



О.І. Гапонюк, Л.С. Солдатенко, Л.Г. Гросул,  
В.Ф. Петько, В.М. Петров, І.І. Гапонюк

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ БОРОШНОМЕЛЬНИХ І КРУП'ЯНИХ ПІДПРИЄМСТВ

ПІДРУЧНИК ДЛЯ СТУДЕНТІВ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ  
ГАЛУЗЕЙ ЗНАНЬ "МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ"  
І "ВИРОБНИЦТВО І ТЕХНОЛОГІЇ" СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ  
"ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ" І "ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ"

УДК 664.7(07)  
Т 38

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Одеської національної академії харчових технологій  
(протокол № 7 від 08.12.2017 р.)

**Рецензенти:**

**Мирончук В.Н.** – завідувач кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування національного університету харчових технологій, доктор технічних наук, професор;

**Жигунов Д.О.** – завідувач кафедри технології переробки зерна Одеської національної академії харчових технологій, доктор технічних наук, доцент;

**Оргіян О.А.** – завідувач кафедри технології машинобудування Одеського національного політехнічного університету, доктор технічних наук, професор

Рисунки в електронному варіанті виконав інженер **Є.В. Петько**

**Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств** : підручник / О.І. Гапонюк, Л.С. Солдатенко, Л.Г. Гросул, В.Ф. Петько, В.М. Петров, І.І. Гапонюк; під редакцією О.І. Гапонюка і Л.С. Солдатенко – Херсон : Олді-плюс, 2018. – 752 с.

ISBN 978-966-289-188-1

В підручнику розглянуте технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств у послідовності, передбаченій навчальною програмою курсу «Технологічне обладнання галузі».

Наведені призначення, області застосування, класифікація, принцип дії, теоретичні основи робочого процесу, методики технологічних, кінематичних, силових і інших розрахунків, а також особливості конструкції, експлуатації і обслуговування обладнання.

Більшість глав вміщує також опис перспективних напрямків подальшого удосконалення машин.

Приділено увагу заходам безпеки праці і охорони навколишнього середовища.

УДК 664.7(07)

ISBN 978-966-289-188-1

© О.І. Гапонюк, Л.С. Солдатенко, Л.Г. Гросул,  
В.Ф. Петько, В.М. Петров, І.І. Гапонюк, 2018

---

## ВСТУП

---

Неперервно-потоківий характер технологічного процесу зернопереробних підприємств висуває вимогу високої експлуатаційної надійності обладнання, що застосовується. Це, зокрема, означає, що кількісно-якісні показники роботи як окремих машин, так і усієї потокової лінії, в умовах діючої системи технічного обслуговування і ремонту, повинні безперервно і тривалий час відповідати їх значенням, обумовленим у нормативно-технічній документації.

Високоєфективна експлуатація технологічного обладнання є можливою лише на базі чіткого розуміння його призначення, принципу дії та конструкції основних і допоміжних елементів і робочих органів, засобів контролю і регулювання величини його параметрів, які забезпечують завдану ефективність дії.

Вивченню цих питань передуює класифікація обладнання, тобто, розподіл на групи за найбільш суттєвими і практично важливими ознаками, до яких відносяться функціональні, конструктивні та технологічні ознаки, що характеризують технологічну операцію, яку виконує машина, або визначають характер технологічного впливу робочого органу на продукт, що обробляється. Така класифікація обумовила структуру книги, у якій кожна глава не тільки присвячена розгляду певної групи машин, але й сама вміщує податкову класифікацію машин даної групи.

Викладання матеріалу передбачає висвітлення таких питань: призначення і область застосування обладнання; теоретичні основи принципу дії і розрахунку обладнання даної класифікаційної групи; огляд конструкцій машин вітчизняного і зарубіжного виробництва; перспективні напрямки подальшого вдосконалення обладнання. З огляду на навчальне призначення книги, кожна глава вміщує також питання для самоперевірки і список літератури.

Оскільки останнім часом намітилася тенденція поновлення інтересу виробництва до деяких машин, популярних у недалекому минулому (наприклад, до зволожувальної машини ЗЗМ-2, оббивальних машин з абразивним циліндром, комбінованих мийних машин), окремі з таких машин також розглянуті і описані поряд з сучасними моделями і перспективними зразками.

Останній підручник, присвячений технологічному обладнанню галузі, був виданий в 2010 році у Росії (Глебов Л.Ф., Демский А.Б., Веденьев В.Ф., Яблоков А.Е. «Технологическое оборудование и поточные линии предприятия по переработке зерна»). До того ж він, як і усі попередні підручники і навчальні посібники цього напрямку, написаний російською мовою, хоча в Україні навчальний процес здійснюється виключно державною мовою.

Наведені ілюстрації у вигляді розрахункових, функціональних та кінематичних схем, зображень загального вигляду машин, або окремих збірних одиниць чи деталей, супроводжуються текстовими поясненнями. Деякі з цих ілюстрацій запозичені у авторів попередніх видань (з відповідними посиланнями на джерела запозичення). Але більшість схем має оригінальне походження і базується на узагальненні викладацького і виробничого досвіду авторів книги. Співавтором цієї роботи вважаємо інженера Петька Є.В., який значною мірою сприяв покращенню наведеного ілюстрованого матеріалу.

Показники ефективності дії кожної машини вказані згідно з вимогами відповідних стандартів та Правил організації і ведення технологічного процесу на борошномельних і круп'яних заводах. У зв'язку з цим сформульовані рекомендації щодо методів контролю і регулювання основних параметрів, які впливають на величину чинників ефективності.

Деякі методи розрахунків наведені вперше, наприклад, методика технологічного розрахунку малогабаритних дискових трієрів-куклівідбірників. Тому вони супроводжуються чисельними прикладами, що полегшує їх застосування.

Розділи, які стосуються перспективних напрямів подальшого удосконалення того чи іншого обладнання, вперше включено до книги, присвяченій технологічному обладнанню галузі. Цей матеріал базується на практичному досвіді заводів-виробників обладнання, авторів книги та даних огляду винаходів і патентів певного напрямку. Він може бути корисним, зокрема, під час розробки тематики і виконання курсових та дипломних проектів студентів ступенів «бакалавр» і «магістр» галузей знань 13 «Механічна інженерія» та 18 «Виробництва та технології», спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 188 «Харчові технології».

Цій же меті відповідає поглавне розташування списків рекомендованої літератури.

Підручник призначено для студентів вищих навчальних закладів харчового профілю. Він може зацікавити також студентів інших напрямів підготовки і фахівців-практиків, які працюють на підприємствах галузі хлібопродуктів або у сфері машинобудування відповідного обладнання.

Автори висловлюють щире подяку доктору технічних наук, професору Мирончуку В.Н., доктору технічних наук Жигунову Д.О., доктору технічних наук, професору Оргіяну О.А. за змістовні і корисні зауваження і пропозиції, зроблені ними під час рецензування рукопису книги.

Автори вважають за потрібне висловити подяку інженеру Тищенко В.А. за його творчий внесок у технічне оформлення книги.

У написанні окремих глав брали участь Георгі М.В. і Поляков В.Я. – наші колеги і співавтори.

Відгуки та побажання, спрямовані на подальше покращення книги, просимо надсилати за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>11</b>
<b>ГЛАВА 1</b>	
<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС І ОБЛАДНАННЯ</b>	
<b>БОРОШНОМЕЛЬНИХ І КРУП'ЯНИХ ЗАВОДІВ</b>	
1.1. Особливості і зміст технологічного процесу борошномельних і круп'яних заводів	13
1.2. Поняття про технологічне обладнання і вимоги до нього	16
1.3. Класифікація технологічного обладнання борошномельних і круп'яних заводів	17
Література	18
<b>ГЛАВА 2</b>	
<b>ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЧАТКОВОЇ СИРОВИНИ,</b>	
<b>ПРОМІЖНИХ І КІНЦЕВИХ ПРОДУКТІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ</b>	
<b>НА БОРОШНОМЕЛЬНИХ І КРУП'ЯНИХ ЗАВОДАХ</b>	
2.1. Деякі відомості про початкову сировину, проміжні і кінцеві продукти її переробки	19
2.2. Фізичні властивості сировини, проміжних і кінцевих продуктів їх переробки	23
Питання для самоперевірки	31
Література	32
<b>ГЛАВА 3</b>	
<b>ПОВІТРЯНІ СЕПАРАТОРИ</b>	
3.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	33
3.2. Теоретичні основи процесу пневмосепарування	37
3.3. Ефективність пневмосепарування та її визначальні фактори	39
3.4. Огляд конструкцій повітряних сепараторів	45
3.4.1. Гравітаційні повітряні сепаратори з розімкненим циклом повітря	45
3.4.2. Гравітаційні повітряні сепаратори з замкненим циклом повітря (аспіратори)	54
3.4.3. Гравітаційні повітряні сепаратори з комбінованим циклом повітря	65
3.4.4. Пневмосепаратори, що увіходять до складу пневмотранспортних установок	68
Питання для самоперевірки	75
Література	76

## ГЛАВА 4

### СИТОВІ СЕПАРАТОРИ

4.1. Призначення, область застосування і класифікація ситових сепараторів	77
4.2. Умови відносного руху часток по сити	79
4.2.1. Умови відносного руху частинок по похилому нерухомому сити	79
4.2.2. Умови відносного руху часток по похилому сити, що здійснює поступально-зворотний рух	80
4.2.3. Умови відносного руху частинок по поверхні призматичних, пірамідальних, циліндричних і конічних сит, що обертаються	83
4.2.4. Умова руху частинки по горизонтальному сити, що здійснює круговий поступальний рух	84
4.2.5. Умови руху частинки по нахиленому сити, що здійснює круговий поступальний рух	85
4.3. Робочі органи ситових сепараторів	85
4.3.1. Штамповані сита	86
4.3.2. Ткані сита	90
4.4. Ситові корпуси і ситові рамки сепараторів	94
4.4.1. Живильники сепараторів	106
4.4.2. Розрахунок ситових корпусів сепараторів	110
4.5. Механізми для привода ситових корпусів сепараторів	114
4.6. Пневмосепаруючі пристрої ситових сепараторів	122
4.7. Силовий розрахунок приводних механізмів ситових сепараторів	122
4.7.1. Силовий розрахунок сепараторів з ситами, що здійснюють коливальний рух	123
4.7.2. Силовий розрахунок сепараторів з обертовими ситами	127
4.7.3. Вплив довжини і жорсткості підвісок на параметри руху ситових корпусів	129
4.8. Конструкції ситових і повітряно-ситових сепараторів	132
4.8.1. Скальператори	132
4.8.2. Бурати	133
4.8.3. Центрофугали	136
4.8.4. Ситові сепаратори з поступально-зворотним рухом нахилених плоских сит	140
4.8.5. Віброситові сепаратори	142
4.8.6. Ситові сепаратори з плоскими ситами, які приводяться в круговий поступальний рух	146

4.9. Ситові сепаратори з аспіраційними пристроями	155
4.9.1. Сепаратори з ситами, що здійснюють обертальний і коливальний рух відносно вертикальної осі	157
4.9.2. Сепаратори з плоскими нахиленими ситами і однократним пневмосепаруванням	160
4.9.3. Сепаратори з плоскими нахиленими ситами і подвійним пнев-мосепаруванням	166
Питання для самоперевірки	170
Література	170

## ГЛАВА 5

### КОМІРКОВІ СЕПАРАТОРИ (ТРІЄРИ)

5.1. Призначення і галузі застосування	172
5.2. Класифікація коміркових сепараторів	174
5.3. Загальні закономірності робочого процесу циліндричних трієрів	174
5.4. Сучасні конструкції циліндричних трієрів	183
5.5. Загальні закономірності робочого процесу дискових трієрів	195
5.6. Сучасні конструкції дискових трієрів	213
5.7. Перспективні напрями подальшого удосконалення трієрів	227
Питання для самоперевірки	242
Література	243

## ГЛАВА 6

### МАГНІТНІ СЕПАРАТОРИ

6.1. Призначення і галузі застосування	247
6.2. Основні положення теорії магнітних явищ	248
6.3. Закономірності робочого процесу магнітних сепараторів з постійними магнітами	255
6.4. Намагнічування постійних магнітів	260
6.5. Закономірності робочого процесу електромагнітних сепараторів	263
6.6. Класифікація магнітних сепараторів	266
6.7. Огляд сучасних конструкцій магнітних сепараторів з постійними магнітами	266
6.8. Огляд сучасних конструкцій електромагнітних сепараторів	278
6.9. Зарубіжні магнітні сепаратори	283
6.10. Перспективні напрями подальшого вдосконалення магнітних сепараторів	286
Питання для самоперевірки	291
Література	292

## **ГЛАВА 7**

### **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СЕПАРУВАННЯ ВАЖКОРОЗДІЛЮВАНИХ СУМІШЕЙ ЗЕРНА І ЗЕРНОПРОДУКТІВ**

7.1. Призначення, галузі застосування, класифікація	294
7.2. Обладнання для вібропневматичного сепарування сумішей зерна і зерно продуктів	296
7.2.1. Каменевідбірники	296
7.2.2. Комбінатори	306
7.2.3. Зерноконцентратори	310
7.2.4. Пневмосортувальні столи	315
7.2.5. Ситовіальні машини	322
7.3. Обладнання ударно-відбивної та коливально-фрикційної дії	333
7.3.1. Ударно-відбивне обладнання	334
7.3.2. Коливально-фрикційне обладнання	339
7.4. Ситове обладнання для сепарування основних продуктів лущення круп'яного зерна	346
7.4.1. Самопливні круповідділювачі	346
7.4.2. Ситові круповідділювачі і крупосортувальні машини А1-БКГ-1	348
7.5. Фотоелектронне обладнання для розділення зерна і зернопродуктів на фракції за ознакою кольору	352
Питання для самоперевірки	360
Література	360

## **ГЛАВА 8**

### **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СУХОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ ЗЕРНА**

8.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	362
8.2. Огляд конструкцій найбільш поширених оббивальних машин	365
8.2.1. Горизонтальні оббивальні машини з сітчастими циліндрами	366
8.2.2. Горизонтальні оббивальні машини з абразивними (наждачними) циліндрами	377
8.2.3. Вертикальні оббивальні машини з сітчастим циліндром	386
8.3. Огляд конструкцій щіткових машин	391
8.4. Огляд конструкцій остюколомачів	395
8.5. Огляд конструкцій ентолейторів-стерилізаторів	399
8.6. Принципові основи розрахунку параметрів устаткування ударного принципу дії – оббивальних машин та ентолейторів	402
Питання для самоперевірки	408
Література	408

## ГЛАВА 9

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНА ВОДОЮ

9.1. Призначення і галузі застосування	410
9.2. Класифікація	411
9.3. Основні закономірності взаємодії зерна з водою	412
9.3.1. Елементи теорії гідросепарування	412
9.3.2. Механізм взаємодії зерна з водою під час його зволоження і миття	416
9.3.3. Властивості води, яку застосовують для обробки зерна	417
9.4. Огляд конструкцій обладнання для обробки зерна водою	418
9.4.1. Машини і апарати для зволоження зерна	418
9.4.2. Комбіновані гідросепаруючі мийно-зневоднюючі машини	432
9.4.3. Мийно-луцильні машини	442
9.4.4. Особливості конструкції закордонного обладнання для обробки зерна водою	445
9.4.5. Особливості розрахункового визначення параметрів обладнання для обробки зерна водою	453
9.4.5.1. Опис методик технологічних і силових розрахунків комбінованих мийних машин і мийно-луцильних машин	453
9.5. Обладнання для обробки стічної води і відходів мийних і мийно-луцильних машин	457
9.6. Пристрої для заощадження води, яку витрачають на миття зерна	461
9.7. Перспективні напрямки вдосконалення обладнання для обробки зерна водою	469
9.7.1. Інтенсифікація процесу миття зерна впливом пружних коливань	469
9.7.2. Огляд винаходів і патентів у галузі удосконалення обладнання для обробки зерна водою	472
Питання для самоперевірки	481
Література	482

## ГЛАВА 10

### ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДДІЛЕННЯ ПОКРИВНИХ ТКАНИН З ПОВЕРХНІ ЗЕРНА ТА ЧАСТИНОК ЙОГО ПЕРЕРОБКИ

10.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	485
10.2. Вимоги до ефективності луцильних і шліфувальних машин і параметрів їх робочих органів	490
10.3. Огляд конструкцій найбільш поширених луцильних і шліфувально-полірувальних машин	497

10.3.1. Вальцьодекові луцильні машини	497
10.3.2. Принципові основи розрахунку параметрів вальцьодекового обладнання для лущення зерна	504
10.3.3. Луцильні посади	511
10.3.4. Вальцьові луцильніки (з еластичною поверхнею вальців)	516
10.3.5. Принципові основи розрахунку параметрів вальцьового луцильного обладнання	533
10.3.6. Відцентрові луцильніки	538
10.3.7. Багатодискові вертикальні луцильно-шліфувальні машини	544
10.3.8. Шліфувальні машини з вертикальним абразивним зрізано-конічним барабаном і ситовою обичайкою	548
10.3.9. Дволопатеві шліфувальні машини	556
10.3.10. Полірувальні машини	558
10.4. Перспективні напрями удосконалення луцильно-шліфувального обладнання	559
Питання для самоперевірки	566
Література	567

## **ГЛАВА 11**

### **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА І ЗЕРНОПРОДУКТІВ**

11.1. Підігрівачі зерна	568
11.2. Кондиціонери	571
11.3. Устаткування для гідротермічної обробки зерна круп'яних культур	577
11.3.1. Пропарювачі	579
11.3.2. Сушарки	581
11.3.3. Парогенератори	586
11.4. Розрахунок устаткування для теплової обробки зерна і крупи	587
Питання для самоперевірки	593
Література	593

## **ГЛАВА 12**

### **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗДРІБНЕННЯ ЗЕРНА І ЗЕРНОПРОДУКТІВ**

12.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	595
12.2. Теоретичні основи процесу здрібнення	598
12.3. Обладнання, яке здрібнює продукти зусиллями стиску і зсуву (зрізу)	600

12.4. Обладнання, яке деформує (плющить) продукт зусиллями стиску	635
12.5. Обладнання для здрібнення продуктів ударом	639
12.6. Обладнання для здрібнення продуктів ударом і стиранням	644
12.7. Обладнання для здрібнення круп'яного зерна різанням	654
Питання для самоперевірки	660
Література	662

## **ГЛАВА 13**

### **ВАГОВИМІРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ**

13.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	663
13.2. Основні характеристики вагових установок	665
13.3. Особливості конструкцій ваговимірювального обладнання	667
13.3.1. Механічні ваги важільного типу	667
13.3.2. Електронно-тензометричні ваги	684
13.4. Датчики ваговимірювальні	701
13.5. Прилади і засоби автоматизації процесів зважування і дозування	703
Питання для самоперевірки	704
Література	705

## **ГЛАВА 14**

### **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СОРТІВ**

#### **І ВІТАМІНІЗАЦІЇ БОРОШНА**

14.1. Призначення, галузі застосування і класифікація	706
14.2. Важільно-механічні дозатори періодичної дії	709
14.2.1. Автоматичний багатокомпонентний ваговий дозатор 6.140 АД-3000 М	709
14.2.2. Автоматичний однокомпонентний дозатор 6.139 АД-10-ВД	712
14.3. Електронно-тензометричні дозатори періодичної дії	716
14.3.1. Ваговий автоматичний багатокомпонентний дозатор АД-3000-ГК	716
14.3.2. Дозатори ВД-7	719
14.3.3. Комплекси і модульні системи багатокомпонентного дозування КМД	720
14.3.4. Комплекси багатокомпонентного дозування фірми «ТЕНЗО-М»	721
14.4. Змішувачі періодичної і неперервної дії	722
14.4.1. Змішувач періодичної дії А9-БСГ-3	722

14.4.2. Змішувач МСН	725
14.5. Автоматична установка А5-АУВМ-1	727
14.6. Дозатори неперервної і періодичної дії для вітамінної суміші і сортів борошна	730
14.6.1. Об'ємні тарілчасті дозатори	730
14.6.2. Вагові дозатори стрічкового типу 4488ДН	735
14.6.3. Бункерні вагові дозатори	738
14.7. Теоретичні основи процесу змішування сипких продуктів	742
14.8. Розрахункове визначення параметрів обладнання для формування сортів і вітамінізації борошна	743
14.8.1. Методика технологічного розрахунку автоматичних вагових дозаторів 6.139 АД-10-ВД і 6.140 АД-3000М	743
14.8.2. Методика технологічного розрахунку змішувача періодичної дії	744
14.8.3. Методика силових розрахунків обладнання для дозування і змішування борошна та вітамінних сумішей	745
14.8.4. Методики технологічних розрахунків тарілчастих дозаторів борошна і вітамінних сумішей	748
Питання для самоперевірки	750
Література	750