

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.
МЕХАНІЧНІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ

Підручник для здобувачів вищої освіти

Мелітополь
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ДМИТРА МОТОРНОГО



**ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

МЕХАНІЧНІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ

Підручник

Мелітополь
2021

УДК 664.002.5(075)

П 84

Рекомендовано Вченою радою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного як підручник для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», і 181 «Харчові технології» закладів вищої освіти III-IV рівня акредитації (Протокол № 8 від 24.05.2021 р.)

Авторський колектив:

Бойко В.С., кандидат технічних наук, доцент; **Самойчук К.О.**, доктор технічних наук, професор; **Тарасенко В.Г.**, кандидат технічних наук, доцент; **Верхоланцева В.О.**, кандидат технічних наук, доцент; **Паляничка Н.О.**, кандидат технічних наук, доцент; **Михайлов Є.В.** доктор технічних наук, професор, **Червоткіна О.О.**, інженер

Рецензенти:

Дейниченко Г.В., доктор технічних наук, завідувач кафедри процесів та устаткування харчової і готельно-ресторанної індустрії ім. М.І.Беляєва Харківського державного університету харчування і торгівлі

Прісс О.П., доктор технічних наук, завідувач кафедри харчових технологій та готельно-ресторанної справи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

П 84 Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.О. Верхоланцева, Н.О. Паляничка, Є.В. Михайлов, О.О. Червоткіна Мелітополь:, 2021. 445 с.

ISBN

УДК 664.002.5(075)

Підручник „Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси” призначений для здобувачів ступеня вищої освіти зі спеціальностей „Галузеве машинобудування“ і „Харчові технології“, магістрів, аспірантів, викладачів і працівників агропромислового комплексу.

© Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Верхоланцева В.О., Паляничка Н.О., Михайлов Є.В., Червоткіна О.О.

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021

ЗМІСТ

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НАУКИ ПРО ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ	10
1.1. Загальні питання та завдання курсу «Процеси і апарати харчових виробництв»	10
1.1.1. Зміст і завдання курсу «Процеси і апарати харчових виробництв»	10
1.1.2. Історія розвитку науки про процеси і апарати	12
1.1.3. Класифікація основних процесів харчових виробництв	14
1.1.4. Основні типи технологічних процесів	19
1.1.5. Основні типи апаратів харчової промисловості	20
1.1.6. Принципи розрахунку процесів, машин і апаратів	22
Контрольні питання	25
1.2. Наукові основи і положення виробничих процесів харчової технології	26
1.2.1. Основні етапи технологічних процесів харчових виробництв	26
1.2.2. Закони збереження маси і енергії	26
1.2.3. Закони рівноваги систем	28
1.2.4. Рушійна сила процесу	29
1.2.5. Закони кінетики перебігу процесу	31
1.2.6. Основи раціональної побудови апаратів	35
Контрольні питання	47
1.3. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ І АПАРАТІВ. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПОДІБНОСТІ	48
1.3.1. Методи моделювання процесів і апаратів	48
1.3.2. Аналітичний і експериментальний методи досліджень	50
1.3.3. Теорія подібності фізичних явищ	52
1.3.4. Теореми подібності систем	57
1.3.5. Отримання критеріїв досліджуваних явищ із відомих критеріїв-комплексів	60
Контрольні питання	65
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	66
2.1. ПРОЦЕСИ ПОДРІБНЕННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ І СИРОВИНИ	66
2.1.1. Фізичні основи процесу подрібнення	66
2.1.2. Основи теорії дроблення	72
2.1.3. Класифікація подрібнювальних машин	75
2.1.4. Конструкції подрібнювальних машин	77

<i>Контрольні питання</i>	90
2.2. ОСНОВИ ТЕОРІЇ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	92
2.2.1. Способи різання харчових матеріалів	92
2.2.2. Параметри процесу різання	94
2.2.3 Характеристика різальних пристроїв	100
2.2.4 Способи різання харчових продуктів	105
<i>Контрольні питання</i>	118
2.3. ПРОЦЕСИ СОРТУВАННЯ ТА КАЛІБРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ	119
2.3.1 Сутність і задачі сортування	119
2.3.2. Ділильний фактор і характер процесу сортування	123
2.3.3. Характеристика процесу сепарування	125
2.3.4. Способи просіювання матеріалу на ситах	126
2.3.5. Ситовий аналіз сипких матеріалів	128
2.3.6. Ефективність сепарування	130
2.3.7. Конструкції машин і способи сепарування	132
2.3.8. Елементи теорії ситових сепараторів	135
2.3.9. Сепарування на циліндричних обертових решетах	138
<i>Контрольні питання</i>	140
2.4. РОЗДІЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ В ТРІЄРАХ: ПНЕВМАТИЧНЕ, ГІДРАВЛІЧНЕ І МАГНІТНЕ СЕПАРУВАННЯ	142
2.4.1. Сепарування в циліндричних трієрах	142
2.4.2. Теоретичні аспекти процесу у циліндричних трієрах	145
2.4.3. Сепарування в дискових трієрах	149
2.4.4. Повітряне сепарування	155
2.4.5. Гідравлічне сепарування	159
2.4.6. Магнітне сепарування	163
2.4.7. Елементи теорії магнітного сепарування	167
<i>Контрольні питання</i>	172
2.5. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ СЕПАРУВАННЯ СИРОВИНИ ТА ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	173
2.5.1. Характеристика процесів сепарування та їх застосування у виробничих технологіях	173
2.5.2. Оснащення процесу сепарування машинами та апаратами	176
2.5.3. Класифікація способів очищення та сортування зерна	183
2.5.4. Фізико–механічні властивості зернових сумішей	187
2.5.5. Елементи теорії переміщення матеріалу по плоскому решету	192
2.5.6. Теоретичні основи розділення зерна в трієрних барабанах	198

2.5.7. Фрикційне та пневматичне сепарування	204
2.5.8. Типи вентиляторів та теорія їх розрахунку	211
Контрольні питання	214
2.6. ОБРОБКА ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТИСКОМ	215
2.6.1. Характеристика процесу пресування	215
2.6.2. Класифікація процесів пресування харчових продуктів	217
2.6.3. Основи теорії пресування	220
2.6.4. Віджимання рідини з матеріалу	230
2.6.5. Брикетування харчових продуктів та кормів	236
Контрольні питання	254
2.7. ПРОЦЕС ФОРМУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	255
2.7.1. Класифікація формувальних машин	255
2.7.2. Процеси формоутворення в шнекових пресах	257
2.7.3. Елементи теорії розрахунку формотворчих пресів	259
2.7.4. Формування харчових продуктів методом екструзії	263
2.7.5. Класифікація і характеристика екструдерів	265
2.7.6. Елементи теорії формування харчових продуктів	267
2.7.7. Обладнання для формування харчових продуктів методом екструзії	269
Контрольні питання	277
РОЗДІЛ 3. ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ	279
3.1. ОСАДЖЕННЯ ПІД ДІЄЮ ГРАВІТАЦІЙНОГО ПОЛЯ	279
3.1.1. Відстоювання під дією гравітаційного поля	279
3.1.2. Елементи теорії процесу осадження	281
3.1.3. Розрахунок основних параметрів відстійників	285
3.1.4. Обладнання для відстоювання і осадження	288
3.1.5. Розділення неоднорідних сумішей методом флотації	296
Контрольні питання	299
3.2. ОСАДЖЕННЯ В ПОЛІ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ	301
3.2.1. Процес центрифугування рідких сумішей	301
3.2.2. Елементи теорії процесу відцентрового осадження	304
3.2.3. Класифікація центрифуг	308
3.2.4. Машини для центрифугування сільськогосподарської продукції	210
Контрольні питання	316
3.3. РОЗДІЛЕННЯ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ СЕПАРУВАННЯМ	318
3.3.1. Класифікація рідинних сепараторів	318
3.3.2. Робочий процес сепарування	320
3.3.3. Теоретичні основи процесу сепарування	325

3.3.4. Конструкції сепараторів і сепараторних барабанів	334
<i>Контрольні питання</i>	344
3.4. ФІЛЬТРУВАННЯ НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ	346
3.4.1. Загальні відомості	346
3.4.2. Види фільтрування харчових продуктів	349
3.4.3. Рушійна сила процесу фільтрування	350
3.4.4. Матеріальні баланси процесу фільтрування	352
3.4.5. Кінетика процесу фільтрування	354
3.4.6. Теоретичні основи процесу фільтрування	355
3.4.7. Загальна характеристика фільтрувальних апаратів	360
<i>Контрольні питання</i>	368
3.5. РУХ РІДИНИ АБО ГАЗУ В ШАРІ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ	370
3.5.1. Загальні відомості	370
3.5.2. Процес псевдозрідження	371
3.5.3. Фізичні основи псевдозрідження	374
3.5.4. Елементи теорії руху рідини або газу в шарі зернистого матеріалу	379
3.5.5. Конструкції апаратів і установок з псевдозрідженим шаром	383
<i>Контрольні питання</i>	393
3.6. ПРОЦЕС ПЕРЕМІШУВАННЯ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ	395
3.6.1. Перемішування рідких харчових середовищ	395
3.6.2. Конструкції перемішувальних пристроїв	399
3.6.3. Елементи теорії процесу перемішування рідких середовищ	408
<i>Контрольні питання</i>	412
3.7. РОЗДІЛЕННЯ СУМІШЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІВПРОНИКНИХ МЕМБРАН	413
3.7.1. Основні положення мембранних процесів	413
3.7.2. Баромембранні процеси	416
3.7.3. Дифузійно-мембранні процеси	426
3.7.4. Електромембранні процеси	430
<i>Контрольні питання</i>	432
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	434

ВСТУП

Використання прогресивних технологій і нового обладнання пов'язані з глибокими дослідженнями закономірностей фізико-хімічних процесів в апаратах, призначених для переробки сировини і виробництва харчових продуктів.

Будь-який технологічний процес виробництва харчової продукції являє собою ряд взаємопов'язаних типових технологічних операцій, що протікають в апаратах певного класу. Особливостями цих технологічних процесів, що визначають специфіку отримання харчових продуктів, від подібних процесів в інших галузях харчових виробництв є високі вимоги до якості продукції, ефективності виробництва, зниження його енерговитрат і матеріаломісткості, охорони навколишнього середовища і технічної безпеки.

Курс "Процеси і апарати харчових виробництв", представлений в даному підручнику, по суті є теоретичною основою харчової технології, який дозволяє проаналізувати і розрахувати процес, визначити оптимальні параметри, розробити і розрахувати апаратуру для його проведення.

В даному підручнику розглядаються наступні основні питання: вивчення теорії механічних і гідромеханічних процесів харчових виробництв і рушійних сил, під дією яких вони протікають; методи розрахунку апаратів і машин, які дозволяють знаходити оптимальні параметри і конструкцію апаратів для його здійснення; вивчення будови і принципу дії промислових апаратів, в яких здійснюються процеси; вивчення закономірностей переходу від лабораторних процесів до промислових.

Підручник "Процеси і апарати харчових виробництв. Механічні і гідромеханічні процеси" підготовлений у відповідності з програмою курсу "Процеси і апарати" за спеціальностями "Галузеве машинобудування", "Харчові технології".

Курс "Процеси і апарати харчових виробництв" викладено в трьох розділах (розділи 1, 2,3).

У першому розділі наведені основні закони і положення курсу.

У другому розділі надана характеристика і аналіз механічних процесів а також конструкцій машин і апаратів, які забезпечують дані процеси.

В третьому розділі приведений аналіз гідромеханічних процесів (гравітаційне і відцентрове осадження, фільтрування, сепарування, псевдозрідження та перемішування харчових середовищ).

Вчення про процеси і апарати засноване на фундаментальних законах фізики, хімії, математики, ряду інженерних і економічних дисциплін – механіки, теплотехніки, електротехніки, матеріалознавства, промислової економіки та інших суміжних дисциплін, які являються базою курсу. Проте, як наука про процеси і апарати має свій чітко окреслений предмет, експериментальні та розрахункові методи і теоретичні закономірності.

Одним з основних завдань при написанні підручника є формування науково-технічного мислення, творчого застосування отриманих знань в діяльності майбутнього інженера. Цьому в значній мірі відповідає структура навчальних тем і перелік контрольних питань, що дозволяє організувати контроль якості засвоєння навчального матеріалу студентами, а студенту реально оцінити свою підготовку за допомогою тестів, наведених в кожній темі.

Гідромеханіка є одним з основних розділів науки про процеси харчових виробництв. Вивчення кожного процесу переробки рідких і газоподібних продуктів не обходиться без використання законів гідравліки. І хоча ця наука вже давно відокремила в самостійну дисципліну, її прикладні питання включені в даний курс як окремий розділ, направлений на пояснення гідравлічних складових складних процесів, які протікають в машинах і апаратах харчових виробництв.

Даний підручник призначений для студентів закладів вищої освіти аграрного і харчового профілю. Крім того, він може бути використана викладачами для підготовки курсу лекцій за даною дисципліною, конструкторами, для розрахунку технологічних апаратів і окремих вузлів машин харчових виробництв, аспірантами для теоретичних обґрунтувань гідравлічних складових складних процесів, які протікають в машинах і апаратах харчових виробництв.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НАУКИ ПРО ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ

1. 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ КУРСУ «ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

1.1.1. ЗМІСТ І ЗАВДАННЯ КУРСУ «ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ»

Головним напрямком збільшення виробництва продуктів харчування є розвиток прогресивної технології, що забезпечує високоефективні процеси, використання яких значно підвищує продуктивність праці, скорочує негативний вплив на навколишнє середовище і сприяє економії початкової сировини, паливно-енергетичних і матеріальних ресурсів.

Науково-технічний прогрес в харчовій промисловості пов'язаний з формуванням нових знань та ідей, технологічним освоєнням наукових відкриттів, винаходів, результатів досліджень і розробок, впровадженням передових технологій, прогресивної техніки.

Розробка і впровадження прогресивних технологій і нового обладнання пов'язані з глибокими дослідженнями закономірностей фізико-хімічних процесів в апаратах, призначених для переробки сировини і виробництва харчових продуктів.

Курс «Процеси і апарати харчових виробництв» є спеціальним перехідним курсом від загальноінженерного циклу дисциплін до спеціального для інженерів-технологів і інженерів-механіків харчових виробництв. Сучасне вчення про процеси і апарати спирається на міцний фундамент хімії, фізики, математики, ряду інженерних і економічних дисциплін механіки, теплотехніки, електротехніки, технічної кібернетики, матеріалознавства, промислової економіки та інших суміжних галузей знань, які є базою курсу. Однак, як наука, вчення про процеси і апарати має свій ясно окреслений предмет, свої експериментальні та розрахункові методи і теоретичні закономірності. В курсі «Процеси і апарати харчових виробництв» вивчаються сукупність фізичних, біохімічних процесів і шляхи їх здійснення в промисловому виробництві різних продуктів в конкретних техніко-економічних умовах. При цьому звертається особлива увага на їх економічну доцільність.

Будь-технологічний процес, незважаючи на різні методи, являє собою ряд взаємопов'язаних типових технологічних стадій, що протікають в апаратурі певного класу. Проте високі вимоги до якості продукції, ефективності виробництва, зниження його енерго- та матеріалоємності,

охороні навколишнього середовища, визначали специфіку, яка відрізняє ці технологічні стадії отримання харчових продуктів та апаратурно-технологічне оформлення від подібних процесів в інших галузях народного господарства.

Процеси харчової технології в більшості своїй досить складні і часто являють собою поєднання гідродинамічних, теплових, масообмінних, біохімічних та механічних процесів. По суті курс є теоретичною основою харчової технології, що дозволяє проаналізувати і розрахувати процес, визначити оптимальні параметри, розробити та розрахувати апаратуру для його проведення.

Машини і апарати переробних харчових виробництв вивчаються в даному курсі лише в ознайомчому плані; основна увага приділяється теоретичному їх опису. Більш докладне вивчення обладнання передбачається в спеціальних курсах обладнання відповідних галузей харчового виробництва.

Дана дисципліна розглядає наступні основні завдання:

1. Вивчення теорії основних процесів харчових виробництв і рушійних сил, під дією яких вони протікають.

2. Вивчення методів розрахунку апаратів машин. Теоретичні розрахунки дозволяють аналізувати конкретний процес, знаходити його оптимальні параметри і оптимальну конструкцію апаратів для здійснення процесів.

3. Ознайомлення з пристроєм і принципом дії різних промислових апаратів і машин, в яких здійснюються технологічні процеси.

4. Вивчення закономірностей переходу від лабораторних процесів до промислових. Знання закономірностей переносу отриманих на моделі даних, на об'єкт натуральної величини необхідно для проектування більшості сучасних виробничих процесів харчової технології.

Оволодіння даної дисципліною дозволить майбутнім інженерам і технологам отримати широкий інженерний кругозір, розуміти наукові принципи апаратно-технологічного оформлення процесів, уміти оцінювати основні техніко-економічні характеристики обладнання і вибирати оптимальні, виявляти резерви підвищення інтенсивності та економічності процесів, зниження витратних норм і собівартості продукції, володіти методами наукових досліджень для підвищення ефективності виробництва.

Студент повинен знати: основні поняття про подібність фізіологічних явищ, основні поняття теорії гідромеханіки, тепло- і масообміну; системи і методи проектування технологічних процесів і

режимів виробництва; основні процеси та апарати; принципи роботи обладнання і методи інтенсифікації.

Студент повинен вміти: використовувати на практиці відповідні апарати і машини при розробці технологічних процесів; виконувати експериментальні дослідження з визначення параметрів роботи пристроїв і апаратів; користуватися методичними та нормативними матеріалами при проектуванні, технічними умовами і стандартами.

Студент повинен отримати навички: застосування теоретичних положень гідромеханіки і тепло-і масообміну до вирішення практичних та інженерних задач; виконання інженерних розрахунків, пов'язаних з вибором відповідного обладнання; розробки та оформлення технічної документації, пов'язаної з використанням гідромеханічних пристроїв і тепло- і масообмінних апаратів.

1.1.2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ НАУКИ ПРО ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ

Харчові виробництва впродовж тривалого періоду розвивалися повільно. Наприклад, цукристі речовини, одержувані з цукрової тростини, були відомі в XIII столітті до н.е. Їх виробляли в Індії та Китаї. У священних писаннях Індії зустрічається слово «сахара» для позначення солодких речовин. Від нього і походить слово «цукор». У XII столітті до н.е. цукор поширюється в Перській імперії, в 330 р. до н.е. він потрапляє в Македонію в результаті завоювання Персії Олександром Македонським. У VI-VII століттях нашої ери цукор проникає в Північну Африку та Іспанію в результаті завоювання їх арабами і, нарешті в XI-XIII століттях н.е. він поширюється по всій Європі. Цей етап поширення цукру пов'язаний з походами хрестоносців проти мусульман.

Незважаючи на те, що мед слов'янські народи почали споживати за 6000 років до н.е., а цукор відомий більш XXV століть, кондитерські вироби були рідкісними і дорогими продуктами. Їм приписувалися цілющі властивості. Виготовлення кондитерських виробів були зосереджені переважно в аптеках і на кухнях багатьох можновладців. Предметами торгівлі цукерки, зацукровані фрукти, варення та інші кондитерські вироби стають лише в середині XVII століття.

Варто згадати про селянські картопляні бунти за часів Петра I в Росії, коли селяни відмовлялися садити картоплю, не розуміючи наскільки це зміцнить їх харчову безпеку.

Одним з основних розділів науки про процеси і апарати харчових виробництв є гідравліка. Гідравліка – одна з найдавніших наук. Спочатку

вона розвивалася за запитами основних видів діяльності людства: водопостачання, кораблебудування, створення гідравлічних машин.

Першою науковою працею в області гідравліки вважається трактат Архімеда «Про плаваючі тіла» який відноситься до 2500 р. до н.е. В ньому викладено відкритий ним закон. Архімед зробив ряд видатних відкриттів. Серед них – водопідйомна машина у вигляді архімедова гвинта, застосовується до наших днів.

Відомості про деякі законах гідравліки були, мабуть, відомі і раніше, так як задовго до Архімеда будувалися зрошувальні канали і водогони у вигляді жолобів (акведуки). Найдавніший акведук був побудований в 312 р. до н.е. в Римі. Він мав довжину 16,5 км. Найдовший акведук мав довжину 132 км. Він побудований в м Карфагені в 76–138 р.р. н.е.

Створення гідравліки як теоретичної науки пов'язано з іменами багатьох вчених.

Академік Л. Ейлер (1707 –1783 р.р.) – склав основну систему рівнянь руху ідеальної рідини. Його теорія лопатевих гідравлічних машин була оцінена лише через 100 років, коли в 1835 році інженер О.О. Саблуков створив відцентровий насос.

Академік Д. Бернуллі (1700 – 1782 р.р.) – розробив основне рівняння гідродинаміки – рівняння збереження механічних форм енергії рідини. Воно використовується в більшості гідродинамічних задач.

Професор Д. Вентурі (1746 – 1822 р.р.) – досліджував витікання рідини через отвори і насадки; розробив конструкцію витратоміра рідини, що рухається по трубах.

О. Рейнольдс (1847 – 1912 р.р.) – вніс великий вклад у вивчення режимів руху рідини.

М.Є.Жуковський (1847 – 1921 г.г.) – створив теорію гідравлічного удару в водопровідних трубах. Завдяки цій праці назавжди звільнилися від розривів трубопроводів внаслідок гідравлічних ударів, від яких раніше постійно страждали.

Поряд з розвитком гідромеханіки науки про процеси і апарати формувалися і в інших напрямках.

Вперше положення про спільність ряду основних процесів сформулював професор Ф.О. Денисов (1828 р.) в роботі «Розлоге керівництво до загальної технології або до призначення всіх робіт, засобів, знарядь і машин, вживаних в різних хімічних мистецтвах». У цій праці основні процеси харчових виробництв розкриваються з загальних позицій, а не з точки зору застосування в окремих галузях (наприклад, в цукровому або пивоварному виробництвах).

Д. І. Менделєєв (1897 г.) виклав принципи побудови курсу процеси і апарати і дав класифікацію процесів хімічної технології.

Грунтуючись на ідеях Д.І. Менделєєва, професор О.К. Крупський (1909 р.) опублікував свою роботу «Початкові глави вчення про проектування за хімічною технологією», де сформулював методологічну сутність нової науки.

Професори О. К. Крупський та І. О. Тищенко написали перші підручники з процесів і апаратів і по праву вважаються засновниками цієї науки.

Серед іноземних учених, які зробили істотний внесок у розвиток науки «Процеси і апарати» слід назвати Уокера, Льюїса і Мак-Адамса (США), Я. Ціборовського (Польща), П. Бендика і А. Ласло (Угорщина), Т. Шервуда, В. Беджер і В.Мак-Кеба (США).

Всебічний розвиток науки про процеси і апарати отримали в працях А.Г. Касаткіна, В.В. Кафірова, А.Н. Плановський, А.І. Гальперіна, П.Г. Романова, Ю.Л. Дитнерського, В.Н. Стабнікова, А.С. Гінзбурга, Г.Д. Кавецького, С.М. Гребенюка, О.М. Острікова.

Наука про процеси і апарати покликана відігравати велику роль в інтенсифікації розвитку харчової і суміжній галузей переробної промисловості і тим самим сприяти задоволенню потреб населення в продуктах харчування.

1.1.3. КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Розвиток науки про процеси і апарати дозволило створити систему понять і науково обґрунтовану класифікацію процесів харчової технології. Розглянемо основні поняття, такі як система, процес, машина, технологія тощо.

Системою називається сукупність взаємодіючих між собою різних тіл.

Процес (від лат. processes – просування) – зміна стану будь-якої системи через її безперервний рух і розвиток, який відбувається в природі, лабораторії, суспільстві.

Виробничий процес – сукупність послідовних дій для досягнення певного результату (або отримання певного виду продукції).

Технологія – наука про практичне застосування законів фізики, хімії, біології та інших базисних наук для проведення технологічних процесів.

Промислова технологія – ряд прийомів, проведених направлено з метою отримання з початкової сировини продукту зі заздалегідь заданими властивостями.

Апарат – (від лат. apparatus - обладнання) – це пристрій, пристосування, обладнання, призначені для проведення технологічного процесу.

Машина – пристрій, який виконує механічний рух з метою перетворення енергії або матеріалу.

Технологічна машина – перетворює форму, властивості і стан оброблюваного матеріалу.

Абсорбент – рідкий розчинник володіє здатністю вибірково поглинати з навколишнього середовища газу, пару або розвинені речовини.

Абсорбтив – компонент газової (парової) суміші, який абсорбується в рідкому розчиннику.

Абсорбер – апарат, призначений для проведення процесів абсорбції.

Екстрагент – рідкий розчинник, який володіє вибірковою розчинністю.

Екстракт – розчин, збагачений компонентом, який екстрагується.

Рафінат – збіднена рідка суміш після екстрагування.

Екстрактор – апарат, в якому здійснюється процес екстракції.

Адсорбент – твердий поглинач компонентів з газової, парової або рідкої суміші, володіє вибірковою здатністю.

Адсорбтив – речовина, що поглинається з газу або рідини твердим поглиначем.

Адсорбат – речовина, поглинена з газу або рідини, що перейшла у фазу адсорбенту.

Адсорбер – апарат, призначений для проведення процесів адсорбції.

НКК – низькокиплячий компонент процесу перегонки.

ВКК – висококиплячий компонент.

Дистилят – рідина, отримана в результаті конденсації пари при простій перегонці.

Ректифікат – рідина, отримана в результаті конденсації пари при багаторазовій перегонці (ректифікації).

Флегма – конденсат парів високо киплячого компоненту ВКК з низьким вмістом низькокиплячого компоненту.

Кінетика – вчення про швидкості і механізми процесів, в тому числі гідромеханічні, тепло- і масообмінні.

Процеси харчових виробництв відповідно до кінетичних закономірностей, що характеризують їх протікання, класифікуються на шість основних груп (рис.1.1.1.)



Рис.1.1.1. Класифікація процесів харчових виробництв

Загальні кінетичні закономірності процесів харчової технології, за винятком механічних процесів, формулюються у вигляді загального закону: «швидкість процесу прямо пропорційна рушійній силі і обернено пропорційна опору».

Згідно з визначенням загальне кінетичне рівняння має вигляд:

$$\frac{dM}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta}{R} = K \cdot \Delta \quad (1.1.1)$$

де M – кількість маси або енергії; F – площа, через яку проходить маса або енергія; τ – тривалість процесу; Δ – рушійна сила процесу; R – опір; K – коефіцієнт швидкості, обернений опору.

Все різноманіття основних процесів харчової технології в залежності від закономірностей їх протікання можна звести до шести основних груп: механічні, гідромеханічні, теплообмінні, масообмінні, біохімічні та спеціальні.

1. **Механічні процеси** – це процеси, швидкість яких визначається законами механіки твердих тіл. Їхньою основою є механічний вплив на матеріал або чисто механічна взаємодія тіл. До них відносяться процеси подрібнення, різання, класифікації, формоутворення (пресування) і перемішування твердих дисперсних сумішей.

2. **Гідромеханічні процеси**, швидкість J_r яких розподіляється законами гідродинаміки – науки про рух рідин і газів:

$$J_r = \frac{dV}{F dt} = \frac{\Delta p}{R_1} = K_1 \Delta p \quad (1.1.2)$$

де V – об'єм рідини, що протікає; F – площа поверхні перетину апарату; τ – час процесу; K_1 – коефіцієнт швидкості процесу; R_1 – гідравлічний опір; ΔP – перепад тиску (рушійна сила процесу).

До них відносяться процеси переміщення рідини і газу по трубопроводах та апаратах, перемішування в рідких середовищах, поділ суспензій і емульсій шляхом відстоювання, фільтрування, сепарування, псевдозрідження зернистого матеріалу.

3. **Теплообмінні процеси**, швидкість J_T яких визначається законами теплопередачі – науки про способи поширення теплоти.

$$J_T = \frac{dQ}{F dt} = \frac{\Delta T}{R_2} = K_2 \Delta T \quad (1.1.3)$$

де Q – кількість переданої теплоти; F – поверхня теплообміну; K_2 – коефіцієнт теплопередачі; R_2 – термічний опір; ΔT – середня різниця температур між матеріалами, які обмінюються теплотою (рушійна сила процесу).

Основою даного процесу є зміна теплового стану взаємодіючих середовищ і перенесення теплоти від більш нагрітих тіл (або середовищ) до менш нагрітих. До них відносяться процеси нагрівання, охолодження, конденсації, випаровування, заморожування.

4. **Масобмінні (дифузійні) процеси** характеризуються перенесенням одного або декількох компонентів початкової суміші з однієї фази в іншу через поверхню розділу фаз. Швидкість цих процесів J_M визначається законами масопередачі.

$$J_M = \frac{dM}{F dt} = \frac{\Delta C}{R_3} = K_3 \Delta C \quad (1.1.4)$$

де M – кількість речовини, перенесеної з однієї фази в іншу; F – площа поверхні контакту фаз; K_3 – коефіцієнт масопередачі; R_3 – дифузійний опір; ΔC – середня різниця концентрацій речовин у фазах (рушійна сила).

До дифузійних процесів належать абсорбція, адсорбція, рідинна екстракція, екстрагування з твердих речовин, кристалізація, сушіння, перегонка і ректифікація.

5. Біохімічні процеси пов'язані з перетворенням речовин і зміною їх властивостей. Швидкість J_x цих процесів визначається закономірностями хімічної кінетики

$$J_x = \frac{dM}{V_p dt} = K_4 f(C) \quad (1.1.5)$$

де M – масова частка речовини, що прореагувала в процесі; V_p – об'єм апарату; K_4 – коефіцієнт швидкості біохімічного процесу; $f(C)$ – рушійна сила процесу, яка являється функцією концентрації реагуючих речовин.

До біохімічних процесів відносяться ферментація, бродіння, соління, копчення, дозрівання, квашення тощо.

6. Процеси спеціальних технологій – до них можна віднести процеси, не властиві переробній промисловості (наприклад, утилізація або переробка харчових відходів) або які рідко використовуються через складність виготовлення окремих вузлів (наприклад, мембранні процеси), або процеси нанотехнологій, також об'ємний друк (3D) харчових продуктів або пастеризація надвисоким тиском (НВТ), які тільки почали пробивати собі дорогу на виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стабников В. Н., Лысянский В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник. 3-е изд., испр. и доп. М. : Пищевая промышленность, 1976. 663 с.
2. Стабников В. Н., Лысянский В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник. 3-е изд., испр. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 503 с.
3. Кавецкий Г. Д., Васильев Б. В. Процессы и аппараты пищевой технологии. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Колос, 1999. 551 с.
4. Горбатюк В. И. Процессы и аппараты пищевых производств : ученик. М. : Колос, 1999. 335 с.
5. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм : учебное пособие. Л. : Колос, 1978. 560 с.
6. Фёдоров Н. Е. Процессы и аппараты мясной промышленности. М. Пищевая промышленность, 1969. 550 с.
7. Стренк Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками : пер. с польського. Под ред. И. А. Щупляка. М. : Химия, 1975. 384 с.
8. Шалугін В. С., Шмандій В. М. Процеси та апарати промислових технологій : навч. посібник. К. : Центр учбової літератури, 2008. 392 с.
9. Процеси та апарати харчових виробництв : підручник / Поперечний А. М., Черевко О. І., Гаркуша В. Б., Кирпиченко Н. В. ; за ред. А. М. Поперечного. К. : Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
10. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва : навч. посіб. / П. С. Берник та ін. Львів : Львівська політехніка, 2004. 336 с.
11. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г. Мирончук та ін. Вінниця : Нова книга, 2004. 288 с.
12. Остриков А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / А. Н. Остриков и др. Кн. 1. СПб. : Гиорд, 2007. 704 с.
13. Остриков А. Н., Парфенопуло М. Г., Шевцов А. А. Практикум по курсу "Технологическое оборудование" : учеб. пособие для вузов. Воронеж : Воронеж. гос. техн. акад., 1999. 424 с.
14. Малезик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум. За ред. І. Ф. Малезика. К. : НУХТ, 2006. 224 с.
15. Лабораторний практикум з дисципліни „Процеси і апарати“: Навчальний посібник. / В.Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь : Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 275 с.
16. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посібник. / О. І. Черевко та ін. ; Харків : Світ Книг, 2013. 168 с.

17. Гапонов К. П. Процессы и аппараты микробиологических производств М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1981. 240 с.
18. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств / А. С. Гинзбург и др. 3-е изд. перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1990. 256 с.
19. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості / І.С. Гулий та ін. / Під ред. І.С. Гулого. К. : 2001. 576с
20. Машины и аппараты пищевых производств. В 2-х кн. Кн. 1 : Учеб. для вузов. / Антипов С.Т. и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. М. : Высшая школа, 2001. 703 с.
21. Машины и аппараты пищевых производств. В 2-х кн. Кн. 2 : Учеб. для вузов. / Антипов С.Т. и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. М. : Высшая школа, 2001. 680 с.
22. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств. Под ред. И.А. Рогова, С.С. Панченко. М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1983. 384 с.
23. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Учебник для вузов, СПб.; ГИОРД, 2003. 352с.
24. Гребенюк С.М., Михеева Н.С. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам М. : Агропромиздат, 1987. 304 с.
25. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн. Часть 2 Массообменные процессы и аппараты. М. : Химия, 1995. 368 с.
26. Даурский А.Н., Мачихин Ю.А., Хамитов Р.И. Обработка пищевых продуктов резанием. Под ред. Ю.А. Мачихина. М. : Пищевая промышленность, 1994. 216 с.
27. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 2007. 760 с.

Навчальне видання

Бойко Валентин Семенович

Самойчук Кирило Олегович

Тарасенко Віра Григорівна

Верхоланцева Валентина Олександрівна

Паляничка Надія Олександрівна

Михайлов Євген Володимирович

Червоткіна Олександра Олександрівна

**ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ. МЕХАНІЧНІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ
ПРОЦЕСИ**

Підручник для студентів
закладів вищої освіти

Підписано до друку 31.05.2021.

Формат 60x84 / 16. Гарн. Таймс. Папір офсетний.

Умов. друк. арк. 18,12. Зам. № 136

Наклад 100 прим.