Щ.
4. Охарактеризувати конструкцію машини 326-А для видалення оперення з птиці.
5. Пояснити принцип роботи лускознімальної машини ЧБ-1.
6. Визначити фактори, що впливають на якість механічної обробки тваринної сировини.

#### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Під час зняття шкіри спостерігається її нерівномірне відокремлення від туші. Які причини можуть викликати це явище?
2. Після обробки туш свиней на поверхні залишаються ділянки щетини. Які параметри роботи шкребмашини необхідно перевірити?
3. Після проходження машини 326-А на тушках птиці залишаються пеньки пера. Визначити можливі причини.
4. У процесі видалення оперення виникають пошкодження шкіри птиці. Які режими роботи обладнання потребують коригування?
5. Після очищення риби спостерігається неповне видалення луски. Які фактори могли вплинути на якість роботи машини?

#### Блок В. Розрахункові завдання

1. Визначити продуктивність установки для знімання шкур:

$$\Pi = a_0 \cdot v / l,$$

де  $a_0$  — коефіцієнт використання продуктивності;  $v$  — швидкість руху туш, м/с;  $l$  — відстань між тушами, м.

Вихідні дані:  $a_0 = 0,85$ ;  $v = 0,12$  м/с;  $l = 2,0$  м.

2. Визначити продуктивність шкребмашини:

$$\Pi = a_0 \cdot V / L,$$

де  $a_0$  — коефіцієнт використання продуктивності;  $V$  — швидкість руху туш, м/с;  $L$  — відстань між тушами, м.

Вихідні дані:  $a_0 = 0,9$ ;  $V = 0,15$  м/с;  $L = 1,6$  м.

3. Визначити критичну частоту обертання барабана лускознімальної машини:

$$n_{кр} = 42,3 / \sqrt{D},$$

де  $D$  — діаметр барабана, м.

Вихідні дані:  $D = 0,9$  м.

4. Визначити продуктивність лускознімальної машини періодичної дії:

$$\Pi = O / (t_p + t_{доп}),$$

де  $O$  — маса риби в барабані, кг;  $t_p$  — тривалість очищення, с;  $t_{доп}$  — час допоміжних операцій, с.

Вихідні дані:  $O = 120$  кг;  $t_p = 180$  с;  $t_{доп} = 40$  с.

### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Які способи відділення шкури від туш тварин застосовують у м'ясній промисловості?

а) механічний; б) тепловий; в) хімічний; г) комбінований.

2. Робочими органами установок для зняття шкур можуть бути:

а) троси; б) ланцюги; в) барабани.

3. Установка ФУАМ належить до машин:

а) безперервної дії; б) періодичної дії; в) ротаційної дії; г) гідравлічної дії.

4. Для видалення щетини зі свинячих туш використовують:

а) скребмашини; б) полірувальні машини; в) лускознімальні машини.

5. Двобарабанна шкребмашина К7-ФУ2-Щ складається з:

а) двох скребкових барабанів; б) підтримуючої решітки; в) шнека для видалення щетини; г) завантажувального та розвантажувального склизів.

6. Для ослаблення утримування оперення у шкірі птиці застосовують:

а) обшпарювання гарячою водою; б) оброблення парою; в) охолодження; г) воскування.

7. Воскування тушок водоплавної птиці проводять для:

а) видалення пеньків; б) видалення залишків пуху; в) покращення товарного вигляду; г) охолодження тушок.

8. Які типи робочих органів використовують у машинах для видалення оперення?

а) вальцеві; б) пластинчасті; в) гребінчасті; г) пальцьові; д) бильні.

9. Машина ЧБ-1 призначена для:

а) зняття оперення; б) зняття луски з риби; в) видалення нутроців риби.

10. До основних небезпечних факторів під час роботи на машинах для розбирання тваринної сировини належать:

а) контакт із ріжучими елементами; б) захоплення одягу рухомими частинами; в) шум і вібрація; г) електричний струм; д) біологічні забруднення.

Ключ до тесту: 1 – а, б, в, г; 2 – а, б, в; 3 – б; 4 – а; 5 – а, б, в, г; 6 – а, б; 7 – а, б, в; 8 – а, б, в, г, д; 9 – б; 10 – а, б, в, г, д.

## БЛОК 9

### МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ПОДРІБНЕННЯ Й ГОМОГЕНІЗАЦІЇ СИРОВИНИ

#### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про способи механічного подрібнення сировини, будову, принцип дії та основні техніко-технологічні характеристики машин для подрібнення ударом, роздавлюванням, різанням і гомогенізації. Ознайомити з особливостями вибору обладнання залежно від властивостей сировини та вимог до готової продукції; розвивати вміння аналізувати процеси подрібнення та гомогенізації, визначати ефективність роботи обладнання, порівнювати різні способи механічної обробки сировини та обґрунтовувати вибір машин для конкретних виробничих умов; виховувати відповідальне ставлення до раціонального використання технічних засобів, дотримання вимог охорони праці, технологічної дисципліни та професійної культури майбутнього фахівця.

#### План

1. Способи подрібнення сировини.
2. Машини для подрібнення ударом.
3. Машини для подрібнення роздавлюванням (чавленням).
4. Машини для подрібнення різанням.
5. Обладнання для гомогенізації.

***Мотивація.** Подрібнення є однією з базових операцій переробки сільськогосподарської та харчової сировини. Саме від ступеня подрібнення значною мірою залежать ефективність наступних технологічних процесів — змішування, пресування, сушіння, екстрагування, теплової обробки та гомогенізації. Сучасні переробні підприємства використовують широкий спектр подрібнювального обладнання, тому майбутній фахівець повинен розуміти принципи його роботи, переваги та сфери застосування. Знання будови і функціонування машин для подрібнення та гомогенізації є необхідною умовою ефективної експлуатації обладнання, забезпечення високої якості продукції та підвищення продуктивності виробництва.*

#### 1. Способи подрібнення сировини

Подрібнення є одним із найважливіших технологічних процесів у харчовій промисловості та переробці рослинної сировини. Воно полягає у механічному руйнуванні твердих або умовно твердих матеріалів з метою зменшення розмірів їх частинок і збільшення питомої поверхні. У результаті подрібнення відбувається руйнування клітинної структури тканин, що сприяє кращому виділенню внутрішньоклітинного вмісту, інтенсифікує подальші технологічні процеси та підвищує якість готової продукції. При цьому загальний об'єм

матеріалу практично не змінюється, однак значно збільшується площа його поверхні, що має важливе значення для процесів тепло- і масообміну.

Подрібнення є однією з найпоширеніших механічних операцій у харчовій промисловості. Його застосовують на різних етапах технологічного процесу для зміни розмірів частинок сировини, підготовки продуктів до подальшої переробки та формування необхідних властивостей готової продукції. Зменшення розмірів частинок сприяє інтенсифікації масообмінних і теплообмінних процесів, підвищує ефективність змішування, пресування, сушіння, екстрагування та інших технологічних операцій. Основні цілі та значення процесу подрібнення наведено на рис. 9.1.



*Рис. 9.1. Основні цілі та значення процесу подрібнення в харчовій промисловості*

Багато харчових продуктів під час подрібнення легко деформуються і характеризуються підвищеною вологістю. До таких матеріалів належать м'ясо, риба, хліб, а також деякі овочі та фрукти. Подібну сировину відносять до умовно твердих матеріалів, оскільки вона не має вираженої крихкості та здатна змінювати форму під дією механічних навантажень.

Рослинну сировину, що надходить на переробку, у більшості випадків піддають подрібненню. Виняток становлять ягоди та окремі види плодів, призначені для виробництва компотів, консервованого зеленого горошку, дрібноплідних томатів та інших продуктів, у яких необхідно зберегти природну форму сировини. У таких випадках технологічний процес передбачає мінімальне механічне втручання для забезпечення цілісності плодів.

Особливо важливим є подрібнення сировини перед пресуванням, оскільки руйнування клітинних оболонок значно полегшує виділення клітинного соку та підвищує вихід готового продукту. Подрібнення також застосовують у випадках, коли форма та розміри частинок не регламентуються спеціальними технологічними вимогами.

Якщо ж необхідно отримати частинки певної форми та розмірів із рівною і гладкою поверхнею, використовують різальні машини, робочим органом яких є ніж. Такі машини забезпечують акуратне розрізання сировини без значного руйнування тканин, що особливо важливо під час підготовки овочів і фруктів до консервування, сушіння, заморожування або виробництва напівфабрикатів.

Вибір ступеня подрібнення є важливим етапом підготовки сировини до подальшої переробки. Розмір частинок впливає на швидкість перебігу технологічних процесів, ефективність тепло- і масообміну, консистенцію продукту та його органолептичні властивості. Залежно від вимог технології застосовують грубе, середнє, дрібне або тонке подрібнення, кожне з яких має свою сферу використання. Характеристику основних ступенів подрібнення наведено на рис. 9.2.

1. ГРУБЕ ПОДРІБНЕННЯ	2. СЕРЕДНЄ ПОДРІБНЕННЯ	3. ДРІБНЕ ПОДРІБНЕННЯ	4. ТОНКЕ ПОДРІБНЕННЯ
Отримання великих шматків сировини розміром від декількох міліметрів до сантиметрів.	Отримання частинок середніх розмірів, помітних неозброєним оком.	Отримання дрібних частинок, що відчужаються на дотик, але не помітні неозброєним оком.	Отримання дуже дрібних частинок для утворення однорідних дисперсних систем (пюре, паст, соусів тощо).
<b>ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЧАСТИНОК</b>	<b>ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЧАСТИНОК</b>	<b>ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЧАСТИНОК</b>	<b>ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ЧАСТИНОК</b>
			
<b>ОРІЄНТОВНИЙ РОЗМІР ЧАСТИНОК</b> 5...50 мм і більше	<b>ОРІЄНТОВНИЙ РОЗМІР ЧАСТИНОК</b> 1...5 мм	<b>ОРІЄНТОВНИЙ РОЗМІР ЧАСТИНОК</b> 0,1...1 мм	<b>ОРІЄНТОВНИЙ РОЗМІР ЧАСТИНОК</b> менше 0,1 мм
<b>ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ</b>	<b>ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ</b>	<b>ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ</b>	<b>ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Підготовка сировини до теплової обробки (варіння, тушкування, запікання)</li> <li>• Виробництво консервів шматочками</li> <li>• Приготування фаршів з крупними вклученнями</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Приготування рублених виробів (котлети, тефтелі тощо)</li> <li>• Начинки для виробів із тіста</li> <li>• Підготовка сировини до екстрагування</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Виробництво ковбасних виробів</li> <li>• Підготовка до сушіння та ферментації</li> <li>• Отримання однорідних сумішей</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Виробництво пюре, паст, соусів</li> <li>• Соки з м'якоттю, смузі</li> <li>• Дитяче харчування, дієтичні продукти</li> </ul>

**Рис. 9.2. Класифікація способів подрібнення харчової сировини за ступенем дисперсності**

Для отримання однорідних високодисперсних систем у харчовій промисловості широко застосовують процес гомогенізації. Його сутність полягає у пропусканні продукту через вузькі канали або щілини під високим тиском, унаслідок чого відбувається інтенсивне руйнування частинок та рівномірний їх розподіл у всьому об'ємі продукту. Під дією високих швидкостей руху, перепадів тиску, ударних навантажень і турбулентних потоків великі частинки подрібнюються до значно менших розмірів, що забезпечує підвищення однорідності системи.

Гомогенізація особливо поширена під час виробництва молочних продуктів, соусів, соків із м'якоттю, дитячого харчування та інших емульсійних і суспензійних систем. У молочній промисловості цей процес застосовують для подрібнення жирових кульок і запобігання відстоюванню вершків, що сприяє покращенню консистенції та стабільності продукції під час зберігання. У виробництві соусів і напоїв гомогенізація забезпечує рівномірний розподіл компонентів та покращує органолептичні властивості готового продукту.

Внаслідок гомогенізації підвищується стійкість дисперсних систем до розшарування, покращується зовнішній вигляд продукції, її смакові властивості

та засвоюваність. Ефективність процесу залежить від тиску гомогенізації, конструкції робочого вузла, температури продукту та його фізико-хімічних властивостей. Принцип дії гомогенізатора та результати гомогенізації наведено на рис. 9.3.



**Рис. 9.3. Принцип дії гомогенізатора та вплив гомогенізації на структуру харчових продуктів**

Процес подрібнення харчової сировини здійснюється різними способами залежно від її фізико-механічних властивостей, необхідного ступеня дисперсності та вимог до готового продукту. Руйнування матеріалу може відбуватися під дією різання, стискання, роздавлювання, удару, стирання або поєднання кількох видів механічного впливу. Кожний спосіб характеризується певними перевагами та використовується в обладнанні відповідної конструкції. Основні способи механічного подрібнення харчової сировини наведено на рис. 9.4.



**Рис. 9.4. Основні способи механічного подрібнення харчової сировини**

При роздавлюванні матеріал руйнується під дією навантаження, яке створюється силою  $F$  і передається через робочі поверхні. У процесі стиснення в об'ємі матеріалу виникають внутрішні напруження, що поступово зростають. Коли вони перевищують межу міцності матеріалу на стиск, відбувається його руйнування з утворенням частинок різної форми та розмірів.

Процес розколювання здійснюється за рахунок концентрації напружень у зоні контакту матеріалу з клиноподібним робочим органом. Під дією сили  $F$  у матеріалі виникають тріщини, які поширюються в напрямку дії навантаження, спричиняючи його руйнування.

Розламування відбувається під дією згинальних сил. У результаті деформації вигину в матеріалі виникають напруження розтягу і стиску, що призводять до його руйнування. Частинки, отримані таким способом, зазвичай мають форму, близьку до частинок, утворених при розколюванні.

Процес різання здійснюється ножами або лезами, які переміщуються відносно матеріалу в площині різання. Цей спосіб дозволяє отримувати частинки заданої форми та розмірів із мінімальним утворенням дрібної фракції.

Розпилювання виконують за допомогою пил, зубці яких послідовно зрізають окремі частинки матеріалу. За своєю суттю цей процес є різновидом різання і широко використовується для подрібнення деревини, кісток та інших волокнистих матеріалів.

Стирання застосовують при тонкому та колоїдному подрібненні матеріалів. У цьому випадку руйнування частинок відбувається під дією сил тертя, які виникають у результаті взаємного переміщення робочих поверхонь. На одну з поверхонь додатково діє зовнішня сила  $F$ , що забезпечує притискання матеріалу та підвищує інтенсивність його подрібнення. За таким принципом працюють подрібнювачі, в яких як робочі органи використовуються жорна (рис. 9.5).



**Рис. 9.5. Подрібнення стиранням за допомогою жорен:**

1 – верхнє жорно; 2 – подрібнюваний матеріал; 3 – нижнє жорно; 4 – напрямок обертання

Подрібнюваний матеріал через конічний завантажувальний отвір у верхньому жорні надходить у зазор між верхнім і нижнім жорнами. У цьому зазорі матеріал піддається одночасній дії сил стискання та тертя, внаслідок чого відбувається його руйнування і зменшення розмірів частинок. Під час роботи жорна обертаються відносно одне одного, забезпечуючи інтенсивне перетирання матеріалу. У результаті матеріал поступово переміщується від центру до периферії жорен і подрібнюється до необхідного ступеня дисперсності.

Одним із найпоширеніших способів руйнування твердих і крихких матеріалів є подрібнення ударом. Цей спосіб характеризується високою інтенсивністю впливу на матеріал і широко застосовується для переробки зерна, цукру, спецій, сухих овочів та інших продуктів. Залежно від характеру взаємодії робочих органів із матеріалом розрізняють подрібнення стисненим і вільним ударом. Кожний із цих способів має свої особливості та використовується в машинах різних конструкцій. Основні різновиди подрібнення ударом наведено на рис. 9.6.



**Рис. 9.6. Способи подрібнення матеріалів ударом**

При ударному подрібненні руйнування матеріалу відбувається за рахунок короткочасної дії значних динамічних навантажень. Такий спосіб широко застосовується в молоткових дробарках, ударних млинах та інших подрібнювальних машинах.

Розмелювання є процесом тонкого подрібнення, при якому матеріал піддається одночасній дії стискання, удару та стирання. Цей спосіб забезпечує отримання дрібнодисперсних продуктів і використовується у кульових, валкових, дискових та інших типах млинів.

На практиці в більшості подрібнювальних машин руйнування матеріалу відбувається під одночасною дією кількох механізмів подрібнення. Поєднання різних способів впливу дозволяє підвищити ефективність процесу, зменшити енерговитрати та забезпечити необхідний гранулометричний склад готового продукту.

Однією з основних характеристик процесу подрібнення є ступінь зменшення розмірів частинок матеріалу. Залежно від крупності вихідної сировини та розмірів частинок, отриманих після обробки, розрізняють грубе, середнє та мілке подрібнення. Кожний клас характеризується певними межами зміни розмірів частинок і визначає вибір обладнання та режимів роботи подрібнювальних машин. Класифікацію подрібнення за ступенем зменшення розмірів частинок наведено на рис. 9.7.

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


 Зі зменшенням розміру частинок інтенсифікуються масообмінні та теплообмінні процеси, покращується якість подальшої обробки та властивості готової продукції.

*Рис. 9.7. Класифікація подрібнення за ступенем зменшення розмірів частинок*

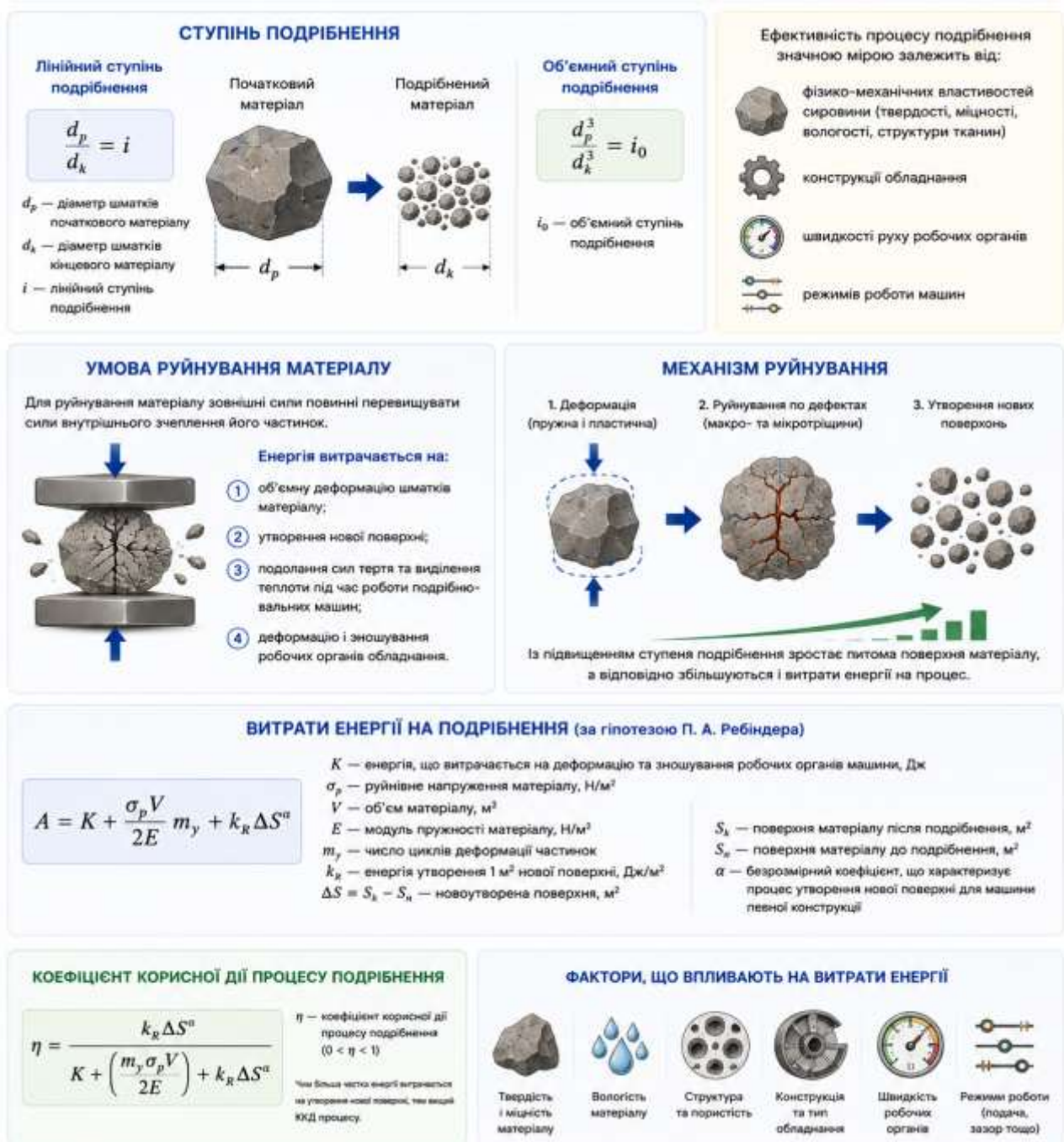
Процес подрібнення супроводжується складними механічними явищами, пов'язаними з деформацією та руйнуванням матеріалу. Під дією зовнішніх сил у матеріалі виникають напруження, які зумовлюють появу тріщин і подальше розділення частинок на дрібніші фрагменти. Характер руйнування залежить від структури матеріалу, його міцності, вологості, пружності та інших фізико-

механічних властивостей. Тому однакові режими роботи обладнання можуть забезпечувати різні результати подрібнення для різних видів сировини.

Ефективність процесу визначається не лише ступенем зменшення розмірів частинок, а й фізико-механічними властивостями сировини, конструкцією обладнання та енергетичними витратами. Для різних видів матеріалів можуть переважати різні способи руйнування — стискання, удар, стирання, розколювання або їх поєднання. Вибір способу подрібнення значною мірою впливає на продуктивність обладнання, якість отриманого продукту та витрати енергії. У практиці переробних виробництв часто застосовують комбіновану дію кількох способів руйнування, що дозволяє підвищити ефективність процесу.

Для оцінювання процесу використовують показники ступеня подрібнення, аналізують механізм руйнування частинок і визначають витрати енергії на утворення нової поверхні. Важливими характеристиками також є гранулометричний склад готового продукту, рівномірність подрібнення, питома енергоємність процесу та продуктивність обладнання. Чим більшим є ступінь подрібнення, тим більшою зазвичай є сумарна поверхня частинок і, відповідно, витрати енергії на їх утворення.

Теоретичні основи подрібнення дають змогу встановити залежність між витратами енергії та зміною розмірів частинок, обґрунтувати вибір типу подрібнювального обладнання й оптимальних режимів його роботи. Аналіз цих показників дозволяє оцінити ефективність роботи обладнання, підвищити якість готової продукції та забезпечити раціональне використання енергетичних ресурсів. Основні теоретичні положення процесу подрібнення наведено на рис. 9.8.



**Рис. 9.8. Теоретичні основи процесу подрібнення та енергетичні витрати на його здійснення**

Аналіз наведених залежностей показує, що зменшення енерговитрат на подрібнення досягається шляхом підвищення зносостійкості робочих органів машин, зменшення їх пружних деформацій, скорочення кількості циклів навантаження частинок матеріалу та зниження руйнівних напружень продукту.

Процес подрібнення полягає у руйнуванні матеріалу під дією зовнішніх сил, які перевищують сили внутрішнього зчеплення його частинок. Із підвищенням ступеня подрібнення збільшується питома поверхня матеріалу та зростають енергетичні витрати на процес. Раціональний вибір способу подрібнення, конструкції обладнання та режимів роботи дозволяє підвищити ефективність процесу та знизити питомі витрати енергії.

Подрібнення є однією з найважливіших технологічних операцій переробки рослинної сировини, що значною мірою визначає ефективність наступних процесів, інтенсивність тепло- і масообміну, а також якість готової продукції.

Для здійснення процесу подрібнення в харчовій промисловості застосовують широкий спектр машин і апаратів, конструкція яких залежить від властивостей сировини, необхідного ступеня подрібнення та вимог до готового продукту. Вибір обладнання визначається фізико-механічними характеристиками матеріалу, продуктивністю процесу та особливостями технологічної схеми виробництва. До найбільш поширених видів подрібнювального обладнання належать дробарки, млини, різальні машини, вовчки, кутери та гомогенізатори. Основні типи такого обладнання наведено на рис. 9.9.



*Рис. 9.9. Основні види обладнання для подрібнення харчової сировини*

Залежно від вимог до ступеня подрібнення та однорідності готового продукту процес може здійснюватися за відкритою або замкнутою технологічною схемою. Вибір схеми визначається властивостями матеріалу, необхідною крупністю частинок, продуктивністю обладнання та вимогами до якості готового продукту. Кожна із схем має свої особливості організації технологічного процесу та сферу застосування.

Відкритий цикл характеризується одноразовим проходженням матеріалу через подрібнювальну машину. Після виходу з робочої зони весь продукт спрямовується на наступні технологічні операції незалежно від ступеня його подрібнення. Така схема відрізняється простотою, меншою кількістю обладнання та нижчими експлуатаційними витратами, тому широко використовується у випадках, коли не потрібна висока однорідність продукту.

У замкнутому циклі після подрібнення продукт надходить на класифікацію, де відокремлюються частинки необхідного розміру. Крупні фракції повертаються на повторне подрібнення, а готовий продукт спрямовується на подальшу переробку або зберігання. Така схема дозволяє отримувати більш однорідний матеріал, підвищує ефективність використання обладнання та забезпечує точніше дотримання заданого гранулометричного

складу. Використання замкнутого циклу особливо доцільне у виробництвах, де до дисперсності продукту висуваються підвищені вимоги. Схеми організації процесу подрібнення наведено на рис. 9.10.



*Рис. 9.10. Технологічні схеми процесу подрібнення у відкритому та замкнутому циклах*

При подрібненні у відкритому циклі матеріал проходить через подрібнювальну машину лише один раз. За необхідності перед подрібненням із сировини видаляють дрібні домішки шляхом просіювання або сепарування. Відкритий цикл найчастіше застосовують для великого та середнього подрібнення матеріалів. Його перевагами є простота технологічної схеми, невелика кількість обладнання та відносно низькі експлуатаційні витрати. Такий спосіб широко використовують у випадках, коли до однорідності продукту не висуваються підвищені вимоги.

При подрібненні у замкнутому циклі після подрібнювальної машини встановлюють класифікувальний пристрій (сито, сепаратор або інший роздільний механізм). Частинки, розміри яких перевищують встановлені вимоги, повертаються на повторне подрібнення. Така схема забезпечує отримання більш однорідного продукту та підвищує ефективність використання обладнання. Крім того, замкнутий цикл дозволяє точніше регулювати гранулометричний склад готового продукту та зменшувати кількість надмірно подрібнених частинок.

Для подрібнення харчової сировини використовують машини різних конструкцій, вибір яких залежить від фізико-механічних властивостей продукту, необхідного ступеня подрібнення та вимог технологічного процесу. Найбільшого поширення набули дробарки, вальцові дробарки, валкові млини та різальні машини, які забезпечують отримання продуктів із заданими розмірами частинок і необхідною структурою. Кожен тип обладнання має свої конструктивні особливості та найбільш ефективну сферу застосування. Основні види подрібнювального обладнання та напрями їх використання наведено на рис. 9.11.



**Рис. 9.11. Основні види машин для подрібнення харчової сировини та сфери їх застосування**

Дробарки застосовують для подрібнення зерна, зернобобових культур, кристалічного цукру, кормових компонентів та інших сипких матеріалів. Вони широко використовуються у борошномельному, комбікормовому та харчовому виробництвах.

Вальцьові дробарки широко застосовують на борошномельних підприємствах для розмелювання зерна та проміжних продуктів його переробки. Основними показниками їх роботи є ступінь подрібнення, продуктивність вальцьових пар і питома витрата електроенергії.

Валкові млини використовують для тонкого подрібнення жиромісних рецептурних сумішей, зокрема у кондитерському виробництві. Вони забезпечують отримання однорідної дрібнодисперсної маси, необхідної для формування структури шоколадних, пралінових та інших кондитерських виробів.

Різальні машини призначені для подрібнення рослинної та тваринної сировини на частинки правильної форми і заданих розмірів. Залежно від конструкції робочих органів вони забезпечують нарізання продукту у вигляді кружалець, кубиків, соломки, стружки або інших геометричних форм. Таке подрібнення сприяє рівномірному перебігу наступних процесів теплової обробки, сушіння, заморожування та дозування.

Якість різання залежить від конструкції машини, режимів її роботи, гостроти ножів, а також фізико-механічних властивостей сировини. Для різання використовують ножі різних типів: пластинчасті, дискові, серповидні, трубчасті, трикутні та гвинтові. Робочі органи можуть здійснювати обертальний, поступальний або коливальний рух.

Для подрібнення м'ясної, рибної та іншої м'якої сировини широко застосовують вовчки та кутери. Вовчки забезпечують середнє і дрібне подрібнення продукту, а також можуть виконувати додаткові технологічні операції. Кутери використовують для тонкого подрібнення та отримання однорідних фаршевих емульсій із високим ступенем дисперсності. Основні види цього обладнання та їх призначення наведено на рис. 9.12.



Рис. 9.12. Вовчки та кутери для подрібнення м'ясної і рибної сировини

Вовчки призначені для середнього та дрібного подрібнення м'ясної, рибної та іншої м'якої сировини. Основною технічною характеристикою вовчка є діаметр решітки. У м'ясопереробній промисловості найбільшого поширення набули вовчки з діаметрами решіток 114, 120, 160 та 200 мм.

Сучасні конструкції вовчків можуть виконувати не лише подрібнення, а й додаткові технологічні операції: перемішування, жилування, посол сировини та наповнення ковбасних оболонок фаршем. Для цього у приймальних бункерах встановлюють спеціальні шнеки або перемішувальні пристрої, а на вихідній горловині монтують насадки для шприцювання оболонок.

Кутери призначені для тонкого подрібнення м'ясної сировини та отримання однорідних фаршевих емульсій. Перед кутеруванням сировину зазвичай попередньо подрібнюють на вовчках. Однак деякі сучасні кутери оснащуються пристроями для безпосереднього подрібнення кускової сировини без попередньої підготовки.

Залежно від організації технологічного процесу кутери можуть бути періодичної або безперервної дії. Вони забезпечують високий ступінь подрібнення, рівномірний розподіл компонентів рецептури та формування необхідної структури готового продукту.

Вибір способу подрібнення та типу подрібнювальної машини залежить від фізико-механічних властивостей сировини, необхідного ступеня подрібнення та вимог до якості кінцевого продукту. Раціональне використання подрібнювального обладнання забезпечує високу ефективність технологічних процесів і стабільну якість продукції.

## 2. Машини для подрібнення ударом

Подрібнення характеризується зменшенням розмірів шматків матеріалу під дією зовнішніх механічних сил. У результаті цього процесу значно збільшується питома поверхня матеріалу та площа фазового контакту, що сприяє інтенсифікації таких технологічних процесів, як розчинення, екстрагування, сушіння, пресування, теплообмін та інші фізико-хімічні перетворення.

Одними з найважливіших характеристик процесу подрібнення є ступінь подрібнення та фізико-механічні властивості матеріалу. Ступінь подрібнення показує, у скільки разів зменшуються розміри частинок у процесі обробки, а міцність матеріалу визначає необхідні зусилля руйнування та вибір типу подрібнювального обладнання. Залежно від межі міцності при стисканні матеріали поділяють на м'які, середньої міцності та тверді. Основні залежності та класифікацію матеріалів наведено на рис. 9.13.



Рис. 9.13. Ступінь подрібнення та класифікація матеріалів за міцністю

Такий поділ є умовним, оскільки більшість матеріалів мають анізотропну структуру, тобто їхні механічні властивості змінюються залежно від напрямку прикладання навантаження. На міцність також впливають вологість, пористість, гранулометричний склад, наявність внутрішніх дефектів та тріщин.

Подрібнення матеріалу може здійснюватися різними способами: стисканням, розколюванням, стиранням, різанням або ударом. При ударному

подрібненні руйнування відбувається внаслідок безпосередньої дії ударних елементів машини, зіткнення частинок між собою або їх ударів об робочі поверхні корпусу.

Конструкція подрібнювального обладнання визначається способом механічного впливу на матеріал. Залежно від характеру руйнування частинок застосовують машини, що працюють за принципом стискання, роздавлювання, стирання, удару або їх поєднання. Вибір типу подрібнювальної машини залежить від фізико-механічних властивостей сировини, необхідного ступеня подрібнення та вимог технологічного процесу. Класифікацію подрібнювальних машин за принципом дії наведено на рис. 9.14.

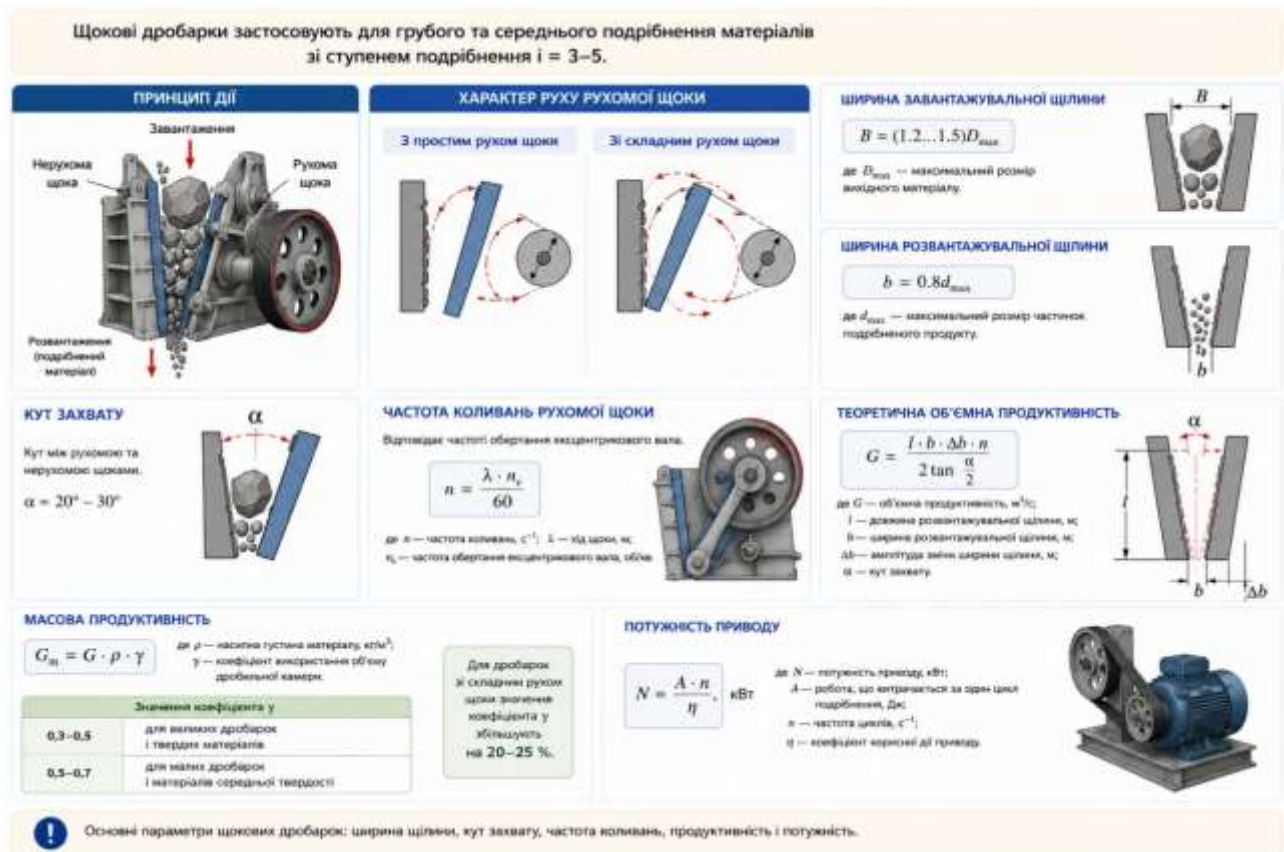


Рис. 9.14. Класифікація подрібнювальних машин за принципом дії

Вибір типу подрібнювальної машини залежить від фізико-механічних властивостей сировини, необхідного ступеня подрібнення та вимог до якості готового продукту.

**Щокова дробарка** працює за принципом роздавлювання матеріалу між двома робочими поверхнями — нерухомою та рухомою щоками. Вихідний продукт завантажують у дробильну камеру, де під дією зусиль, створюваних рухомою щокою, шматки матеріалу стискаються, руйнуються і поступово переміщуються до розвантажувальної щілини.

Щокові дробарки належать до найбільш поширених машин для грубого та середнього подрібнення твердих матеріалів. Руйнування матеріалу в них відбувається внаслідок його стискання між нерухомою та рухомою щоками. Ефективність роботи дробарки визначається конструкцією дробильної камери, шириною завантажувальної та розвантажувальної щілин, кутом захвату, частотою коливань рухомої щоки, а також продуктивністю і потужністю приводу. Основні конструктивні особливості, принцип дії та розрахункові параметри щокових дробарок наведено на рис. 9.15.



**Рис. 9.15. Будова, принцип дії та основні параметри щокових дробарок**

У конусних дробарках подрібнення здійснюється за рахунок роздавлювання і стирання. Матеріал завантажується у простір між зовнішнім нерухомим і внутрішнім обертовим конусами. Внутрішній конус розміщений ексцентрично відносно зовнішнього. У багатьох конструкціях внутрішній конус має змінну вісь обертання: привідний вал, обертаючись, описує конусоподібну поверхню.

Конусні дробарки застосовують для середнього, дрібного та мілкового подрібнення твердих матеріалів. Вони широко використовуються в переробній, будівельній та гірничій промисловості завдяки високій продуктивності та здатності забезпечувати стабільну якість готового продукту. Особливо ефективними такі дробарки є під час переробки міцних і абразивних матеріалів.

Руйнування матеріалу в них відбувається внаслідок стискання між нерухомим і рухомих конусами, один із яких здійснює коливальний рух. У процесі роботи матеріал безперервно переміщується вниз під дією власної ваги, поступово подрібнюючись у міру зменшення зазору між робочими поверхнями конусів. Такий принцип дії забезпечує рівномірне навантаження на робочі органи та стабільний перебіг процесу подрібнення.

Перевагами конусних дробарок є безперервність процесу подрібнення, висока продуктивність та можливість отримання продукту з рівномірним гранулометричним складом. Крім того, вони характеризуються порівняно невеликими питомими енерговитратами, високою надійністю та тривалим терміном експлуатації. Основні типи, принцип дії та розрахункові параметри конусних дробарок наведено на рис. 9.16.



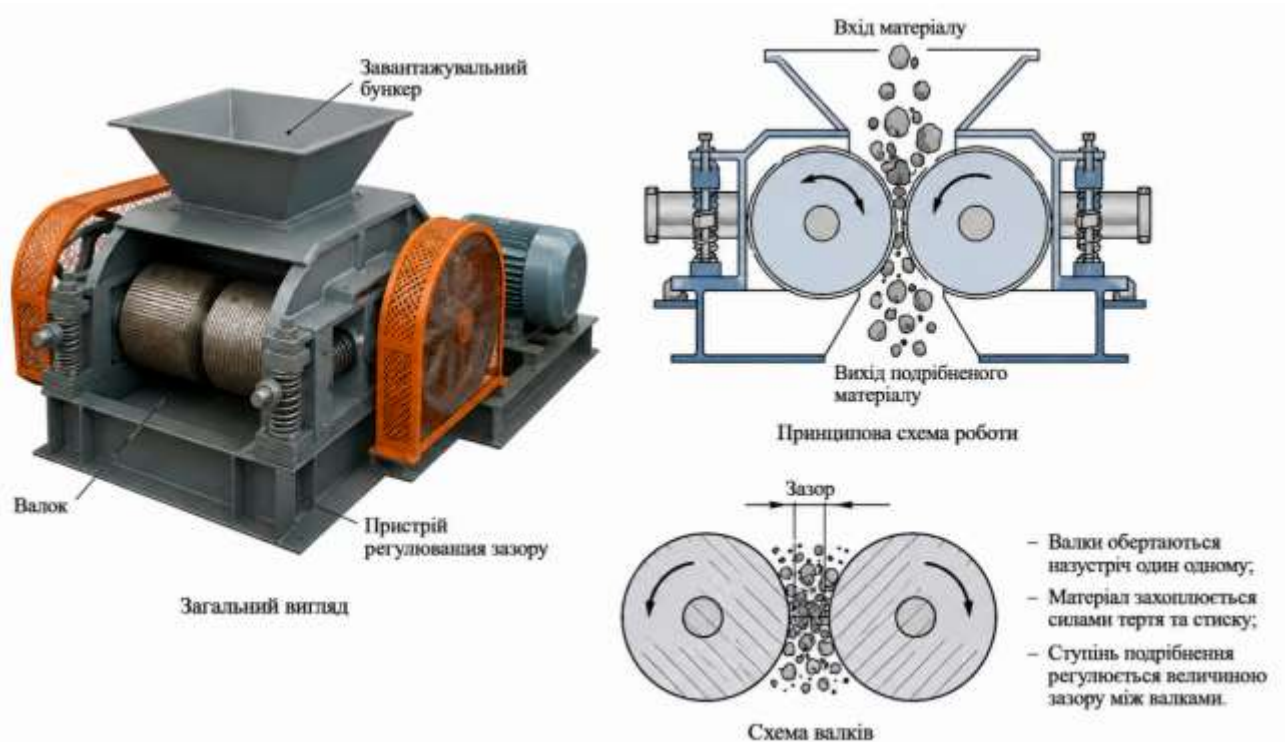
Рис. 9.16. Конусні дробарки: класифікація, принцип дії та основні розрахункові параметри

Валкові дробарки (рис. 9.18) застосовують для середнього та дрібного подрібнення матеріалів високої і середньої міцності ( $i = 3-5$ ). Вони широко використовуються для переробки зерна, солоду, насіння олійних культур, кормової сировини та інших продуктів, для яких важливо забезпечити рівномірне подрібнення без надмірного утворення пилоподібних фракцій.

Матеріал захоплюється валками та, проходячи між ними, подрібнюється. Процес подрібнення відбувається за рахунок роздавлювання й стирання. Захоплення матеріалу забезпечується силами тертя між поверхнею валків і частинками продукту. Залежно від технологічного призначення валки можуть мати гладку, рифлену або зубчасту поверхню, що дозволяє підвищити ефективність руйнування матеріалу.

Розмір частинок готового продукту визначається відстанню між валками, швидкістю їх обертання та властивостями матеріалу. У деяких конструкціях валки обертаються з різними швидкостями, що додатково посилює стирання дію та покращує якість подрібнення.

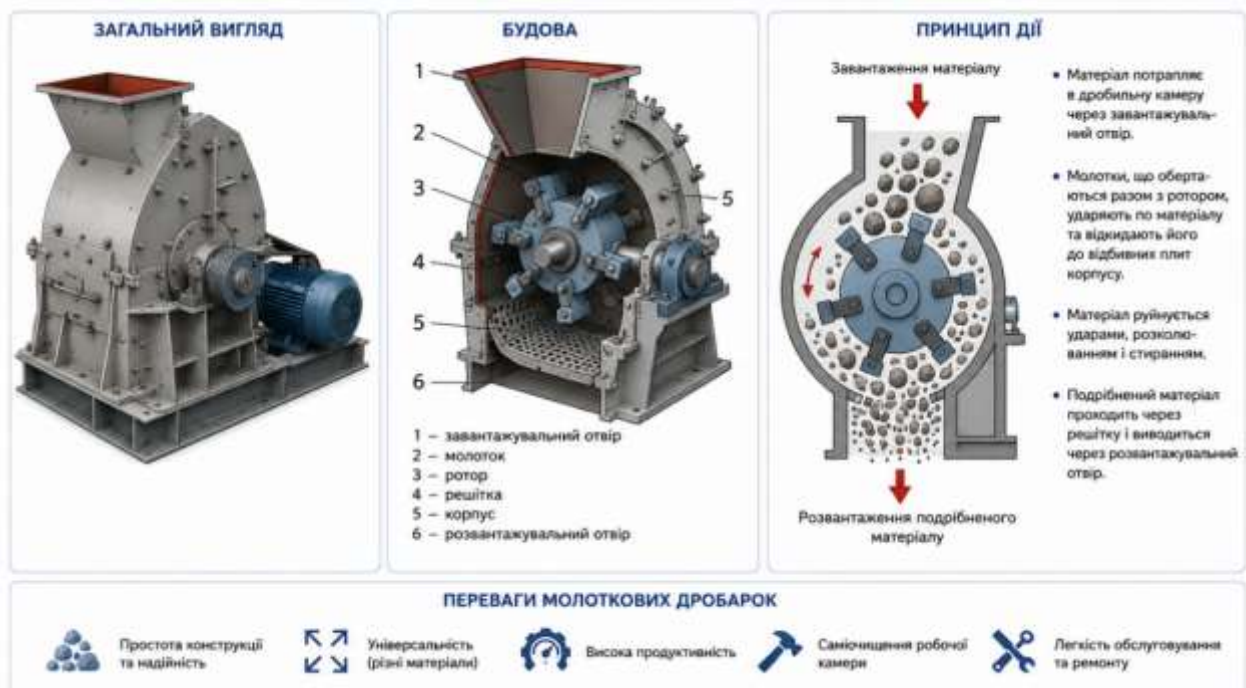
До переваг валкових дробарок належать простота конструкції, надійність роботи, невеликі енерговитрати та можливість отримання продукту з відносно однорідним гранулометричним складом. Основні конструктивні схеми та параметри валкових дробарок наведено на рис. 9.17.



**Рис. 9.17. Валкова дробарка: загальний вигляд; принципова схема роботи; схема взаємодії валків**

У деяких конструкціях обидва валки мають однакову частоту обертання, а в інших один із валків обертається повільніше за інший, що підсилює ефект стирання.

Для середнього та дрібного подрібнення матеріалів зв ступенем подрібнення  $i = 5 - 20$  широко застосовують молоткові дробарки, будову та принцип дії яких показано на рис. 9.18.



**Рис. 9.18. Загальний вигляд, будова та принцип дії молоткової дробарки**

Для середнього, дрібного та тонкого подрібнення сипких матеріалів широко застосовують **кулькові млини**. Процес подрібнення в них здійснюється внаслідок ударної дії та стирання частинок подрібнювальними тілами, які переміщуються всередині обертового барабана. Простота конструкції, надійність роботи та можливість отримання продукту високого ступеня дисперсності забезпечили кульковим млинам широке застосування в харчовій, хімічній та інших галузях промисловості. Будову та принцип роботи кулькового млина наведено на рис. 9.19.



*Рис. 9.19. Кульковий млин: будова, принцип дії та основні технологічні характеристики*

Основним робочим органом кулькового млина є циліндричний барабан, який обертається навколо горизонтальної осі. У середині барабана розміщуються подрібнювальні тіла — кульки різного діаметра, виготовлені із загартованої сталі, спеціального чавуну або інших зносостійких матеріалів. Барабан частково заповнюється кульками та матеріалом, що підлягає подрібненню.

Під час обертання барабана кульки разом із матеріалом піднімаються на певну висоту під дією сил тертя та відцентрових сил. Досягнувши граничного положення, вони відриваються від стінки барабана і падають під дією сили тяжіння. Унаслідок ударів кульок по частинках матеріалу відбувається їх руйнування. Одночасно між кульками, частинками матеріалу та внутрішньою поверхнею барабана виникають сили тертя, що забезпечують додаткове подрібнення шляхом стирання.

Ефективність роботи кулькового млина залежить від швидкості обертання барабана, ступеня його заповнення кульками, розмірів подрібнювальних тіл та фізико-механічних властивостей матеріалу. Надто мала швидкість обертання знижує інтенсивність подрібнення, тоді як за надмірної швидкості кульки

притискаються до стінок барабана під дією відцентрової сили й процес подрібнення стає менш ефективним.

До переваг кулькових млинів належать простота конструкції, надійність роботи, можливість отримання дрібнодисперсного продукту та універсальність застосування. Разом із тим вони характеризуються значними енерговитратами, підвищеним зношуванням подрібнювальних тіл і порівняно невисокою продуктивністю під час подрібнення особливо твердих матеріалів.

Кулькові млини широко використовуються на переробних підприємствах для подрібнення зернових продуктів, мінеральної сировини, пігментів, цементного клінкеру, компонентів керамічних мас та інших матеріалів, що потребують отримання дрібних фракцій.

Для подрібнення зерна, плодів, овочів, м'яса та інших харчових продуктів широко застосовують **дискові дробарки**, які також називають дезінтеграторами або дисмембраторами. Подрібнення в них відбувається внаслідок одночасної дії ударних навантажень і стирання матеріалу між швидкообертливими дисками та нерухомими робочими поверхнями. Такі машини характеризуються високою продуктивністю, універсальністю та можливістю отримання продукту з різним ступенем подрібнення. Будову та принцип роботи дискової дробарки наведено на рис. 9.20.



Рис. 9.20. Дискові дробарки (дезінтегратори, дисмембратори): будова та принцип дії

Із завантажувального бункера матеріал надходить у робочу камеру, де потрапляє між пальцями рухомого та нерухомого дисків. Пальці закріплені на дисках перпендикулярно до їх торцевих поверхонь і розташовані концентричними рядами.

Під час роботи пальці одного диска входять у проміжки між пальцями іншого, не торкаючись їх. Унаслідок багаторазових ударів і часткового стирання матеріал інтенсивно подрібнюється. Ступінь подрібнення залежить від частоти

обертання дисків, кількості пальців та відстані між ними. Частота обертання дисків зазвичай становить 500–900 об/хв. Подрібнений продукт вивантажується через розвантажувальний патрубок.

У дезінтеграторах обертаються обидва диски з пальцями, причому назустріч один одному, що забезпечує високу відносну швидкість зіткнення частинок із робочими органами та підвищує ефективність подрібнення. У дисмембраторах, як правило, обертається лише один диск, тоді як другий залишається нерухомим.

Кульові та стержневі млини належать до тихохідних машин, у яких подрібнення відбувається всередині футерованого барабана за допомогою сталевих куль або стержнів. Під час обертання барабана подрібнювальні тіла разом із матеріалом піднімаються на певну висоту, а потім падають або перекочуються вниз під дією сили тяжіння.

Подрібнення здійснюється внаслідок ударів, стирання та роздавлювання частинок між подрібнювальними тілами і внутрішньою поверхнею барабана. Зі збільшенням часу перебування матеріалу в млині підвищується ступінь подрібнення, проте зростають енерговитрати та знижується продуктивність.

Подрібнений матеріал вивантажується через перфоровану поверхню барабана або пустотілі цапфи. Як подрібнювальні тіла використовують сталеві кулі діаметром 30–100 мм або сталеві стержні, розміри яких вибирають залежно від властивостей матеріалу та необхідного ступеня подрібнення.

### **3. Машини для подрібнення роздавлюванням (чавленням)**

До машин для подрібнення роздавлюванням (чавленням) належать бігуни та кульово-кільцеві подрібнювачі. Подрібнення матеріалу в них відбувається внаслідок одночасної дії роздавлювання та стирання, що забезпечує поступове руйнування частинок і отримання продукту з відносно однорідним гранулометричним складом. Такі машини застосовують для подрібнення матеріалів середньої твердості, а також сировини, що потребує інтенсивного перетирання.

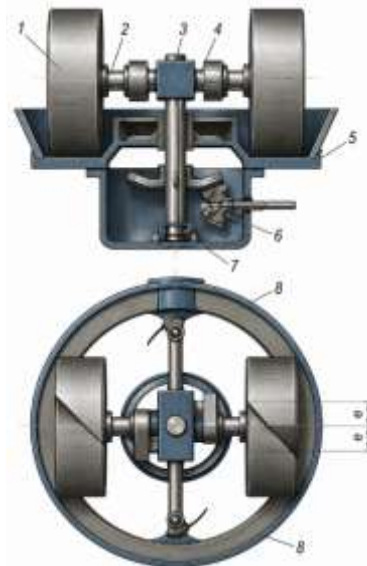
У бігунах робочими органами є важкі котки, які перекочуються по нерухомій чаші та роздавлюють матеріал власною вагою. Одночасно частинки піддаються стиральній дії між котками та робочою поверхнею чаші. У кульово-кільцевих подрібнювачах руйнування матеріалу здійснюється кульками або роликками, що переміщуються між кільцевими доріжками та створюють значні стискальні зусилля.

Перевагою таких машин є можливість поєднання процесів подрібнення, перемішування та часткового ущільнення матеріалу. Вони забезпечують достатньо високу якість подрібнення, надійність роботи та можуть використовуватися для обробки різноманітної харчової й технічної сировини. Конструкцію та принцип роботи цих машин наведено на рис. 9.21.



**Рис. 9.21. Бігуни та кульово-кільцеві подрібнювачі: конструкція та принцип дії**

Основними робочими органами бігунів є два циліндричні катки, що спираються на горизонтальну чашу (рис. 9.22). Катки вільно насаджені на півосі, з'єднані з вертикальним валом, який приводиться в рух за допомогою конічної зубчастої передачі.



**Рис. 9.22 Бігуни:**

1 – робочий коток (бігун); 2 – вал котка; 3 – підшипниковий вузол; 4 – траверса (хрестовина); 5 – чаша бігуна; 6 – привідна конічна зубчаста передача; 7 – вертикальний привідний вал; 8 – кільцева доріжка кочення (робоча поверхня чаші); e – ексцентриситет (зміщення осі котка відносно осі обертання бігуна)

Під час обертання вала водило переміщує катки по дну чаші. Матеріал, що надходить у чашу, потрапляє між катками та дном чаші, де руйнується внаслідок одночасного роздавлювання і стирання. Такий характер подрібнення пояснюється тим, що різні точки робочих поверхонь мають неоднакові лінійні швидкості, внаслідок чого між ними виникають сили тертя.

Для оцінювання ефективності роботи бігунів використовують розрахунок їх продуктивності з урахуванням геометричних параметрів катків і властивостей матеріалу. Якщо каток обертається відносно осі вала з частотою  $n$  (об/хв), коефіцієнт розрихлення матеріалу дорівнює  $\varphi$ , а густина матеріалу —  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>), то продуктивність бігунів визначається за формулою, що подано на рис. 2.23:



*Рис. 9.23. Схема визначення продуктивності бігунів та основні параметри розрахунку*

До переваг бігунів належать простота конструкції, надійність роботи, можливість одночасного подрібнення та перемішування матеріалу, а також ефективна переробка вологих, пластичних і в'язких матеріалів. Крім того, бігуни забезпечують рівномірне подрібнення та добру однорідність готової суміші.

Недоліками бігунів є значні габаритні розміри та маса, порівняно невисока продуктивність під час переробки твердих матеріалів, підвищене зношування робочих поверхонь катків і чаші, а також значні витрати енергії при досягненні високого ступеня подрібнення.

Найбільш ефективно бігуни використовують для подрібнення та змішування глини, формувальних сумішей, мінеральної сировини, пігментів та інших матеріалів, що потребують одночасного механічного оброблення і гомогенізації.

#### 4. Машини для подрібнення різанням

Різання є одним із найпоширеніших процесів механічної обробки харчової сировини. Воно використовується для надання продукції необхідної форми та розмірів, а також для підготовки сировини до подальших технологічних операцій. Процес різання широко застосовується під час переробки овочів, фруктів, м'яса, риби, хлібобулочних виробів та інших харчових продуктів.

Якість різання залежить від фізико-механічних властивостей сировини, конструкції ріжучого інструмента та режимів роботи обладнання. Правильно

організований процес забезпечує отримання виробів заданої форми, зменшення втрат сировини та підвищення ефективності подальших технологічних операцій. Основні сфери застосування процесу різання наведено на рис. 9.24.



**Рис. 9.24. Основні напрями застосування процесу різання в харчовій промисловості**

У більшості технологічних процесів різання є підготовчою операцією, що забезпечує отримання частинок сировини необхідних розмірів для подальшого оброблення. Від якості виконання цієї операції значною мірою залежать ефективність наступних технологічних процесів, рівномірність теплового оброблення та якість готової продукції. Крім того, правильний вибір способу різання дозволяє зменшити втрати сировини, підвищити вихід готової продукції та забезпечити раціональне використання виробничих ресурсів.

Харчові матеріали характеризуються різними фізико-механічними властивостями, зокрема твердістю, крихкістю, пластичністю, пружністю, в'язкістю, волокнистістю та неоднорідністю структури. Саме ці властивості зумовлюють різноманітність способів різання, конструкцій ріжучих інструментів, режимів роботи обладнання та машин, що використовуються для виконання цієї операції. Вони також визначають величину зусилля різання, продуктивність обладнання, якість поверхні зрізу та точність геометричних розмірів отриманих частинок.

Для забезпечення високої якості різання необхідно враховувати не лише властивості продукту, а й форму, гостроту та швидкість руху ріжучого інструмента. Від цих факторів залежать енерговитрати процесу, ступінь деформації матеріалу та збереження його структурних властивостей. Особливого значення це набуває під час оброблення делікатної сировини, яка легко деформується або втрачає товарний вигляд.

Обладнання для різання харчових матеріалів відрізняється конструкцією, принципом дії та видом ріжучого інструмента. Залежно від технологічного призначення використовують різні типи машин для подрібнення, нарізання,

шинкування та порціонування продукції. Класифікацію обладнання для різання харчових матеріалів наведено на рис. 9.25.



Рис. 9.25. Класифікація машин для різання харчових матеріалів за призначенням, принципом дії, видом ріжучого інструмента та характером його руху

Характер процесу різання визначається способом взаємодії ріжучого інструмента з оброблюваним матеріалом. Залежно від механізму руйнування та відокремлення частинок матеріалу розрізняють різання пуансоном, різцем і ножем. Схематично ці способи різання наведено на рис. 9.26.

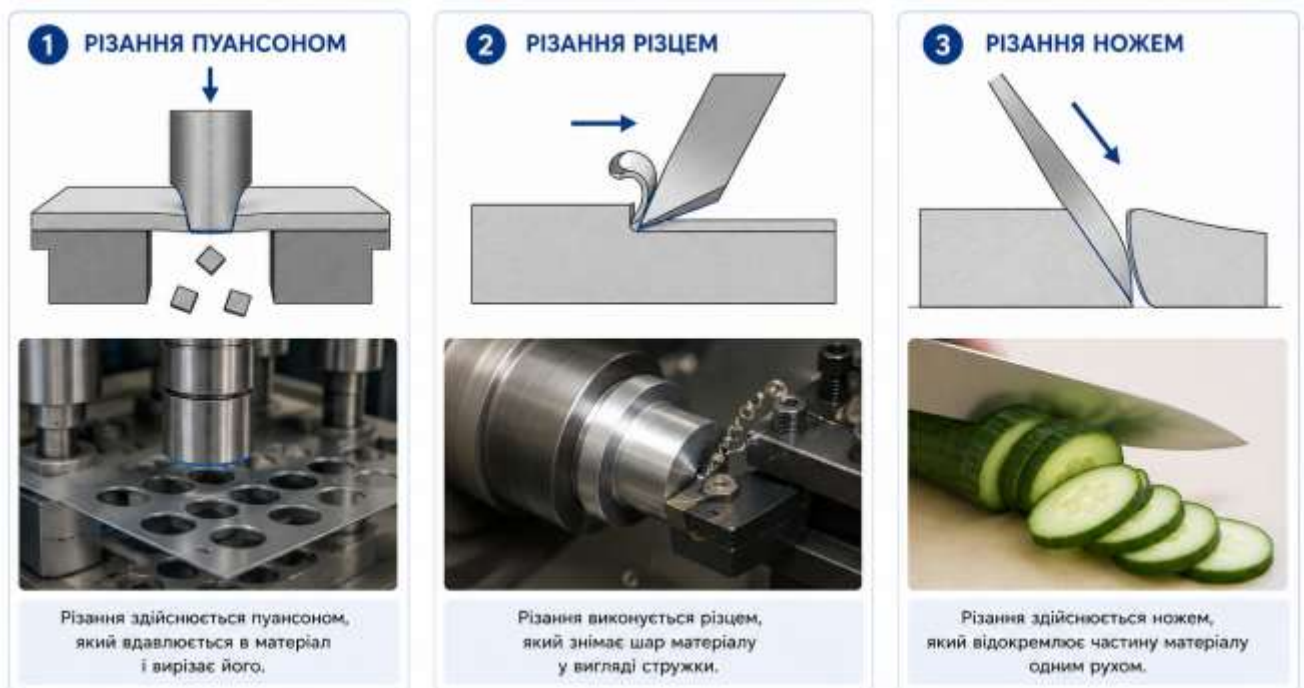


Рис. 9.26. Способи механічного різання матеріалів

Під час різання пуансоном інструмент під дією сили, спрямованої перпендикулярно до поверхні матеріалу, вдавлюється в продукт і відокремлює

його частину. Руйнування матеріалу при цьому відбувається внаслідок локальної дії значного питомого тиску в зоні контакту.

Різання різцем здійснюється за принципом дії клина. Ріжуча кромка поступово проникає в матеріал і відокремлює його частину у вигляді стружки. У процесі різання матеріал деформується та руйнується безпосередньо в зоні контакту з різцем.

Під час різання ножом руйнування матеріалу відбувається під дією гострої ріжучої кромки леза. Проникаючи в продукт, ніж розділяє його на окремі частини з мінімальною деформацією структури та незначними втратами матеріалу.

Кожен із наведених способів різання має свої особливості та сферу застосування. Пуансонне різання використовують переважно для оброблення відносно твердих харчових продуктів, зокрема овочів і плодів. Різання різцем застосовують під час оброблення твердих і пластичних матеріалів, коли необхідно відокремити частину продукту у вигляді стружки. Ножове різання є найпоширенішим способом оброблення харчової сировини та використовується для поділу м'яса, риби, хлібобулочних виробів та інших продуктів із м'якою або волокнистою структурою.

Геометрія ріжучої частини ножа суттєво впливає на характер взаємодії інструмента з матеріалом, величину зусилля різання та якість зрізу. Залежно від форми ріжучої частини ножі поділяють на односторонні та двосторонні клини. Їх конструктивні особливості наведено на рис. 9.27.

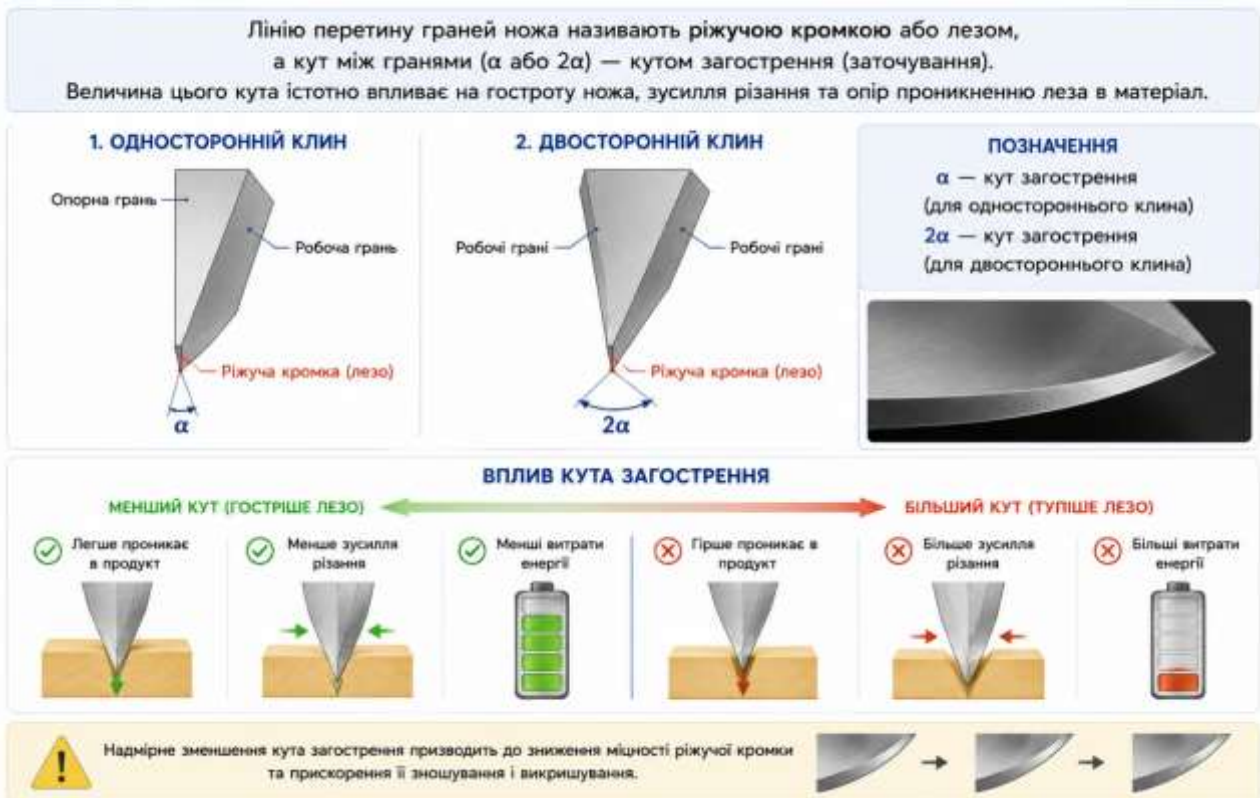
В односторонньому клині грань А є робочою, а плоска грань Б — опорною. У двосторонньому клині обидві грані є робочими, що забезпечує симетричний вплив на матеріал під час різання.



Рис. 9.27. Конструктивні особливості односторонніх і двосторонніх ріжучих клинів

Важливою геометричною характеристикою ножа є кут загострення ріжучої кромки. Від його величини залежать гострота леза, зусилля різання,

енерговитрати процесу та довговічність інструмента. Основні елементи ріжучого клина та вплив кута загострення на процес різання наведено на рис. 9.28.



*Рис. 9.28. Геометричні параметри ріжучого клина та вплив кута загострення на процес різання*

Для виконання різних технологічних операцій у харчовій промисловості застосовують ножі різноманітної форми та конструкції. Вибір типу ножа залежить від фізико-механічних властивостей продукту, способу різання та вимог до якості готової продукції. Основні види ножів, що використовуються в харчових виробництвах, наведено на рис. 9.29.



*Рис. 9.29. Основні види ножів, що використовуються в харчовій промисловості*

Характер руху ножів також може бути різним: зворотно-поступальним, обертальним або коливальним. Крім того, у деяких різальних машинах ножі

залишаються нерухомими, а переміщується продукт, який подається до ріжучого інструмента з певною швидкістю.

Різноманітність конструкцій ножів і способів їх руху дає змогу забезпечувати високу продуктивність процесу, необхідну якість зрізу та мінімізувати втрати продукту під час його оброблення.

Здатність леза виконувати свою основну функцію — розділяти матеріал на частини — називають різальною спроможністю. У процесі експлуатації різальна спроможність ножа поступово знижується внаслідок зношування ріжучої кромки під дією сил опору, що виникають під час різання.

Важливою характеристикою ріжучого інструмента є зносостійкість, під якою розуміють здатність матеріалу ножа протистояти спрацюванню та зберігати свої різальні властивості протягом тривалого часу. Висока зносостійкість забезпечує стабільну якість різання, збільшує термін служби інструмента та зменшує витрати на його обслуговування і заточування.

Для механічного різання харчових продуктів широко застосовують машини з дисковими та стрічковими ножами. Таке обладнання забезпечує високу продуктивність, точність різання та можливість оброблення продуктів із різними фізико-механічними властивостями. Конструктивні особливості та сфери застосування цих машин наведено на рис. 9.30.



**Рис. 9.30. Різальні машини з дисковими та стрічковими ножами (пилками)**

Дискові ножі забезпечують безперервне різання продукту та характеризуються високою продуктивністю, тоді як стрічкові ножі й пилки використовують переважно для розрізання великих шматків м'яса, риби, кістковмісної сировини та заморожених продуктів.

У цукровій промисловості для подрібнення коренеплодів цукрових буряків перед процесом дифузії використовують бурякорізки відцентрової дії. Вони забезпечують отримання бурякової стружки необхідної форми та розмірів, що сприяє ефективному вилученню цукру. Конструкцію та принцип роботи бурякорізки відцентрової дії наведено на рис. 9.31.



*Рис. 9.31. Будова бурякорізки відцентрової дії та схема подрібнення коренеплодів*

У цих машинах бурякам надається обертальний рух, унаслідок чого під дією відцентрової сили вони притискаються до нерухомих ножів. Під час контакту з ріжучими кромками буряки нарізаються на тонку стружку, що забезпечує збільшення площі поверхні матеріалу та підвищує ефективність подальшого вилучення цукру в процесі дифузії.

Якість бурякової стружки має важливе значення для ефективності дифузійного процесу. Стружка повинна мати достатню довжину, рівномірну товщину та мінімальну кількість дрібних частинок, оскільки це сприяє кращому вилученню цукру і зменшенню втрат сировини. Правильно сформована стружка забезпечує оптимальні умови для проникнення дифузійного соку в клітини буряка та більш повне вилучення цукрози з рослинної тканини.

Погіршення якості стружки призводить до зниження ефективності дифузії, збільшення гідралічного опору шару сировини та підвищення втрат цукру з жомом. Особливо небажаним є утворення великої кількості дріб'язку, який ускладнює роботу дифузійних установок і погіршує технологічні показники виробництва. Тому контроль якості стружки є одним із важливих завдань технологічного процесу підготовки буряків до переробки.

Одним із основних показників ефективності роботи бурякорізки є її продуктивність, яка залежить від конструктивних параметрів машини, швидкості різання, кількості ножів та фізичних властивостей сировини. На продуктивність також впливають якість підготовки коренеплодів, ступінь їх забруднення та режими експлуатації обладнання. Для визначення продуктивності використовують розрахункову залежність, основні параметри якої наведено на рис. 9.32.



**Рис. 9.32.** Схема визначення продуктивності бурякорізки та параметри, що впливають на її роботу

Із формули видно, що продуктивність бурякорізки прямо пропорційна кількості ножів, довжині їх ріжучих кромek, швидкості різання та висоті підйому ножа. Тому підвищення цих параметрів дає змогу збільшити продуктивність машини, однак повинно здійснюватися з урахуванням вимог до якості бурякової стружки.

У харчовій та переробній промисловості застосовують широкий спектр пристроїв і машин для різання матеріалів, які відрізняються за призначенням, принципом дії та конструкцією різального інструмента. Вибір обладнання залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, вимог до якості різання та продуктивності технологічного процесу. Для обробки різних видів сировини використовують машини, що забезпечують нарізання, шинкування, порціонування, подрібнення або формування виробів заданих розмірів.

Конструкція обладнання визначається фізико-механічними властивостями продукту, його формою, розмірами та необхідною точністю різання. Для м'яких, твердих, волокнистих або крихких матеріалів застосовують різні типи ріжучих інструментів і схеми їх взаємодії з продуктом. Це дозволяє забезпечити високу якість обробки, мінімізувати втрати сировини та зберегти її структурні властивості. Важливе значення також мають швидкість різання, геометрія леза та спосіб подачі продукту до робочої зони машини.

Сучасні машини для різання характеризуються високою продуктивністю, надійністю та можливістю інтеграції в автоматизовані технологічні лінії. Їх використання сприяє підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості готової продукції та зниженню трудомісткості технологічних операцій. Крім того, механізація процесів різання забезпечує стабільність розмірів отриманих частинок і підвищує рівень санітарно-гігієнічної безпеки виробництва.

Різноманітність конструкцій обладнання обумовлена широким спектром технологічних завдань, які виконуються на переробних підприємствах. Класифікацію пристроїв та машин для різання матеріалів наведено на рис. 9.33.



*Рис. 9.33. Класифікація пристроїв та машин для різання матеріалів у харчовій та переробній промисловості*

Конструкція різальних машин визначається властивостями оброблюваного матеріалу, вимогами до якості різання та особливостями технологічного процесу. Залежно від фізико-механічних характеристик сировини використовують машини, здатні забезпечувати прямолінійне, кругове, безперервне або переривчасте різання. Вибір конструкції обладнання суттєво впливає на продуктивність процесу, енерговитрати та якість отриманої продукції.

Залежно від характеру руху різального інструмента і способу взаємодії з матеріалом застосовують різні типи різальних машин. У технологічній практиці використовують обладнання з ножами, дисковими різцями, стрічковими полотнами, пуансонами та іншими робочими органами. Кожен тип машини має свої переваги та найбільш ефективну сферу застосування залежно від виду сировини та вимог до форми й розмірів готового продукту.

Важливими характеристиками різальних машин є продуктивність, точність різання, енергоємність процесу, надійність роботи та зручність обслуговування. Для забезпечення високої якості різання робочі органи повинні мати необхідну міцність, зносостійкість і тривалий час зберігати гостроту різальної кромки. Особливе значення це має під час обробки продуктів із неоднорідною структурою або підвищеною твердістю.

Сучасні різальні машини забезпечують високу точність різання, рівномірність розмірів частинок та стабільність технологічного процесу. Їх використання дозволяє підвищити продуктивність праці, зменшити втрати сировини, покращити якість готової продукції та створити умови для

комплексної механізації виробництва. Багато моделей можуть працювати в складі автоматизованих технологічних ліній, що додатково підвищує ефективність виробничих процесів. Основні різновиди такого обладнання наведено на рис. 9.34.



*Рис. 9.34. Класифікація різальних машин за характером руху різального інструмента та способом подавання матеріалу*

Основним завданням процесу різання є розділення матеріалу на частини заданої форми, розмірів і необхідної якості поверхні. Процес різання є складним механічним явищем, під час якого під дією різального інструмента в матеріалі виникають деформації, що призводять до його руйнування та утворення нових поверхонь. Залежно від властивостей матеріалу руйнування може відбуватися шляхом зрізування, розколювання, розриву або їх поєднання.

Ефективність процесу різання залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, геометричних параметрів ріжучого інструмента, швидкості різання, величини зусилля різання та умов взаємодії інструмента з оброблюваним матеріалом. Важливий вплив також мають гострота леза, кут заточування інструмента та стан поверхні матеріалу. Правильний вибір цих параметрів забезпечує високу якість різання та зниження енерговитрат процесу.

Процес різання супроводжується деформацією матеріалу та виникненням напружень у зоні контакту ріжучого інструмента з продуктом. Руйнування матеріалу настає після досягнення напруженнями граничного значення міцності. При цьому робота різання витрачається на деформацію матеріалу, утворення нових поверхонь розділення та подолання сил тертя.

У процесі різання частина підведеної енергії перетворюється на тепло, що може впливати на властивості оброблюваного продукту та стан ріжучого інструмента. Тому під час проектування та експлуатації різальних машин

важливу увагу приділяють вибору раціональних режимів роботи, які забезпечують високу продуктивність і якість обробки за мінімальних витрат енергії.

Вивчення закономірностей процесу різання дозволяє обґрунтувати конструктивні параметри обладнання, визначити оптимальні режими його роботи та підвищити ефективність технологічних процесів у харчовій і переробній промисловості. Основні закономірності процесу різання наведено на рис. 9.35.



*Рис. 9.35. Схема процесу різання матеріалів та розподіл роботи, що витрачається на різання*

Робота, яка витрачається під час різання, використовується на створення пружних і пластичних деформацій матеріалу, утворення нових поверхонь розділення, а також на подолання сил тертя між ріжучим інструментом і продуктом. Співвідношення між цими складовими залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, геометрії леза та режимів різання. Для різних видів сировини частка енергії, що витрачається на деформацію та руйнування матеріалу, може істотно відрізнятись.

Ефективність процесу різання значною мірою залежить від конструкції, форми та призначення ножа. У різальних машинах харчової та переробної промисловості застосовують ножі різних типів, які забезпечують якісне різання матеріалів із різними фізико-механічними властивостями. Від конструкції ножа залежать величина зусилля різання, якість поверхні зрізу, продуктивність обладнання та енерговитрати процесу.

Для обробки різних видів сировини використовують прямі, дискові, серповидні, стрічкові та інші типи ножів, які відрізняються формою леза, способом кріплення та характером руху. Правильний вибір конструкції ножа забезпечує ефективне руйнування матеріалу, зменшує втрати сировини та сприяє підвищенню якості готової продукції. Основні конструкції та різновиди ножів наведено на рис. 9.36.



*Рис. 9.36. Класифікація ножів для різальних машин за конструкцією, формою ріжучого леза та призначенням*

Наведені конструкції ножів відрізняються формою ріжучої кромки, геометричними параметрами та конструктивним виконанням. Кожен тип ножа призначений для виконання певних технологічних операцій і забезпечує найбільш ефективне різання матеріалів із відповідними фізико-механічними властивостями. Так, прямі та дискові ножі широко застосовують для різання овочів, фруктів, м'яса та хлібобулочних виробів, тоді як зубчасті та серейторні ножі використовують для оброблення продуктів із щільною або волокнистою структурою. Спеціальні конструкції ножів дають змогу виконувати фасонне різання, подрібнення, порціонування та інші технологічні операції.

Вибір форми, розмірів і конструкції ножа здійснюють з урахуванням властивостей оброблюваного матеріалу, необхідної продуктивності обладнання, якості поверхні зрізу та економічної доцільності процесу. Раціонально підібраний різальний інструмент забезпечує зниження енерговитрат, підвищення продуктивності праці, зменшення втрат сировини та покращення якості готової продукції. Крім того, важливими чинниками ефективної роботи ножів є якість їх заточування, зносостійкість матеріалу та своєчасне технічне обслуговування.

Для подрібнення бульб картоплі у виробництві крохмалю використовують картоплетерки СТМ, робочими органами яких є терткова поверхня та ротор із бичами. У процесі роботи бульби інтенсивно подрібнюються до кашкоподібного стану, що забезпечує ефективне виділення крохмалю під час подальших

технологічних операцій. Конструкцію та принцип роботи картоплетерки СТМ наведено на рис. 9.37.

Картоплетерки СТМ призначені для подрібнення бульб картоплі на кашкоподібну масу у виробництві крохмалю.

Промисловістю випускаються картоплетерки марок СТМ-25, СТМ-60 і СТМ-100, що відрізняються продуктивністю.



*Рис. 9.37. Будова картоплетерки СТМ та схема подрібнення бульб картоплі*

Основними складовими картоплетерки є корпус, завантажувальний пристрій, притискний механізм і терковий барабан. У верхній частині корпусу розташований завантажувальний бункер для подавання картоплі.

Головним робочим органом машини є терковий барабан, закріплений на валу. Його поверхня утворена терковими пилками із зубцями, які забезпечують інтенсивне подрібнення бульб.

Під час роботи картопля з бункера надходить у робочу зону та притискається до барабана. Унаслідок взаємодії із зубцями теркових пилок бульби подрібнюються з утворенням картопляної кашки. Для додаткового подрібнення великих частинок у машині передбачені спеціальні ґрати.

Привод картоплетерки здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Перед початком роботи перевіряють технічний і санітарний стан машини, а подачу картоплі розпочинають після досягнення барабаном робочої частоти обертання.

Ступінь подрібнення регулюють зміною положення притискного механізму та величиною зазору між робочими елементами машини.

Для механізованого шаткування капусти та різання коренеплодів у харчовій промисловості широко застосовують овочерізальні машини. Вони забезпечують високу продуктивність, рівномірність нарізування та можливість отримання продукції різної форми залежно від типу встановленого робочого

органа. Конструкцію та принцип роботи **овочерізальної машини МШ-10000** наведено на рис. 9.38.



**Рис. 9.38. Овочерізальна машина МШ-10000: конструкція, робочі органи та принцип роботи**

Основними складовими овощерізальної машини є корпус із завантажувальними розтрубами, різальний механізм, конвеєр для відведення продукту та привід. Головним робочим органом є диск із серпоподібними ножами, закріплений на вертикальному валу.

Обертання від електродвигуна передається до диска через систему передач. Подрібнений продукт відводиться стрічковим конвеєром, а рухомі елементи привода закріті захисними огороженнями.

Під час роботи овочі подають у завантажувальні розтруби. Ножі, що обертаються разом із диском, послідовно зрізують шари продукту заданої товщини. Нарізані частинки проходять через отвори в диску, потрапляють на конвеєр і вивантажуються з машини.

Товщина нарізування залежить від конструкції ножів і параметрів різального механізму. Машина забезпечує високу продуктивність, рівномірність нарізання та належну якість готового продукту.

Перед початком роботи перевіряють технічний і санітарний стан машини, надійність кріплення ножів та справність захисних огорожень. Після

завершення роботи машину очищають від залишків продукту і проводять її санітарну обробку.

Продуктивність різальних машин залежить від конструкції обладнання, фізико-механічних властивостей продукту та способу його подавання до зони різання. У машинах із примусовим подаванням сировини продуктивність визначається площею поперечного перерізу потоку, швидкістю його переміщення, коефіцієнтом заповнення робочого перерізу та густиною продукту. Розрахункову схему визначення продуктивності наведено на рис. 9.39.



Рис. 9.39. Схема визначення продуктивності різальних машин із примусовим подаванням продукту

З наведеної формули видно, що продуктивність різальної машини прямо пропорційна площі потоку продукту, швидкості його переміщення та густині. Для підвищення продуктивності необхідно збільшувати подачу продукту до робочої зони або швидкість його переміщення, однак ці параметри повинні узгоджуватися з вимогами до якості різання та конструктивними можливостями машини.

## 5. Обладнання для гомогенізації

Для підвищення стійкості молочних продуктів та запобігання відстоюванню жиру застосовують гомогенізацію. Цей процес полягає у подрібненні жирових кульок до дрібних розмірів і рівномірному розподілі їх у всьому об'ємі продукту. Конструкцію гомогенізатора та принцип його роботи наведено на рис. 9.40.

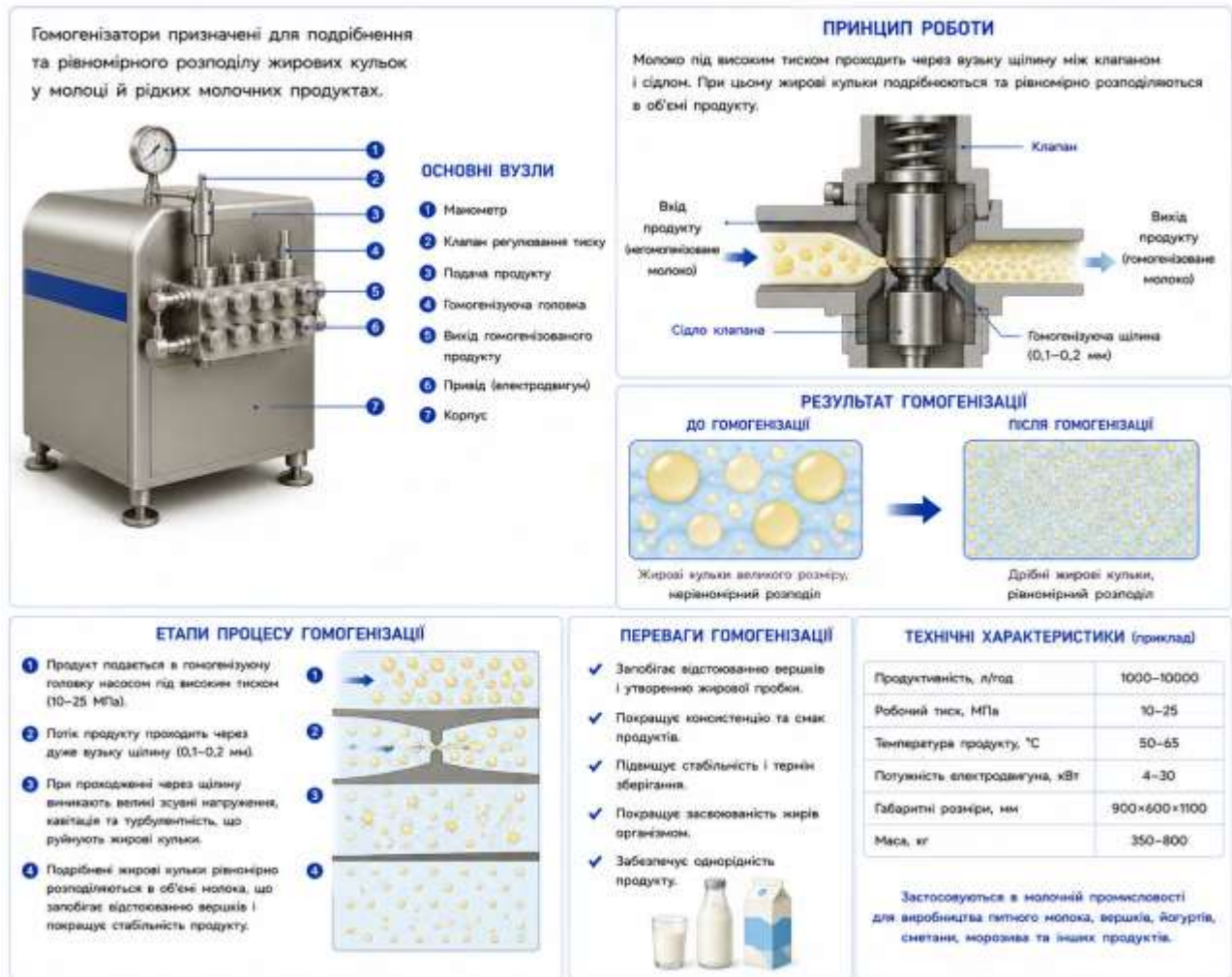


Рис. 9.40. Будова гомогенізатора та схема процесу гомогенізації молока

Гомогенізатори являють собою багатоплунжерні насоси високого тиску, обладнані гомогенізуючою головкою. У таких машинах продукт стискається до високого тиску, після чого проходить через вузькі щілини гомогенізуючої головки та зазнає інтенсивної механічної дії.

Процес гомогенізації відбувається під час проходження продукту з великою швидкістю через гомогенізуючу головку. Основними чинниками руйнування жирових кульок є різке падіння тиску, турбулентні потоки, зсувні деформації та кавітаційні явища, що виникають у зоні гомогенізації.

Гомогенізація забезпечує підвищення якості молока, вершків, морозива, кисломолочних напоїв та інших емульсійних продуктів, покращує їх органолептичні властивості та збільшує термін зберігання.

Для гомогенізації молока, вершків, рідких молочних продуктів і сумішей для морозива широко використовують клапанні гомогенізатори високого тиску. Одним із них є гомогенізатор К5-ОДА-10, який забезпечує подрібнення жирових кульок і рівномірний розподіл жиру в продукті. Принцип його роботи полягає в пропусканні продукту під високим тиском через вузьку щілину гомогенізувального клапана, де жирові кульки руйнуються на дрібніші частинки. У результаті підвищується однорідність продукту, покращується його консистенція та стійкість під час зберігання. Апарат широко застосовується на

підприємствах молочної промисловості завдяки високій ефективності та надійності роботи. Конструкцію та принцип роботи машини наведено на рис. 9.41.

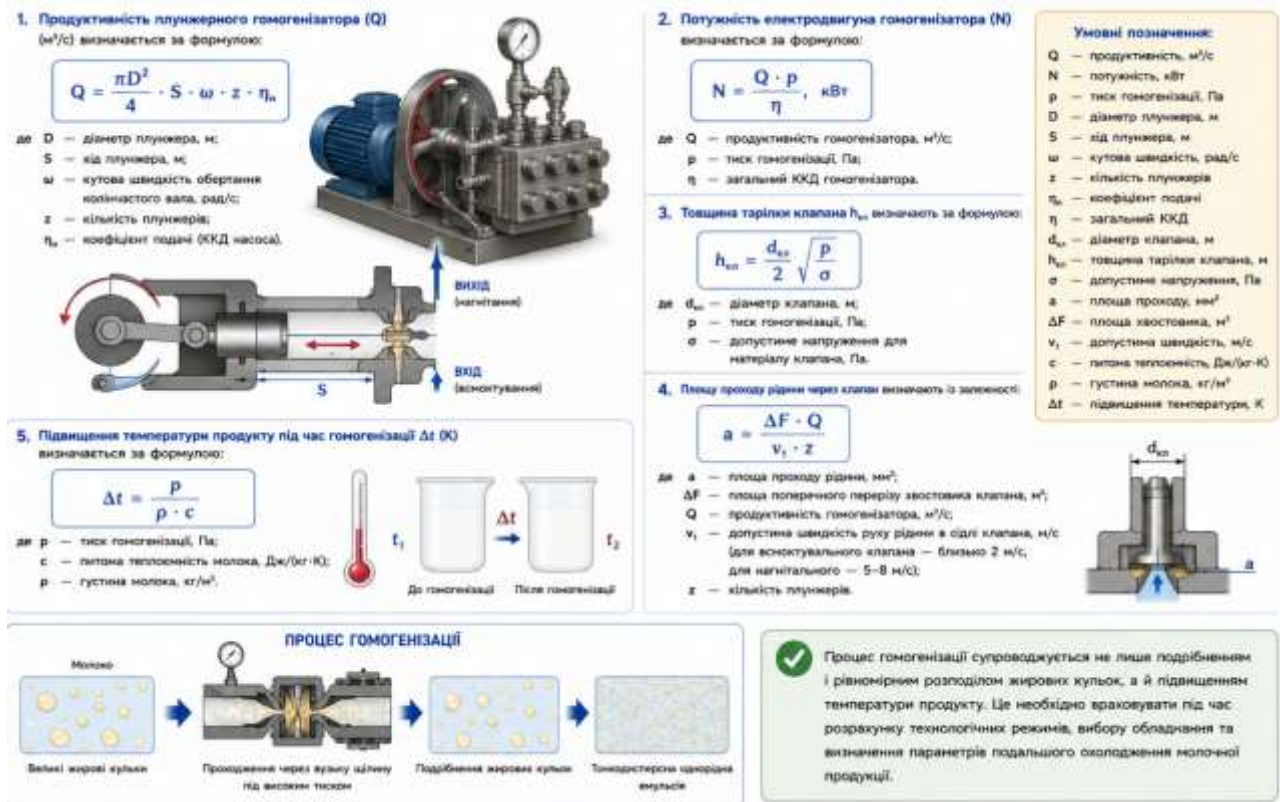


*Рис. 9.41. Гомогенізатор К5-ОДА-10: конструкція, принцип роботи та результати гомогенізації*

Гомогенізатор К5-ОДА-10 працює за принципом продавлювання продукту під високим тиском через вузьку гомогенізаційну щілину. Унаслідок різкого перепаду тиску, інтенсивних зсувних напружень і турбулентних потоків відбувається подрібнення жирових кульок до дрібнодисперсного стану та їх рівномірний розподіл у всьому об'ємі продукту. Це забезпечує підвищення однорідності, стійкості та покращення органолептичних властивостей молока, вершків, кисломолочних продуктів і сумішей для морозива.

Застосування гомогенізації запобігає відстоюванню жиру під час зберігання продукції, сприяє покращенню консистенції та підвищує засвоюваність жирової фази організмом. Завдяки високій ефективності та надійності гомогенізатори типу К5-ОДА-10 широко використовують на підприємствах молочної промисловості для виробництва широкого асортименту молочних продуктів.

Під час проектування та експлуатації плунжерних гомогенізаторів важливе значення мають розрахунки їх основних конструктивних і технологічних параметрів. До них належать продуктивність, потужність привода, параметри клапанів, площа проходу рідини та підвищення температури продукту в процесі гомогенізації. Основні розрахункові залежності наведено на рис. 9.42.



**Рис. 9.42. Розрахунок продуктивності, потужності та конструктивних параметрів плунжерного гомогенізатора**

Наведені на рисунку залежності використовують під час проектування, вибору та експлуатації плунжерних гомогенізаторів. Вони дають змогу визначити основні робочі параметри обладнання, оцінити його продуктивність і енергетичні витрати, а також обґрунтувати конструктивні розміри окремих вузлів. Особливу увагу під час розрахунків приділяють тиску гомогенізації, оскільки він суттєво впливає на ступінь диспергування жирової фази та якість готового продукту.

Для отримання однорідних плодово-овочевих пюре, соків із м'якоттю, соусів та інших пастоподібних продуктів широко застосовують гомогенізатори роторно-статорного типу. Одним із таких апаратів є гомогенізатор РЗ-КІК, який забезпечує тонке подрібнення м'якуша плодів і овочів та надає продукту однорідної консистенції. Принцип його роботи базується на інтенсивній механічній обробці сировини в зазорі між ротором і статором, де продукт піддається багаторазовому впливу зсувних, ударних і турбулентних сил. У результаті великі частинки руйнуються до дрібних розмірів, що забезпечує рівномірний розподіл твердої фази в усьому об'ємі продукту.

Застосування гомогенізатора РЗ-КІК дозволяє підвищити якість готової продукції, покращити її структуру, смакові властивості та зовнішній вигляд. Крім того, гомогенізація сприяє запобіганню розшаруванню продукту під час зберігання та забезпечує стабільність його консистенції. Завдяки високій ефективності та простоті експлуатації такі апарати широко використовуються на підприємствах харчової промисловості для переробки плодово-овочевої

сировини. Конструкцію та принцип роботи гомогенізатора РЗ-КІК наведено на рис. 9.43.



*Рис. 9.43. Загальний вигляд, будова та принцип роботи гомогенізатора РЗ-КІК роторно-статорного типу*

Гомогенізатори цього типу використовують у виробництві соків із м'якоттю, фруктових і овочевих пюре, дитячого харчування, соусів, паст та інших продуктів, для яких необхідно забезпечити однорідну консистенцію та рівномірний розподіл твердих частинок у рідкій фазі.

Основним робочим вузлом гомогенізатора є роторно-пульсаційний апарат, що складається з нерухомих дисків статора та дисків ротора, встановлених на вертикальному валу. Обертання ротора забезпечує багаторазове проходження продукту через робочі зони інтенсивної обробки.

Сировина через вхідний патрубок надходить у робочу камеру, проходить через систему каналів між дисками ротора і статора та після обробки відводиться через вихідний патрубок.

Під час роботи отвори в дисках ротора і статора періодично суміщаються та перекриваються, створюючи пульсації потоку, перепади тиску й кавітаційні явища. Одночасно в зазорах між ротором і статором виникають значні сили зрізу та напруження зсуву. У результаті відбувається тонке подрібнення частинок, руйнування клітинної структури рослинної сировини та утворення однорідної дисперсної маси.

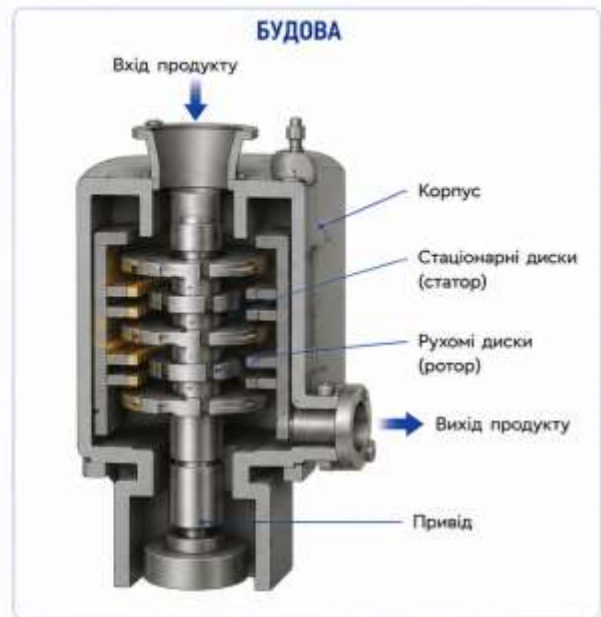
Для тонкого подрібнення та гомогенізації рідких і пастоподібних харчових продуктів застосовують дискові гомогенізатори. У цих машинах обробка продукту здійснюється під час його проходження через вузькі зазори між

рухомими та нерухомими дисками. Конструкцію та принцип роботи дискового гомогенізатора БТ-2 наведено на рис. 9.44.

## ДИСКОВИЙ ГОМОГЕНІЗАТОР БТ-2

Призначений для тонкого подрібнення та гомогенізації харчових продуктів.

### ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД



### ПРИНЦИП РОБОТИ



Рис. 9.44. Дисковий гомогенізатор БТ-2: загальний вигляд, основні вузли та принцип дії

Основним робочим органом гомогенізатора БТ-2 є система дисків ротора і статора, між якими утворюються вузькі робочі зазори. Під час проходження продукту через ці зазори виникають значні напруження зсуву, турбулентні потоки та локальні перепади тиску, що забезпечують інтенсивне подрібнення частинок і рівномірний розподіл компонентів у всьому об'ємі продукту.

Завдяки простоті конструкції, високій ефективності та надійності дискові гомогенізатори широко застосовують для виробництва плодово-ягідних пюре, овочевих паст, соусів, кремів та інших продуктів, до яких висуваються підвищені вимоги щодо однорідності структури та стабільності консистенції.

Застосування дискових гомогенізаторів дає змогу отримувати дрібнодисперсні однорідні системи, покращувати консистенцію харчових продуктів та підвищувати стійкість суспензій і емульсій під час зберігання.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про способи механічного подрібнення та гомогенізації сировини, будову, принцип роботи й технологічні характеристики

подрібнювального та гомогенізаційного обладнання; формувати вміння аналізувати ефективність роботи машин і визначати основні технологічні параметри процесів.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Способи механічного подрібнення сировини.
2. Машини для подрібнення ударом, роздавлюванням і різанням.
3. Будова та принцип роботи вовчків і кутерів.
4. Сутність процесу гомогенізації та його значення у харчових виробництвах.
5. Плунжерні, дискові та роторно-пульсаційні гомогенізатори.
6. Основні технологічні параметри подрібнювального та гомогенізаційного обладнання.

### Блок А. Теоретико-аналітичний

1. Пояснити сутність процесів подрібнення та гомогенізації.
2. Охарактеризувати основні способи подрібнення харчової сировини.
3. Пояснити будову та принцип роботи вовчка.
4. Охарактеризувати конструкцію та роботу кутера.
5. Порівняти процеси подрібнення у вовчку та кутері.
6. Пояснити фізико-механічну сутність процесу гомогенізації.
7. Охарактеризувати будову плунжерного гомогенізатора.
8. Порівняти принцип роботи плунжерних, дискових і роторно-пульсаційних гомогенізаторів.
9. Визначити фактори, що впливають на ефективність подрібнення та гомогенізації.

### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Під час роботи вовчка спостерігається нерівномірне подрібнення продукту. Визначити можливі причини.
2. Під час роботи кутера відбувається перегрівання фаршу. Які параметри необхідно перевірити?
3. У гомогенізаторі знизився ступінь диспергування жирових кульок. Які вузли можуть бути несправними?
4. Під час роботи гомогенізатора виникають коливання тиску. Які причини можуть це спричиняти?
5. Обґрунтувати вибір обладнання для подрібнення овочевої, м'ясної та молочної сировини.

### Блок В. Розрахункові завдання

Завдання 1. Визначити продуктивність бурякорізки:

$$G = k \cdot L \cdot n \cdot a \cdot v \cdot \rho,$$

де  $k=0,88$ ;  $L=0,12$  м;  $n=20$ ;  $a=0,004$  м;  $v=2,5$  м/с;  $\rho=650$  кг/м<sup>3</sup>.

Завдання 2. Визначити продуктивність плунжерного гомогенізатора:

$$P = 0,25 D^2 S \omega z \eta_n,$$

де  $D=0,05$  м;  $S=0,06$  м;  $\omega=25$  рад/с;  $z=3$ ;  $\eta_n=0,9$ .

Завдання 3. Порівняти отримані результати та зробити висновок щодо впливу конструктивних параметрів машин на їх продуктивність.

## САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Подрібнення в харчовій промисловості застосовують для:
    - а) підготовки сировини до подальшої обробки; б) підвищення швидкості тепло- і масообміну; в) забезпечення однорідності продукту; г) покращення органолептичних властивостей.
  2. До основних способів подрібнення належать:
    - а) роздавлювання; б) розколювання; в) різання; г) стирання; д) ударне подрібнення.
  3. Для отримання шматочків правильної форми та гладкої поверхні використовують:
    - а) дробарки; б) різальні машини; в) млини.
  4. Для тонкого подрібнення та отримання пюре, паст і соків з м'якоттю застосовують:
    - а) вовчки; б) дробарки; в) гомогенізатори; г) кутери.
  5. При подрібненні енергія витрачається на:
    - а) об'ємну деформацію матеріалу; б) утворення нової поверхні; в) виділення тепла; г) транспортування готового продукту.
  6. Подрібнення у відкритому циклі характеризується тим, що:
    - а) матеріал проходить через машину один раз; б) після дроблення встановлюють класифікатор; в) переважно здійснюють велике та середнє подрібнення.
  7. Подрібнення у замкнутому циклі передбачає:
    - а) використання класифікуючого пристрою; б) повернення великих частинок на повторне подрібнення; в) отримання більш однорідного продукту; г) одноразове проходження матеріалу через машину.
  8. Вовчки призначені для:
    - а) середнього подрібнення м'ясної сировини; б) дрібного подрібнення м'ясної сировини; в) змішування та посолу; г) наповнення ковбасних оболонок.
  9. Кутери використовують для:
    - а) тонкого подрібнення м'ясної сировини; б) отримання однорідної гомогенної маси; в) обробки лише зернових культур.
  10. За міцністю матеріали поділяють на:
    - а) м'які; б) середньої міцності; в) тверді; г) пластичні; д) крихкі.
- Ключ до тесту: 1 – а, б, в, г; 2 – а, б, в, г, д; 3 – б; 4 – в; 5 – а, б, в; 6 – а, в; 7 – а, б, в; 8 – а, б, в, г; 9 – а, б; 10 – а, б, в.

## БЛОК 10 МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про теоретичні основи процесу перемішування, класифікацію змішувального обладнання, будову, принцип роботи та особливості експлуатації машин для перемішування рідких, сипких і пластичних матеріалів; розвивати вміння аналізувати технологічні процеси перемішування, оцінювати ефективність роботи змішувального обладнання, обґрунтовувати вибір машин залежно від фізико-механічних властивостей матеріалів та умов виробництва; виховувати відповідальне ставлення до дотримання технологічних режимів, вимог безпеки праці та санітарно-гігієнічних норм, а також прагнення до професійного саморозвитку і вдосконалення фахових компетентностей.

### План

1. Сутність процесу перемішування та класифікація змішувального обладнання.
2. Машини та обладнання для перемішування рідких матеріалів.
3. Машини та обладнання для перемішування сипких матеріалів.
4. Машини та обладнання для перемішування пластичних мас.

***Мотивація.** Процес перемішування є невід’ємною складовою більшості технологічних процесів на переробних підприємствах. Саме від якості перемішування залежить однорідність сумішей, стабільність структури продукту, інтенсивність тепло- і масообмінних процесів та якість готової продукції. Знання будови, принципів роботи та особливостей використання змішувального обладнання дає змогу майбутньому педагогу професійного навчання не лише орієнтуватися в сучасних технологіях переробних виробництв, а й ефективно здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та харчової галузей.*

### **1. Сутність процесу перемішування та класифікація змішувального обладнання**

Перемішування речовин одного або різних агрегатних станів широко застосовується для отримання гомогенних розчинів (рідина–рідина, газ–рідина, тверді речовини в рідинах), гетерогенних сумішей, емульсій, суспензій, а також для змішування сипучих матеріалів. Крім того, процес перемішування використовують для інтенсифікації тепло- і масообмінних процесів, прискорення хімічних реакцій, вирівнювання температури, концентрації та інших фізико-хімічних параметрів у всьому об’ємі середовища.

Перемішування є одним із найважливіших процесів у харчовій, хімічній, фармацевтичній та сільськогосподарській промисловості, оскільки від його

ефективності значною мірою залежать однорідність продукту, стабільність сумішей і якість готової продукції.

Ефективність роботи змішувального обладнання оцінюють за показниками якості перемішування та енергетичними характеристиками процесу. Для цього використовують коефіцієнт варіації, критерії подібності та розрахункові залежності, які дають змогу визначити режим руху рідини і витрати енергії під час перемішування. Основні розрахункові залежності наведено на рис. 10.1.

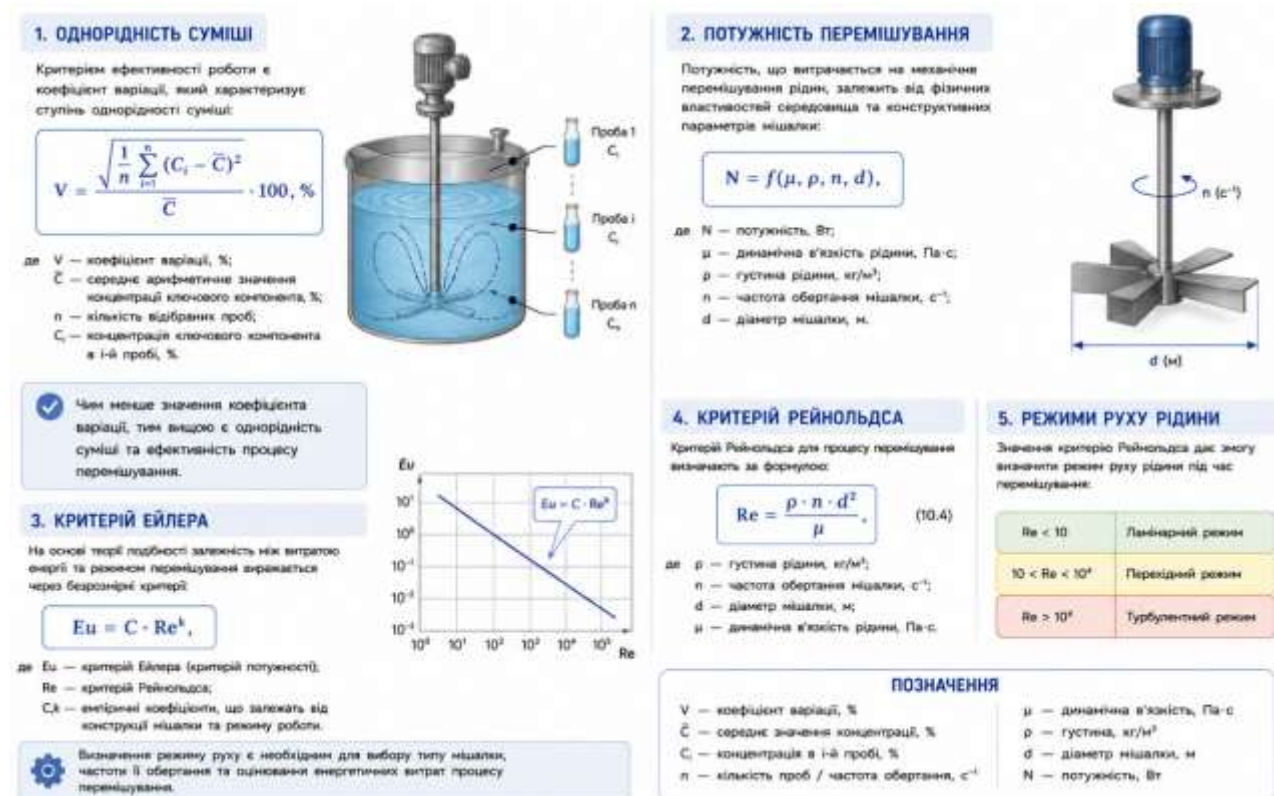


Рис. 10.1. Критерії оцінювання однорідності суміші, енергетичних витрат і режимів перемішування

Наведені залежності дають змогу оцінити якість перемішування, визначити режим руху рідини та розрахувати енергетичні витрати процесу. Особливе значення має коефіцієнт варіації, який характеризує ступінь однорідності суміші: чим менше його значення, тим вища якість перемішування. Для аналізу гідродинамічних умов процесу використовують критерій Рейнольдса, за значенням якого визначають ламінарний, перехідний або турбулентний режим руху рідини.

Знання режиму перемішування є необхідним для правильного вибору типу мішалки, частоти її обертання та оцінювання потужності привода. Використання критеріїв подібності дає можливість узагальнювати результати досліджень і застосовувати їх під час проектування та експлуатації змішувального обладнання різної продуктивності.

За способом організації технологічного процесу змішувачі поділяють на машини періодичної та безперервної дії. Кожен із цих типів має свої

конструктивні особливості, переваги та сфери застосування. Порівняльну характеристику змішувачів періодичної та безперервної дії наведено на рис. 10.2.



*Рис. 10.2. Змішувачі періодичної та безперервної дії*

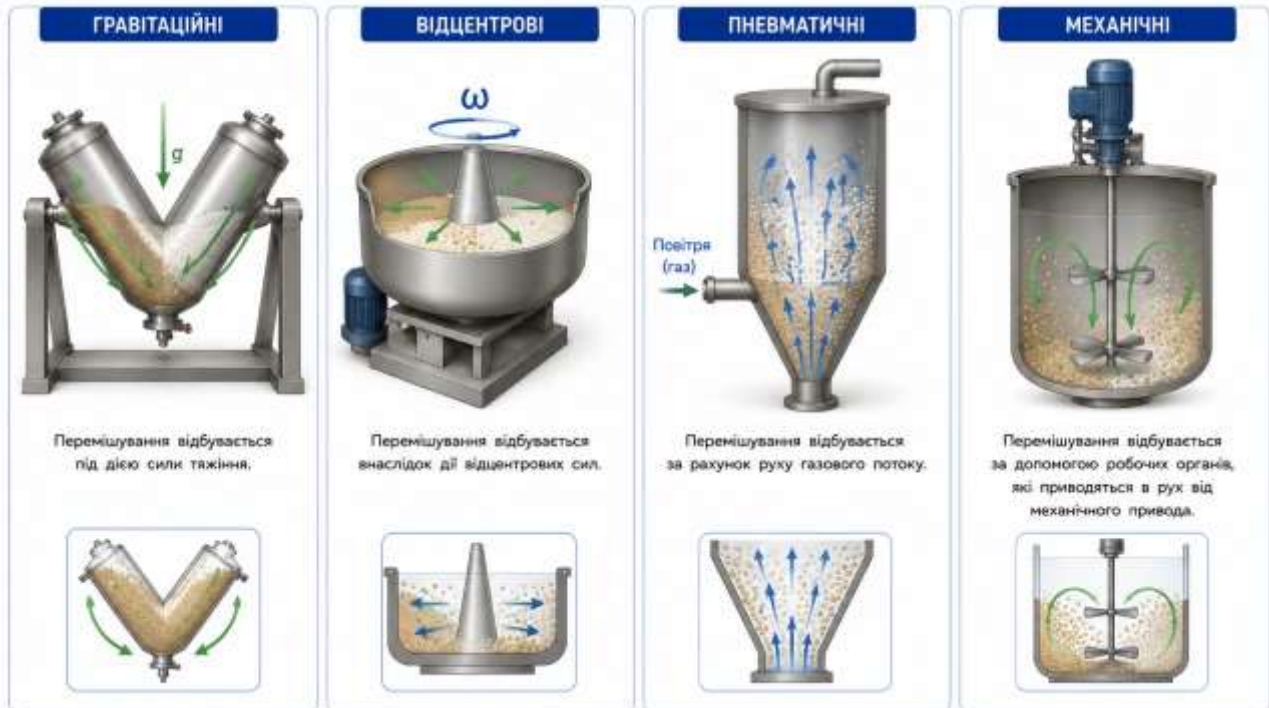
Змішувачі періодичної дії працюють циклічно, тобто процес змішування складається з окремих послідовних операцій: завантаження компонентів, їх перемішування протягом заданого часу та розвантаження готової суміші. Такий принцип роботи дозволяє ретельно контролювати склад суміші на кожному етапі технологічного процесу. Змішувачі цього типу забезпечують високу точність дозування компонентів і суворе дотримання рецептури, що особливо важливо під час виробництва харчових продуктів зі складним складом, де навіть незначні відхилення можуть впливати на якість готової продукції. Крім того, вони дають можливість легко змінювати рецептури та виготовляти різні види продукції на одному обладнанні.

Змішувачі безперервної дії характеризуються постійним надходженням вихідних компонентів у робочу зону та безперервним виведенням готової суміші. Завдяки цьому забезпечуються висока продуктивність обладнання, рівномірність процесу змішування та ефективне використання виробничих потужностей. Такі машини широко застосовуються на великих підприємствах харчової промисловості, де необхідно переробляти значні обсяги сировини. Важливою перевагою змішувачів безперервної дії є можливість інтеграції в автоматизовані виробничі лінії, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та зменшенню витрат праці.

Вибір типу змішувача залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів, обсягів виробництва, особливостей технологічного процесу та вимог до якості готової продукції. Для забезпечення необхідної однорідності суміші важливе значення мають як конструкція обладнання, так і спосіб створення перемішувального впливу на матеріал.

За характером сил, що забезпечують перемішування компонентів, змішувачі поділяють на гравітаційні, відцентрові, пневматичні та механічні. У гравітаційних змішувачах перемішування відбувається під дією сили тяжіння під

час переміщення матеріалу в обертовій ємності. Відцентрові змішувачі використовують сили інерції та відцентрові сили, які виникають при обертанні робочих органів. У пневматичних змішувачах компоненти перемішуються потоками повітря або інших газів, тоді як у механічних змішувачах цей процес здійснюється за допомогою лопатей, шнеків, рам або інших робочих органів. Кожен тип змішувачів має свої конструктивні особливості, переваги та сферу застосування залежно від властивостей матеріалу і вимог до технологічного процесу. Основні типи змішувачів за характером прикладених сил наведено на рис. 10.3.



**Рис. 10.3. Гравітаційні, відцентрові, пневматичні та механічні змішувачі**

Гравітаційні змішувачі забезпечують перемішування компонентів завдяки їх вільному переміщенню під дією сили тяжіння. Відцентрові змішувачі використовують відцентрові сили, що виникають під час обертання робочих органів або корпусу машини. У пневматичних змішувачах перемішування здійснюється потоками повітря або іншого газу, а в механічних — за допомогою мішалок, лопатей, шнеків та інших робочих органів, які приводяться в рух механічним приводом.

Найбільшого поширення в харчовій і переробній промисловості набули механічні змішувачі, які забезпечують високу інтенсивність перемішування, універсальність застосування та можливість отримання сумішей із заданим ступенем однорідності. Вибір типу змішувача визначається фізико-механічними властивостями матеріалів, продуктивністю обладнання та вимогами до якості готової продукції.

За механізмом перемішування змішувачі поділяють на циркуляційні, об'ємного та дифузійного змішування. Кожен із цих способів забезпечує отримання однорідної суміші завдяки різним механізмам переміщення та взаємодії частинок матеріалу. У циркуляційних змішувачах однорідність

досягається за рахунок багаторазового переміщення матеріалу замкненими потоками в робочому об'ємі. Змішувачі об'ємного змішування забезпечують перерозподіл значних мас матеріалу шляхом їх механічного переміщення робочими органами. Дифузійне змішування відбувається внаслідок хаотичного переміщення окремих частинок та їх взаємного проникнення, що особливо характерно для сипких матеріалів. На практиці нерідко одночасно реалізується декілька механізмів змішування, що підвищує ефективність процесу та якість готової суміші. Основні типи змішувачів за механізмом перемішування наведено на рис. 10.4.



*Рис. 10.4. Основні механізми перемішування в змішувальному обладнанні*

У циркуляційних змішувачах однорідність суміші досягається завдяки багаторазовому переміщенню матеріалу по замкнених траєкторіях у робочому об'ємі. При об'ємному змішуванні окремі порції матеріалу переміщуються значними об'ємами, що забезпечує швидке вирівнювання складу суміші.

Дифузійне змішування відбувається внаслідок хаотичного руху та взаємного проникнення частинок компонентів. Цей механізм особливо важливий на завершальній стадії процесу, коли необхідно досягти високого ступеня однорідності суміші та рівномірного розподілу всіх її складових. Ефективність дифузійного змішування залежить від розміру частинок, їх фізичних властивостей, тривалості процесу та інтенсивності перемішування. На практиці в більшості змішувачів одночасно реалізуються декілька механізмів перемішування, що забезпечує підвищення ефективності процесу, скорочення часу обробки та покращення якості готового продукту. Поєднання різних механізмів дозволяє отримувати суміші з високим рівнем однорідності навіть за значної відмінності властивостей окремих компонентів.

Важливою ознакою класифікації змішувачів є конструкція їхніх робочих органів, від якої залежать інтенсивність перемішування, продуктивність обладнання, енерговитрати та якість готової суміші. Конструктивні особливості робочих органів визначають характер руху матеріалу в робочій камері та

ефективність взаємодії між окремими компонентами суміші. Залежно від конструкції робочих органів розрізняють барабанні, шнекові, стрічкові, лопатеві, турбінні та пропелерні змішувачі. Кожен із цих типів має свої переваги та застосовується для обробки певних видів сировини з урахуванням її фізико-механічних властивостей і вимог технологічного процесу. Основні типи таких змішувачів наведено на рис. 10.5.



*Рис. 10.5. Основні типи змішувачів за конструкцією робочих органів*

Конструкція робочого органу визначає характер руху матеріалу в робочому об'ємі змішувача та ефективність процесу перемішування. Барабанні змішувачі забезпечують перемішування за рахунок перекидання матеріалу під час обертання барабана. У шнекових і стрічкових змішувачах компоненти переміщуються вздовж робочої камери, що забезпечує інтенсивне змішування сипких матеріалів.

Лопатеві, турбінні та пропелерні змішувачі найчастіше застосовують для перемішування рідин, суспензій і пастоподібних продуктів. Вибір типу робочого органу залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, необхідного ступеня однорідності суміші та особливостей технологічного процесу. Це дає змогу забезпечити високу якість готового продукту за мінімальних витрат енергії.

За способом керування розрізняють змішувачі з ручним, автоматичним і програмним керуванням. Змішувачі з ручним керуванням характеризуються простотою конструкції та використовуються переважно на невеликих виробництвах. Автоматичні та програмно-керовані системи забезпечують підтримання заданих параметрів роботи без постійного втручання оператора, що сприяє підвищенню стабільності технологічного процесу. Використання сучасних автоматизованих систем керування дає змогу підвищити точність дотримання технологічних режимів, оптимізувати витрати сировини та енергії, а також зменшити вплив людського фактора на якість готової продукції. Крім

того, автоматизація сприяє підвищенню продуктивності обладнання та полегшує контроль за перебігом технологічного процесу.

Вибір змішувального обладнання значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей продукту, що підлягає обробці. Для різних за консистенцією, вологістю, сипкістю та структурою матеріалів застосовують спеціалізовані змішувачі, конструкція яких забезпечує необхідну інтенсивність перемішування та якість готової суміші. Так, для рідких продуктів використовують апарати з мішалками різних типів, для сипких матеріалів — барабанні, шнекові або стрічкові змішувачі, а для в'язких мас — обладнання з потужними лопатевими чи планетарними робочими органами. Правильний вибір конструкції змішувача забезпечує ефективне перемішування компонентів, отримання однорідної суміші та економічно доцільне ведення технологічного процесу. Класифікацію обладнання для перемішування за фізико-механічними властивостями продукту наведено на рис. 10.6.



**Рис. 10.6. Класифікація обладнання для перемішування за фізико-механічними властивостями продукту**

Для перемішування рідких харчових продуктів застосовують переважно пропелерні, турбінні та рамні мішалки, які забезпечують інтенсивну циркуляцію рідини. Пластичні продукти перемішують за допомогою спіральних, лопатевих і планетарних змішувачів, здатних працювати з в'язкими масами та створювати значні зусилля перемішування.

Для сипких матеріалів використовують барабанні, шнекові та стрічкові змішувачі, які забезпечують рівномірний розподіл компонентів без їх пошкодження. Під час виробництва кремів, мусів та інших пінних продуктів застосовують збивальні машини та спеціальні мішалки, що забезпечують насичення продукту повітрям і формування стійкої пінної структури. Правильний вибір обладнання є важливою умовою отримання продукції високої якості та стабільних технологічних показників.

Ефективність процесу перемішування значною мірою залежить від конструкції робочого органу, геометричних параметрів апарата, наявності напрямних перегородок, тривалості процесу, температури середовища та фізико-хімічних властивостей компонентів, що змішуються.

Правильний вибір типу змішувача та режимів його роботи забезпечує високу однорідність суміші, зменшення питомих енерговитрат, підвищення продуктивності обладнання та покращення якості готової продукції.

Перемішування є складним багатофакторним технологічним процесом, ефективність якого визначається як властивостями оброблюваного середовища, так і конструктивними особливостями змішувального обладнання. Основними робочими органами змішувачів для рідких середовищ є мішалки різних конструкцій. Найбільшого поширення набули лопатеві, пропелерні, турбінні та якірні мішалки, вибір яких залежить від в'язкості середовища, необхідної інтенсивності перемішування та особливостей технологічного процесу.

## 2. Машини та обладнання для перемішування рідких матеріалів

Для перемішування рідких харчових продуктів використовують різні способи, вибір яких залежить від фізичних властивостей середовища, інтенсивності процесу та технологічних вимог. Найбільш поширеними є механічне, турбулізаційне та барботажне перемішування. Основні способи перемішування рідких продуктів наведено на рис. 10.7.



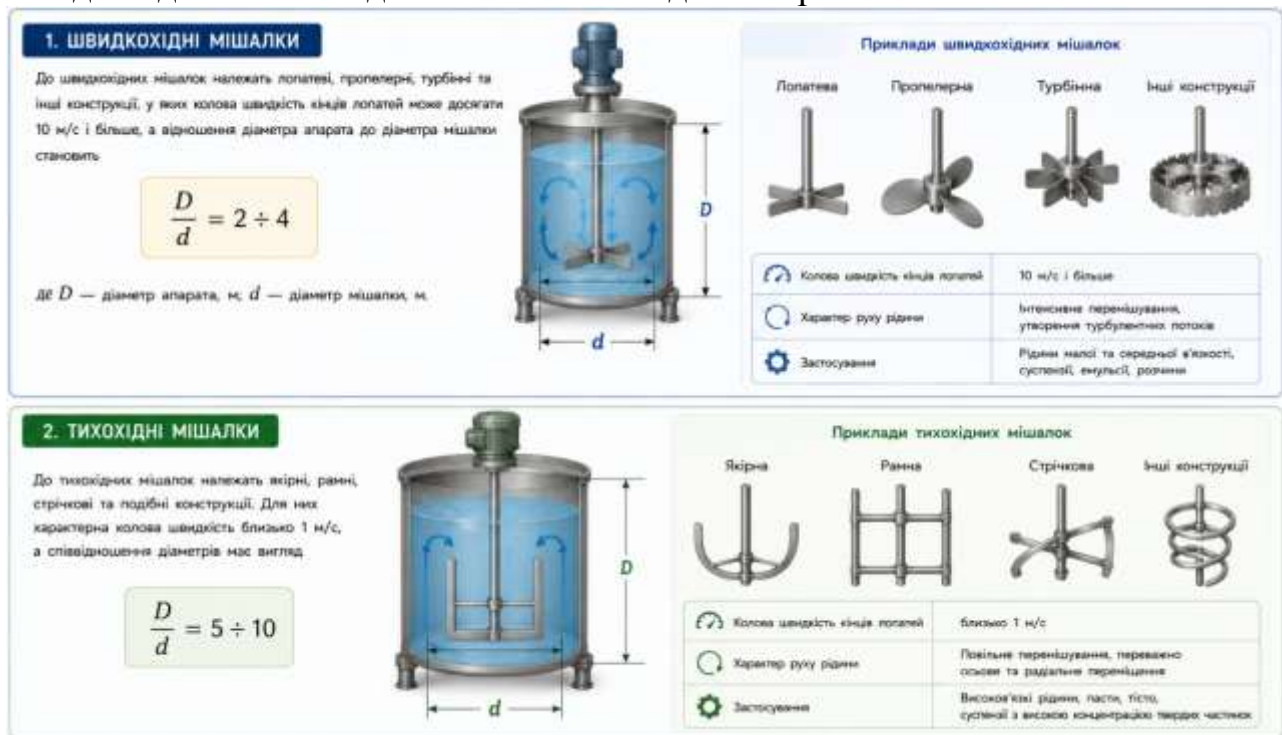
Рис. 10.7. Способи перемішування рідких харчових продуктів та приклади їх реалізації

Механічне перемішування здійснюється за допомогою мішалок різної конструкції та є найбільш універсальним способом обробки рідких продуктів. Турбулізаційне перемішування ґрунтується на створенні інтенсивних завихрень потоку за допомогою спеціальних пристроїв, установлених у трубопроводах або апаратах. Барботажне перемішування відбувається внаслідок пропускання через рідину газу або пари, що забезпечує додаткову циркуляцію середовища.

Вибір способу перемішування залежить від в'язкості продукту, необхідної інтенсивності процесу, енергетичних витрат і технологічних вимог до якості готової продукції. У багатьох випадках для підвищення ефективності застосовують комбіноване використання декількох способів перемішування.

Призначення перемішувальних пристроїв полягає у забезпеченні рівномірного розподілу компонентів у всьому об'ємі середовища, а також в інтенсифікації процесів розчинення, тепло- і масообміну та хімічних реакцій.

Однією з важливих ознак класифікації мішалок є швидкість обертання їхніх робочих органів. Залежно від цього показника мішалки поділяють на швидкохідні та тихохідні. Кожна група має свої конструктивні особливості, характер руху рідини та сферу застосування. Порівняльну характеристику швидкохідних і тихохідних мішалок наведено на рис. 10.8.



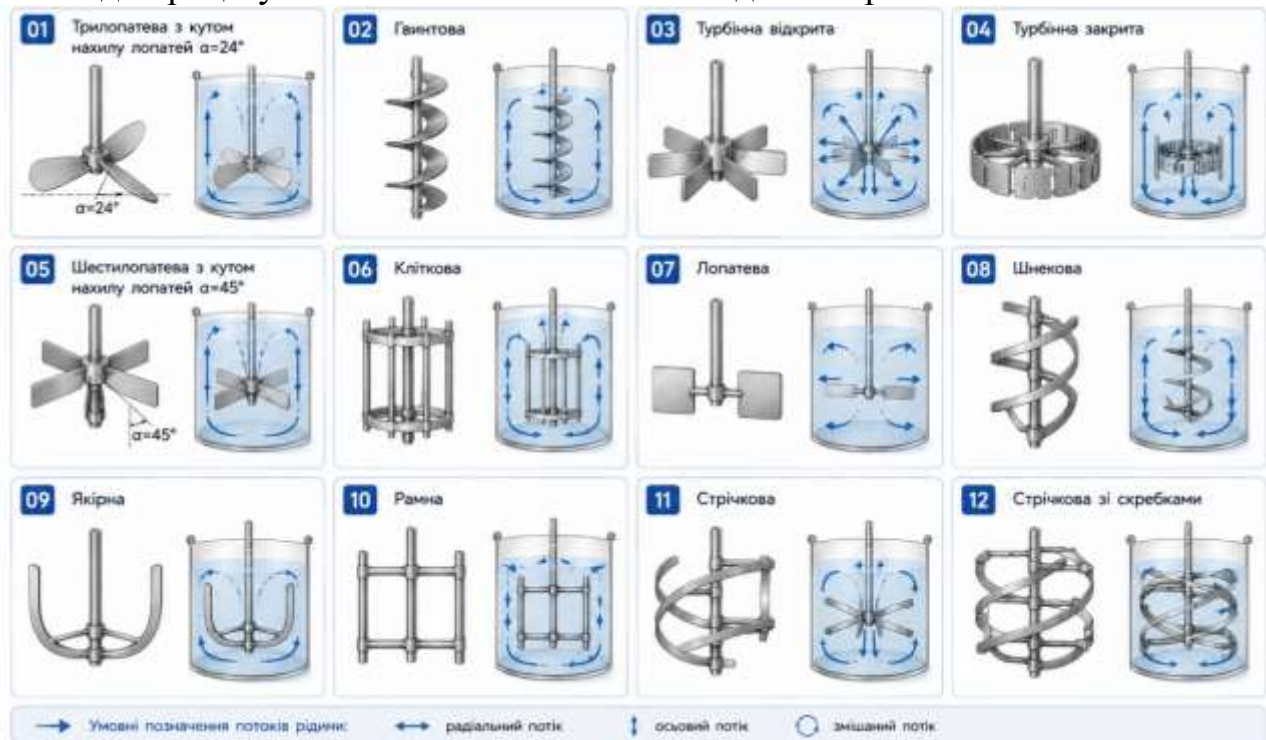
**Рис. 10.8. Класифікація мішалок за швидкістю обертання**

Швидкохідні мішалки створюють інтенсивні турбулентні потоки та забезпечують високу ефективність перемішування рідин малої і середньої в'язкості. До них належать лопатеві, пропелерні та турбінні мішалки, які широко використовують для приготування розчинів, емульсій і суспензій.

Тихохідні мішалки застосовують для перемішування високов'язких рідин, пастоподібних продуктів і мас із підвищеним вмістом твердих частинок. До цієї групи належать якірні, рамні та стрічкові мішалки. Вони забезпечують рівномірне переміщення продукту в робочому об'ємі без надмірного піноутворення та механічного руйнування структури матеріалу. Вибір типу мішалки визначається фізико-механічними властивостями продукту, необхідною інтенсивністю перемішування та технологічними вимогами виробництва.

У харчовій та переробній промисловості застосовують мішалки різної конструкції, які відрізняються формою робочих органів, характером створюваних потоків та сферою використання. Вибір типу мішалки залежить від

в'язкості середовища, необхідної інтенсивності перемішування та технологічних вимог до процесу. Основні типи мішалок наведено на рис. 10.9.



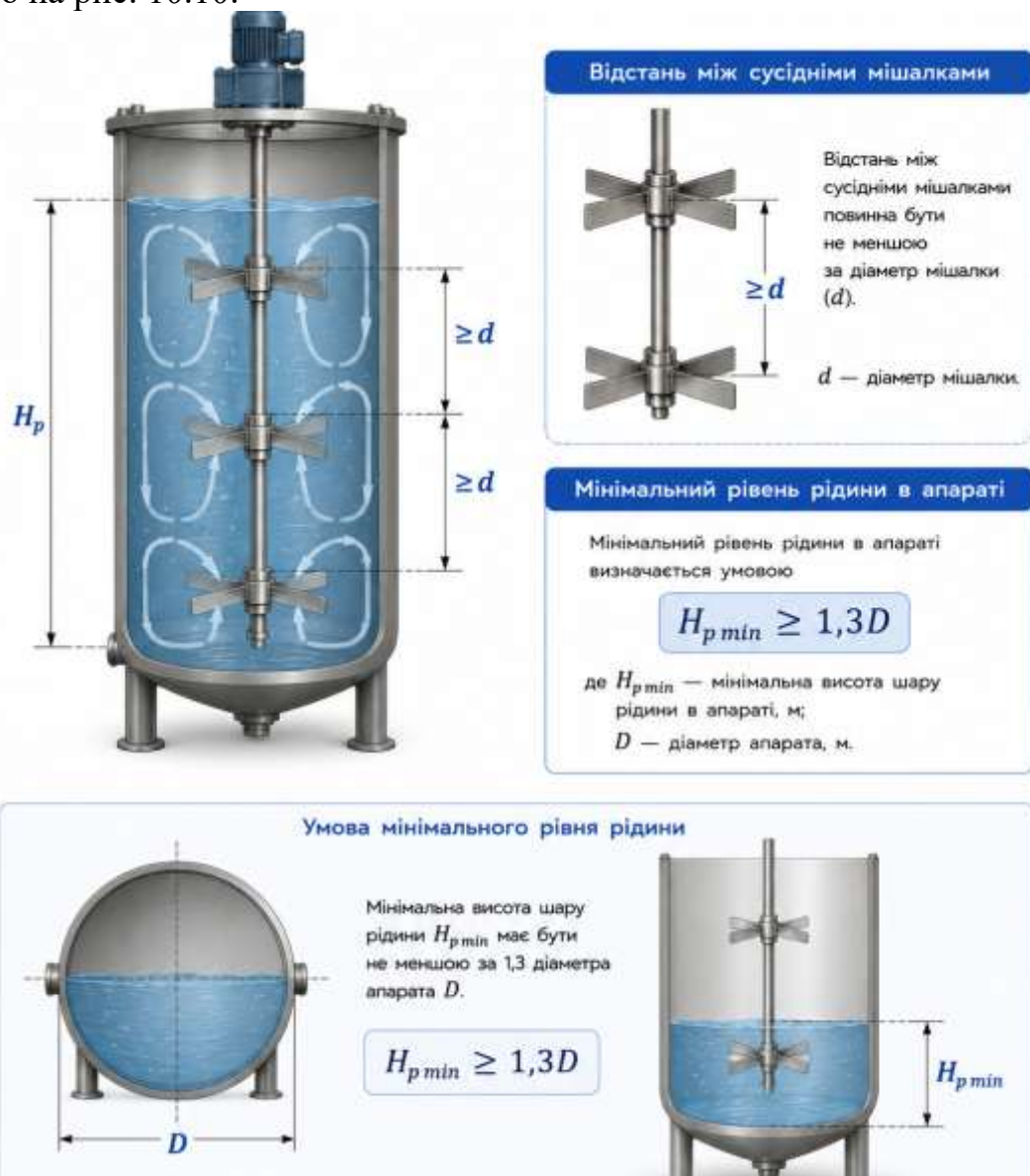
*Рис. 10.9. Основні типи мішалок, що використовуються для перемішування рідких і в'язких середовищ*

Конструкція мішалки визначає характер руху рідини в апараті та ефективність процесу перемішування. Пропелерні, гвинтові та турбінні мішалки створюють інтенсивні осьові й радіальні потоки та застосовуються переважно для рідин малої і середньої в'язкості. Лопатеві та кліткові мішалки забезпечують ефективне перемішування суспензій і емульсій.

Якірні, рамні, стрічкові та шнекові мішалки використовують для обробки високов'язких продуктів, паст, концентрованих суспензій та інших матеріалів, які характеризуються значним опором перемішуванню. Такі мішалки забезпечують інтенсивне переміщення продукту по всьому об'єму апарата та запобігають утворенню застійних зон. Якірні та рамні мішалки особливо ефективні під час роботи з в'язкими масами, оскільки їхні робочі органи розташовані поблизу стінок апарата і сприяють постійному оновленню приграничного шару продукту. Стрічкові мішалки зі скребками додатково очищують стінки апарата від налипання продукту, що покращує тепло- і масообмін та запобігає локальному перегріванню оброблюваної маси. Шнекові мішалки, у свою чергу, забезпечують одночасне переміщення продукту в осьовому та радіальному напрямках, підвищуючи рівномірність змішування. Правильний вибір типу мішалки забезпечує необхідну однорідність суміші, знижує енерговитрати, скорочує тривалість технологічного процесу та підвищує ефективність роботи обладнання.

Під час проєктування змішувальних апаратів важливе значення мають правильний вибір кількості мішалок, їх розташування на валу та визначення мінімального рівня рідини в апараті. Ці параметри безпосередньо впливають на

характер циркуляції продукту, інтенсивність перемішування та рівномірність розподілу компонентів у всьому робочому об'ємі. У високих апаратах часто встановлюють декілька мішалок на одному валу, що дозволяє забезпечити ефективне перемішування по всій висоті ємності та уникнути утворення зон зі зниженою швидкістю руху продукту. Важливим фактором також є дотримання оптимального рівня занурення мішалки, оскільки недостатній рівень рідини може призвести до зниження ефективності роботи та порушення технологічного режиму. Основні рекомендації щодо встановлення мішалок у високих апаратах наведено на рис. 10.10.



**Рис. 10.10.** Схема встановлення кількох мішалок у високих апаратах та визначення мінімального рівня рідини

У високих змішувальних апаратах для забезпечення рівномірної циркуляції продукту по всій висоті встановлюють дві або більше мішалок на одному валу. Відстань між сусідніми мішалками повинна бути не меншою за діаметр мішалки, що дає змогу уникнути взаємного впливу створюваних ними потоків та забезпечити ефективне перемішування всього об'єму рідини.

Важливим параметром є також мінімальний рівень заповнення апарата. Якщо висота шару рідини менша за рекомендовану, робочий орган не забезпечує належної циркуляції середовища, що призводить до погіршення якості перемішування. Дотримання наведених конструктивних вимог дає змогу підвищити ефективність роботи змішувального обладнання та зменшити енергетичні витрати процесу.

Турбінні мішалки застосовують для інтенсивного перемішування рідин, швидкого приготування суспензій, розчинення твердих речовин, диспергування нерозчинних компонентів та одержання емульсій. Вони забезпечують високу інтенсивність циркуляції рідини та ефективний тепло- і масообмін.

Серед швидкохідних мішалок широке застосування мають відкриті турбінні мішалки, які забезпечують інтенсивне перемішування рідин, емульсій і суспензій. Робочим органом такої мішалки є диск із радіально розташованими плоскими лопатками, що створюють потужні радіальні та осьові потоки рідини. Конструкцію відкритої турбінної мішалки та її основні геометричні співвідношення наведено на рис. 10.11.



**Рис. 10.11. Будова відкритої турбінної мішалки**

Відкриті турбінні мішалки характеризуються високою інтенсивністю перемішування та здатністю створювати значні радіальні потоки рідини. Завдяки цьому вони забезпечують ефективне диспергування, емульгування та перемішування рідин із твердими частинками або газовою фазою.

Геометричні співвідношення між діаметром турбінки, розмірами диска та лопатей суттєво впливають на гідродинамічний режим роботи апарата, споживану потужність і якість перемішування. Дотримання рекомендованих конструктивних параметрів дає змогу забезпечити високу ефективність процесу за раціональних енергетичних витрат.

Пропелерні мішалки належать до швидкохідних мішалок і широко застосовуються для перемішування рідин малої та середньої в'язкості, емульсій, суспензій і розчинів. Робочим органом таких мішалок є пропелер із двома, трьома або чотирма лопатями, встановленими під певним кутом до площини обертання. Конструкцію та принцип роботи пропелерної мішалки наведено на рис. 10.12.

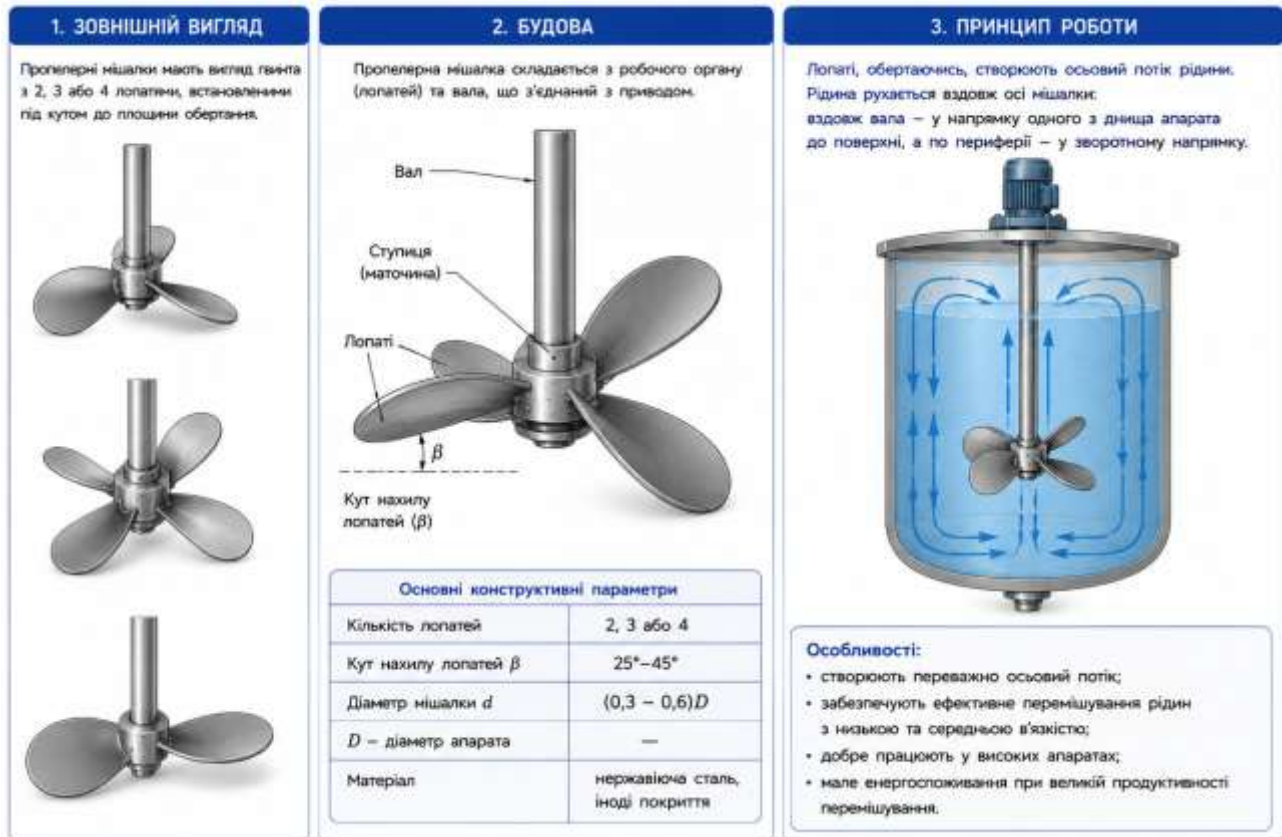


Рис. 10.12. Пропелерна мішалка: загальний вигляд, основні елементи та принцип дії

Пропелерні мішалки створюють переважно осьовий потік рідини, що забезпечує інтенсивну циркуляцію середовища по всьому об'єму апарата. Завдяки високій швидкості обертання вони ефективно перемішують рідини малої та середньої в'язкості, сприяють диспергуванню газів і підтриманню твердих частинок у завислому стані.

Перевагами пропелерних мішалок є простота конструкції, висока продуктивність та порівняно невеликі енерговитрати. Вони широко використовуються в харчовій, хімічній та біотехнологічній промисловості для приготування розчинів, емульсій, суспензій, а також у процесах ферментації, аерації та теплообміну.

Для перемішування високов'язких рідин, пастоподібних продуктів і концентрованих суспензій використовують тихохідні мішалки. До них належать якірні, рамні та стрічкові конструкції, які забезпечують інтенсивне переміщення продукту при невеликих швидкостях обертання. Основні типи тихохідних мішалок наведено на рис. 10.13.



*Рис. 10.13. Конструкція та особливості роботи тихохідних мішалок*

Тихохідні мішалки працюють при невеликих частотах обертання та призначені переважно для перемішування високов'язких середовищ, пастоподібних продуктів і концентрованих суспензій. Завдяки невисокій швидкості обертання вони забезпечують рівномірне перемішування без надмірного механічного впливу на продукт. Якірні мішалки забезпечують переміщення продукту поблизу стінок апарата, покращуючи теплообмін і запобігаючи пригоранню або налипанню матеріалу на поверхню ємності. Рамні мішалки створюють циркуляцію по всьому об'єму апарата та застосовуються для густих і пастоподібних матеріалів, забезпечуючи їх рівномірний розподіл. Такі мішалки широко використовуються в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості, де необхідно обробляти продукти з підвищеною в'язкістю та зберігати їх структурні властивості.

Стрічкові мішалки забезпечують одночасне осьове і радіальне переміщення продукту, що підвищує ефективність перемішування в'язких мас. Завдяки низькій швидкості обертання такі мішалки працюють без значного піноутворення та не руйнують структуру продукту, тому широко використовуються у харчовій, хімічній і фармацевтичній промисловості.

Основними перевагами тихохідних мішалок є можливість роботи з високов'язкими середовищами, рівномірний розподіл компонентів і зменшення небезпеки механічного руйнування структури продукту.

Для здійснення процесів перемішування, нагрівання, охолодження та проведення фізико-хімічних перетворень у харчовій промисловості широко застосовують реактори зі змішувальними пристроями. Такі апарати забезпечують інтенсивне перемішування продукту, підтримання необхідних температурних режимів та створення оптимальних умов для перебігу технологічних процесів. Завдяки поєднанню змішувальних і теплообмінних функцій реактори дозволяють ефективно проводити різноманітні технологічні операції, зокрема приготування емульсій, суспензій, сиропів, соусів, кисломолочних і кондитерських продуктів. Використання змішувальних

пристроїв сприяє рівномірному розподілу компонентів по всьому об'єму апарата та підвищує якість готової продукції. Найбільш поширеними є реактори типів МЗС-210 і МЗС-316, конструкцію яких наведено на рис. 10.14.



Рис. 10.14. Реактори зі змішувальними пристроями МЗС-210 та МЗС-316

Реактори типів МЗС-210 і МЗС-316 являють собою вертикальні апарати, оснащені механічними мішалками та теплообмінними сорочками. Таке конструктивне виконання забезпечує одночасне перемішування продукту та його нагрівання або охолодження, що є необхідним для проведення багатьох технологічних процесів у харчовому виробництві.

Завдяки універсальності конструкції ці реактори використовують для приготування сиропів, соусів, майонезів, молочних і кондитерських продуктів, а також для здійснення процесів емульгування, розчинення та інших фізико-хімічних перетворень. Наявність змішувального пристрою забезпечує рівномірний розподіл температури та компонентів по всьому об'єму апарата, що сприяє підвищенню якості готової продукції.

Одними з основних техніко-економічних показників роботи реакторів зі змішувальними пристроями є продуктивність та тривалість перемішування. Ці параметри визначають ефективність використання обладнання, тривалість технологічного циклу, рівень енергетичних витрат і якість готової продукції. Продуктивність реактора характеризує кількість продукту, що може бути оброблена за одиницю часу, тоді як тривалість перемішування визначає час, необхідний для досягнення заданого ступеня однорідності суміші. На значення цих показників впливають конструкція апарата, тип змішувального пристрою, фізико-механічні властивості продукту та режим роботи обладнання. Правильне визначення продуктивності та часу перемішування дає змогу оптимізувати технологічний процес, забезпечити стабільну якість продукції та підвищити економічну ефективність виробництва. Основні розрахункові залежності для

визначення продуктивності реактора і тривалості перемішування наведено на рис. 10.15.

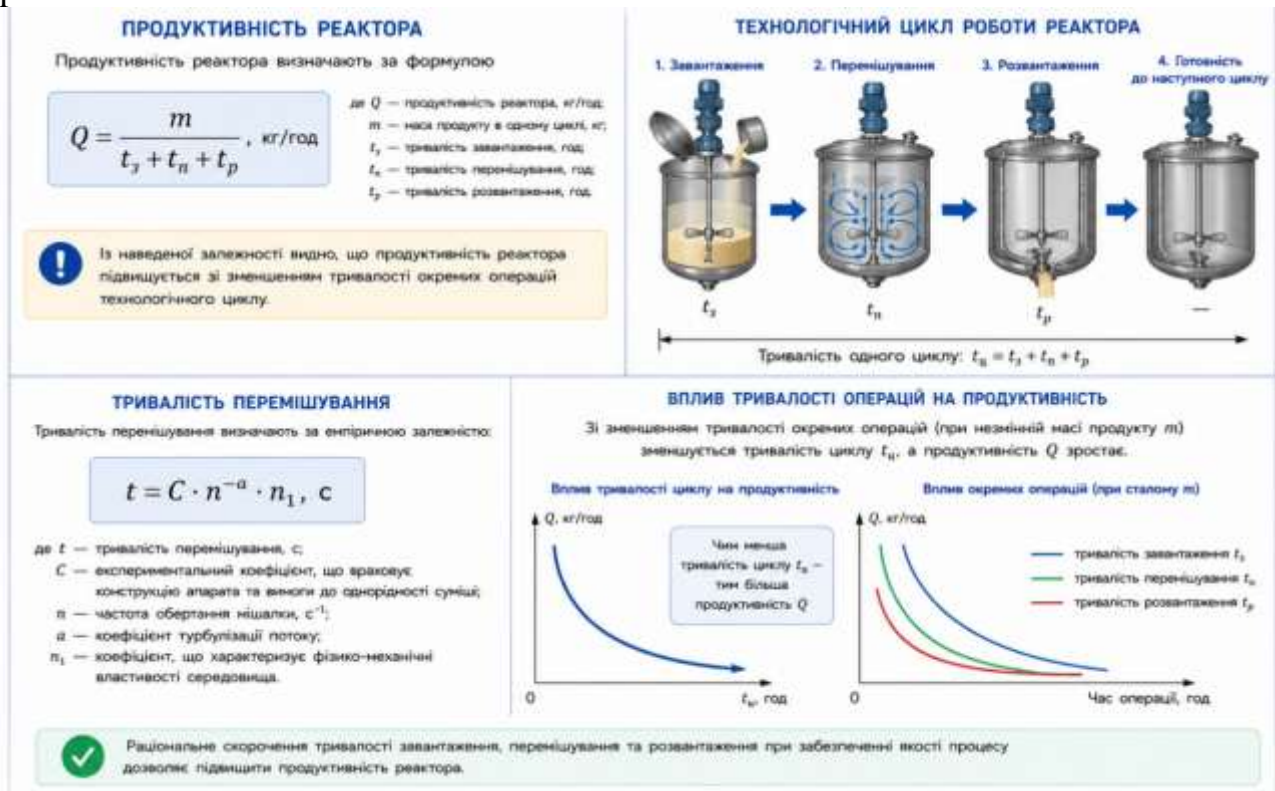


Рис. 10.15. Основні параметри технологічного циклу роботи реактора

Продуктивність реактора визначається масою продукту, що обробляється за один цикл, та сумарною тривалістю операцій завантаження, перемішування і розвантаження. Зменшення тривалості окремих стадій технологічного циклу сприяє підвищенню продуктивності обладнання та більш ефективному використанню виробничих потужностей.

Тривалість перемішування залежить від конструкції апарата, частоти обертання мішалки, ступеня турбулізації потоку та фізико-механічних властивостей середовища. Правильний вибір режимів перемішування дає змогу забезпечити необхідну однорідність суміші, скоротити тривалість технологічного процесу та знизити енергетичні витрати під час експлуатації реакторів.

Реактори зі змішувальними пристроями широко застосовують у виробництві молочних продуктів, соусів, сиропів, напоїв, кремів та інших харчових мас, де необхідно забезпечити рівномірний розподіл компонентів і підтримання заданого температурного режиму.

Одним із способів перемішування рідких середовищ є пневматичне перемішування, яке здійснюється шляхом подавання в апарат стисненого газу через спеціальні газорозподільні пристрої. Як газ найчастіше використовують повітря, пару або інертні гази залежно від вимог технологічного процесу. Під час руху бульбашок газу в рідині виникають інтенсивні циркуляційні потоки, що забезпечують перемішування середовища та інтенсифікують процеси масообміну, теплообміну й розчинення компонентів. Ефективність такого

способу залежить від розміру бульбашок, швидкості подавання газу та геометричних параметрів апарата.

Пневматичне перемішування характеризується простотою конструкції обладнання, відсутністю рухомих механічних елементів у робочому об'ємі та невисокими витратами на обслуговування. Цей спосіб широко застосовується під час аерації рідин, приготування розчинів, проведення біотехнологічних процесів і перемішування продуктів, чутливих до механічного впливу. Схему пневматичного перемішування наведено на рис. 10.16.



Рис. 10.16. Пневматичне перемішування рідких середовищ

Пневматичне перемішування здійснюється за рахунок енергії стисненого газу, що подається в нижню частину апарата через аератори або інші газорозподільні пристрої. Бульбашки газу, піднімаючись крізь шар рідини, створюють циркуляційні потоки, що забезпечують перемішування продукту по всьому об'єму апарата.

Пневматичне перемішування одночасно може виконувати й інші технологічні функції, зокрема аерацію, насичення рідини газом, окиснення або видалення летких компонентів. Тому цей спосіб широко застосовують у процесах бродіння, очищення рідин, виробництва напоїв та біотехнологічних процесах.

Перевагами цього способу є простота конструкції обладнання, відсутність рухомих механічних елементів у робочому об'ємі та можливість одночасного проведення процесів перемішування й аерації. Пневматичне перемішування широко застосовують під час виробництва напоїв, біотехнологічних продуктів, ферментаційних середовищ, а також у процесах очищення стічних вод і масообмінних операціях.

Вибір способу та обладнання для перемішування рідких харчових продуктів залежить від їх фізико-хімічних властивостей, в'язкості, необхідного

ступеня однорідності та умов технологічного процесу. Правильно підібране обладнання забезпечує високу ефективність виробництва, стабільну якість продукції та раціональне використання енергетичних ресурсів.

### 3. Машини та обладнання для перемішування сипких матеріалів

Для приготування сухих багатокомпонентних сумішей у харчовій промисловості широко застосовують барабанні змішувачі періодичної дії. Перемішування в них відбувається завдяки обертанню барабана, внаслідок чого частинки матеріалу багаторазово піднімаються та пересипаються під дією сили тяжіння. Будову та принцип роботи барабанного змішувача наведено на рис. 10.17.



*Рис. 10.17. Барабанний змішувач періодичної дії для перемішування сипких матеріалів*

Барабанні змішувачі забезпечують отримання однорідних сумішей без значного механічного впливу на частинки продукту. Перемішування здійснюється за рахунок пересипання матеріалу під час обертання барабана, що сприяє рівномірному розподілу компонентів у всьому об'ємі суміші.

Такі змішувачі відзначаються простотою конструкції, надійністю в експлуатації та невеликими енергетичними витратами. Вони широко використовуються для перемішування борошна, цукру, сухого молока, комбікормів, зернових сумішей та інших сипких харчових продуктів, де необхідно забезпечити високу однорідність готової суміші.

Барабанні змішувачі можуть мати різну конструкцію робочої камери та внутрішніх перемішувальних елементів. Вибір конструкції залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу, необхідної інтенсивності перемішування, продуктивності обладнання та вимог до однорідності готової суміші. Процес змішування в таких апаратах відбувається переважно завдяки обертанню барабана, під час якого матеріал багаторазово піднімається, пересипається та переміщується в робочому об'ємі. Для підвищення ефективності перемішування всередині барабана можуть встановлюватися спеціальні лопаті, перегородки або напрямні елементи, які забезпечують більш інтенсивний рух компонентів.

Барабанні змішувачі відзначаються простотою конструкції, надійністю в роботі та широко застосовуються для змішування сипких і гранульованих матеріалів у різних галузях промисловості. Основні конструкції барабанних змішувачів наведено на рис. 10.18.



*Рис. 10.18. Типи барабанних змішувачів для сипких матеріалів*

Під час обертання барабана частинки матеріалу піднімаються його внутрішньою поверхнею на певну висоту, після чого під дією сили тяжіння пересипаються вниз. Багаторазове повторення цього процесу забезпечує перемішування компонентів у всьому об'ємі барабана. Основним механізмом змішування є вільне пересипання частинок під дією гравітаційних сил.

Барабанні змішувачі характеризуються простотою конструкції, надійністю роботи, невеликими питомими енерговитратами та дбайливим впливом на матеріал. Завдяки відсутності інтенсивного механічного впливу вони практично не руйнують структуру частинок і не викликають їх подрібнення.

Найбільш ефективно такі змішувачі працюють із сухими сипкими матеріалами, які мають близькі фізико-механічні властивості та добре пересипаються. При змішуванні компонентів, що суттєво відрізняються за густиною, розмірами або формою частинок, ефективність процесу може знижуватися через явище сегрегації. Для підвищення якості змішування в барабанах часто встановлюють внутрішні перегородки, лопаті або інші напрямні елементи, які забезпечують додаткове переміщення матеріалу.

Для інтенсивного перемішування сипких і порошкоподібних матеріалів широко застосовують стрічкові змішувачі. Особливо ефективними є вертикальні стрічкові змішувачі, що забезпечують циркуляцію матеріалу по всьому об'єму апарата та високу однорідність готової суміші. Принцип їх роботи полягає у переміщенні продукту стрічковим робочим органом у вертикальному напрямку з одночасним його пересипанням і перерозподілом у робочій камері. Завдяки цьому досягається інтенсивне змішування компонентів навіть за значної різниці в розмірах частинок і насипній густині матеріалів.

Вертикальні стрічкові змішувачі відзначаються компактністю конструкції, невеликими енерговитратами та високою ефективністю роботи. Вони широко використовуються у харчовій, комбікормовій, хімічній та фармацевтичній промисловості для приготування багатокомпонентних сумішей. Будову й принцип роботи вертикального стрічкового змішувача наведено на рис. 10.19.



Рис. 10.19. Вертикальний стрічковий змішувач для перемішування сипких матеріалів

У стрічкових змішувачах перемішування здійснюється внаслідок складного руху матеріалу. Частинки одночасно переміщуються у вертикальному, горизонтальному та радіальному напрямках, що забезпечує багаторазову зміну їх положення в робочому об'ємі апарата. Завдяки цьому досягається висока однорідність суміші навіть за наявності компонентів, які відрізняються густиною, розмірами або формою частинок.

Для інтенсивного перемішування сипких матеріалів широко застосовують лопатеві змішувачі. Вони забезпечують активне переміщення частинок у різних напрямках і дають змогу отримувати однорідні суміші навіть із компонентів, що відрізняються густиною, розмірами частинок та гранулометричним складом. Перемішування здійснюється за допомогою лопатей, закріплених на валу, які під час обертання захоплюють матеріал і створюють інтенсивні потоки всередині робочої камери. Завдяки цьому забезпечується швидкий і рівномірний розподіл компонентів по всьому об'єму суміші.

Лопатеві змішувачі відзначаються простотою конструкції, надійністю в роботі та високою продуктивністю. Вони широко використовуються в харчовій, хімічній, будівельній та комбікормовій промисловості для приготування сухих сумішей різного призначення. Будову та принцип роботи лопатевого змішувача наведено на рис. 10.20.



*Рис. 10.20. Будова та принцип роботи лопатевого змішувача*

Основним робочим органом лопатевого змішувача є вал із закріпленими на ньому лопатями. Під час обертання вала лопаті захоплюють матеріал і переміщують його в різних напрямках, забезпечуючи інтенсивне перемішування та рівномірний розподіл компонентів по всьому об'єму апарата.

Лопатеві змішувачі характеризуються високою продуктивністю, невеликою тривалістю циклу змішування та можливістю роботи з матеріалами різного гранулометричного складу. Завдяки інтенсивному переміщенню частинок робочими лопатями вони забезпечують швидке досягнення однорідності суміші та рівномірний розподіл компонентів у всьому об'ємі. Вони широко використовуються для перемішування борошна, сухого молока, цукру, комбікормів, зернових сумішей та інших сипких продуктів харчової й переробної промисловості. Простота конструкції, надійність і висока ефективність зумовлюють їх широке застосування на сучасних виробництвах.

Для безперервного переміщення та одночасного перемішування сипких матеріалів широко застосовують шнекові змішувачі. У таких машинах перемішування відбувається під час руху продукту вздовж осі шнека, що забезпечує рівномірний розподіл компонентів у робочому об'ємі. Обертовий шнек не лише транспортує матеріал, а й створює інтенсивне перемішування за рахунок багаторазового переміщення та пересипання частинок. Це дозволяє ефективно змішувати компоненти, які відрізняються гранулометричним складом, насипною густиною та іншими фізичними властивостями.

Шнекові змішувачі характеризуються простотою конструкції, надійністю в роботі та високою продуктивністю. Вони широко використовуються в харчовій, комбікормовій, хімічній та будівельній промисловості для приготування різноманітних сухих сумішей. Будову та принцип роботи шнекового змішувача наведено на рис. 10.21.



**Рис. 10.21. Шнековий змішувач для сипких матеріалів**

Такі машини широко використовують для змішування борошна, комбікормів, зернових сумішей, сухих концентратів та інших сипких матеріалів.

Основними перевагами транспортуючих змішувачів є висока продуктивність, можливість безперервної роботи, компактність конструкції та поєднання декількох технологічних операцій в одному апараті. Такі змішувачі забезпечують одночасне переміщення та перемішування матеріалу, що дозволяє скоротити кількість обладнання у виробничій лінії та раціонально використовувати виробничі площі. Це сприяє зниженню енерговитрат, зменшенню тривалості технологічного процесу та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Для інтенсивного перемішування зернистих і сипких матеріалів використовують апарати з псевдозрідженим (киплячим) шаром. У таких установках через шар матеріалу пропускають потік повітря або іншого газу, який приводить частинки у зважений стан і забезпечує їх активне перемішування. У результаті створюються умови, за яких шар матеріалу поводить себе подібно до рідини, що сприяє рівномірному розподілу компонентів та інтенсифікації процесів тепло- і масообміну. Завдяки постійному руху частинок забезпечується висока однорідність суміші та запобігається утворенню застійних зон у робочому об'ємі апарата.

Змішувачі з псевдозрідженим шаром відзначаються високою ефективністю, простотою конструкції та можливістю одночасного здійснення кількох технологічних процесів, зокрема змішування, сушіння, охолодження або нагрівання матеріалу. Такі установки широко використовуються в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості для обробки порошкоподібних і гранульованих продуктів. Принцип роботи змішувача з псевдозрідженим шаром наведено на рис. 10.22.



*Рис. 10.22. Перемішування сипких матеріалів у псевдозрідженому (киплячому) шарі*

У нижню частину робочої камери через газорозподільний пристрій подається потік повітря або іншого газу, який проходить крізь шар сипкого матеріалу. За певної швидкості газового потоку сили аеродинамічного опору врівноважують вагу частинок, унаслідок чого шар матеріалу переходить у псевдозріджений стан. У такому стані частинки набувають високої рухливості, інтенсивно переміщуються та перемішуються, а шар матеріалу за своїми властивостями наближається до рідини.

У процесі псевдозрідження в робочому об'ємі виникають численні локальні циркуляційні та вихрові потоки, які забезпечують рівномірний розподіл компонентів по всьому об'єму апарата. Завдяки цьому досягається висока однорідність суміші та інтенсифікуються процеси тепло- і масообміну.

Пневматичне перемішування особливо ефективно для дрібнозернистих матеріалів, що характеризуються доброю сипкістю та невисокою вологістю. Крім змішування, апарати з киплячим шаром широко застосовують для сушіння, охолодження, нагрівання та гранулювання харчових продуктів.

Ефективність перемішування сипких матеріалів залежить від гранулометричного складу компонентів, різниці густини частинок, вологості матеріалу, конструкції змішувача та тривалості процесу.

Правильний вибір типу змішувача дає змогу запобігти сегрегації (розшаруванню) суміші, забезпечити її високу однорідність і зменшити втрати продукту під час технологічної обробки.

#### 4. Машини та обладнання для перемішування пластичних мас

Пластичними масами в харчовому виробництві найчастіше є різні види тіста для хлібопекарського, кондитерського та макаронного виробництв. До цієї групи також належать фарші, пасти, креми, білкові маси та інші в'язкі продукти, обробка яких потребує інтенсивного механічного впливу.

Обладнання для перемішування пластичних мас призначене для рівномірного розподілу компонентів, надання продукту необхідної структури та забезпечення заданих реологічних властивостей. За принципом роботи такі машини поділяють на машини періодичної та безперервної дії.

Машини періодичної дії широко використовують для приготування тіста, фаршів, кремів та інших харчових мас. Важливим елементом їх конструкції є місильна ємність (діжа), яка може бути стаціонарною або змінною (підкатною). Залежно від конструктивного виконання діжі можуть бути нерухомими, з вільним або примусовим обертанням. Основні типи діж наведено на рис. 10.23.



Рис. 10.23. Змінні та стаціонарні діжі машин періодичної дії

Вибір конструкції діжі залежить від властивостей продукту, продуктивності обладнання та особливостей технологічного процесу. Змінні (підкатні) діжі полегшують завантаження, транспортування та розвантаження продукту, тоді як стаціонарні відзначаються простотою конструкції та високою надійністю.

Для підвищення інтенсивності перемішування застосовують діжі з вільним або примусовим обертанням. Поєднання руху робочого органу та обертання діжі

забезпечує рівномірний розподіл компонентів і скорочує тривалість процесу змішування, що особливо важливо під час приготування в'язких харчових мас.

Важливою ознакою класифікації тістомісильних машин є інтенсивність механічного впливу на тісто під час замішування. Залежно від швидкості роботи та енергії, що передається продукту, розрізняють тихохідні, швидкохідні та супершвидкохідні тістомісильні машини. Основні особливості цих груп наведено на рис. 10.24.



Рис. 10.24. Класифікація тістомісильних машин за інтенсивністю механічного впливу

Інтенсивність механічної обробки тіста суттєво впливає на швидкість формування його структури, тривалість замішування та температуру продукту. У тихохідних машинах температура тіста практично не змінюється, тоді як у швидкохідних і супершвидкохідних машинах відбувається її підвищення внаслідок значного механічного впливу.

Супершвидкохідні тістомісильні машини забезпечують швидке утворення клейковинного каркаса та скорочення тривалості технологічного процесу. Однак значне нагрівання тіста потребує застосування систем охолодження робочих органів або корпусу машини для підтримання оптимальних технологічних параметрів і забезпечення високої якості готової продукції.

Підвищення температури тіста під час замішування зумовлене перетворенням механічної енергії на теплоту внаслідок тертя та деформації продукту. Цей фактор необхідно враховувати під час вибору режимів роботи обладнання, оскільки температура істотно впливає на перебіг біохімічних процесів і якість готових виробів.

Однією з важливих ознак класифікації тістомісильних машин є характер руху місильного органу. Від траєкторії його переміщення залежить інтенсивність

механічної обробки продукту, швидкість утворення однорідної маси та якість готового тіста. Основні типи руху місильних органів наведено на рис. 10.25.



Рис. 10.25. Класифікація тістомісильних машин за характером руху робочого органу

Характер руху місильного органу визначає інтенсивність перемішування, рівномірність розподілу компонентів та ступінь механічної обробки продукту. Найпростішими є машини з круговим або обертальним рухом, тоді як планетарний рух забезпечує більш повне охоплення робочого об'єму діжі. Вибір типу руху визначається властивостями продукту, інтенсивністю перемішування та вимогами до структури готової маси.

Машини зі складним плоским або просторовим рухом робочого органу створюють інтенсивні потоки продукту в різних напрямках, що сприяє швидкому утворенню однорідної структури. Такі конструкції особливо ефективні під час замішування в'язких мас, тіста та багатокомпонентних сумішей, для яких висуваються підвищені вимоги до якості перемішування.

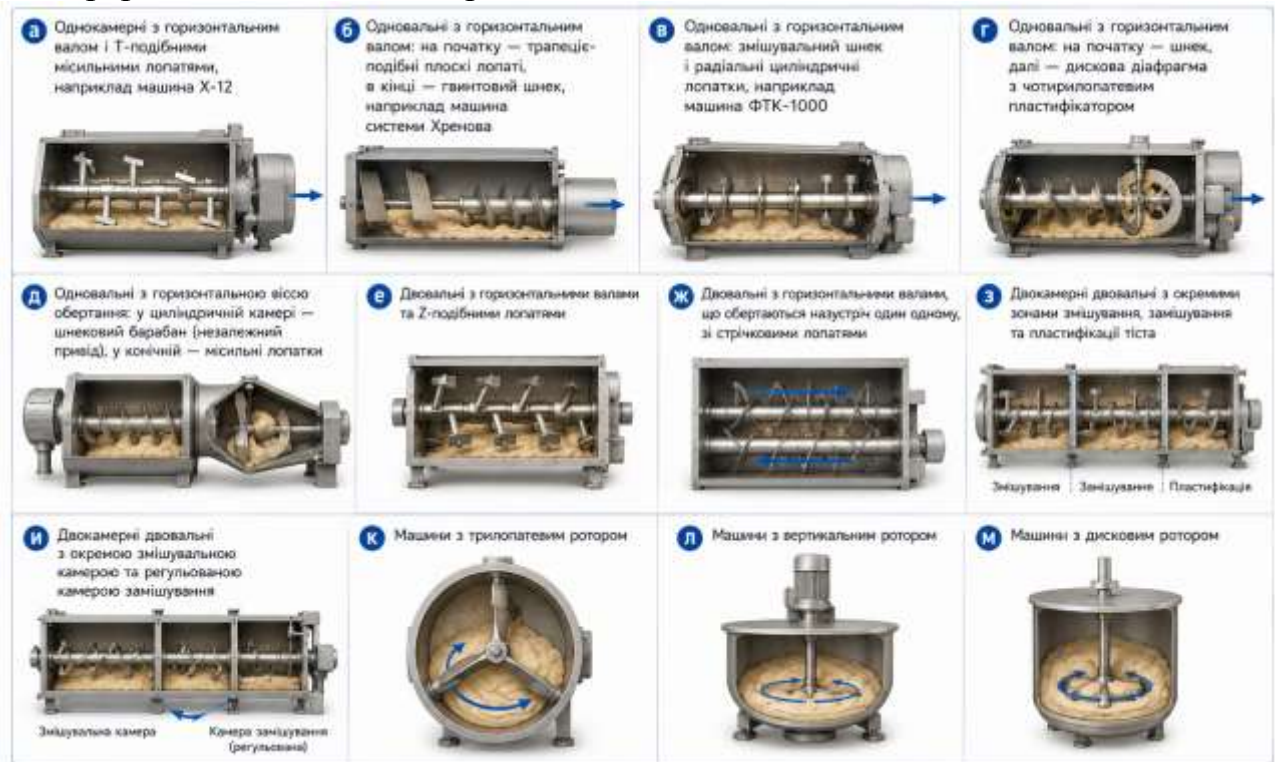
Машини для перемішування пластичних мас широко застосовують у хлібопекарській, кондитерській, м'ясопереробній та інших галузях харчової промисловості, де необхідно забезпечити однорідність, пластичність і стабільні структурно-механічні властивості продукту.

Тістомісильні машини безперервної дії призначені для безперервного приготування тіста шляхом одночасного дозування компонентів, їх змішування, замішування та транспортування вздовж робочої камери. Такі машини характеризуються високою продуктивністю, стабільністю технологічного процесу та можливістю автоматизації виробництва.

Тістомісильні машини безперервної дії відрізняються конструкцією робочих органів, від яких залежать інтенсивність замішування, тривалість перебування тіста в робочій зоні та якість готового продукту. Залежно від конструктивного виконання застосовують одновальні, двовальні, двокамерні, а також роторні тістомісильні машини різних типів. Кожна конструкція має свої особливості та використовується залежно від виду тіста, продуктивності виробництва і вимог до технологічного процесу.

Одновальні машини характеризуються простотою конструкції та застосовуються для приготування тіста середньої консистенції. Двовальні та

двокамерні машини забезпечують більш інтенсивне перемішування компонентів і дозволяють досягати високого ступеня однорідності тіста. Роторні тістомісильні машини відзначаються високою продуктивністю та ефективністю замішування, що робить їх придатними для використання на великих хлібопекарських і кондитерських підприємствах. Основні конструкції машин безперервної дії наведено на рис. 10.26.



**Рис. 10.26. Класифікація тістомісильних машин безперервної дії за конструкцією робочих органів**

Різноманітність конструкцій тістомісильних машин безперервної дії пояснюється необхідністю забезпечення оптимальних умов змішування та механічного оброблення тіста залежно від його рецептури, вологості, структурно-механічних властивостей і продуктивності технологічної лінії.

Для інтенсифікації процесу застосовують двокамерні конструкції з окремими зонами змішування і замішування, а також машини з роторними робочими органами. Такі технічні рішення дають змогу регулювати тривалість механічної обробки тіста, підвищувати продуктивність обладнання та забезпечувати стабільну якість готових виробів.

У хлібопекарській промисловості широко застосовують тістомісильні машини періодичної дії «Стандарт» і Т1-ХТ2А. Вони призначені для замішування різних видів тіста та забезпечують циклічне виконання операцій завантаження сировини, замішування і розвантаження готового тіста. Такі машини дають змогу точно дотримуватися встановлених технологічних режимів і отримувати тісто з необхідними реологічними властивостями та однорідною структурою.

Періодичний принцип роботи забезпечує гнучкість виробництва та дозволяє використовувати обладнання для приготування різних видів тіста

залежно від рецептури продукції. Машини відзначаються надійністю, простотою обслуговування та високою якістю замішування, що сприяє отриманню виробів із добрими смаковими та структурними характеристиками. Зовнішній вигляд, будову та принцип роботи цих машин наведено на рис. 10.27.



**Рис. 10.27. Зовнішній вигляд, будова та принцип роботи тістомісильних машин «Стандарт» і Т1-ХТ2А**

Тістомісильні машини «Стандарт» і Т1-ХТ2А працюють за періодичним принципом дії, при якому всі операції виконуються послідовно в межах одного технологічного циклу. Після завантаження компонентів місильний орган здійснює інтенсивне перемішування та механічну обробку тіста до отримання необхідної структури й консистенції.

Після завершення замішування місильний орган піднімається, а готове тісто вивантажується з діжі для подальшої технологічної обробки. Завдяки простоті конструкції, надійності та високій якості замішування ці машини широко використовуються на підприємствах хлібопекарської та кондитерської промисловості.

Тістомісильні машини «Стандарт» і Т1-ХТ2А відзначаються простотою конструкції, надійністю роботи та можливістю використання для приготування різних видів тіста в умовах підприємств малої та середньої потужності.

Для інтенсивного замішування тіста в безперервному режимі застосовують двокамерні тістомісильні машини. Однією з таких машин є РЗ-ХТО, у якій процес замішування поєднується з інтенсивною пластифікацією тіста, що сприяє покращенню його структурно-механічних властивостей та скороченню тривалості технологічного процесу. Завдяки безперервному характеру роботи машина забезпечує стабільну якість тіста та високу продуктивність, що особливо важливо для великих хлібопекарських підприємств.

У першій камері відбувається попереднє змішування компонентів і утворення тіста, а в другій — його остаточне замішування та механічна обробка. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл інгредієнтів, інтенсифікує процес формування клейковинного каркаса та покращує технологічні властивості тіста. Будову та принцип роботи машини РЗ-ХТО наведено на рис. 10.28.



*Рис. 10.28. Двокамерна тістомісильна машина безперервної дії РЗ-ХТО*

Машина складається із змішувальної камери та камери пластифікації, у яких послідовно здійснюються змішування компонентів і механічна обробка тіста. У змішувальній камері шнековий вал забезпечує транспортування та попереднє перемішування сировини, після чого тістова маса надходить до зони пластифікації.

У камері пластифікації лопатевий робочий орган створює підвищений механічний вплив на тісто, що сприяє інтенсивному розвитку клейковинного каркаса та формуванню однорідної структури. Завдяки безперервному режиму роботи машина забезпечує високу продуктивність, стабільну якість тіста та ефективне використання виробничих потужностей. Її використання дозволяє скоротити тривалість бродіння, підвищити продуктивність технологічних ліній і створює передумови для впровадження прогресивних технологій виробництва хлібобулочних виробів.

Для інтенсивного замішування пшеничного та житнього тіста застосовують тістомісильні машини, що працюють під вакуумом або надлишковим тиском. Однією з таких машин є «Stephan» («Штефан»), конструкція якої забезпечує високу якість замішування та покращення

структурно-механічних властивостей тіста. Вона широко застосовується в хлібопекарській і кондитерській промисловості для отримання тіста з високими структурно-механічними показниками. Використання вакууму сприяє дегазації тіста, покращує розвиток клейковинного каркаса та підвищує рівномірність пористої структури готових виробів. Зовнішній вигляд, будову та принцип роботи машини наведено на рис. 10.29.



*Рис. 10.29. Конструкція та принцип роботи тістомісильної машини «Stephan» («Штефан»)*

Тістомісильна машина «Stephan» оснащена автоматизованою системою дозування компонентів і програмним керуванням технологічним процесом, що забезпечує точність дозування та стабільність режимів роботи.

Основним робочим вузлом є горизонтальна місильна камера, всередині якої встановлений вал із серповидними лопатями. Під час обертання лопаті інтенсивно перемішують тісто, розтягують і складають його шари, сприяючи формуванню розвиненого клейковинного каркаса та однорідної структури.

Для очищення внутрішньої поверхні камери передбачена зачисна лопать з окремим приводом. Герметична кришка дає змогу здійснювати замішування під вакуумом або надлишковим тиском.

У верхній частині камери розміщений завантажувальний патрубок для подавання компонентів, а в нижній — розвантажувальний пристрій для вивантаження готового тіста. Після завантаження сировини система автоматично керує процесом замішування, контролюючи його тривалість і режими роботи.

Машини «Stephan» забезпечують високу інтенсивність замішування, стабільну якість тіста, скорочення тривалості технологічного циклу та підвищення продуктивності виробництва.

Під час проєктування та експлуатації тістомісильних машин важливим показником є їх продуктивність. Для машин періодичної та безперервної дії

застосовують різні методи розрахунку, які враховують особливості технологічного процесу, конструкцію робочих органів і фізико-механічні властивості тіста. Основні залежності для визначення продуктивності тістомісильних машин наведено на рис. 10.30.

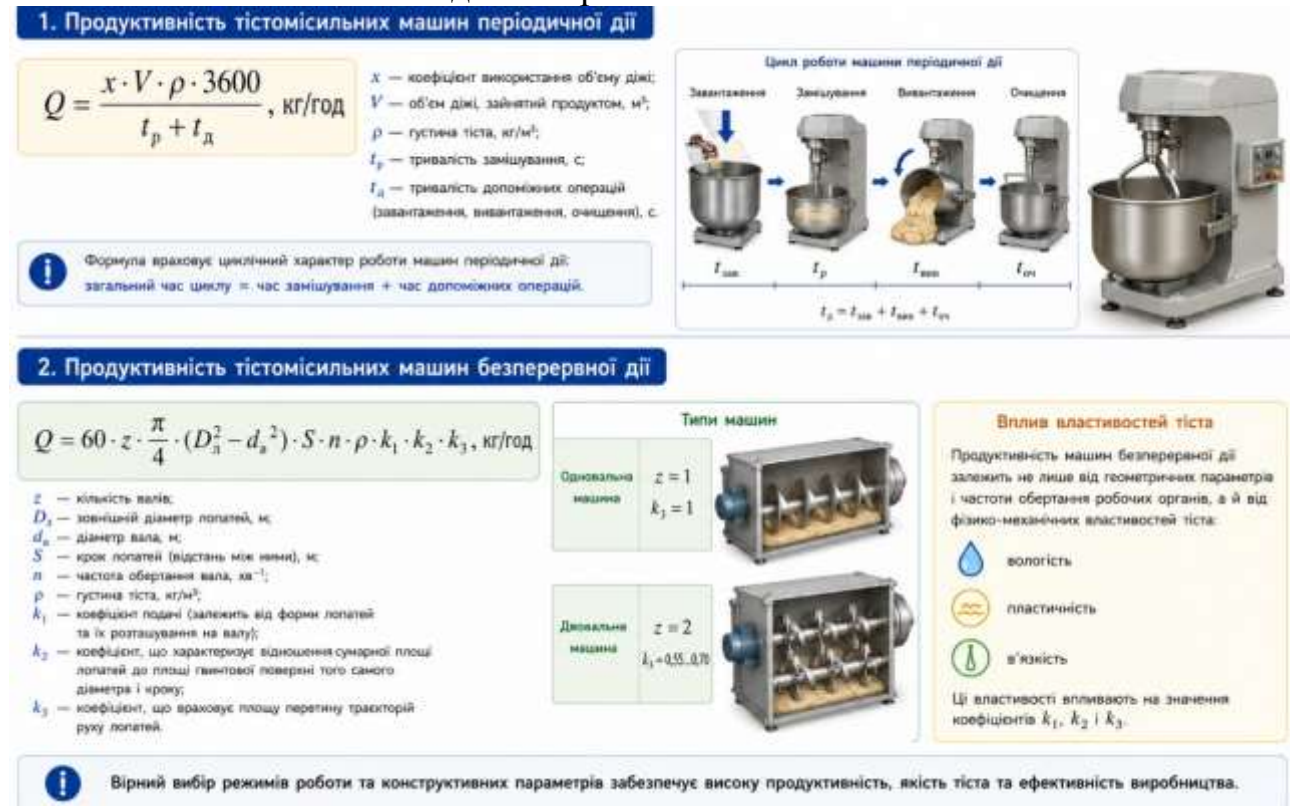


Рис. 10.30. Розрахунок продуктивності тістомісильних машин

Продуктивність тістомісильних машин періодичної дії визначається масою тіста, що замішується за один цикл, та загальною тривалістю циклу, яка включає час замішування і допоміжних операцій. Тому підвищення продуктивності досягається шляхом скорочення тривалості окремих стадій процесу та раціонального використання об'єму діжі.

Для машин безперервної дії продуктивність залежить від конструктивних параметрів робочих органів, частоти їх обертання та властивостей тіста. Важливий вплив мають коефіцієнти, що враховують форму лопатей, умови транспортування продукту та взаємодію потоків тіста в робочій камері. Правильний вибір конструктивних і режимних параметрів забезпечує високу продуктивність обладнання та стабільну якість готового продукту.

Для отримання однорідної фаршевої маси в м'ясній, рибній та овочепереробній промисловості застосовують фаршмішалки різних конструкцій. Широкого поширення набули фаршмішалки Л5-ФМ2-150 і Л5-ФММ-340, що забезпечують інтенсивне перемішування компонентів та рівномірний розподіл інгредієнтів у всьому об'ємі продукту. Під час роботи таких машин сировина багаторазово переміщується робочими органами, завдяки чому досягається необхідна однорідність фаршу та рівномірний розподіл спецій, добавок і допоміжних компонентів.

Використання фаршмішалок сприяє покращенню структурно-механічних властивостей фаршевої маси, підвищенню якості готової продукції та

скороченню тривалості технологічного процесу. Ці машини характеризуються надійністю, високою продуктивністю та широкими можливостями застосування для виробництва різних видів харчових продуктів. Зовнішній вигляд, будову та принцип роботи цих машин наведено на рис. 10.31.



**Рис. 10.31. Зовнішній вигляд, будова та принцип роботи фаршмішалок Л5-ФМ2-150 і Л5-ФММ-340**

Основним робочим органом фаршмішалок є лопатевий або шнековий змішувальний механізм, який забезпечує інтенсивне перемішування компонентів фаршу. Під час роботи продукт багаторазово переміщується в різних напрямках, що сприяє рівномірному розподілу м'ясної сировини, спецій, солі та інших рецептурних компонентів. Використання фаршмішалок дає змогу отримати однорідну за складом і структурою масу, підвищити якість готової продукції та скоротити тривалість технологічного процесу.

Фаршмішалки Л5-ФМ2-150 і Л5-ФММ-340 характеризуються простотою конструкції, надійністю роботи, високою якістю перемішування та відповідають сучасним вимогам м'ясопереробної промисловості щодо безпечності й ефективності виробництва.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про теоретичні основи процесу перемішування, класифікацію та принципи роботи змішувального обладнання; навчитися аналізувати процеси перемішування різних за агрегатним станом харчових продуктів, визначати ефективність роботи змішувачів і обґрунтовувати вибір обладнання залежно від властивостей середовища та умов виробництва.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Сутність процесу перемішування та його роль у харчовій промисловості.
2. Типи сумішей та середовищ, що утворюються при перемішуванні.
3. Критерії ефективності перемішування (коефіцієнт варіації).
4. Основні параметри, що впливають на енергетичні витрати процесу.
5. Критерій Рейнольдса та режими перемішування.
6. Класифікація змішувальних машин.
7. Методи перемішування рідких продуктів.
8. Конструкції мішалок (лопатеві, турбінні, пропелерні).
9. Особливості перемішування сипких матеріалів.
10. Машини для перемішування пластичних мас.
11. Конструкція тістомісильних машин.
12. Принцип роботи фаршмішалок.

#### II. Машини для перемішування рідких матеріалів

1. Лопатеві, турбінні, пропелерні мішалки

#### Практичні завдання

##### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити фізичну сутність процесу перемішування рідин.
2. Охарактеризувати режими перемішування (ламінальний, турбулентний).
3. Пояснити вплив в'язкості рідини на вибір типу мішалки.
4. Проаналізувати конструкцію турбінної мішалки.
5. Визначити переваги та недоліки пропелерних мішалок.

##### Блок Б. Розрахункові задачі

1. Визначити коефіцієнт варіації суміші за умов:  
C1 = 48 %, C2 = 52 %, C3 = 50 %, C4 = 49 %
2. Визначити продуктивність змішувача:

$$\Pi = \frac{m}{t_3 + t_{\Pi} + t_p}$$

де  $m=200$  кг;  $t_3=60$  с;  $t_n=300$  с;  $t_p=90$  с.

#### III. Машини для перемішування сипких матеріалів

1. Барабанні, стрічкові, шнекові змішувачі.

#### Практичні завдання

##### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити принцип роботи барабанного змішувача.
2. Охарактеризувати механізм перемішування сипких матеріалів.
3. Пояснити особливості роботи стрічкових змішувачів.
4. Визначити фактори, що впливають на однорідність суміші.
5. Пояснити принцип псевдозрідження.

##### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. У суміші спостерігається розшарування компонентів. Які причини цього явища?
2. Знизилась однорідність сипкої суміші. Які параметри процесу необхідно змінити?
3. У змішувачі утворюються «мертві зони». Як це впливає на процес?

#### IV. Машини для перемішування пластичних мас

1. Тістомісильні машини, фаршмішалки.

#### Практичні завдання

##### Блок А. Порівняльний аналіз

1. Пояснити особливості перемішування пластичних мас.
2. Охарактеризувати конструкцію тістомісильної машини «Стандарт».
3. Пояснити принцип роботи машини Х-12Д.
4. Проаналізувати роботу двокамерної машини РЗ-ХТО.
5. Порівняти машини періодичної та безперервної дії.

##### Блок Б. Розрахункові задачі

1. Визначити продуктивність тістомісильної машини періодичної дії:

$$\Pi = \frac{x \cdot V \cdot \rho}{t_p + t_d}$$

де  $x=0,75$ ;  $V=0,3 \text{ м}^3$ ;  $\rho=1050 \text{ кг/м}^3$ ;  $t_p=600 \text{ с}$ ;  $t_d=120 \text{ с}$ .

#### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Основною метою процесу перемішування є:
  - а) зменшення вологості продукту; б) отримання однорідної суміші;
  - в) подрібнення компонентів; г) збільшення густини продукту.
2. Критерієм ефективності роботи змішувального обладнання є:
  - а) коефіцієнт тертя; б) коефіцієнт варіації; в) коефіцієнт теплопередачі.
3. До основних груп обладнання для перемішування харчових продуктів належать машини для:
  - а) рідких продуктів; б) пластичних мас; в) сипких матеріалів; г) утворення пінних мас.
4. До швидкохідних мішалок належать:
  - а) лопатеві; б) пропелерні; в) турбінні; г) якірні; д) рамні.
5. Для перемішування високов'язких рідин застосовують:
  - а) якірні; б) рамні; в) стрічкові; г) пропелерні.
6. Пневматичне перемішування рідин здійснюється шляхом:
  - а) обертання шнека; б) подачі газу або пари в рідину; в) коливання лопатей; г) дії ультразвуку.
7. До змішувачів безперервної дії для сипких матеріалів належать:
  - а) стрічкові; б) лопатеві; в) шнекові; г) кульові.
8. Ефективність перемішування сипких матеріалів залежить від:
  - а) гранулометричного складу; б) вологості; в) різниці густини частинок;
  - г) конструкції змішувача; д) тривалості процесу.
9. За інтенсивністю впливу на тісто тістомісильні машини поділяються на:
  - а) тихохідні; б) швидкохідні; в) супершвидкохідні; г) реактивні.

10. Перевагами змішувачів безперервної дії є:

а) висока продуктивність; б) рівномірність процесу; в) можливість автоматизації; г) зменшення продуктивності.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – б; 3 – а, б, в, г; 4 – а, б, в; 5 – а, б, в; 6 – б; 7 – а, б, в; 8 – а, б, в, г, д; 9 – а, б, в; 10 – а, б, в.

## БЛОК 11

# МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ СЕРЕДОВИЩ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про фізичні основи очищення газових середовищ, принципи роботи та конструктивні особливості обладнання для очищення газів осадженням, фільтруванням і в електричному полі; розвивати вміння аналізувати процеси газоочищення, порівнювати ефективність різних пиловловлювальних апаратів, обґрунтовувати вибір обладнання залежно від властивостей пилу та умов виробництва; виховувати відповідальне ставлення до дотримання екологічних норм, вимог охорони праці та промислової безпеки, усвідомлення значення очищення газових викидів для захисту довкілля і здоров'я працівників.

### План

1. Теоретичні основи очищення газових середовищ.
2. Очищення газів осадженням.
3. Очищення газів фільтруванням.
4. Очищення газів в електричному полі.

***Мотивація.** Під час переробки сільськогосподарської та харчової сировини утворюються запилені газові потоки, що можуть призводити до втрат цінної продукції, забруднення навколишнього середовища, погіршення умов праці та виникнення пожежо- і вибухонебезпечних ситуацій. Тому очищення газових середовищ є важливим складником сучасних технологічних процесів. Знання принципів роботи пиловловлювального обладнання дає змогу майбутньому педагогу професійного навчання розуміти сучасні екологічні та технологічні вимоги виробництва, а також якісно здійснювати підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та переробної галузей.*

### **1. Теоретичні основи очищення газових середовищ**

У процесі виконання багатьох технологічних операцій харчових виробництв, зокрема сушіння, подрібнення, помелу зерна, транспортування сипких матеріалів та фасування продукції, газові потоки насичуються пилоподібними частинками оброблюваного матеріалу. Втрата цих частинок не лише знижує вихід готової продукції, але й призводить до забруднення навколишнього середовища, погіршення санітарно-гігієнічних умов праці та підвищення пожежо- і вибухонебезпеки виробництва.

Пил є одним із видів дисперсних систем, у яких тверді частинки перебувають у зваженому стані в газовому середовищі. Поняття «пил» тісно пов'язане з поняттями «туман» і «дим», які разом об'єднуються загальним терміном аерозоль.

Аерозолі — це дисперсні системи, в яких дисперсною фазою є тверді або рідкі частинки, а дисперсійним середовищем — газ (найчастіше повітря). Для аерозолів характерні значна питома поверхня частинок і здатність тривалий час перебувати у зваженому стані.

Розміри частинок аерозолів можуть змінюватися в широких межах — приблизно від  $10^{-6}$  до  $10^{-3}$  м, від 1 мкм до 1 мм. Найдрібніші частинки утримуються в газовому середовищі завдяки броунівському руху, тоді як великі частинки швидко осаджуються під дією сили тяжіння.

Дисперсні системи, у яких дисперсійним середовищем є газ, називають аерозолями. Залежно від агрегатного стану дисперсної фази розрізняють пил, туман і дим. Основні види аерозолів наведено на рис. 11.1.



*Рис. 11.1. Класифікація аерозолів за агрегатним станом дисперсної фази*

Промисловий пил утворюється безпосередньо під час виконання технологічних операцій і характеризується властивостями, що залежать від виду сировини та особливостей виробництва. Наприклад, під час виробництва тютюнових виробів у пилоподібний стан може переходити до 1–2 % тютюнової сировини.

Пил харчових виробництв часто є цінним продуктом або напівфабрикатом, тому його вловлювання має не лише екологічне, а й економічне значення. Крім втрат сировини, накопичення пилу в повітрі виробничих приміщень може спричиняти професійні захворювання органів дихання, погіршувати умови праці та створювати вибухонебезпечні концентрації пилоповітряних сумішей.

У зв'язку з цим очищення газових потоків від пилу є важливим завданням сучасних харчових виробництв. Для цього застосовують різноманітні пиловловлювальні апарати та системи очищення повітря, принцип дії яких ґрунтується на використанні гравітаційних, інерційних, відцентрових, фільтраційних та електростатичних сил.

Під час руху частинок у газовому середовищі на них одночасно діють сила тяжіння, виштовхувальна сила та сила опору середовища. Співвідношення цих сил визначає характер руху частинок і швидкість їх осадження. Схему дії сил та основні залежності для визначення швидкості витання частинок наведено на рис. 11.2.

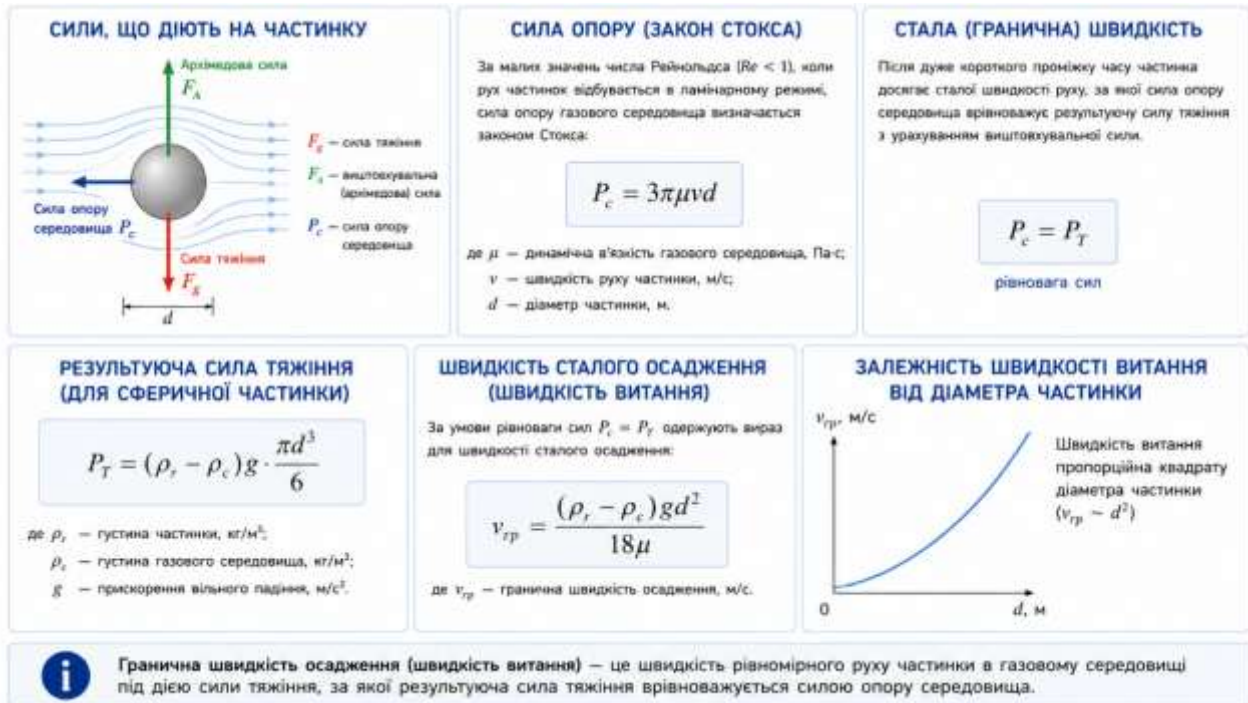


Рис. 11.2. Рух частинок у газовому середовищі та швидкість їх осадження

За малих значень числа Рейнольдса рух частинок відбувається в ламінарному режимі, а сила опору середовища визначається законом Стокса. У цьому випадку швидкість осадження залежить від розміру частинок, різниці густин частинки та газового середовища, а також від в'язкості газу.

Після досягнення рівноваги між силою опору та результуючою силою тяжіння частинка рухається з постійною швидкістю, яка називається граничною швидкістю осадження або швидкістю витання. Цей параметр є одним із основних під час розрахунку та проектування апаратів для очищення газів і пиловловлювання.

В атмосферному повітрі завжди присутні дуже дрібні пилові частинки. Для частинок розміром приблизно 0,01–0,03 мкм характерний інтенсивний броунівський рух, унаслідок якого їх переміщення стає хаотичним. Такі частинки практично не осаджуються під дією сили тяжіння і можуть тривалий час перебувати у зваженому стані.

Для вловлювання пилу, що утворюється під час виконання технологічних процесів у різних галузях харчової промисловості, застосовують спеціальне пиловловлювальне обладнання. Необхідність очищення газових потоків зумовлена як екологічними вимогами, так і потребою зменшення втрат цінної сировини та забезпечення безпечних умов праці.

Основними завданнями пиловловлювального обладнання є:

- очищення технологічних викидів перед їх викиданням в атмосферу;

- відділення пилоподібних частинок із повітряних потоків у системах пневмотранспорту;
- очищення припливного та рециркуляційного повітря виробничих приміщень;
- повернення уловленого продукту в технологічний процес;
- зниження концентрації пилу до рівня, що відповідає санітарним і екологічним нормам.

Для очищення газів від пилу застосовують сухі та мокрі методи пиловловлювання. Вибір способу очищення залежить від дисперсного складу пилу, концентрації забруднень, температури газу та вимог до ступеня очищення. Класифікацію основних методів очищення газів від пилу наведено на рис. 11.3.



*Рис. 11.3. Сухі та мокрі методи очищення газів від пилу*

Сухі методи очищення ґрунтуються на використанні гравітаційних, інерційних, фільтраційних та електричних сил і не потребують застосування рідини. Вони відзначаються простотою конструкції, високою надійністю та широко використовуються для вилучення сухого пилу з газових потоків.

Мокрі методи очищення передбачають контакт запиленого газу з рідиною, внаслідок чого частинки пилу змочуються та видаляються з потоку у вигляді шламу або суспензії. Такі апарати забезпечують високу ефективність уловлювання дрібнодисперсних частинок і можуть одночасно здійснювати охолодження та зволоження газів.

Вибір способу очищення залежить від дисперсного складу пилу, концентрації частинок у газовому потоці, температури та вологості газу, необхідного ступеня очищення, а також економічних і екологічних вимог виробництва.

У сучасних системах газоочищення часто використовують комбіновані схеми, які поєднують декілька методів очищення. Це дозволяє досягати високої ефективності пиловловлювання та забезпечувати відповідність викидів встановленим нормативам.

Ефективність роботи пиловловлювального обладнання оцінюють за низкою техніко-економічних показників. Основними з них є ступінь очищення газу від пилу, продуктивність апарата та його гідравлічний опір. Ці характеристики дають змогу порівнювати різні конструкції пиловловлювачів і вибирати оптимальне обладнання для конкретних умов експлуатації. Основні показники ефективності пиловловлювального обладнання наведено на рис. 11.4.

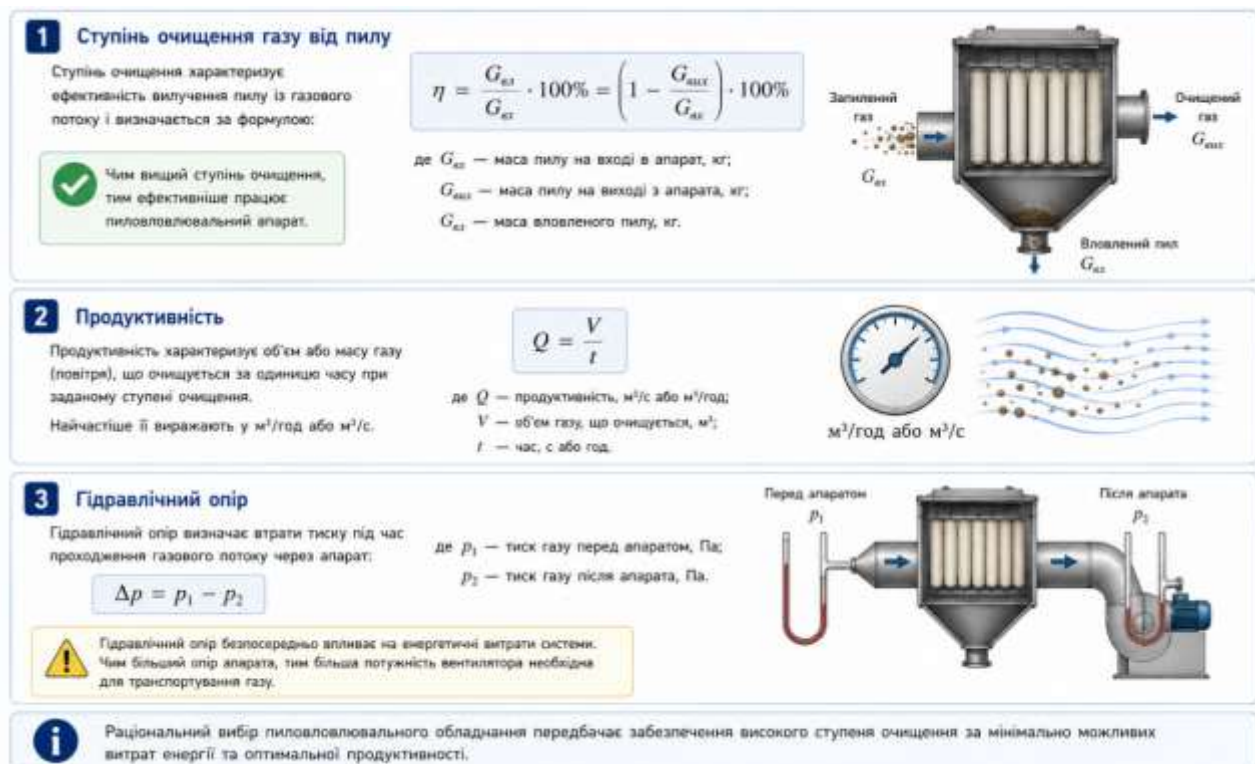


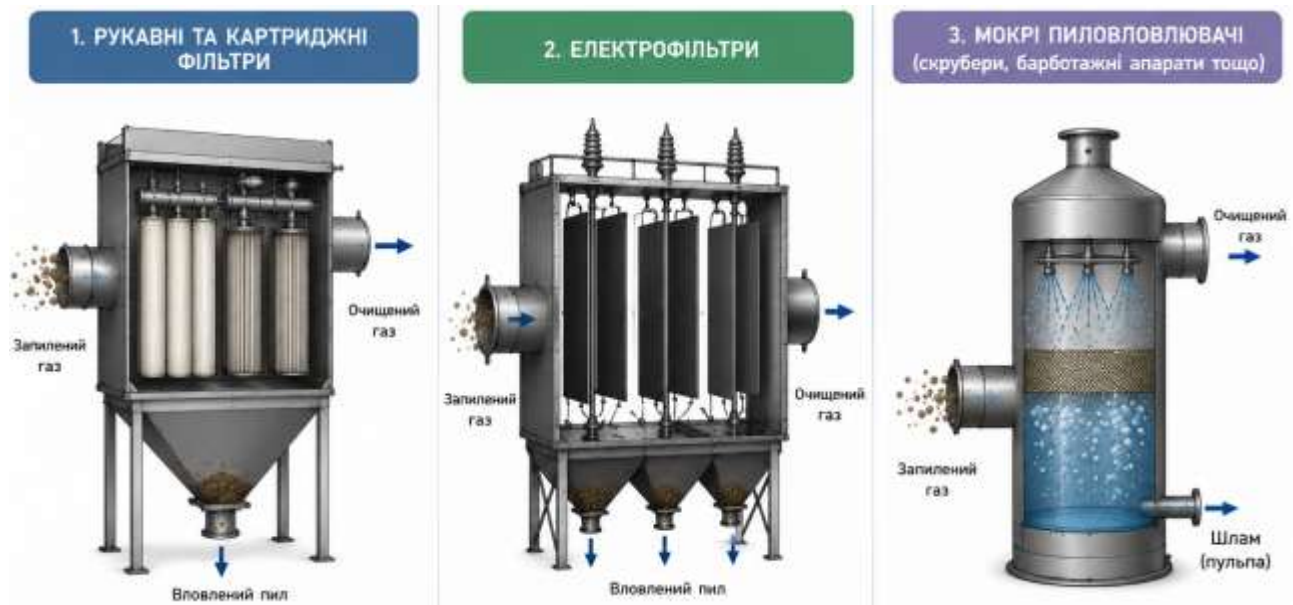
Рис. 11.4. Основні характеристики пиловловлювального обладнання

Ступінь очищення характеризує частку пилу, вилученого з газового потоку, і є основним показником ефективності роботи пиловловлювача. Продуктивність визначає кількість газу, що може бути очищена за одиницю часу при заданих умовах роботи.

Важливою характеристикою також є гідравлічний опір апарата, який визначає втрати тиску під час проходження газового потоку через обладнання. Зі збільшенням опору зростають енергетичні витрати на транспортування газу, тому під час вибору пиловловлювального обладнання необхідно забезпечувати раціональне поєднання високого ступеня очищення, достатньої продуктивності та мінімальних втрат тиску.

Для попереднього (грубого) очищення газових потоків найбільш широко застосовують інерційні пиловловлювачі — циклони, мультициклони та ротоклони. Вони ефективно відокремлюють частинки середніх і великих розмірів та відзначаються простотою конструкції й експлуатації.

Для вловлювання тонкодисперсного пилю застосовують високоефективні пиловловлювальні апарати, здатні затримувати дрібні частинки, які практично не осаджуються під дією сили тяжіння. До таких апаратів належать рукавні та картриджні фільтри, електрофільтри, а також мокрі пиловловлювачі різних конструкцій. Основні типи обладнання для очищення газів від тонкодисперсного пилю наведено на рис. 11.5.



*Рис. 11.5. Обладнання для вловлювання тонкодисперсного пилю*

Для очищення газів від тонкодисперсного пилю найчастіше використовують рукавні та картриджні фільтри, які забезпечують високий ступінь затримування дрібних частинок завдяки фільтрації через пористий матеріал. Електрофільтри здійснюють вилучення пилю під дією електричного поля і характеризуються високою продуктивністю та низьким гідравлічним опором.

Мокрі пиловловлювачі працюють на основі контакту запиленого газу з рідиною, унаслідок чого частинки пилю змочуються та видаляються у вигляді шламу. Вибір типу обладнання залежить від дисперсного складу пилю, його концентрації, температури та вологості газового потоку, а також вимог до ступеня очищення.

У сучасних системах газоочищення часто застосовують комбіновані схеми очищення, в яких послідовно поєднуються декілька апаратів різного принципу дії. Це дозволяє досягати високого ступеня очищення газів — до 99 % і більше, забезпечуючи виконання екологічних вимог та мінімізацію втрат цінних продуктів.

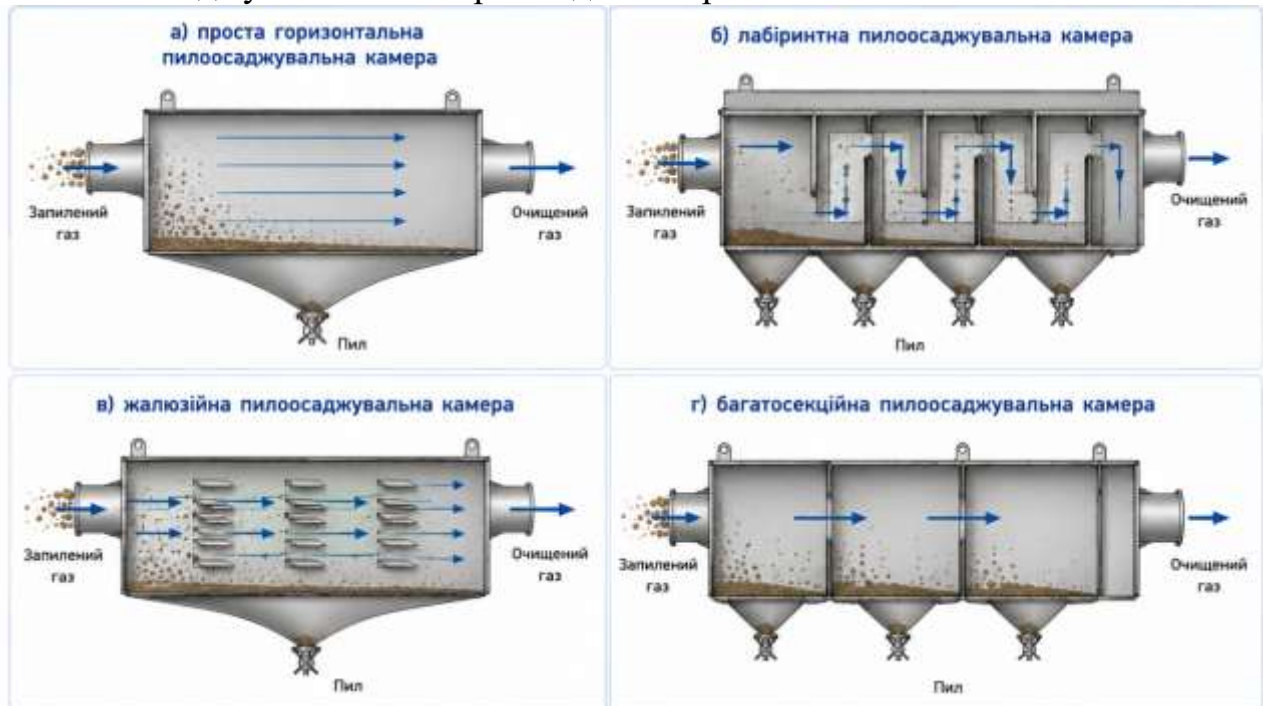
## **2. Очищення газів осадженням**

Пилоосаджувальні камери є найпростішими апаратами для очищення газів від пилю і належать до обладнання гравітаційного типу. Принцип їх роботи ґрунтується на використанні сили тяжіння для осадження твердих частинок із газового потоку.

Пилоподібна частинка в камері перебуває під дією двох основних сил:

- сили, пов'язаної з рухом газового потоку, під дією якої частинка переміщується в горизонтальному напрямку;
- сили тяжіння, під дією якої частинка осаджується на дно камери.

Найпростішими апаратами для сухого очищення газів від крупнодисперсного пилю є пилоосаджувальні камери. Їх робота ґрунтується на зменшенні швидкості газового потоку, внаслідок чого частинки пилю осаджуються під дією сили тяжіння. Залежно від конструкції застосовують прості горизонтальні, лабіринтні, жалюзійні та багатосекційні камери. Основні типи пилоосаджувальних камер наведено на рис. 11.6.



**Рис. 11.6. Основні типи пилоосаджувальних камер: а — проста горизонтальна; б — лабіринтна; в — жалюзійна; г — багатосекційна**

Пилоосаджувальні камери застосовують для попереднього очищення газів від крупних і важких частинок пилю. Ефективність їх роботи залежить від швидкості руху газу, розмірів частинок та конструктивного виконання апарата.

Для підвищення ступеня очищення використовують лабіринтні, жалюзійні та багатосекційні конструкції, які збільшують тривалість перебування газу в апараті та сприяють інтенсивнішому осадженню пилю. У таких камерах газовий потік багаторазово змінює напрямок руху, внаслідок чого частинки пилю під дією сил інерції втрачають швидкість і осідають на внутрішніх поверхнях апарата. Це дозволяє підвищити ефективність уловлювання більш дрібних частинок порівняно зі звичайними пилоосаджувальними камерами.

Такі камери відзначаються простотою конструкції, надійністю в експлуатації та невеликими енерговитратами. Найчастіше їх встановлюють як перший ступінь очищення перед більш ефективними пиловловлювачами, що дає змогу зменшити навантаження на основне очисне обладнання та підвищити загальну ефективність системи очищення газів.

Під час проєктування пилоосаджувальних камер необхідно забезпечити такі умови руху газового потоку, за яких частинки пилу встигатимуть осідати під дією сили тяжіння до виходу газу з апарата. Для цього аналізують переміщення частинки в горизонтальному та вертикальному напрямках і визначають необхідні геометричні розміри камери. Схему розрахунку довжини пилоосаджувальної камери наведено на рис. 11.7.

У горизонтальному напрямку частинка проходить шлях

$$l = v_r t,$$

де  $l$  — довжина шляху, пройденого частинкою в горизонтальному напрямку, м;  
 $v_r$  — швидкість газового потоку, м/с;  
 $t$  — час перебування частинки в камері, с.

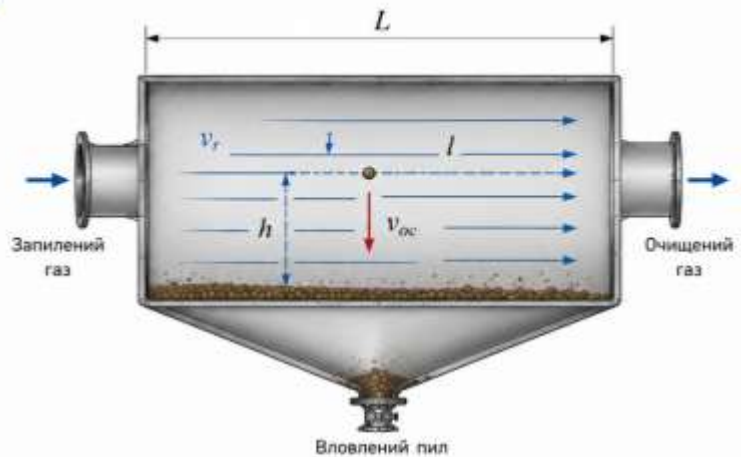
У вертикальному напрямку частинка переміщується на відстань

$$h = v_{oc} t,$$

де  $h$  — висота осадження частинки, м;  
 $v_{oc}$  — швидкість осадження (витання) частинки, м/с;  
 $t$  — час перебування частинки в камері, с.

Із наведених співвідношень визначають необхідну довжину пилоосаджувальної камери:

$$L = \frac{v_r}{v_{oc}} h.$$



$l$  — шлях частинки в горизонтальному напрямку, м  
 $h$  — висота осадження частинки, м  
 $v_r$  — швидкість газового потоку, м/с  
 $v_{oc}$  — швидкість осадження (витання) частинки, м/с  
 $t$  — час перебування частинки в камері, с



Необхідна довжина камери прямо пропорційна висоті осадження частинок і відношенню швидкості газового потоку до швидкості осадження частинок. Чим менша швидкість газу або більша швидкість осадження, тим коротшою може бути камера при тій самій висоті осадження.

**Рис. 11.7.** Визначення довжини пилоосаджувальної камери за траєкторією руху частинки

Частинка пилу одночасно переміщується разом із газовим потоком у горизонтальному напрямку та осідає під дією сили тяжіння у вертикальному напрямку. Ефективність роботи пилоосаджувальної камери визначається співвідношенням між швидкістю газового потоку та швидкістю осадження частинок.

Із наведених залежностей визначають необхідну довжину камери, яка забезпечує осадження частинок до моменту виходу газу з апарата. Зі збільшенням швидкості осадження або зменшенням швидкості газового потоку потрібна довжина камери зменшується, що дає змогу підвищити ефективність очищення та знизити габарити обладнання.

Для підвищення ефективності очищення поряд із гравітаційними силами використовують також інерційні сили. З цією метою застосовують камери, у яких під стелею розміщують стержні або ланцюги. Під час обтікання цих елементів газовим потоком частинки пилу внаслідок інерції відхиляються від траєкторії руху газу, стикаються з поверхнями перешкод і осаджуються.

Підвищення ефективності очищення також досягається в камерах лабіринтного типу, де газовий потік багаторазово змінює напрямок руху. Частинки пилу через інерційність не встигають повторювати складну траєкторію потоку і осідають на внутрішніх поверхнях апарата.

Швидкість руху газу через пилоосаджувальні камери зазвичай не перевищує 3 м/с, а їх гідравлічний опір становить 20–150 Па.

Пилоосаджувальні камери характеризуються простотою конструкції, незначним гідравлічним опором та низькими експлуатаційними витратами. Однак вони ефективні переважно для вловлювання великих частинок пилу розміром понад 50–100 мкм і тому часто використовуються як апарати попереднього очищення перед більш ефективними пиловловлювачами — циклонами, рукавними фільтрами або електрофільтрами.

Незважаючи на простоту конструкції та низький гідравлічний опір, пилоосаджувальні камери мають низку суттєвих недоліків, що обмежують сферу їх застосування.

Основним недоліком є невисока ефективність очищення газів від дрібнодисперсного пилу. Такі апарати забезпечують надійне осадження лише відносно великих частинок розміром понад 50–100 мкм, тоді як дрібні частинки практично не вловлюються. Тому ступінь очищення газу в пилоосаджувальних камерах зазвичай не перевищує 50–60 %.

Для забезпечення необхідної ефективності очищення такі камери часто використовують лише як апарати попереднього очищення перед циклонами, рукавними фільтрами або електрофільтрами.

До недоліків пилоосаджувальних камер також належать:

- значні габаритні розміри, зумовлені необхідністю забезпечення тривалого перебування частинок у зоні осадження;
- залежність ефективності очищення від швидкості руху газового потоку, оскільки зі збільшенням швидкості осадження частинок погіршується;
- нерівномірний розподіл швидкостей по перерізу камери, що знижує ефективність процесу;
- можливість повторного захоплення (реентрейменту) осадженого пилу газовим потоком;
- складність забезпечення рівномірного ламінарного режиму руху газу;
- необхідність періодичного видалення накопиченого пилу;
- обмежені можливості автоматизації процесу;
- зниження ефективності при зміні дисперсного складу пилу.

Пилоосаджувальні камери практично не придатні для вловлювання диму, туману та високодисперсних аерозолів. Крім того, їх застосування обмежене при роботі з вибухо- та пожежонебезпечним пилом, оскільки накопичення пилових відкладень може створювати додаткові ризики для безпечної експлуатації обладнання.

Пилоосаджувальні камери доцільно використовувати переважно для попереднього очищення газових потоків від великих частинок пилу або як перший ступінь багатоступневих систем газоочищення.

Невисока ефективність гравітаційного очищення зумовила створення більш досконалих пиловловлювальних апаратів, у яких для відокремлення частинок використовуються інерційні та відцентрові сили. Найбільш поширеними серед них є циклони.

Мокрі пиловловлювачі відрізняються від апаратів сухого очищення тим, що в зону контакту із запиленним газовим потоком подається рідина (найчастіше вода), яка забезпечує ефективне уловлювання пилових частинок. Принцип їх роботи ґрунтується на змочуванні пилу, коагуляції дрібних частинок та подальшому видаленні утвореної пилорідинної суміші у вигляді шламу.

Для підвищення ефективності очищення газів від дрібнодисперсного пилу застосовують мокрі інерційні пиловловлювачі. Одним із таких апаратів є циклон із водяною плівкою, у якому процес відокремлення пилу поєднується з його змочуванням і змиванням із внутрішньої поверхні апарата. Загальний вигляд, будову та принцип роботи циклона з водяною плівкою наведено на рис. 11.8.



Рис. 11.8. Циклон із водяною плівкою: загальний вигляд, будова та принцип роботи

У циклоні із водяною плівкою запиленний газ надходить у корпус по дотичній і набуває обертового руху. Під дією відцентрових сил частинки пилу переміщуються до стінок апарата, де захоплюються водяною плівкою та змиваються в нижню частину циклона.

Очищений газ утворює внутрішній висхідний вихор і відводиться через вихідний патрубок, а суміш води та пилу видаляється у вигляді пульпи. Застосування водяної плівки підвищує ефективність уловлювання

дрібнодисперсних частинок, зменшує повторне винесення пилу та забезпечує одночасне очищення і зволоження газового потоку

Основними перевагами циклона з водяною плівкою є підвищення ступеня очищення газу; запобігання вторинному винесенню пилу в газовий потік; зниження пожежо- та вибухонебезпеки пилу; можливість одночасного охолодження та часткового зволоження газу; ефективніше уловлювання дрібнодисперсних частинок порівняно із сухими циклонами.

Процес роботи циклона з водяною плівкою відбувається таким чином. Запилене повітря через вхідний патрубок 6 надходить у корпус 1 апарата і подається тангенційно через вхідний патрубок 3. Унаслідок цього в корпусі створюється інтенсивний вихровий рух газового потоку. Під дією відцентрових сил частинки пилу переміщуються до внутрішньої поверхні корпусу.

Одночасно через водорозподільний колектор 4 на внутрішню поверхню корпусу подається вода, яка утворює суцільну тонку плівку, що стікає вниз по стінках апарата. Частинки пилу, відкинуті до стінок циклона, захоплюються водяною плівкою, змочуються, укрупнюються внаслідок коагуляції та втрачають здатність повторно потрапляти в газовий потік.

Утворена суміш води та пилу (шлам) під дією сили тяжіння стікає в нижню частину апарата і відводиться через патрубок 5, обладнаний гідрозатвором, який запобігає підсосу повітря. Очищене та частково зволене повітря переміщується до центральної частини циклона і виводиться через вихідний патрубок 2.

У циклоні з водяною плівкою поєднуються два механізми очищення: відцентрове осадження частинок і їх уловлювання за рахунок змочування рідиною.

Ступінь очищення повітря в таких апаратах може досягати 85–95 % залежно від дисперсного складу пилу, швидкості руху газу, витрати води та конструктивних параметрів обладнання.

Ефективність роботи циклона значною мірою залежить від рівномірності подачі води та стабільності водяної плівки. Недостатнє зрошення призводить до зниження ступеня очищення, а надмірна подача води збільшує гідравлічний опір апарата та витрати енергії.

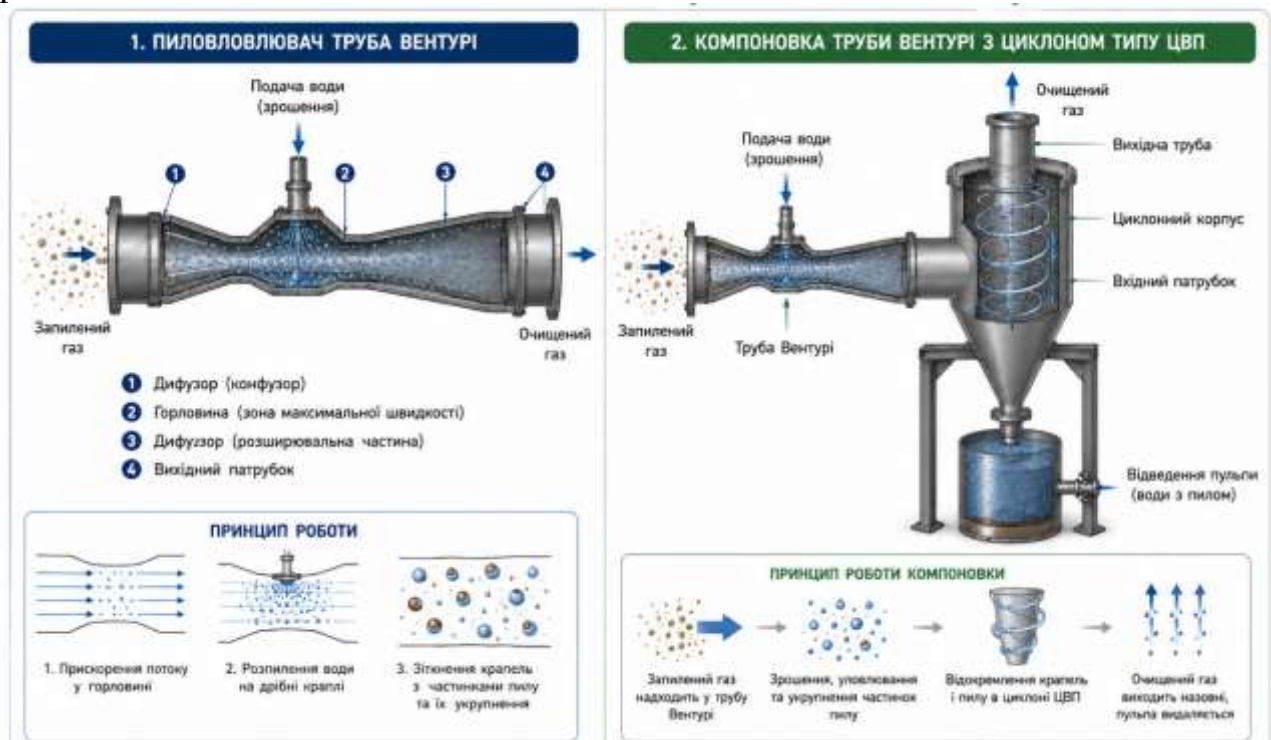
До недоліків мокрих пиловловлювачів належать необхідність очищення стічних вод, можливість корозії обладнання, утворення шламу та додаткові витрати води під час експлуатації.

Завдяки високій ефективності очищення та відносній простоті конструкції циклони з водяною плівкою широко застосовують у харчовій, хімічній, деревообробній та інших галузях промисловості для очищення газових потоків від пилу і дрібнодисперсних аерозолів.

Для високоефективного очищення газів від дрібнодисперсного пилу широко застосовують швидкісні мокрі пиловловлювачі. Одним із найефективніших апаратів цього типу є труба Вентурі, яку часто компонують із циклоном ЦВП для відокремлення краплин рідини та уловленого пилу. Принцип роботи труби Вентурі ґрунтується на різкому збільшенні швидкості газового потоку в звуженій частині апарата, де в потік вводиться рідина. Унаслідок

інтенсивного контакту газу з дрібними краплями рідини частинки пилу змочуються, приєднуються до крапель і виносяться з потоку.

Після проходження труби Вентурі газорідинна суміш надходить до циклона ЦВП, у якому під дією відцентрових сил відбувається відокремлення краплин рідини разом із уловленими частинками пилу. Очищений газ виводиться з апарата, а шлам збирається в нижній частині циклона та видаляється для подальшої утилізації або переробки. Таке поєднання апаратів забезпечує високий ступінь очищення навіть від дуже дрібних частинок пилу та широко використовується в різних галузях промисловості. Будову та принцип роботи пиловловлювача труба Вентурі в комплекті з циклоном ЦВП наведено на рис. 11.9.



**Рис. 11.9. Пиловловлювач труба Вентурі та його компоновка з циклоном типу ЦВП**

У горловині труби Вентурі швидкість газу досягає максимального значення. За цих умов рідина інтенсивно диспергується на дрібні краплі, які рівномірно розподіляються в потоці. Частинки пилу, рухаючись із великою швидкістю, стикаються з краплями рідини, змочуються та злипаються між собою, утворюючи більші агломерати. Цей процес називається коагуляцією і значно підвищує ефективність подальшого відділення пилу.

Після проходження горловини газорідинна суміш надходить у дифузор, де швидкість потоку зменшується, а частина кінетичної енергії переходить у енергію тиску. Далі суміш спрямовується до сепараційного пристрою, найчастіше циклона, у якому під дією відцентрових сил відбувається відокремлення крапель рідини разом із захопленими частинками пилу.

У деяких конструкціях додатково застосовують труби-коагулятори, де продовжується укрупнення крапель і пилових частинок, що підвищує ефективність сепарації. Утворений шлам відводиться через гідрозатвор, який запобігає підсосу повітря в систему, а очищене повітря виводиться з апарата.

Мокрі пиловловлювачі з трубою Вентурі особливо ефективні для вловлювання дрібнодисперсного пилу розміром менше 10 мкм, липких і волокнистих частинок, вибухонебезпечних пилових сумішей, а також для очищення гарячих газів, які потребують одночасного охолодження. Крім того, вони можуть використовуватися для видалення газоподібних домішок, що добре розчиняються у воді.

До переваг таких апаратів належать високий ступінь очищення газів, можливість одночасного охолодження та зволоження потоку, а також зниження пожежо- і вибухонебезпеки виробництва. Разом із тим їх використання пов'язане з необхідністю очищення стічних вод, можливістю корозії обладнання, утворенням відкладень і шламів, а також підвищеними витратами води та енергії.

Завдяки високій ефективності очищення мокрі пиловловлювачі з трубою Вентурі широко застосовуються в харчовій, хімічній, металургійній та інших галузях промисловості як самостійні апарати або в складі багатоступеневих систем газоочищення.

### **3. Очищення газів фільтруванням**

У харчовій промисловості для тонкого очищення повітря від пилових частинок широко застосовують рукавні тканинні фільтри. Вони забезпечують ефективне вилучення частинок розміром до 1 мкм і використовуються переважно для очищення повітря від сухого незлиплого (неадгезійного) пилу.

Процес очищення газу від пилу відбувається під час проходження запиленого повітря через пористий фільтрувальний матеріал. Як фільтрувальні середовища використовують бавовняні, синтетичні та скляні тканини, спеціальний фільтрувальний папір, а також різноманітні пористі матеріали. Частинки пилу затримуються як на поверхні фільтрувального матеріалу, так і в його порах. У процесі роботи на поверхні фільтра поступово формується пиловий шар, який сам починає виконувати роль додаткового фільтрувального середовища і підвищує ефективність очищення.

Уловлювання пилу здійснюється за рахунок декількох механізмів: ситового ефекту, інерційного осадження, дифузійного осадження дрібнодисперсних частинок та електростатичної взаємодії між частинками пилу і волокнами тканини. Ситовий ефект проявляється тоді, коли розміри частинок перевищують розміри пор фільтрувального матеріалу, внаслідок чого вони затримуються на його поверхні. Інерційне осадження відбувається через нездатність частинок пилу змінювати напрямок руху разом із газовим потоком, тому вони стикаються з волокнами та осідають на них.

Для дрібнодисперсних частинок важливу роль відіграє дифузійне осадження, яке зумовлене їх хаотичним тепловим рухом і підвищує ймовірність контакту з поверхнею фільтра. Додатковому уловлюванню пилу сприяє електростатична взаємодія між частинками та волокнами тканини. Поєднання цих механізмів забезпечує високу ефективність очищення газів навіть від дуже дрібних частинок пилу та дозволяє досягати значного ступеня очищення в тканинних фільтрах.

Для високоефективного очищення газів від дрібнодисперсного пилю широко застосовують рукавні фільтри. Вони забезпечують затримування частинок пилю на поверхні або в товщі фільтрувального матеріалу та характеризуються високим ступенем очищення газових викидів. Зовнішній вигляд, будову та принцип роботи рукавного фільтра типу ФВ наведено на рис. 11.10.



Рис. 11.10. Конструкція та схема роботи рукавного фільтра типу ФВ

Запилене повітря через патрубок забрудненого повітря надходить у нижню частину корпусу фільтра. За допомогою розподільної перегородки потік рівномірно розподіляється між фільтрувальними рукавами. Далі повітря проходить крізь тканинні рукави, закріплені на рамі апарата. Частинки пилю затримуються на поверхні рукавів, утворюючи пиловий шар, а очищене повітря проходить крізь тканину, збирається у верхній частині апарата і відводиться через патрубок очищеного повітря.

У процесі роботи кількість пилю на поверхні рукавів постійно збільшується, що призводить до зростання гідравлічного опору фільтра. Для відновлення його працездатності здійснюють регенерацію фільтрувальних елементів. У традиційних конструкціях вона виконується шляхом механічного струшування рукавів за допомогою спеціального механізму або зворотної продувки повітрям. У сучасних рукавних фільтрах найчастіше застосовується імпульсна продувка стисненим повітрям, яка дозволяє здійснювати очищення без зупинки роботи апарата.

Пил, що відокремлюється під час регенерації, осипається в бункер фільтра, звідки за допомогою шнека подається до шлюзового затвора і видаляється з апарата без порушення його герметичності.

Основною перевагою рукавних фільтрів є дуже високий ступінь очищення газів, який може досягати 99–99,9 %. Вони ефективно вловлюють навіть найдрібніші частинки пилу, забезпечують стабільну роботу при значних концентраціях пилу та можуть використовуватися для очищення великих об'ємів газових потоків. До переваг також належать можливість автоматизації процесу регенерації, відносна простота конструкції, надійність роботи та можливість повернення уловленого пилу у виробництво як цінної сировини.

Разом із тим рукавні фільтри мають певні недоліки. Вони чутливі до вологості та температури газового потоку, оскільки підвищена вологість може спричинити злипання пилу та закупорювання пор фільтрувального матеріалу, а високі температури — пошкодження тканини. Такі фільтри малопридатні для роботи з липким або вологим пилом. Крім того, фільтрувальні рукави поступово зношуються і потребують періодичної заміни, що збільшує експлуатаційні витрати. Значний гідравлічний опір вимагає використання потужних вентиляторів і супроводжується додатковими витратами електроенергії.

Таким чином, рукавні фільтри належать до найефективніших апаратів для очищення газових потоків від дрібнодисперсного пилу і широко застосовуються в харчовій промисловості як основний або завершальний ступінь очищення повітря.

#### **4. Очищення газів в електричному полі**

Електрофільтри в харчовій промисловості застосовуються порівняно рідко через складність конструкції, високу вартість та специфічні умови експлуатації. Проте в окремих випадках вони забезпечують високоефективне очищення газових потоків від дрібнодисперсного пилу, який важко вловлюється іншими методами.

Принцип роботи електрофільтра ґрунтується на зарядженні пилових частинок в електричному полі та подальшому осадженні їх на електродах під дією електричних сил. Процес очищення газу включає зарядження частинок пилу, їх переміщення до електродів із протилежним знаком заряду, осадження на поверхні електродів і періодичне видалення накопиченого пилу.

Основними елементами електрофільтра є коронуючий та осаджувальний електроди. У найпростішому виконанні коронуючий електрод являє собою тонкий провід, розташований усередині металевої труби або між металевими пластинами, які виконують роль осаджувальних електродів.

При подачі між електродами високої напруги створюється електричне поле великої напруженості. Під його дією електрони та іони отримують значне прискорення і, стикаючись із молекулами газу, викликають їх іонізацію. Цей процес називається ударною іонізацією. Поблизу коронуючого електрода виникає коронний розряд, або корона, який підтримує безперервне утворення нових заряджених частинок.

Іони та електрони, що утворюються в зоні коронного розряду, стикаються з пиловими частинками та передають їм електричний заряд. Заряджені частинки під дією електричного поля переміщуються до осаджувальних електродів і осідають на їх поверхні. У процесі роботи на електродах накопичується шар

пилу, який періодично видаляють механічним струшуванням, вібрацією або промиванням (у мокрих електрофільтрах).

Залежно від конструкції осаджувальних елементів розрізняють кілька типів електрофільтрів. Основні види електрофільтрів наведено на рис. 11.11.



Рис. 11.11. Основні типи електрофільтрів та принцип їх роботи

Електрофільтри забезпечують дуже високий ступінь очищення газів, який може досягати 99–99,9 %, особливо при вловлюванні частинок розміром менше 1 мкм. Вони ефективно працюють при очищенні великих об'ємів газу та можуть використовуватися для гарячих газових потоків.

Електрофільтри характеризуються рядом суттєвих переваг, завдяки яким вони належать до найбільш ефективних апаратів для очищення газових потоків. Вони забезпечують дуже високий ступінь очищення газів, ефективно вловлюють ультрадисперсні частинки пилу та аерозолі, мають низький гідравлічний опір і можуть використовуватися для очищення гарячих та агресивних газів. Крім того, електрофільтри здатні працювати з великими об'ємами газових потоків, забезпечуючи високу продуктивність навіть за значних витрат газу.

Разом із тим електрофільтри мають і певні недоліки. Їх виготовлення та експлуатація потребують значних капітальних і експлуатаційних витрат. Конструкція таких апаратів є досить складною, що ускладнює технічне обслуговування та ремонт. Ефективність роботи електрофільтрів значною мірою залежить від електропровідності пилу, а також від складу, температури та вологості газового потоку. Додатковою особливістю є необхідність використання високої напруги, що потребує дотримання підвищених вимог електробезпеки та застосування спеціальних захисних засобів.

Незважаючи на зазначені недоліки, електрофільтри залишаються одними з найефективніших апаратів для очищення газів від дрібнодисперсного пилу та

аерозолів і знаходять застосування в тих випадках, коли необхідно забезпечити дуже високий ступінь очищення газових викидів.

Для очищення газових потоків у харчовій промисловості застосовують гравітаційні, інерційні, мокрі, фільтраційні та електричні пиловловлювачі. Вибір конкретного типу обладнання залежить від дисперсного складу пилу, концентрації забруднень, температури та вологості газу, необхідного ступеня очищення і техніко-економічних вимог виробництва.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про фізичні основи розділення газових сумішей, ознайомитися з конструкцією та принципами роботи обладнання для очищення газових середовищ (осаджувальних камер, циклонів, рукавних фільтрів, електрофільтрів); навчитися аналізувати процеси очищення газів від пилу, оцінювати ефективність роботи обладнання та обґрунтовувати вибір оптимального способу очищення в умовах харчових виробництв.

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Поняття аерозолів та їх класифікація.
2. Характеристика пилу, туману та диму.
3. Фізичні основи осадження частинок у газовому середовищі.
4. Закон Стокса та швидкість витання частинок.
5. Основні методи очищення газових сумішей.
6. Класифікація для очищення газових середовищ.
7. Принцип роботи пилоосаджувальних камер.
8. Конструкція та принцип роботи циклонів.
9. Мокрі пиловловлювачі та їх особливості.
10. Принцип роботи труби Вентурі.
11. Сутність процесу фільтрації газів.
12. Конструкція рукавних фільтрів.
13. Методи регенерації фільтрувальних елементів.
14. Принцип роботи електрофільтрів.
15. Переваги та недоліки різних методів очищення газів.

### *I. Осаджувальні та інерційні пиловловлювачі*

1. Пилоосаджувальні камери, циклони.

### Практичні завдання

#### **Блок А. Аналітичний**

1. Пояснити фізичну сутність процесу осадження пилових частинок у газовому потоці.
2. Охарактеризувати сили, що діють на частинку в газовому середовищі.
3. Пояснити принцип роботи пилоосаджувальної камери.
4. Проаналізувати вплив швидкості газового потоку на ефективність осадження.
5. Охарактеризувати принцип роботи циклона та роль відцентрових сил.

### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Ефективність очищення в пилоосаджувальній камері знизилась. Які можливі причини цього явища?
2. У циклоні спостерігається підвищений винос пилу з очищеним повітрям. Які параметри процесу необхідно перевірити?
3. У роботі мокрого циклона з водяною плівкою знизилась ефективність очищення. Які фактори можуть впливати на цей процес?

### II. Фільтраційні пиловловлювачі

1. Рукавні фільтри.

#### Практичні завдання

#### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити механізми уловлювання пилу у фільтрувальних матеріалах.
2. Охарактеризувати конструкцію рукавного фільтра.
3. Пояснити принцип утворення пилового шару та його роль у фільтрації.
4. Проаналізувати способи регенерації фільтрувальних рукавів.
5. Визначити фактори, що впливають на ефективність роботи рукавного фільтра.

#### Блок Б. Розрахункові задачі

1. Визначити ступінь очищення газу за формулою:

$$\eta = \frac{G_{\text{вх}} - G_{\text{вих}}}{G_{\text{вх}}} \cdot 100\%$$

де  $G_{\text{вх}}=0,8$  кг/с — маса пилу на вході;  $G_{\text{вих}}=0,02$  кг/с — маса пилу на виході.

2. Визначити об'ємну продуктивність фільтра, якщо  $Q=5000$  м<sup>3</sup>/год — витрата повітря; тривалість роботи — 2 год.

### III. Електрофільтри

1. Електростатичні пиловловлювачі

#### Практичні завдання

#### Блок А. Порівняльний аналіз

1. Пояснити принцип роботи електрофільтра.
2. Охарактеризувати процес коронного розряду.
3. Пояснити механізм зарядження пилових частинок.
4. Визначити фактори, що впливають на ефективність електрофільтрів.
5. Порівняти електрофільтри з рукавними фільтрами за ефективністю та умовами застосування.

#### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Ефективність електрофільтра знизилась. Які можливі причини цього?
2. У процесі роботи виникають іскрові розряди. Що це може означати?
3. Спостерігається нерівномірне осадження пилу на електродах. Які фактори можуть впливати?

### САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ

1. Аерозоль — це:
  - а) суміш двох газів; б) дисперсна система, у якій тверді або рідкі частинки розподілені в газі; в) суміш рідин; г) система твердих тіл.
2. До основних видів аерозолів належать:
  - а) пил; б) туман; в) дим.
3. Які сили діють на частинку в газовому середовищі?
  - а) сила тяжіння; б) сила опору середовища; в) архімедова сила; г) сила тертя кочення.
4. До сухих методів очищення газових сумішей належать:
  - а) гравітаційні; б) інерційні; в) фільтраційні; г) електричні; д) випарні.
5. Основними характеристиками пиловловлювального обладнання є:
  - а) ступінь очищення; б) продуктивність; в) гідравлічний опір.
6. Перевагою циклона з водяною плівкою є:
  - а) запобігання вторинному винесенню пилу; б) підвищення ступеня очищення; в) зменшення ризику займання пилу; г) часткове охолодження газу.
7. У рукавних фільтрах пил уловлюється завдяки:
  - а) ситовому ефекту; б) інерційному осадженню; в) дифузійному осадженню; г) електростатичній взаємодії.
8. Регенерація рукавних фільтрів може здійснюватися:
  - а) струшуванням; б) зворотною продувкою; в) імпульсною продувкою стисненим повітрям.
9. Основними елементами електрофільтра є:
  - а) коронуючий електрод; б) осаджувальний електрод; в) рукавний фільтр; г) циклон.
10. До переваг електрофільтрів належать:
  - а) високий ступінь очищення; б) низький гідравлічний опір; в) можливість очищення гарячих газів; г) ефективність для дрібнодисперсних аерозолів; д) простота конструкції.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – а, б, в; 3 – а, б, в; 4 – а, б, в, г; 5 – а, б, в; 6 – а, б, в, г; 7 – а, б, в, г; 8 – а, б, в; 9 – а, б; 10 – а, б, в, г.

## БЛОК 12

### МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФЛОТАЦІЙНОГО І МЕМБРАННОГО РОЗДІЛЕННЯ СУМІШЕЙ

#### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** сформувати знання про теоретичні основи флотаційного та мембранного розділення сумішей, принципи роботи, будову та особливості експлуатації флотаційних і мембранних установок, а також сфери їх застосування в аграрній, харчовій та переробній промисловості; розвивати вміння аналізувати процеси розділення сумішей, порівнювати ефективність флотаційних і мембранних методів, обґрунтовувати вибір обладнання залежно від властивостей сировини та вимог технологічного процесу; виховувати відповідальне ставлення до раціонального використання сировинних і енергетичних ресурсів, дотримання екологічних вимог, технологічної дисципліни та прагнення до професійного самовдосконалення.

#### План

1. Флотаційне розділення сумішей.
2. Мембранне розділення сумішей.
3. Обладнання для флотаційного та мембранного розділення.

***Мотивація.** Сучасні технології переробки сільськогосподарської та харчової сировини потребують високоефективних способів очищення, концентрування та розділення сумішей. Флотаційні та мембранні методи дають змогу отримувати продукцію високої якості, зменшувати втрати цінних компонентів, економити енергетичні ресурси та знижувати негативний вплив виробництва на довкілля. Знання принципів роботи відповідного обладнання є необхідним для майбутнього педагога професійного навчання, який повинен орієнтуватися в сучасних виробничих технологіях і забезпечувати якісну підготовку кваліфікованих робітників аграрної та переробної галузей.*

#### 1. Флотаційне розділення сумішей

Флотація є одним із найбільш ефективних методів розділення неоднорідних систем, який ґрунтується на різній змочуваності частинок рідиною. Частинки, що погано змочуються водою, прилипають до бульбашок повітря і разом з ними спливають на поверхню, тоді як добре змочувані частинки залишаються в об'ємі рідини або осідають. Завдяки високій ефективності та можливості вибіркового виділення окремих компонентів флотація знайшла широке застосування в багатьох галузях промисловості.

У хімічній промисловості флотацію застосовують для розділення твердих фаз, очищення суспензій і вилучення різноманітних домішок. Вона також використовується для інтенсифікації масообмінних процесів та очищення технологічних розчинів.

Флотаційні процеси широко використовують для очищення технологічних рідин, стічних вод і вилучення цінних компонентів у харчовій та переробній промисловості. Схему флотаційного процесу та основні напрями його застосування наведено на рис. 12.1.



Рис. 12.1. Принцип флотації та сфери її застосування

Флотацію використовують для освітлення виноградного соку, видалення завислих частинок із рідких продуктів, а також для виділення глютену в крохмало-патоковому виробництві. У процесах бродіння флотація застосовується для відокремлення дріжджів, що сприяє очищенню продукту та створює можливість повторного використання біомаси. Крім того, цей метод використовують для знежирювання рідин і видалення жирових домішок із технологічних потоків.

Значну роль флотація відіграє в очищенні стічних вод харчових підприємств. Вона забезпечує ефективне видалення завислих речовин, жирів, масел та інших забруднень, що сприяє підвищенню ефективності очисних споруд і зменшенню негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

Флотаційні процеси також використовують для очищення питної води, вилучення поверхнево-активних речовин, концентрування біологічних суспензій, а також у біотехнології та фармацевтичній промисловості для виділення й концентрування цінних компонентів.

Таким чином, флотація є універсальним технологічним процесом, який забезпечує ефективне розділення неоднорідних систем, підвищення якості продукції, раціональне використання сировини та зниження екологічного навантаження на довкілля.

Рідкі продукти, що переробляються в харчовій промисловості, у більшості випадків являють собою дисперсні системи, що складаються з двох основних компонентів: дисперсійного середовища та дисперсної фази. Дисперсійне середовище є безперервною фазою системи і найчастіше представлене водою, тоді як дисперсна фаза складається з частинок іншої речовини, рівномірно або нерівномірно розподілених у цьому середовищі.

Дисперсна фаза може бути представлена твердими частинками, краплями рідини або газовими включеннями. Розміри частинок можуть змінюватися в широких межах — від колоїдних до грубодисперсних, що істотно впливає на їх поведінку під час флотаційного процесу.

Залежно від характеру взаємодії між дисперсною фазою та дисперсійним середовищем розрізняють гідрофільні та гідрофобні системи. У гідрофільних системах частинки добре змочуються водою і характеризуються сильною взаємодією з рідким середовищем. Завдяки цьому вони утворюють відносно стійкі суспензії. Прикладом таких систем можуть бути крохмальні суспензії, у яких тверді частинки активно взаємодіють із водою.

Гідрофобні системи характеризуються слабкою взаємодією між дисперсною фазою та водним середовищем. Частинки таких систем погано змочуються водою і прагнуть зменшити площу контакту з нею. До гідрофобних систем належать, зокрема, жирові емульсії, у яких краплі жиру мають обмежену спорідненість до води.

Саме різниця у змочуваності частинок лежить в основі процесу флотації. Гідрофобні частинки легко приєднуються до бульбашок повітря, що вводяться в систему, і разом з ними спливають на поверхню рідини, утворюючи пінний шар. Гідрофільні частинки, навпаки, залишаються в об'ємі рідини або осідають під дією сили тяжіння.

Ефективність флотаційного розділення значною мірою залежить від властивостей дисперсної системи, розміру частинок, ступеня їх гідрофобності або гідрофільності, концентрації дисперсної фази та умов взаємодії між фазами. Важливий вплив також мають розміри повітряних бульбашок, інтенсивність перемішування та фізико-хімічні властивості середовища.

Знання властивостей дисперсних систем є необхідною умовою для ефективного керування процесом флотації, підвищення якості розділення фаз і забезпечення високої ефективності технологічних процесів у харчовій промисловості.

Для підвищення ефективності процесу флотації використовують спеціальні флотаційні реагенти, які сприяють прилипанню частинок до газових бульбашок і забезпечують вибірковість розділення компонентів. Залежно від функціонального призначення флотаційні реагенти поділяють на три основні групи: збирачі, регулятори та піноутворювачі.

Збирачі адсорбуються на поверхні твердих частинок і надають їм гідрофобних властивостей, унаслідок чого підвищується здатність частинок прилипати до бульбашок повітря. Регулятори, або модифікатори, використовуються для зміни умов флотації та забезпечення вибірковості процесу. Вони можуть посилювати або пригнічувати взаємодію окремих

частинок із газовими бульбашками, що дозволяє керувати процесом розділення. Піноутворювачі сприяють утворенню великої кількості дрібних газових бульбашок і підвищують стійкість піни, що покращує винесення частинок на поверхню рідини.

Дія флотаційних реагентів відбувається на межі розділу фаз і полягає у зміні фізико-хімічних властивостей поверхні частинок. Це досягається шляхом утворення поверхневих хімічних сполук або внаслідок фізичної адсорбції молекул реагентів на поверхні дисперсної фази.

Важливим етапом флотаційного процесу є аерація рідини, тобто утворення та введення в систему газових бульбашок. У флотаційних машинах застосовують декілька способів аерації.

Найбільш поширеним є агітаційний спосіб, при якому бульбашки утворюються внаслідок обертання імпелерів або інших перемішувальних пристроїв. При цьому виникають інтенсивні кругові потоки рідини, відбувається засмоктування повітря та формування великої кількості дрібних бульбашок.

При пневматичному способі повітря подається безпосередньо в рідину через пористі перегородки або спеціальні розподільні патрубки. У результаті утворюється газорідинна система з рівномірно розподіленими бульбашками.

Ежекторний спосіб аерації базується на використанні струменя рідини, який проходить через сопло під тиском. У процесі руху струмень захоплює повітря, насичується ним і утворює газові бульбашки, що надходять у флотаційну камеру.

Вакуумний спосіб ґрунтується на виділенні розчиненого в рідині газу при створенні пересичення, яке досягається зниженням тиску або підвищенням температури. У цьому випадку бульбашки формуються безпосередньо на поверхні частинок, що сприяє підвищенню ефективності флотації.

Електролітичний спосіб передбачає утворення бульбашок газу на поверхні електродів унаслідок електролізу при пропусканні постійного електричного струму через рідину. Газові бульбашки, що утворюються, взаємодіють із частинками дисперсної фази та забезпечують їх флотаційне винесення.

Таким чином, застосування флотаційних реагентів і вибір способу аерації мають вирішальне значення для ефективності флотаційного процесу, оскільки визначають умови взаємодії частинок із газовими бульбашками та впливають на якість розділення неоднорідних систем.

Для забезпечення високої ефективності процесу флотації необхідно створити умови, за яких взаємодія між частинками дисперсної фази та бульбашками газу буде максимально інтенсивною та стійкою.

Однією з найважливіших умов є оптимальний розмір газових бульбашок. Надто великі бульбашки мають невелику питому поверхню контакту і менш ефективно взаємодіють із частинками, тоді як надто дрібні бульбашки можуть не забезпечувати достатньої підйомної сили для винесення частинок на поверхню. Найкращі результати досягаються при утворенні бульбашок середнього розміру, які забезпечують достатню площу контакту та ефективне транспортування частинок.

Важливим фактором є також кількість бульбашок у рідині. Зі збільшенням їх концентрації зростає ймовірність зіткнення частинок із газовою фазою, що сприяє підвищенню інтенсивності флотаційного процесу.

Ефективність флотації значною мірою залежить від умов зіткнення частинок із бульбашками. Для цього необхідно забезпечити раціональне перемішування та оптимальну турбулентність потоку. Недостатня інтенсивність перемішування зменшує кількість контактів між фазами, а надмірна турбулентність може руйнувати вже утворені комплекси «частинка–бульбашка».

Після зіткнення необхідно забезпечити надійне прилипання частинок до поверхні бульбашок. Цей процес визначається змочуваністю поверхні частинок, фізико-хімічними властивостями системи та використанням флотаційних реагентів. Особливу роль відіграють збирачі та регулятори, які змінюють поверхневі властивості частинок і підвищують їх здатність до флотації.

Важливою умовою є стабільність піни, що утворюється на поверхні рідини. Піна повинна бути достатньо стійкою для утримання частинок до моменту їх видалення, але водночас не надто стійкою, щоб не ускладнювати подальше руйнування та відокремлення флотаційного продукту.

На ефективність флотації також впливають температура середовища, в'язкість рідини, концентрація твердої фази, розмір частинок і правильний вибір флотаційних реагентів. Сукупність цих факторів визначає інтенсивність процесу, його селективність та якість розділення фаз.

Ефективна флотація досягається лише за умови комплексного дотримання технологічних параметрів і правильного керування процесом. Флотація є важливим методом розділення дисперсних систем, який широко використовується в різних галузях промисловості. Її ефективність визначається властивостями частинок, способом аерації рідини, умовами утворення та стабільності піни, а також правильним підбором флотаційних реагентів.

## **2. Мембранне розділення сумішей**

Мембранне розділення є сучасним високоефективним методом поділу сумішей, який ґрунтується на вибірковій проникності спеціальних перегородок — мембран. Суть процесу полягає у здатності мембран пропускати одні компоненти суміші та затримувати інші залежно від їх розміру, форми молекул, електричного заряду або інших фізико-хімічних властивостей.

У хімічній та нафтохімічній промисловості мембранні методи широко застосовуються для розділення вуглеводневих сумішей, концентрування розчинів, поділу високомолекулярних і низькомолекулярних сполук, а також для виділення окремих газів. Зокрема, мембранні технології використовують для вилучення гелію та водню з природного газу, а також для отримання кисню з атмосферного повітря. Використання таких методів сприяє підвищенню ефективності технологічних процесів і зменшенню енерговитрат.

У мікробіологічній, біотехнологічній та медичній промисловості мембранні процеси застосовують для очищення, концентрування та фракціонування біологічно активних речовин. Вони використовуються під час виробництва вакцин, ферментних препаратів, вірусних культур та інших

біопродуктів. Особливе значення мембранні технології мають у медицині, де їх застосовують у процесах гемодіалізу для очищення крові від продуктів обміну речовин і токсичних сполук.

Останніми роками мембранні методи набули широкого поширення у харчовій промисловості. Вони використовуються для виділення цінних компонентів із харчової сировини, зокрема білків, ферментів, ароматичних і біологічно активних речовин. Значне місце мембранні процеси займають у технологіях очищення води, підготовки технологічної води для виробництва харчових продуктів, очищення стічних вод та опріснення морської і солонуватої води. Основні напрями використання мембранних технологій у харчовій промисловості показано на рис. 12.2.



*Рис. 12.2. Застосування мембранних технологій для виділення цінних компонентів та очищення води в харчовій промисловості*

Важливим напрямом використання мембранних технологій є концентрування фруктових та овочевих соків, молочної сироватки, очищення напоїв, а також видалення механічних домішок і мікроорганізмів. Оскільки ці процеси здійснюються без застосування високих температур, вдається максимально зберегти смакові властивості, харчову цінність і біологічну активність продуктів.

Основними перевагами мембранного розділення є висока селективність, енергоефективність, можливість проведення процесів за низьких температур, відсутність необхідності у фазових переходах, компактність обладнання та екологічна безпечність. Крім того, мембранні методи дозволяють отримувати продукти високої якості при мінімальних втратах цінних компонентів.

Таким чином, мембранне розділення є одним із найперспективніших напрямів розвитку сучасних технологій розділення речовин. Завдяки високій ефективності, універсальності та екологічності мембранні процеси знаходять дедалі ширше застосування в хімічній, медичній, біотехнологічній та харчовій промисловості.

Ефективність мембранних процесів оцінюють за кінетичними та технологічними показниками, які характеризують інтенсивність масопереносу через мембрану, продуктивність установки та якість розділення компонентів. Основні залежності для визначення масового потоку, коефіцієнта масопередачі, рушійної сили процесу, питомої продуктивності та селективності мембран наведено на рис. 12.3.

### Масоперенос і основні показники мембранних процесів

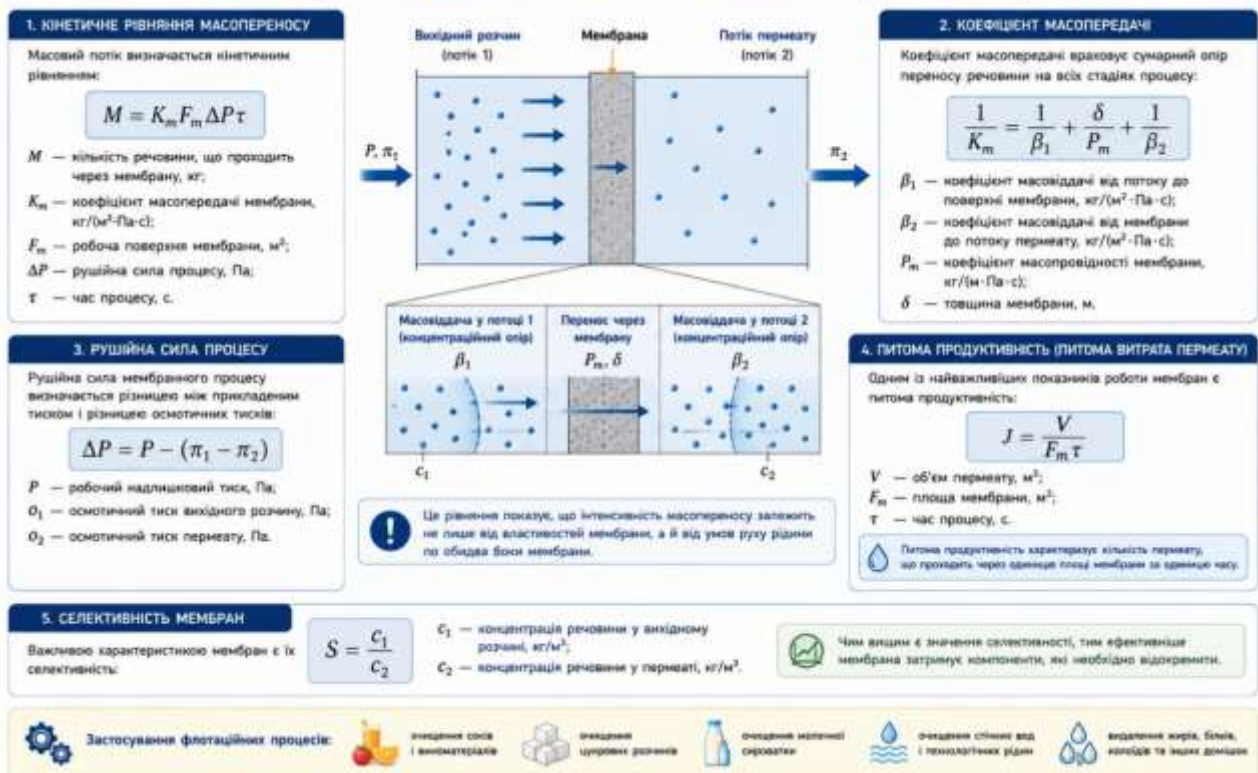


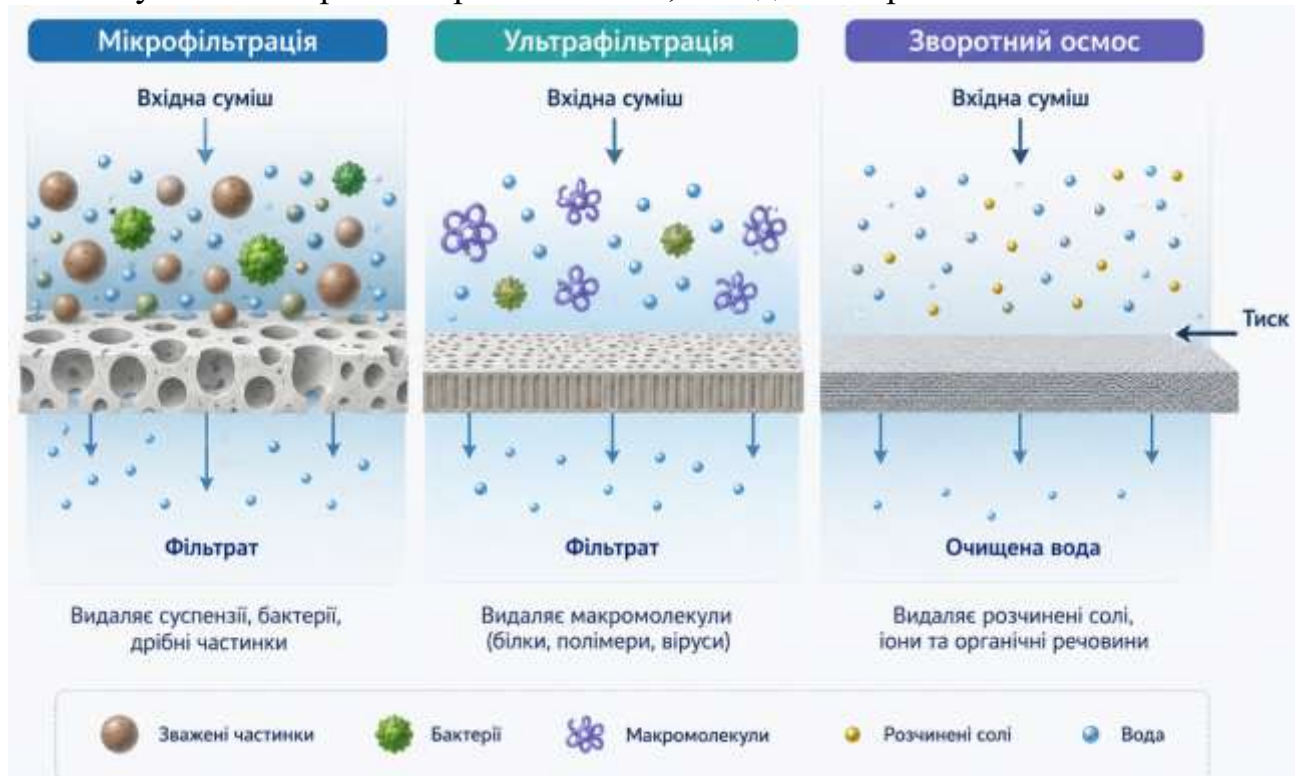
Рис. 12.3. Масоперенос і основні показники мембранних процесів

Інтенсивність мембранного розділення визначається величиною масового потоку, який залежить від властивостей мембрани, площі її поверхні, рушійної сили процесу та умов масообміну по обидва боки мембрани. Загальний опір масопереносу включає опір прикордонних шарів рідини та власний опір мембрани.

Важливими експлуатаційними характеристиками мембран є питома продуктивність і селективність. Питома продуктивність характеризує кількість пермеату, що проходить через одиницю площі мембрани за одиницю часу, а селективність визначає здатність мембрани затримувати окремі компоненти суміші. Саме поєднання високої продуктивності та селективності забезпечує ефективну роботу мембранних установок у харчовій та переробній промисловості.

Баромембранні процеси є різновидом мембранних методів розділення, у яких рушійною силою перенесення речовини через мембрану є різниця тисків. Вони широко застосовуються для очищення, концентрування та розділення рідких систем у харчовій, хімічній, фармацевтичній та біотехнологічній промисловості.

Основними видами баромембранних процесів є мікрофільтрація, ультрафільтрація та зворотний осмос. Кожен із цих процесів відрізняється розмірами частинок, які затримуються мембраною, величиною робочого тиску та ступенем очищення продукту. Основні види баромембранних процесів, що застосовуються в харчовій промисловості, наведено на рис. 12.4.



*Рис. 12.4. Основні види баромембранних процесів*

Мікрофільтрація використовується для видалення завислих частинок, бактерій, клітин мікроорганізмів та механічних домішок. Цей процес застосовується для попереднього очищення рідин, освітлення напоїв, очищення води та стерилізації харчових продуктів. Мікрофільтраційні мембрани затримують відносно великі частинки, тому працюють за порівняно невисоких тисків.

Ультрафільтрація призначена для розділення макромолекул, білків, колоїдних частинок, полісахаридів та полімерів. Вона широко використовується у виробництві молочних продуктів, концентруванні білкових розчинів, очищенні ферментних препаратів та в біотехнологічних процесах. Ультрафільтраційні мембрани мають менші пори порівняно з мікрофільтраційними, тому забезпечують більш глибоке очищення.

Зворотний осмос є найбільш тонким методом мембранного розділення. Він забезпечує затримання розчинених солей, іонів і низькомолекулярних речовин. Процес широко використовується для опріснення морської води, отримання

питної води високої якості, очищення технологічних розчинів та підготовки води для харчових і фармацевтичних виробництв. Для здійснення зворотного осмосу необхідно створювати високий робочий тиск, який перевищує осмотичний тиск розчину.

Класифікація баромембранних процесів ґрунтується на розмірах частинок, які затримуються мембраною, величині робочого тиску та ступені очищення або розділення. Загальною закономірністю є те, що зі зменшенням розміру частинок, які необхідно відокремити, зростають вимоги до селективності мембрани та величини робочого тиску.

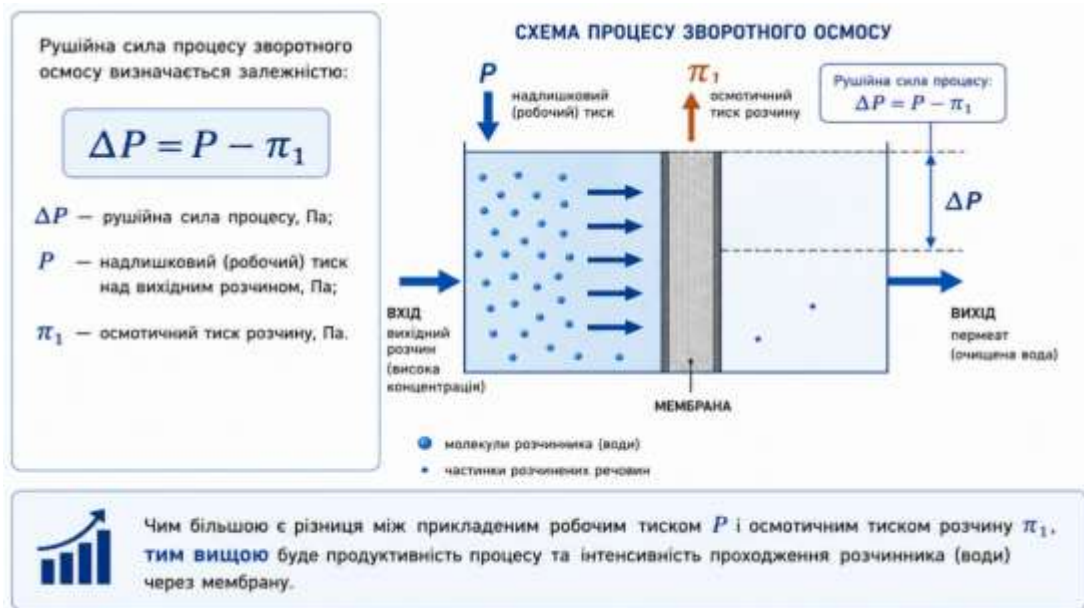
Баромембранні процеси утворюють послідовну ієрархічну систему методів розділення: від грубого очищення рідин за допомогою мікрофільтрації до найтоншого очищення та знесолення методом зворотного осмосу. Правильний вибір конкретного процесу визначається властивостями оброблюваної системи, необхідним ступенем очищення та вимогами до якості кінцевого продукту.

Зворотний осмос — це процес мембранного розділення рідких сумішей, який полягає у вибіркового проходженні розчинника через напівпроникну мембрану під дією зовнішнього тиску, що перевищує осмотичний тиск розчину. Зазвичай робочий тиск процесу становить 6–10 МПа.

В основі зворотного осмосу лежить явище осмосу — самодовільного переходу розчинника через напівпроникну мембрану з менш концентрованого розчину в більш концентрований. Тиск, при якому встановлюється рівновага між потоками розчинника по обидва боки мембрани, називається осмотичним тиском.

При зворотному осмосі до розчину прикладається зовнішній тиск, величина якого перевищує осмотичний тиск. Унаслідок цього напрямок перенесення розчинника змінюється на протилежний: розчинник переходить із концентрованого розчину через мембрану в зону очищеного розчинника (пермеату), тоді як розчинені речовини затримуються мембраною.

Процес зворотного осмосу відбувається під дією зовнішнього тиску, який перевищує осмотичний тиск розчину та забезпечує проходження розчинника через напівпроникну мембрану. Схему формування рушійної сили процесу зворотного осмосу наведено на рис. 12.5.



**Рис. 12.5.** Рухайна сила процесу зворотного осмосу

Зворотний осмос широко застосовується для опріснення морської та мінералізованої води, одержання питної води високої якості, концентрування харчових продуктів, очищення технологічних розчинів, а також у фармацевтичній та біотехнологічній промисловості.

У процесах зворотного осмосу використовують спеціальні напівпроникні мембрани, які забезпечують вибіркове проходження молекул розчинника та затримують більшість розчинених речовин. Ефективність процесу значною мірою залежить від структури, матеріалу та експлуатаційних характеристик мембран. Найбільшого поширення набули ацетатцелюлозні мембрани багат шарової будови. Типи мембран та структуру ацетатцелюлозної мембрани наведено на рис. 12.6.



**Рис. 12.6.** Типи мембран для зворотного осмосу і структура ацетатцелюлозної мембрани

Характерною особливістю мембран для зворотного осмосу є їх здатність пропускати молекули розчинника, переважно води, і затримувати більшість розчинених речовин — солей, іонів, органічних сполук та інших домішок. Завдяки цьому забезпечується високий ступінь очищення та знесолення рідин.

До основних особливостей процесу зворотного осмосу належать:

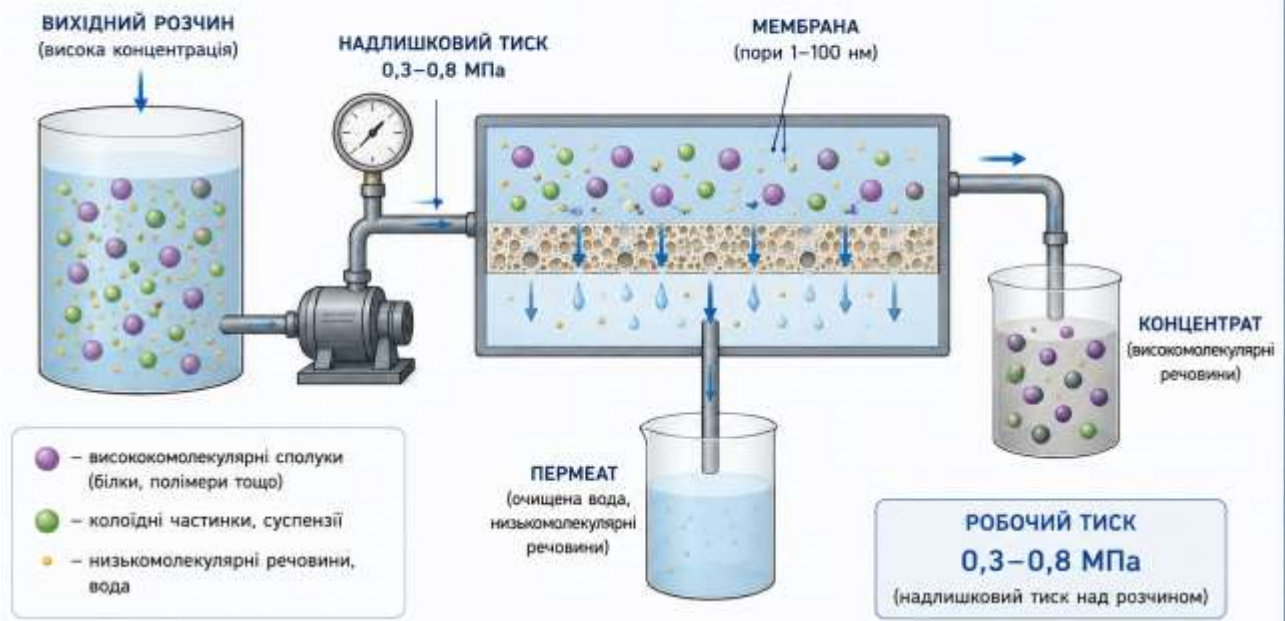
- розділення компонентів на молекулярному рівні;
- ефективно затримування розчинених солей, іонів та низькомолекулярних речовин;
- відсутність фазових переходів під час процесу, що сприяє зниженню енергетичних витрат;
- висока якість очищення та концентрування продуктів;
- можливість проведення процесу за відносно низьких температур із збереженням властивостей продукту.

Зворотний осмос знайшов широке застосування в різних галузях промисловості. У харчовій промисловості його використовують для концентрування та очищення молока і молочної сироватки, виділення білків, лактози, вітамінів і мінеральних речовин, а також для обробки фруктових соків, напоїв і технологічної води.

Зворотний осмос є одним із найефективніших мембранних методів розділення рідких систем. Його основними перевагами є висока селективність, енергоефективність, відсутність фазових переходів і можливість отримання продуктів високої якості, що забезпечує широке застосування цього процесу в сучасних технологіях.

Ультрафільтрація належить до баромембранних процесів розділення рідких систем і здійснюється під дією надлишкового тиску. На відміну від зворотного осмосу, ультрафільтраційні мембрани пропускають воду та низькомолекулярні речовини, але затримують колоїдні частинки, білки, полімери та інші високомолекулярні сполуки. Принципову схему процесу ультрафільтрації наведено на рис. 12.7.

Ультрафільтрація — це мембранний процес розділення рідких сумішей під дією надлишкового тиску, який зазвичай становить **0,3–0,8 МПа**.



*Рис. 12.7. Схема процесу ультрафільтрації*

Під час ультрафільтрації вихідний розчин під тиском 0,3–0,8 МПа подається до мембранного модуля. Через мембрану проходять вода та низькомолекулярні речовини, утворюючи пермеат, тоді як високомолекулярні сполуки й колоїдні частинки затримуються та концентруються у вихідному потоці.

Для здійснення процесу використовують спеціальні ультрафільтраційні мембрани, виготовлені з нітроцелюлози, ацетатцелюлози, поліамідних та поліелектролітних матеріалів. У промисловості широко застосовують мембрани типу УАМ-50, УАМ-100, УАМ-200 та УАМ-300, які відрізняються селективністю та продуктивністю.

Ультрафільтрацію широко застосовують у харчовій промисловості для концентрування молочної сироватки, очищення соків, виділення білків, освітлення напоїв і підготовки технологічної води. Перевагами процесу є відсутність фазових переходів, порівняно невеликі енергетичні витрати та висока якість розділення компонентів.

Важливою перевагою ультрафільтрації є відсутність фазових переходів під час розділення, що дозволяє проводити процес за помірних температур і зберігати природні властивості продукту. Крім того, ультрафільтрація характеризується відносно низьким робочим тиском, високою продуктивністю та можливістю одночасного очищення і концентрування розчинів.

У харчовій промисловості ультрафільтрація широко використовується для концентрування білків молока та молочної сироватки, виробництва сирів і білкових концентратів, очищення соків і напоїв від колоїдних домішок, виділення ферментів, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Також цей метод застосовують для освітлення рідких продуктів і покращення їхніх органолептичних показників.

Ультрафільтрація є ефективним, економічним і технологічно доцільним методом очищення та концентрування рідких систем. Завдяки високій селективності, низьким енергетичним витратам і можливості збереження якості продукту вона займає важливе місце серед сучасних мембранних технологій, особливо в харчовій промисловості.

Мікрофільтрація є мембранним методом очищення рідин, який використовується для видалення зважених частинок, мікроорганізмів і колоїдних домішок. Процес здійснюється за невеликих перепадів тиску та забезпечує ефективне освітлення і мікробіологічне очищення рідких середовищ без зміни їхнього хімічного складу. Принципову схему процесу мікрофільтрації наведено на рис. 12.8.



*Рис. 12.8. Схема процесу мікрофільтрації*

За своїми характеристиками мікрофільтрація займає проміжне положення між традиційною фільтрацією та іншими баромембранними процесами.

Принцип процесу ґрунтується на проходженні рідини через пористу мембрану, яка затримує частинки, розміри яких перевищують діаметр її пор. Як правило, розміри пор мікрофільтраційних мембран становлять від 0,1 до 5 мкм, що визначає сферу їх практичного застосування.

Мікрофільтрація забезпечує ефективне видалення завислих частинок, бактерій, дріжджів, клітин мікроорганізмів, а також дрібних колоїдних домішок. При цьому розчинені речовини, солі та низькомолекулярні компоненти проходять через мембрану разом із рідиною.

У харчовій промисловості мікрофільтрацію широко застосовують для освітлення соків, вин, пива та інших напоїв, очищення молока і молочної сироватки від мікроорганізмів, стерилізації рідких харчових продуктів без використання термічної обробки, а також для видалення механічних і колоїдних домішок. Використання цього процесу дозволяє підвищити якість продукції, покращити її органолептичні показники та збільшити термін зберігання.

До основних переваг мікрофільтрації належать висока ефективність очищення, низькі енергетичні витрати, відсутність фазових переходів і

можливість проведення процесу за невисоких температур. Це особливо важливо для харчових продуктів, чутливих до нагрівання.

Мікрофільтрація є ефективним методом очищення рідин і газів від механічних та біологічних домішок. Вона широко використовується як самостійний процес або як попередній етап перед ультрафільтрацією, нанофільтрацією та зворотним осмосом, забезпечуючи високу якість підготовки продуктів до подальшої обробки.

### **3. Обладнання для флотаційного та мембранного розділення**

Мембранні апарати класифікують за способом розміщення мембранних елементів. Конструкція апарата визначає ефективність процесу розділення, продуктивність, енерговитрати, компактність обладнання та сферу його застосування.

За конструкцією мембранні апарати поділяють на чотири основні типи: плоскопаралельні, трубчасті, рулонні та апарати з порожнистими волокнами. Кожен із цих типів має свої конструктивні особливості, переваги та сферу застосування залежно від властивостей оброблюваного середовища і вимог технологічного процесу.

Плоскопаралельні мембранні апарати (типу фільтр-прес) складаються з пакета плоских мембран, розділених спеціальними прокладками. Вони відзначаються простотою конструкції, зручністю монтажу, обслуговування та заміни мембранних елементів. Такі апарати широко застосовують у процесах мікрофільтрації та ультрафільтрації.

У трубчастих мембранних апаратах мембрани розташовані всередині труб, через які проходить робочий розчин. Завдяки великому діаметру каналів вони добре пристосовані для обробки забруднених, в'язких і висококонцентрованих середовищ, що містять значну кількість завислих частинок.

Рулонні (спіральні) мембранні апарати являють собою пакет мембран, згорнутих у вигляді спіралі навколо перфорованої центральної трубки. Така конструкція забезпечує значну площу фільтрації за невеликих габаритних розмірів апарата, що дозволяє ефективно використовувати виробничі площі та зменшувати витрати на обладнання.

Апарати з порожнистими волокнами містять мембрани у вигляді тонких капілярів, зібраних у спеціальні модулі. Для них характерні дуже велика питома поверхня фільтрації, компактність і висока продуктивність. Завдяки цим перевагам вони широко використовуються у процесах ультрафільтрації, очищення води та інших мембранних технологіях.

Основні типи мембранних апаратів за конструкцією наведено на рис. 12.9.



*Рис. 12.9. Класифікація мембранних апаратів за конструктивним виконанням*

Установки зворотного осмосу, ультрафільтрації та інших мембранних процесів зазвичай складаються з великої кількості мембранних модулів, які об'єднують у батареї. Модулі можуть з'єднуватися:

- послідовно — для підвищення ступеня очищення або концентрування;
- паралельно — для збільшення продуктивності установки.

Таке компонування дозволяє гнучко змінювати характеристики системи відповідно до виробничих потреб.

Найбільшого поширення набули рулонні (спіральні) мембранні апарати, в яких кожен модуль складається з кількох спільно навитих мембранних елементів. Основними перевагами таких конструкцій є велика площа мембрани в компактному об'ємі, висока продуктивність, зменшення металоємності та габаритів обладнання, а також можливість легкого масштабування за модульним принципом.

Ефективність мембранних процесів значною мірою залежить від конструкції мембранного апарата. Одними з найбільш поширених є апарати рулонного типу, які характеризуються великою площею фільтрації при відносно компактних габаритах. Конструкцію мембранного апарата рулонного типу з шістьма спільно навитими фільтруючими елементами наведено на рис. 12.10.



**Рис. 12.10. Мембранний апарат рулонного типу з шістьма спільно навитими фільтруючими елементами**

Корпус апарата виконаний у вигляді циліндричної труби з нержавіючої сталі, усередині якої послідовно розташовані мембранні модулі. Герметичність забезпечується ущільнювальними кільцями, встановленими в торцевих кришках.

Фільтратовідвідні трубки з'єднують сусідні модулі між собою, а місця стику ущільнюються гумовими муфтами. З одного боку трубки закриті заглушками, а з іншого з'єднані з камерою збору пермеату.

Кожен рулонний елемент складається з дренажного шару та двох мембран, розташованих по обидва боки дренажу.

Мембранний пакет закріплюється на центральній фільтратовідвідній трубці. Герметизація торців забезпечується склеюванням країв мембран.

Для створення каналів руху рідини та запобігання злипанню мембран між шарами встановлюють сітку-сепаратор. Вона також сприяє турбулізації потоку, що підвищує інтенсивність масоперенесення та ефективність роботи апарата.

Пакет мембранних елементів закріплюється в каркасі, який складається з рамок, стягнутих осьовим стрижнем.

Рулонні мембранні апарати поєднують високу продуктивність, компактність і ефективність роботи. Завдяки модульній конструкції вони широко застосовуються в установках зворотного осмосу, ультрафільтрації та інших мембранних процесах, особливо на підприємствах великої продуктивності.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

**Мета:** закріпити знання про процеси флотації та мембранного розділення сумішей, ознайомитися з фізико-хімічними основами цих процесів, конструкцією та принципами роботи відповідного обладнання; вчитися аналізувати ефективність розділення, обґрунтовувати вибір методів і технологічних параметрів у харчових та переробних виробництвах

### Теоретичні питання для опрацювання

1. Сутність процесу флотації та його фізичні основи.
2. Роль змочуваності частинок у процесі флотації.
3. Дисперсні системи та їх класифікація.
4. Флотаційні реагенти та їх функції.
5. Способи аерації рідини.
6. Умови ефективної флотації.
7. Сутність мембранного розділення.
8. Рушійна сила мембранних процесів.
9. Основні параметри мембранного розділення (продуктивність, селективність).
10. Класифікація баромембранних процесів.
11. Принцип дії зворотного осмосу.
12. Особливості ультрафільтрації.
13. Сутність мікрофільтрації.
14. Типи мембранних апаратів.
15. Конструкція рулонного мембранного апарата.

### I. Флотація

#### Практичні завдання

##### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити фізичну сутність процесу флотації.
2. Проаналізувати роль гідрофільних і гідрофобних властивостей частинок.
3. Охарактеризувати механізм прилипання частинок до бульбашок.
4. Пояснити вплив розміру бульбашок на ефективність процесу.
5. Визначити роль флотаційних реагентів у процесі.

##### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Знизилась ефективність флотації. Які можливі причини цього явища?
2. У процесі утворюється нестійка піна. Що це означає?
3. Частинки не прилипають до бульбашок. Які фактори необхідно перевірити?

### II. Мембранні процеси

#### Практичні завдання

##### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити механізм перенесення речовини через мембрану.
2. Охарактеризувати рушійну силу мембранного процесу.
3. Пояснити різницю між зворотним осмосом, ультрафільтрацією та мікрофільтрацією.
4. Проаналізувати вплив тиску на інтенсивність процесу.

5. Охарактеризувати фактори, що впливають на селективність мембрани.

### **Блок Б. Розрахункові задачі**

1. Визначити питому продуктивність мембрани, якщо:

$$V = 0,5 \text{ м}^3; F = 10 \text{ м}^2; \tau = 1 \text{ год.}$$

2. Визначити рушійну силу процесу, якщо:

$$P = 8 \text{ МПа}; \pi_1 = 3 \text{ МПа}; \pi_2 = 1 \text{ МПа.}$$

## **III. Мембранні апарати та установки**

### **Практичні завдання**

#### **Блок А. Порівняльний аналіз**

1. Охарактеризувати основні типи мембранних апаратів.
2. Пояснити конструкцію рулонного мембранного апарата.
3. Проаналізувати переваги рулонних елементів.
4. Визначити фактори, що впливають на продуктивність апаратів.
5. Порівняти різні типи мембранних установок.

#### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Знизилась продуктивність мембранної установки. Які можливі причини?
2. Спостерігається підвищений гідравлічний опір. Що це означає?
3. Мембрана швидко забруднюється. Які заходи необхідно вжити?

## **САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. Флотація — це процес розділення сумішей, який ґрунтується на:
  - а) різниці густини частинок; б) різній змочуваності частинок водою;
  - в) різниці температур кипіння; г) різниці електропровідності.
2. У харчовій промисловості флотацію застосовують для:
  - а) освітлення виноградного соку; б) виділення глютену; в) відокремлення дріжджів; г) очищення стічних вод.
3. До основних груп флотаційних реагентів належать:
  - а) збирачі; б) регулятори; в) піноутворювачі.
4. Які способи аерації рідини використовують у флотації?
  - а) агітаційний; б) пневматичний; в) ежекторний; г) вакуумний;
  - д) електролітичний.
5. До умов ефективної флотації належать:
  - а) оптимальний розмір бульбашок; б) достатня кількість бульбашок;
  - в) ефективне зіткнення частинок із бульбашками; г) стабільність піни.
6. Мембранне розділення ґрунтується на:
  - а) вибірковій проникності мембран; б) випаровуванні рідини; в) різниці температур; г) конденсації пари.
7. До основних баромембранних процесів належать:
  - а) зворотний осмос; б) ультрафільтрація; в) мікрофільтрація; г) дистиляція.
8. Який робочий тиск характерний для зворотного осмосу?
  - а) 0,05–0,2 МПа; б) 0,3–0,8 МПа; в) 6–10 МПа.
9. За конструкцією мембранні апарати поділяють на:

а) плоскопаралельні; б) трубчасті; в) рулонні; г) з порожнистими волокнами.

10. Перевагами рулонних мембранних апаратів є:

а) велика площа мембрани в компактному об'ємі; б) висока продуктивність; в) зменшення габаритів обладнання; г) зручність масштабування.

Ключ до тесту: 1 – б; 2 – а, б, в, г; 3 – а, б, в; 4 – а, б, в, г, д; 5 – а, б, в, г; 6 – а; 7 – а, б, в; 8 – в; 9 – а, б, в, г; 10 – а, б, в, г.

## БЛОК 13

# МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРЕСУВАННЯ Й ГРАНУЛЮВАННЯ ІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

### ЛЕКЦІЯ

**Мета:** формувати знання про теоретичні основи процесів пресування та гранулювання, будову, принцип роботи й особливості експлуатації обладнання для пресування, брикетування, екструзії та гранулювання сільськогосподарської сировини; розвивати вміння аналізувати процеси ущільнення, зневоднення та формування матеріалів, оцінювати ефективність роботи пресового й гранулювального обладнання, обґрунтовувати вибір машин залежно від властивостей сировини та вимог технологічного процесу; виховувати відповідальне ставлення до раціонального використання сировинних та енергетичних ресурсів, дотримання технологічної дисципліни, вимог безпеки праці та прагнення до професійного самовдосконалення.

### План

1. Теоретичні основи процесів пресування та гранулювання.
2. Машина та обладнання для пресування сировини.
3. Машина та обладнання для гранулювання сировини.

***Мотивація.** Процеси пресування та гранулювання широко застосовуються на переробних підприємствах для зневоднення, ущільнення, формування та покращення технологічних властивостей сировини. Використання сучасного пресового й гранулювального обладнання забезпечує підвищення якості продукції, зменшення втрат сировини, покращення умов її транспортування та зберігання. Знання принципів роботи пресів, грануляторів та екструдерів є необхідним для майбутнього педагога професійного навчання, оскільки дає можливість не лише орієнтуватися в сучасних технологіях переробки сільськогосподарської продукції, а й здійснювати якісну підготовку кваліфікованих робітників для аграрної та переробної галузей.*

### **1. Теоретичні основи процесів пресування та гранулювання**

Пресування є одним із важливих механічних процесів, що широко застосовується в харчовій промисловості. Суть процесу полягає у дії зовнішнього тиску на матеріал за допомогою спеціальних механічних пристроїв з метою зміни його структури, форми або фізико-хімічних властивостей.

Основними напрямками використання пресування є зневоднення, брикетування та формування продуктів.

Зневоднення під тиском застосовується для видалення рідини з матеріалів у різних галузях харчової промисловості. Цей процес використовують під час віджимання води з бурякової стружки, одержання рослинної олії з насіння

соняшнику, виробництва фруктових і ягідних соків та в інших технологічних операціях.

Брикетування призначене для отримання виробів певної форми та щільності. Воно широко використовується у цукровій промисловості для виробництва брикетів бурякового жому та цукру-рафінаду. Різновидами брикетування є таблетування та гранулювання. Таблетки й гранули відрізняються від брикетів меншими розмірами. У харчовій промисловості методом гранулювання виробляють розчинну каву, чайні продукти, харчові концентрати та інші види продукції. Схему процесу брикетування та його основні різновиди наведено на рис. 13.1.



*Рис. 13.1. Схема процесу брикетування та його різновидів*

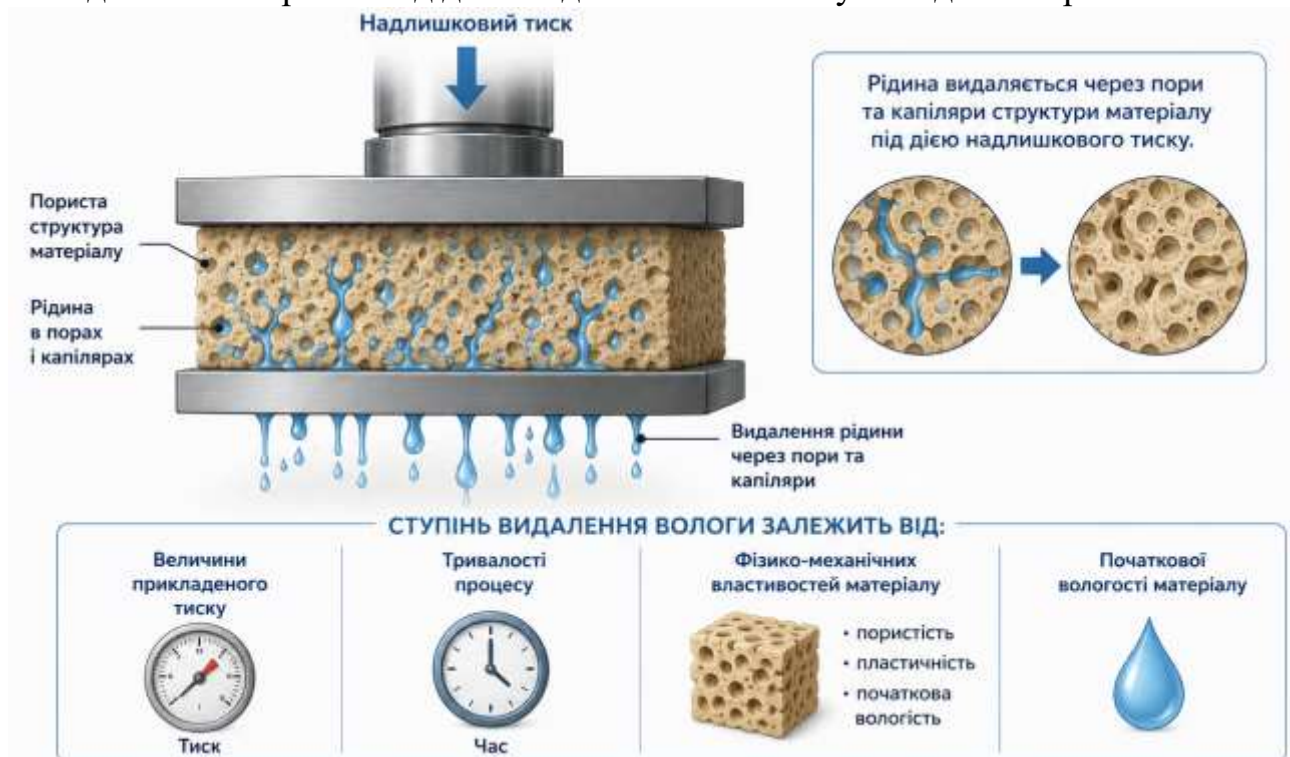
Формування забезпечує надання виробам необхідної форми та геометричних розмірів. Цей процес широко застосовується в хлібопекарському, макаронному та кондитерському виробництвах, а також під час виготовлення різноманітних харчових напівфабрикатів. Призначення процесу формування та приклади його використання в різних галузях харчового виробництва показано на рис. 13.1.



**Рис. 13.2. Застосування процесу формування під час виробництва харчових продуктів**

Процеси зневоднення і брикетування використовують у випадках, коли рідка фаза є цінним продуктом або коли зменшення її вмісту підвищує якість готової продукції. Крім того, пресування сприяє підвищенню стійкості продуктів під час зберігання, покращує їх транспортабельність, зменшує об'єм і масу, що спрощує подальше транспортування та зберігання.

Зневоднення здійснюється шляхом прикладання надлишкового тиску до матеріалу, внаслідок чого рідина видаляється через пори та капіляри його структури. Ступінь видалення вологи залежить від величини прикладеного тиску, тривалості процесу, а також фізико-механічних властивостей матеріалу, зокрема його пористості, пластичності та початкової вологості. Схему процесу зневоднення матеріалів під дією надлишкового тиску наведено на рис. 13.3.



**Рис. 13.3. Схеми процесу зневоднення матеріалу під дією надлишкового тиску**

Характерним прикладом є пресування цукрової кашки у виробництві цукру-рафінаду. Під дією тиску відбувається зближення кристалів цукру та зменшення проміжків між ними. Утворені порожнини заповнюються дрібними

частинками подрібнених кристалів, що створює сприятливі умови для їх подальшого зрощування і формування міцної монолітної структури брикету. Пресування є важливим технологічним процесом харчової промисловості, який забезпечує видалення рідини, формування виробів необхідної форми та отримання продуктів із заданими фізико-механічними властивостями.

Однією з основних характеристик процесу брикетування є залежність між тиском пресування та ступенем ущільнення матеріалу. У процесі стискання зменшується об'єм продукту, збільшується його густина та формується необхідна механічна міцність брикету. Схему зміни параметрів матеріалу під час брикетування наведено на рис. 13.4.

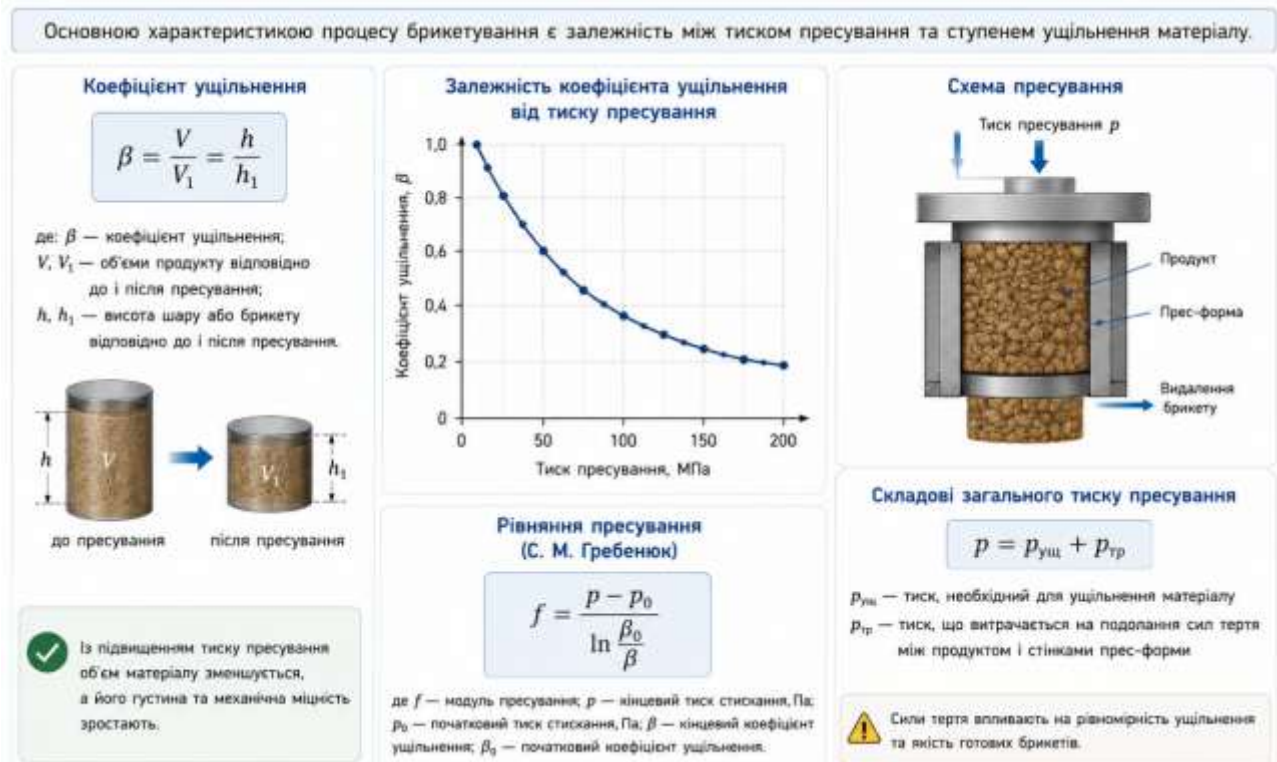


Рис. 13.4. Основні закономірності процесу брикетування

Наведене рівняння справедливе за умови однорідності матеріалу та нехтування силами тертя. У реальних виробничих умовах вплив тертя, неоднорідності структури та вологості матеріалу необхідно враховувати додатковими поправками, що ускладнює розрахунок процесу.

Якість брикетів значною мірою залежить від способу прикладання тиску. При односторонньому пресуванні ущільнення матеріалу відбувається нерівномірно через вплив сил тертя між продуктом і стінками матриці. Внаслідок цього густина брикету змінюється по його висоті, що може призводити до зниження механічної міцності виробу.

Більш рівномірне ущільнення забезпечує двостороннє пресування, при якому тиск прикладається одночасно з двох боків матеріалу. У цьому випадку розподіл густини по висоті брикету є більш однорідним, що сприяє підвищенню якості та міцності готової продукції.

Ефективність процесу брикетування визначається величиною прикладеного тиску, фізико-механічними властивостями матеріалу, силами тертя

та способом пресування. Правильний вибір режимів роботи пресового обладнання забезпечує отримання брикетів із високою щільністю, міцністю та стабільними експлуатаційними властивостями.

Гранулювання і формування харчових продуктів найчастіше здійснюють за допомогою екструдерів — спеціальних машин, у яких матеріал піддається комплексному впливу тиску, температури, вологості та зсувних напружень. За таких умов відбувається не лише формування виробів заданої форми, а й суттєва зміна структури, фізико-хімічних властивостей і споживчих характеристик продукту. Схему процесу екструзійної обробки матеріалу наведено на рис. 13.5.



*Рис. 13.5. Екструдер у харчових технологіях та принцип його роботи*

Екструзія є високоефективним технологічним процесом, який дозволяє поєднати в одному апараті декілька операцій: змішування, нагрівання, пластифікацію, формування, гранулювання та часткову термічну обробку сировини.

Екструзійна обробка може здійснюватися за різних температурних режимів, що визначають інтенсивність фізико-хімічних перетворень у продукті. Залежно від умов процесу розрізняють холодну, теплову та варочну екструзію. Основні види екструзії наведено на рис. 13.6.



*Рис. 13.6. Основні види екструзії: холодна, теплова та варочна*

Холодна екструзія полягає у механічному формуванні пластичної сировини шляхом її продавлювання через формувальну матрицю. Процес практично не супроводжується значними тепловими ефектами, а зміни властивостей продукту є незначними.

Цей вид екструзії застосовується під час виробництва макаронних виробів, плавлених сирів, м'ясних фаршів, кондитерських мас та інших пластичних харчових продуктів.

Теплова екструзія здійснюється за підвищених температур і вологості сировини, яка зазвичай становить 20–40 %. У процесі обробки відбувається часткова клейстеризація крохмалю, що сприяє покращенню структури та технологічних властивостей продукту.

Після виходу з екструдера продукція, як правило, піддається додатковій термічній обробці — обсмажуванню, випіканню або сушінню.

Варочна екструзія є найбільш інтенсивним видом екструзійної обробки. У цьому випадку матеріал одночасно піддається дії високої температури, тиску та значних механічних навантажень.

У процесі варочної екструзії відбуваються складні фізико-хімічні та біохімічні перетворення, зокрема: денатурація білків, клейстеризація крохмалю, карамелізація цукрів, часткове руйнування клітинної структури сировини.

У результаті формується нова структура продукту з покращеними органолептичними властивостями, підвищеною засвоюваністю та тривалим терміном зберігання.

Продукти, отримані методом варочної екструзії, можуть додатково піддаватися сушінню, обсмажуванню, глазуруванню, ароматизації або збагаченню біологічно активними добавками. До таких продуктів належать сухі сніданки, харчові концентрати, супи швидкого приготування, екструдовані зернові та м'ясні вироби.

Процеси пресування, брикетування, гранулювання та екструзії належать до важливих механічних методів обробки харчової сировини. Вони забезпечують зміну структури матеріалів, покращення якості готової продукції, підвищення її стійкості під час зберігання та транспортування, а також сприяють розширенню асортименту харчових виробів.

Ефективність цих процесів визначається правильним вибором технологічних параметрів, властивостей вихідної сировини та конструктивних особливостей обладнання, що використовується у виробництві.

## 2. Машини та обладнання для пресування сировини

У харчовій промисловості преси поділяють на дві основні групи: механічні та гідравлічні. Така класифікація ґрунтується на способі створення тиску, який використовується для обробки сировини, зокрема для відокремлення рідкої фази від твердих матеріалів.

Принцип роботи гідравлічних пресів базується на законі Паскаля, відповідно до якого тиск, створений у замкненому об'ємі рідини, передається однаково в усіх напрямках.

Для брикетування, віджимання та пресування різних харчових матеріалів широко застосовують гідравлічні преси. Їх робота ґрунтується на передачі тиску робочої рідини плунжеру, який створює значне зусилля пресування та забезпечує рівномірний розподіл тиску по поверхні матеріалу. Будову та принцип роботи гідравлічного преса наведено на рис. 13.7.



Рис. 13.7. Гідравлічний прес: будова та принцип роботи

Гідравлічні преси широко використовуються під час переробки фруктів і овочів для отримання соків, пюре та виноматеріалів. Їх застосування дозволяє досягати високого ступеня вилучення рідкої фази при мінімальному руйнуванні

клітинної структури сировини. Завдяки плавному наростанню тиску забезпечується ефективно відокремлення соку та збереження його природних властивостей, що позитивно впливає на якість готової продукції. Такі преси характеризуються надійністю, простотою експлуатації та можливістю обробки різних видів рослинної сировини. Крім того, вони забезпечують рівномірний розподіл тиску по всій масі продукту, що сприяє більш повному вилученню рідкої фази та підвищенню виходу готової продукції. Завдяки своїм перевагам гідравлічні преси широко застосовуються на підприємствах харчової промисловості різної виробничої потужності.

Поряд із гідравлічними пресами в харчовій промисловості широко використовують механічні преси, у яких тиск створюється за рахунок механічної передачі зусилля від приводу до робочого органу. Залежно від конструкції застосовують гвинтові, шнекові, важільні, ексцентрикові та інші типи пресів. Вони відзначаються високою продуктивністю, компактністю та можливістю безперервної роботи, що робить їх ефективними для використання у виробничих лініях. Вибір типу преса залежить від властивостей сировини, необхідного ступеня зневоднення та вимог технологічного процесу. Основні види механічних пресів наведено на рис. 13.8.



*Рис. 13.8. Основні типи механічних пресів*

Такі преси характеризуються простотою будови, надійністю роботи, високою продуктивністю та можливістю безперервної експлуатації. Особливо широко вони застосовуються у цукровій промисловості для зневоднення бурякового жому після дифузійного вилучення цукру.

Залежно від конструктивного виконання розрізняють нахилені, вертикальні та горизонтальні шнекові преси. Кожен із цих типів має свої особливості будови та область застосування, що визначаються фізико-механічними властивостями сировини та вимогами технологічного процесу. Нахилені преси забезпечують ефективне поєднання транспортування та зневоднення матеріалу, вертикальні відзначаються компактністю конструкції, а

горизонтальні широко використовуються у безперервних виробничих лініях завдяки високій продуктивності та зручності експлуатації.

Вибір типу преса залежить від властивостей матеріалу, необхідного ступеня зневоднення, продуктивності обладнання та особливостей технологічного процесу. Гідравлічні преси забезпечують високу якість пресування, плавне наростання тиску та рівномірний розподіл навантаження по всій масі продукту. Механічні преси, своєю чергою, відзначаються простотою конструкції, безперервністю роботи, високою продуктивністю та меншими експлуатаційними витратами. Правильний вибір пресувального обладнання дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити втрати сировини та забезпечити необхідну якість готової продукції.

Нахилений шнековий прес призначений для зневоднення жому та інших вологих рослинних матеріалів. Його використання дає змогу зменшити вологість продукту та підвищити ефективність подальшої переробки. Процес віджимання здійснюється у два етапи. Спочатку жом надходить у сепаратор, де видаляється частина вільної вологи, після чого матеріал подається до шнекового преса для основного зневоднення під дією механічного стискання.

У процесі переміщення матеріалу вздовж робочої камери тиск поступово зростає, що забезпечує інтенсивне видалення рідини. Нахилені шнекові преси характеризуються безперервністю роботи, високою продуктивністю та широко застосовуються в харчовій промисловості. Будову та принцип роботи нахилоного шнекового преса наведено на рис. 13.9.



*Рис. 13.9. Нахилений шнековий прес та принцип його роботи*

У процесі роботи шнек транспортує матеріал уздовж робочої камери. Завдяки поступовому зменшенню вільного об'єму між витками шнека та робочими поверхнями преса тиск на матеріал безперервно зростає. Це забезпечує інтенсивне видалення вологи та підвищує ефективність зневоднення.

Видалення рідкої фази відбувається двома шляхами. Частина води проходить крізь ситову поверхню корпусу преса, а інша частина відводиться через отвори в пустотілому перфорованому шнеку. Така конструкція сприяє більш повному відокремленню рідини від твердого матеріалу та підвищує продуктивність обладнання.

Віджатиий жом вивантажується через регульований кільцевий зазор між конічним ситом і корпусом віджимного шнека. Зміна величини цього зазору дозволяє регулювати опір виходу матеріалу, а отже, і тиск пресування. Завдяки цьому можна змінювати ступінь зневоднення та кінцеву вологість жому відповідно до вимог технологічного процесу.

Нахилені шнекові преси характеризуються безперервністю роботи, високою продуктивністю та можливістю автоматичного регулювання режимів пресування. Вони широко застосовуються в цукровій промисловості для зневоднення бурякового жому, що дозволяє зменшити витрати на його подальше сушіння та транспортування.

Вертикальний шнековий прес призначений для безперервного зневоднення жому та інших вологих рослинних матеріалів. Основним робочим органом преса є пустотілий шнек, установлений у траверсах і приведений в обертання від привідного механізму. Така конструкція забезпечує одночасне транспортування, ущільнення та віджимання матеріалу вздовж осі преса, що сприяє ефективному видаленню вологи. У процесі руху матеріалу тиск поступово зростає, внаслідок чого рідина відокремлюється та відводиться через спеціальні отвори в пресувальній камері. Вертикальні шнекові преси характеризуються компактністю, високою продуктивністю та можливістю роботи в безперервному режимі. Будову та принцип роботи вертикального шнекового преса наведено на рис. 13.10.



*Рис. 13.10. Вертикальний шнековий прес та принцип його роботи*

На кожусі шнека встановлені контрлопаті, які перешкоджають обертанню матеріалу разом зі шнеком. Завдяки цьому створюються умови для інтенсивного стискання маси та ефективного видалення вологи. Крім того, через контрлопаті подається пара, яка через спеціальні отвори надходить безпосередньо в матеріал. Підігрівання маси сприяє зниженню її в'язкості, покращує відокремлення рідкої фази та підвищує ефективність пресування.

У верхній частині преса розташована завантажувальна шахта, через яку матеріал надходить у робочу зону. Під дією сили тяжіння та обертання шнека він переміщується вниз у напрямку зони пресування. Верхні лопаті шнека спрямовують матеріал до ділянки зі зменшеним поперечним перерізом, де відбувається його поступове ущільнення і зростання тиску.

У процесі пресування частина рідини проходить через отвори циліндричного сита-корпусу, яке виконує функцію фільтрувальної поверхні. Інша частина віджатої води відводиться через пустотілий вал шнека. Видалена рідина збирається в каналі та через штуцер відводиться з преса для подальшого використання або утилізації.

У нижній частині апарата встановлено рухоме конічне сито, положення якого регулюється за допомогою спеціальних болтів. Зміна величини зазору між конічним і циліндричним ситами дозволяє регулювати опір виходу матеріалу, а

отже, і ступінь його ущільнення. Завдяки цьому можна змінювати кінцеву вологість жому відповідно до вимог технологічного процесу.

Для запобігання налипанню матеріалу на робочі поверхні в конструкції преса передбачені шкребки, які забезпечують їх безперервне очищення та стабільну роботу обладнання.

Вертикальні шнекові преси характеризуються компактністю, ефективним використанням виробничої площі та можливістю безперервної роботи. Завдяки високій ефективності зневоднення вони широко застосовуються у цукровій та інших галузях харчової промисловості для обробки вологих рослинних матеріалів.

Двошнековий прес призначений для зневоднення волокнистих, пастоподібних та інших важкопресованих матеріалів. Його конструкція передбачає два паралельно розташовані шнеки, які обертаються назустріч один одному, забезпечуючи захоплення, переміщення та ущільнення матеріалу. У процесі стискання рідина відокремлюється та відводиться через спеціальні отвори пресувальної камери. Двошнекові преси характеризуються високою продуктивністю та безперервністю роботи, тому широко застосовуються в харчовій промисловості. Будову та принцип роботи двошнекового преса наведено на рис. 13.11.



**Рис. 13.11. Двошнековий прес та принцип його роботи**

У процесі роботи взаємне обертання шнеків створює зони підвищеного тиску та значних зсувних напружень. Це забезпечує інтенсивний механічний вплив на матеріал і сприяє більш повному видаленню вологи порівняно з одношнековими конструкціями.

У середині корпусу преса розташовані циліндричні сита з отворами, які виконують функцію фільтрувальної поверхні. Через отвори сит віджата рідина відокремлюється від твердого залишку і відводиться з робочої зони. Конструкція сит передбачає можливість їх швидкого очищення та технічного обслуговування, що забезпечує стабільність роботи обладнання і спрощує його експлуатацію.

Матеріал подається через завантажувальний бункер, після чого захоплюється витками обох шнеків і переміщується вздовж робочої камери. У міру просування матеріалу об'єм міжвиткового простору поступово зменшується, що викликає ущільнення маси та зростання тиску. Під дією цього тиску рідина інтенсивно проходить крізь отвори сит і відокремлюється від твердої фази.

Застосування двох шнеків забезпечує більш рівномірний розподіл навантаження по всій робочій зоні преса, зменшує ймовірність закупорювання каналів та покращує стабільність технологічного процесу. Крім того, така конструкція сприяє інтенсивнішому ущільненню матеріалу, підвищенню тиску в зоні пресування та більш ефективному видаленню вологи. Завдяки взаємодії двох шнеків забезпечується безперервне переміщення матеріалу та його рівномірна механічна обробка по всій довжині пресувальної камери. Це дозволяє отримувати більш високий ступінь зневоднення порівняно з одношнековими конструкціями та забезпечує стабільні показники якості кінцевого продукту.

Двошнекові преси особливо ефективні під час обробки волокнистої рослинної сировини, жому, мезги та інших матеріалів, які потребують значного механічного впливу. Завдяки інтенсивному стисканню та перемішуванню матеріалу досягається більш повне відокремлення рідкої фази, що сприяє підвищенню ефективності подальших технологічних операцій. Вони характеризуються високою продуктивністю, надійністю роботи, стабільністю технологічного режиму та значним ступенем зневоднення матеріалу, що забезпечує їх широке застосування в харчовій, цукровій та переробній промисловості. Крім того, використання таких пресів дозволяє зменшити витрати на сушіння, транспортування та зберігання продукту.

Для оцінювання ефективності роботи шнекових пресів визначають їх продуктивність і необхідну потужність приводу. Ці показники є основними техніко-економічними характеристиками обладнання та дозволяють оцінити його експлуатаційні можливості. Вони залежать від конструктивних параметрів шнека, його геометричних розмірів, кроку витків, частоти обертання, фізико-механічних властивостей матеріалу, ступеня його ущільнення, вологості та режиму роботи обладнання.

Продуктивність преса характеризує кількість матеріалу, що може бути оброблена за одиницю часу, тоді як потужність приводу визначає енергетичні витрати, необхідні для здійснення процесу зневоднення. Правильний розрахунок зазначених параметрів дає змогу забезпечити раціональне використання енергії, підвищити ефективність процесу зневоднення, знизити експлуатаційні витрати та досягти необхідної якості готового продукту. Крім того, результати розрахунків використовують під час вибору обладнання, проектування виробничих ліній та оптимізації режимів роботи пресів. Основні розрахункові залежності для визначення продуктивності та потужності приводу шнекових пресів наведено на рис. 13.12.

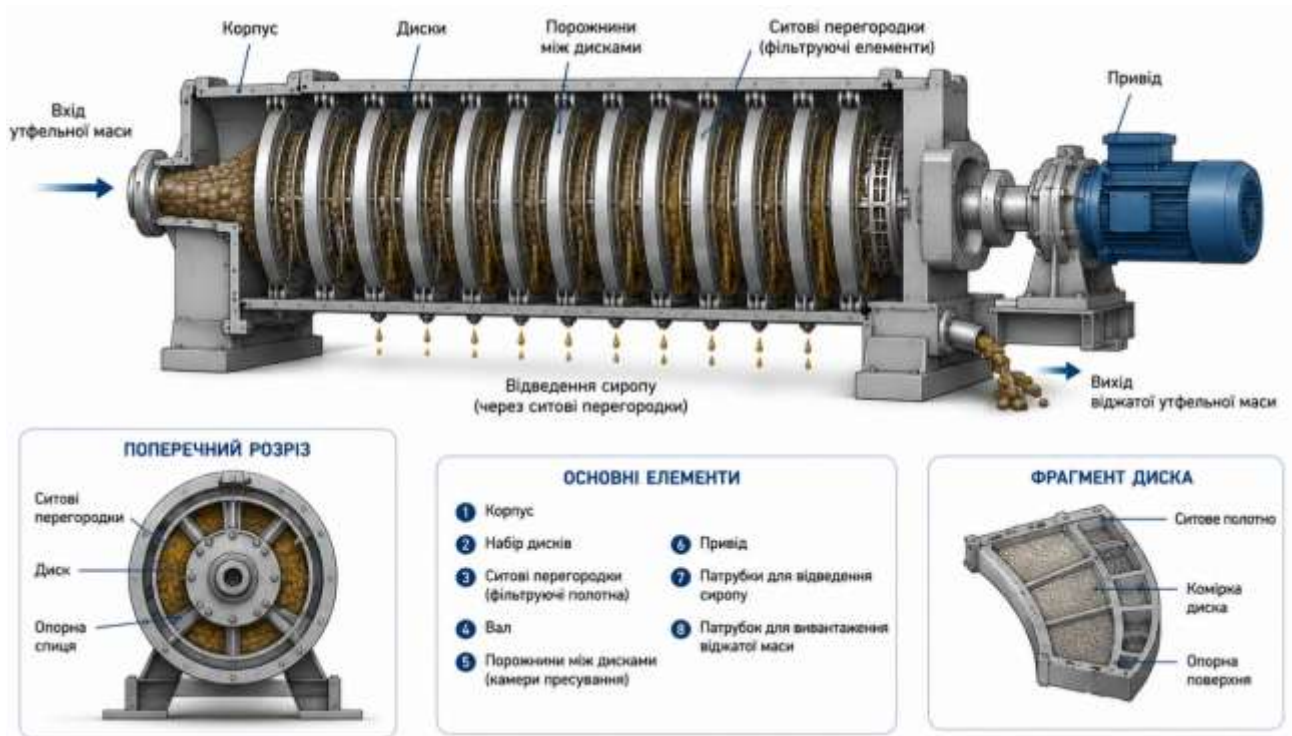


**Рис. 13.12. Продуктивність і потужність приводу шнекового преса**

Аналіз окремих складових енергетичних витрат дозволяє оцінити ефективність роботи преса та визначити шляхи її підвищення шляхом удосконалення конструкції робочих органів, зменшення втрат на тертя та оптимізації режимів пресування.

Аналіз окремих складових енергетичних витрат дозволяє оцінити ефективність роботи преса та визначити шляхи її підвищення шляхом удосконалення конструкції робочих органів, зменшення втрат на тертя та оптимізації режимів пресування.

Рафінадна кашка, що являє собою зволожену кристалічну масу цукру з певними пластичними властивостями, подається в завантажувальний бункер, звідки рівномірно розподіляється по матрицях преса. Однією з основних умов отримання якісного рафінаду є однорідність кашки та її оптимальна вологість, що забезпечують необхідну міцність, правильну форму та збереження геометричних розмірів готових виробів після пресування. Під час роботи преса цукрова маса ущільнюється в матрицях під дією значного тиску, внаслідок чого формуються брикети або шматочки рафінаду заданої форми. Ефективність процесу залежить від рівномірності подачі кашки, точності дозування та стабільності режиму пресування. Конструкція дискового преса забезпечує безперервність процесу, високу продуктивність і отримання виробів з однаковими фізико-механічними властивостями. Конструкцію дискового преса для виробництва цукру-рафінаду показано на рис. 13.13.



*Рис. 13.13. Конструкція дискового преса для виробництва цукру-рафінаду*

Основним робочим органом преса є обертовий стіл (диск), який здійснює рух проти годинникової стрілки. За один повний оберт стіл послідовно виконує чотири зупинки. Такий режим роботи називають індексованим або переривчастим рухом і він забезпечує виконання окремих технологічних операцій у строго визначених позиціях.

Під час кожної зупинки здійснюються такі операції:

I — заповнення матриці рафінадною кашкою. На цій стадії відбувається дозування та рівномірний розподіл кашки в порожнині матриці, що визначає форму і масу майбутнього бруска цукру.

II — формування бруска. Пуансон переміщується вгору і створює необхідний тиск на цукрову масу. У результаті відбувається ущільнення матеріалу та формування бруска заданої форми і міцності. Якість готового виробу значною мірою залежить від величини прикладеного тиску та тривалості пресування.

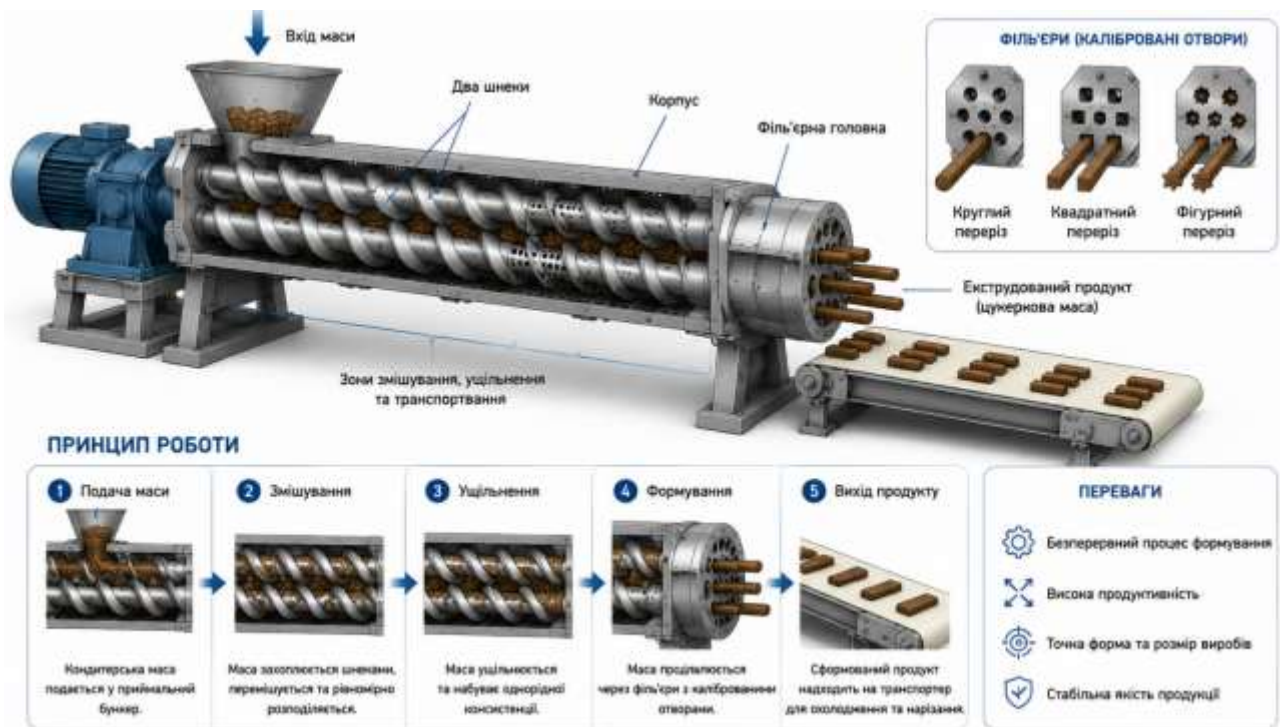
III — виштовхування бруска з матриці. Після завершення пресування сформований брусок видаляється з матриці за допомогою спеціального виштовхувального механізму. Конструкція механізму забезпечує акуратне вилучення виробу без його пошкодження.

IV — очищення пуансона та змащування його поверхні. На цій стадії видаляються залишки цукрової маси, що можуть налипати на робочі поверхні. Після очищення пуансон натирається спеціальною пастою, яка зменшує сили тертя, покращує ковзання та запобігає налипанню матеріалу під час наступного циклу роботи.

Послідовне виконання зазначених операцій забезпечує високу продуктивність преса, точність формування та однаковість геометричних

розмірів брусків цукру. Дискові преси широко застосовуються у виробництві цукру-рафінаду завдяки надійності конструкції, високому рівню автоматизації та можливості тривалої безперервної роботи.

Двошнековий формувальний прес застосовують у кондитерській промисловості для виробництва цукерок методом екструзійного формування маси через філь'єри з каліброваними отворами. Такий спосіб забезпечує безперервність технологічного процесу, високу продуктивність обладнання та отримання виробів однакової форми і розмірів. Під час роботи преса кондитерська маса захоплюється шнеками, ущільнюється та переміщується до формувальної головки, де проходить через отвори заданого профілю. Завдяки використанню двох шнеків досягається рівномірна подача продукту, стабільність процесу екструзування та висока якість сформованих виробів. Така конструкція дозволяє ефективно обробляти різні види кондитерських мас і забезпечує точність формування готової продукції. Будову та принцип роботи двошнекового формувального преса наведено на рис. 13.14.



*Рис. 13.14. Двошнековий формувальний прес*

Принцип роботи преса полягає у створенні необхідного тиску для продавлювання кондитерської маси через отвори філь'єри. Основними робочими органами машини є два шнеки, які обертаються в корпусі та забезпечують транспортування, ущільнення і гомогенізацію продукту. Наявність двох шнеків сприяє більш рівномірному перемішуванню маси та її стабільній подачі до формувального вузла, що позитивно впливає на якість готових виробів.

Кондитерська маса із завантажувального бункера надходить у зону дозувального шнека, який забезпечує її рівномірну подачу в робочу камеру преса. Далі продукт захоплюється основними шнеками і переміщується вздовж корпусу. У процесі руху маса ущільнюється під дією механічного тиску, а також

відбувається вирівнювання її структури та часткове видалення повітряних включень. Це сприяє отриманню виробів із щільною та однорідною консистенцією.

Наприкінці робочої камери маса надходить до філь'єри, де під дією створеного тиску продавлюється через калібровані отвори. На виході утворюються безперервні джгути цукеркової маси, які розрізаються на окремі заготовки ексцентрично встановленими ножами. Розміри виробів визначаються швидкістю подачі маси, діаметром отворів філь'єри та частотою обертання ножів.

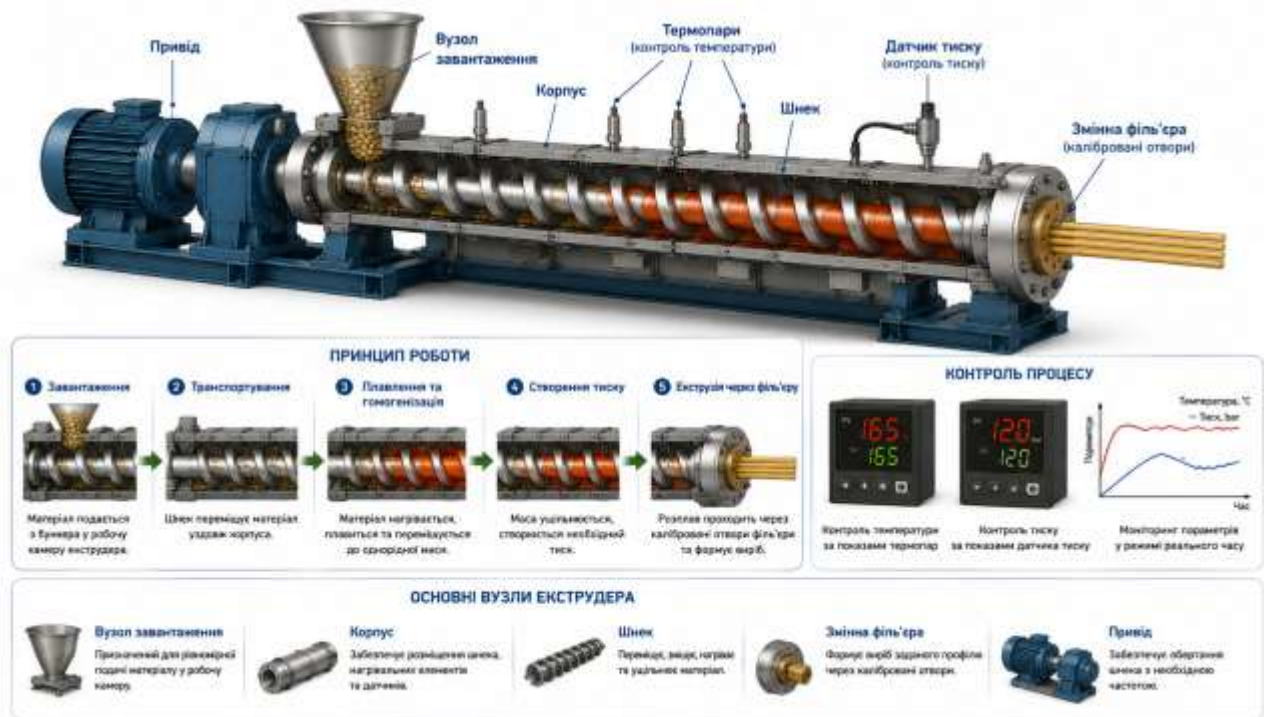
Філь'єра являє собою металевий диск із системою каліброваних отворів. Форма та розміри цих отворів відповідають формі майбутніх виробів і можуть бути круглими, овальними або фігурними. Заміна філь'єри дозволяє швидко переналагоджувати обладнання для виробництва різних видів продукції. Це значно розширює технологічні можливості екструдера та забезпечує гнучкість виробництва при зміні асортименту продукції.

Двошнекові формувальні преси характеризуються високою продуктивністю, стабільністю роботи та широкими можливостями автоматизації технологічного процесу. Вони забезпечують безперервну подачу і формування кондитерської маси, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та зменшенню втрат сировини. Завдяки рівномірному розподілу продукту між шнеками досягається стабільність технологічного режиму та висока точність формування виробів.

Такі преси широко застосовуються для формування помадних, желейних, ірисних, фруктових та інших кондитерських мас, забезпечуючи високу якість і однорідність готових виробів. Вони дозволяють отримувати продукцію однакової форми, розмірів і маси, що має важливе значення для подальших операцій глазурування, пакування та зберігання. Крім того, двошнекові формувальні преси відзначаються надійністю, довговічністю та можливістю роботи з широким асортиментом кондитерських мас різної консистенції, що зум

Одношнековий екструдер складається з вузла завантаження, корпусу, шнека, змінної філь'єри та приводу. У процесі роботи шнек забезпечує захоплення, транспортування, ущільнення та продавлювання матеріалу через формувальні отвори філь'єри, внаслідок чого утворюються вироби заданої форми та розмірів. Конструкція екструдера дозволяє поєднувати операції переміщення, змішування та формування продукту в одному апараті.

Для контролю технологічного процесу машина додатково оснащується контрольно-вимірювальними приладами, зокрема термopарами та датчиками тиску. Це дає змогу контролювати параметри процесу в режимі реального часу, підтримувати оптимальні умови роботи обладнання та забезпечувати стабільну якість готової продукції. Будову одношнекового екструдера наведено на рис. 13.15.



*Рис. 13.15. Одношнековий екструдер: конструкція та контрольні-вимірні прилади*

Принцип роботи екструдера полягає у транспортуванні, ущільненні, нагріванні та формуванні матеріалу під дією механічної енергії шнека і теплової енергії, яка виділяється внаслідок внутрішнього тертя матеріалу та, за необхідності, додатково підводиться через нагрівальні елементи корпусу.

Основним робочим органом є шнек діаметром 50–250 мм. Його довжина становить від 1 до 20 діаметрів. Важливою конструктивною характеристикою є відношення довжини шнека до його діаметра ( $L/D$ ), яке визначає тривалість перебування матеріалу в робочій зоні та ступінь його механічної і теплової обробки.

Уздовж шнека послідовно відбувається ущільнення та перетворення матеріалу через три основні технологічні зони:

Зона I — зона живлення. Матеріал надходить через завантажувальний отвір, захоплюється витками шнека і транспортується вздовж корпусу. На цій стадії відбувається попереднє ущільнення сировини, яка зберігає сипучий або слабкозв'язаний стан.

Зона II — зона стиску і пластикації. У результаті зменшення міжвиткового простору шнека зростають тиск і температура. Матеріал переходить у пластичний стан, інтенсивно перемішується та ущільнюється. У цій зоні відбуваються важливі фізико-хімічні перетворення: клейстеризація крохмалю, денатурація білків, руйнування клітинної структури та гомогенізація маси.

Зона III — зона дозування і формування. Матеріал набуває в'язкотекучого (аморфного) стану та під високим тиском подається до філь'єри. Тут відбувається вирівнювання потоку і формування виробу заданої конфігурації. Після виходу з філь'єри тиск різко знижується, що в окремих технологіях спричиняє спучування (експандування) продукту та формування пористої структури.

Філь'ера є змінним робочим елементом, який визначає форму та розміри готового виробу. Вона являє собою металевий диск або пластину з отворами необхідної конфігурації та розміру.

Контроль технологічного процесу здійснюється за допомогою термопари, яка вимірює температуру продукту, та датчика тиску, що контролює тиск у робочій зоні екструдера. Це дозволяє підтримувати оптимальні режими роботи обладнання.

Одношнекові екструдери широко застосовуються в харчовій промисловості для виробництва сухих сніданків, кормів, макаронних виробів, текстурованих білкових продуктів та інших екструдованих виробів. Їх перевагами є простота конструкції, надійність роботи, можливість безперервного ведення процесу та висока продуктивність.

### 3. Машини та обладнання для гранулювання сировини

Гранулювання обкатуванням широко застосовується в кондитерській промисловості при виробництві цукерок, що складаються з ядра та оболонки. Такий процес називають дражуванням, а готові вироби — драже. Метод дозволяє отримувати продукцію з багатошаровою структурою, високими споживчими властивостями та привабливим зовнішнім виглядом.

У харчовій промисловості використовують кілька способів гранулювання: обкатуванням, пресуванням, екструзією та розпилювальним (сушильним) методом. Вибір способу залежить від властивостей сировини та вимог до готового продукту. Основні способи гранулювання, що застосовуються в харчовій промисловості, наведено на рис. 13.16.



Рис. 13.16. Основні способи гранулювання в харчовій промисловості

Гранулювання обкатуванням базується на поступовому нарощуванні оболонки на поверхні ядра під час його перекочування. Пресування застосовують для отримання щільних гранул шляхом ущільнення

порошкоподібних матеріалів під тиском. Екструзійне гранулювання передбачає продавлювання пластичної маси через отвори з подальшим різанням на гранули. Розпилювальне гранулювання здійснюється шляхом диспергування рідких систем у гарячому середовищі з утворенням сухих гранул.

Нашарування оболонки на ядро відбувається в дражувальних грануляторах (рис. 13.17). Вони являють собою чашоподібний корпус, який здійснює складний рух у горизонтальній площині. Чаша одночасно обертається навколо власної осі та навколо осі приводу, виконуючи планетарний рух. Така конструкція забезпечує інтенсивне перемішування та рівномірне переміщення продукту.



Рис. 13.17. Дражувальний гранулятор: конструкція та принцип роботи

Під час роботи всередині чаші формується гвинтоподібний (спіральний) потік гранул і порошку. Частинки піднімаються по стінках апарата, а потім скочуються вниз, багаторазово повторюючи цикл руху. У результаті відбувається рівномірне покриття ядра оболонкою та поступове збільшення розмірів гранул.

Як ядро можуть використовуватися кристали цукру, ізюм, горіхи, карамельні або желейні заготовки та інші харчові продукти. На поверхню ядра періодично наносять сироп, цукрову пудру, шоколадну масу або інші покривні матеріали, які формують оболонку виробу.

Процес дражування складається з кількох послідовних стадій:

1) змочування поверхні ядра сиропом або іншим зв'язувальним розчином;

2) нанесення сухих компонентів (цукрової пудри, порошоків тощо);

3) обкатування для ущільнення та вирівнювання шару;

4) сушіння нанесеного покриття.

Ці стадії багаторазово повторюються до досягнення необхідної товщини оболонки та заданих розмірів виробу.

На якість дражування істотно впливають швидкість обертання чаші, кут її нахилу, температура та вологість повітря, а також витрати сиропу і сухих компонентів. Правильний вибір цих параметрів забезпечує рівномірне покриття, необхідну міцність оболонки, гладкість поверхні та стабільність форми готової продукції.

Дражувальні гранулятори широко застосовуються у виробництві кондитерських виробів, фармацевтичних драже та інших гранульованих продуктів. Їх використання дозволяє отримувати продукцію високої якості з рівномірною формою, гладкою поверхнею та привабливим зовнішнім виглядом.

## **ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ**

**Мета:** закріпити знання про процеси пресування, брикетування та гранулювання, ознайомитися з фізико-механічними основами цих процесів, конструкцією та принципами роботи пресового і грануляційного обладнання; вчити аналізувати ефективність процесів, обґрунтовувати вибір обладнання та технологічних параметрів у харчових виробництвах.

### **Теоретичні питання для опрацювання**

1. Сутність процесу пресування та його значення у харчовій промисловості.
2. Основні напрямки застосування пресування.
3. Фактори, що впливають на ступінь зневоднення матеріалу.
4. Коефіцієнт ущільнення та його фізичний зміст.
5. Вплив сил тертя на процес пресування.
6. Класифікація пресів.
7. Принцип роботи гідравлічного преса.
8. Конструкція та робота шнекових пресів.
9. Особливості двохшнекових пресів.
10. Принцип роботи дискового преса.
11. Сутність процесу екструзії.
12. Зони одношнекового екструдера.
13. Види екструзії та їх особливості.
14. Основні способи гранулювання.
15. Сутність процесу дражування.

## **I. Процеси пресування**

### **Практичні завдання**

#### **Блок А. Аналітичний**

1. Пояснити фізичну сутність процесу пресування.
2. Проаналізувати залежність між тиском і ущільненням матеріалу.
3. Охарактеризувати вплив фізичних властивостей сировини на процес пресування.
4. Пояснити роль сил тертя в процесі пресування.
5. Порівняти одностороннє і двостороннє пресування.

#### **Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Зменшився вихід соку при пресуванні. Які можливі причини?
2. Віджати продукт має високу вологість. Що необхідно змінити в процесі?
3. Спостерігається нерівномірна щільність брикету. Які фактори це зумовлюють?

## II. Преси та їх конструкція

### Практичні завдання

#### Блок А. Порівняльний аналіз

1. Порівняти гідравлічні та механічні преси.
2. Охарактеризувати конструкцію шнекового преса.
3. Пояснити принцип роботи двохшнекового преса.
4. Проаналізувати переваги та недоліки різних типів пресів.
5. Визначити фактори, що впливають на продуктивність пресів.

#### Блок Б. Розрахункові задачі

1. Визначити силу тиску поршня, якщо:  
 $p = 5 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $F = 0,02 \text{ м}^2$ .
2. Визначити продуктивність преса, якщо:  
 $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ ;  $\varphi = 0,6$ ;  $F = 0,01 \text{ м}^2$ ;  $t = 0,05 \text{ м}$ ;  $n = 2 \text{ хв}^{-1}$ .

## III. Екструзія та формування

### Практичні завдання

#### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити принцип роботи одношнекового екструдера.
2. Охарактеризувати зони екструдера.
3. Пояснити фізико-хімічні зміни матеріалу під час екструзії.
4. Проаналізувати вплив температури і тиску на процес.
5. Визначити роль філь'єри у формуванні продукту.

#### Блок Б. Ситуаційні завдання

1. Продукт не набуває потрібної форми після екструзії. У чому причина?
2. Спостерігається нерівномірна структура продукту. Які фактори впливають?
3. Занадто велике спучування продукту. Що це означає?

## IV. Гранулювання

### Практичні завдання

#### Блок А. Аналітичний

1. Пояснити сутність гранулювання обкатуванням.
2. Охарактеризувати основні способи гранулювання.
3. Проаналізувати механізм росту гранул.
4. Визначити роль ядра у процесі дражування.
5. Пояснити вплив технологічних параметрів на якість гранул.

**Блок Б. Ситуаційні завдання**

1. Гранули мають нерівномірну форму. Які причини?
2. Оболонка погано закріплюється на ядрі. Що необхідно змінити?
3. Гранули злипаються між собою. Які параметри порушені?

**САМОДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ**

1. До основних напрямів застосування пресування належать:
    - а) зневоднення під тиском; б) брикетування; в) формування; г) ректифікація.
  2. Коефіцієнт ущільнення при брикетуванні визначається як відношення:
    - а) мас продукту до його об'єму; б) об'ємів продукту до і після пресування; в) густин продукту до і після пресування.
  3. Які види екструзії розрізняють залежно від умов обробки?
    - а) холодну; б) теплову; в) варочну; г) вакуумну.
  4. Гідравлічний прес працює на основі:
    - а) закону Архімеда; б) закону Паскаля; в) закону Ньютона; г) закону Бойля–Маріотта.
  5. До механічних пресів належать:
    - а) шнекові; б) гвинтові; в) важільні; г) мембранні.
  6. Перевагами двохшнекового преса є:
    - а) інтенсивніше ущільнення матеріалу; б) рівномірний розподіл навантаження; в) зменшення ймовірності закупорювання; г) підвищення стабільності роботи.
  7. Основними вузлами одношнекового екструдера є:
    - а) завантажувальний вузол; б) корпус; в) шнек; г) філь'єра; д) привід.
  8. У зоні II одношнекового екструдера відбуваються:
    - а) клейстеризація крохмалю; б) денатурація білків; в) гомогенізація маси; г) охолодження продукту.
  9. До способів гранулювання належать:
    - а) обкатування; б) пресування; в) екструзія; г) розпилувальне гранулювання.
  10. Важливими технологічними параметрами процесу дражування є:
    - а) швидкість обертання чаші; б) кут нахилу чаші; в) температура і вологість повітря; г) витрати сиропу і сухих компонентів.
- Ключ до тесту: 1 – а, б, в; 2 – б; 3 – а, б, в; 4 – б; 5 – а, б, в; 6 – а, б, в, г; 7 – а, б, в, г, д; 8 – а, б, в; 9 – а, б, в, г; 10 – а, б, в, г.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бендера І. М., Стрельчук О. Я., Семенов О. М., Борис М. М., Підлісний В. В. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв : лабораторний практикум для студентів інженерних спеціальностей / за ред. І. М. Бендери. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2007. 204 с.
2. Вовк Б. І., Самусь Т. В., Опанасенко В. П., Маринченко Є. О., Ющенко В. М. Організація самостійної роботи здобувачів вищої освіти: навчально-методичний посібник. Глухів, 2025. 145 с.
3. Дацишин О. В., Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю., Рогач Ю. П. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : навч. посіб. / за ред. О. В. Дацишина. Київ : Мета, 2003. 288 с.
4. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздев О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв : навч. посіб. Вінниця : Нова книга, 2008. 488 с.
5. Зберігання і переробка продуктів рослинництва : навч. посіб. / Г. І. Подпрятков, Л. Ф. Скалецька, А. М. Сеньков, В. С. Хилевич. Київ : Мета, 2002. 495 с.
6. Ігнатенко Г. В., Маринченко Є. О. Інноваційні технології у підготовці майбутніх педагогів професійного навчання сільськогосподарського профілю : навч.-метод. посіб. Суми : Видавець Вінніченко М. Д., 2021. 172 с.
7. Логінов М. І., Росновський М. Г., Логінов А. Г. Технологія виробництва і переробка продуктів рослинництва. Глухів, 2014. 229 с.
8. Мазур В. А., Поліщук І. С., Телекало Н. В., Мордванюк М. О. Рослинництво : навч. посіб. Ч. 2. Вінниця : ВЦ ТОВ «Друк», 2020. 284 с.
9. Маринченко Є. О., Кучер О. А., Марушко П. В. Використання міждисциплінарних зв'язків під час формування професійної компетентності майбутніх педагогів професійного навчання. *Інноваційна педагогіка*. 2023. № 63.
10. Маринченко Є. О., Росновський М. Г. Роль педагога професійного навчання у впровадженні сучасних інноваційних технологій у галузі сільськогосподарського виробництва. *Педагогічний часопис Волині*. 2019. № 3. С. 57–64.
11. Маринченко Є. О., Федорченко М. С. Формування готовності майбутнього педагога професійного навчання до інноваційної діяльності у сільськогосподарському виробництві під час технологічної практики. *Інноваційна педагогіка*. 2023. № 56.
12. Машина та обладнання переробних виробництв : навч. посіб. / за ред. О. В. Дацишина. Київ : Вища освіта, 2005. 159 с.
13. Машина, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції : навч. посібник-практикум / В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2015. 196 с.
14. Мележик І. Ф. та ін. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / за ред. І. Ф. Мележика. Київ, 2003. 397 с.

15. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості : навч. посіб. / за ред. В. Г. Мирончука. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
16. Опанасенко В. П., Ковальчук В. І., Самусь Т. В., Вовк Б. І., Маринченко Є. О. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Ремонт машин». Глухів, 2022. 121 с.
17. Основи тваринництва : курс лекцій / Укладачі: Маринченко Є. О., Вовк Б. І., Самусь Т. В., Опанасенко В. П. Глухів, 2023. 215 с.
18. Подпратов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2014. 393 с.
19. Рожков А. О., Огурцов Є. М. Рослинництво : навч. посіб. Харків, 2017. 363 с.
20. Сergygin O. O., Ponomarenko V. V., Lyulya D. M. Технологічне обладнання харчових підприємств : конспект лекцій. Ч. 1. Київ : НУХТ, 2011. 160 с.
21. Ситнікова Н. О., Фоміна К. Ф., Дудник Л. І., Чернозубенко Н. М., Кузьменко Л. І. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : навч. посіб. Київ, 2008. 304 с.
22. Скалецька Л. Ф. Зберігання та переробка продукції рослинництва. Київ, 2004. 303 с.
23. Скрипников Ю. Г. Технологія переробки плодів та ягід. Київ : Урожай, 2006. 279 с.
24. Танчик С. П., Дмитришак М. Я., Алімов Д. М. та ін. Технології виробництва продукції рослинництва : підручник. Київ : Видавничий дім «Слово», 2008. 1000 с.
25. Таран В. М., Бабанов Г. К., Бабанов І. Г., Беседа С. Д. Технологічне обладнання галузі : конспект лекцій. Київ : НУХТ, 2008. 133 с.
26. Турянця З. В. Формування у майбутніх майстрів виробничого навчання професійно-технічних навчальних закладів аграрного профілю готовності до професійного самовдосконалення: дис... канд. пед. наук: 13.00.04. Київ, 2017. 196 с.
27. Якубовський О. В., Натуркач Р. Я., Гордецька М. Л. Механізація переробки і зберігання сільськогосподарської продукції : навч. посіб. Київ, 2008. 364 с.

### **Електронні ресурси**

1. Viktor Sheichenko, Dmytro Petrachenko, Anatolii Lytvynenko, Oleh Prymakov, Denys Sheichenko, Tetiana Samus, Oleksandr Shapoval. Improvement of the methodology for assessing the properties of industrial hemp seeds. *Technology Audit and Production Reserves*. Vol. 3, No. 3(89). 2026. pp. 25–35. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2026.362477>
2. Авраменко Є. В., Опанасенко В. П., Самусь Т. В. Формування професійної компетентності майбутніх агроінженерів щодо використання AgTech-інновацій у сільському господарстві. «Наука і техніка сьогодні» (Серія

«Педагогіка»): журнал. 2023. № 10(24) 2023. С. 188 – 197.  
[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10\(24\)-188-197](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-10(24)-188-197)

3. Вовк Б. І., Самусь Т. В., Вовк Л. А. Синергія інновацій та творчості в трансформації аграрного сектору України. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 40–47. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.7>

4. Маринченко Є. О. Інновації в галузі сільськогосподарського виробництва: зміст та класифікаційні ознаки. *Аграрні інновації*. 2024. № 22. С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.12>

5. Маринченко Є. О., Галісевич В. Формування здатності майбутніх педагогів професійного навчання до інноваційної діяльності в аграрному виробництві. *Наукові записки*. Серія: Педагогічні науки. 2026. № 222. С. 64–67. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2026-1-222-64-67>

6. Маринченко Є. О., Лебедев К. С. Організація проектної діяльності майбутніх педагогів професійного навчання у процесі роботи наукового гуртка. *Наука і техніка сьогодні*. Серія «Техніка». 2025. № 2(43). С. 772–781. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-2\(43\)-772-780](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2025-2(43)-772-780)

7. Опанасенко В. П., Самусь Т. В. Міждисциплінарний підхід як основа компетентнісного підходу в закладах вищої освіти. *«Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка»)* : журнал. 2023. № 9(27) 2023. С. 337 – 347. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-9\(27\)-337-347](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2023-9(27)-337-347)

8. Туряниця З. В., Корчов О. Г. Використання кейс-методу в процесі практико-орієнтованого навчання майбутніх кваліфікованих робітників аграрної галузі з метою формування в них здатності до професійного самовдосконалення. *Наука і техніка сьогодні*. № 2 (56), 2026. С. 1269-1282 DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-2\(56\)](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-2(56))

9. Туряниця З. В., Корчов О. Г. Формування здатності до професійного самовдосконалення в майбутніх кваліфікованих робітників аграрної галузі. *Наукові інновації та передові технології*. № 3 (55), 2026. С. 1860-1872. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3\(55\)](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2026-3(55))

Навчально-методичний посібник

**Турянця** Зоя Василівна  
**Самусь** Тетяна Володимирівна  
**Вовк** Богдан Іванович  
**Маринченко** Євгеній Олегович  
**Опанасенко** Віталій Петрович

## **МАШИНИ ТА МАШИНОВИКОРИСТАННЯ НА ПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

для студентів спеціальності А5 Професійна освіта,  
спеціалізації А5.37 Професійна освіта (Аграрне виробництво,  
переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)

Підп. до розповсюдження 24.06.2026.  
Формат 60x84/8. Умов. друк. арк. 38,48. Зам. №3575  
Облік.-вид. арк. 16,22. Папір офсетний. Гарнітура Таймс.  
Видавництво Глухівського національного педагогічного  
університету імені Олександра Довженка  
41400, м. Глухів, Сумська обл., вул. Київська, 24  
тел/факс (05444) 2-33-06.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи СМв №046 від 16 червня 2014 року

