

## Кафедра харчових технологій та екології

### СИЛАБУС

#### Процеси і апарати харчових виробництв (ВК5)

<b>Тип дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Мова викладання</b>	українська
<b>Рік навчання та семестр</b>	2 курс, 3, 4 семестр за Освітньо-професійною програмою «Харчові технології та інженерія», 2023-2024 н. р.
<b>Викладач (-і)</b>	Іваненко Костянтин Миколайович, доцент, к. т. н.
<b>Профайл викладача (-ів)</b>	<a href="http://ht.stu.cn.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=8&amp;Itemid=5">http://ht.stu.cn.ua/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=8&amp;Itemid=5</a>
<b>Контакти викладача</b>	sapr121@ukr.net

#### 2. Анотація курсу.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є принципи і теоретичні положення апаратурно-технологічного оформлення процесів харчової промисловості, оцінки їх техніко-економічних характеристик, опанування сучасних методик розрахунку конкретного виду устаткування.

#### 3. Мета та цілі курсу.

Метою навчальної дисципліни «Процеси і апарати харчових виробництв» є оволодіння методикою розробки процесів та апаратів харчових виробництв, визначенні їх основних параметрів та характеристик.

Завдання, які вирішуються в процесі вивчення дисципліни:

- ознайомлення з основними поняттями, характеристиками, параметрами, класами та сферами застосування процесів та апаратів харчових виробництв.
- вивчення особливостей побудови та функціонування процесів та апаратів сучасних харчових виробництв.

Під час вивчення дисципліни ЗВО має набути або розширити наступні загальні (ЗК) фахові (ФК) компетентності, передбачені освітньою програмою:

ЗК 6. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ФК 2. Здатність управляти технологічними процесами з використанням технічного, інформаційного та програмного забезпечення.

ФК 7. Здатність обирати та експлуатувати технологічне обладнання, складати апаратурно-технологічні схеми виробництва харчових продуктів.

#### 3. Результати навчання

Під час вивчення дисципліни ЗВО має досягти або вдосконалити наступні програмні результати навчання (ПРН), передбачені освітньою програмою:

ПРН 3. Уміти застосовувати інформаційні та комунікаційні технології для інформаційного забезпечення професійної діяльності та проведення досліджень прикладного характеру.

ПРН 4. Проводити пошук та обробку науково-технічної інформації з різних джерел та застосовувати її для вирішення конкретних технічних і технологічних завдань.

#### 4. Обсяг курсу – 8 кредитів ECTS (240 годин)

<b>Вид заняття</b>	<b>Загальна кількість годин</b>
Лекції	36
Лабораторні заняття	24
Самостійна робота	180

Форма проведення занять – лекційні, лабораторні заняття (дослідження принципів роботи апаратів), самостійна робота – з використанням системи дистанційного навчання, літератури, відеоматеріалів.

**5. Пререквізити** – необхідні обов'язкові попередні модулі (навчальні дисципліни): “Вища математика”, “Хімія в харчових технологіях”.

## **7. Тематика курсу.**

### **Змістовий модуль 1. Основні положення та наукові основи курсу**

**Тема 1.** Вступ. Основні властивості харчових продуктів, сировини. Основні положення та наукові основи курсу. Загальна характеристика харчових виробництв і харчових продуктів.

Особливості фізичних характеристик харчових продуктів і матеріалів. Фізико-хімічні, теплофізичні, діелектричні та структурно-механічні (реологічні) властивості продуктів, одиниці їх вимірювання та розмірності.

Основні закони, принципи аналізу і розрахунку процесів і апаратів - закони збереження маси і енергії, закони рівноваги, переносу і принцип оптимізації проведення процесу.

Основні вимоги до апаратів: технологічні, експлуатаційні, конструктивні тощо. Матеріали для виготовлення апаратів.

Методи дослідження та аналізу процесів. Фізичне та математичне моделювання. Основи теорії подібності, теореми подібності та їх застосування для дослідження й розрахунку процесів і апаратів. Основні критерії подібності. Метод аналізу розмірностей.

### **Змістовий модуль 2. Основи гідравліки**

**Тема 2.** Основи гідростатики. Основні поняття та визначення. Ідеальні і реальні рідини та їх фізичні властивості. Диференційні рівняння рівноваги Ейлера. Основне рівняння гідростатики та його практичне застосування. Тиск рідин на дно та стінки посудин. Гідростатичний парадокс.

**Тема 3.** Основи гідродинаміки.

Основні характеристики потоку та руху рідин. Режими течії в'язкої рідини. Закони розподілення швидкостей по живому перерізу потоку. Рівняння нерозривності потоку. Рівняння Бернуллі для ідеальної та реальної рідин та їх практичне застосування. Загальне поняття про втрати напору (на тертя та місцеві опори).. Основні критерії гідромеханічної подібності. Гідравлічні опори. Розрахунок трубопроводів. Закономірності витікання рідин крізь отвори, насадки та їх практичні застосування

**Тема 4.** Гідравлічні машини.

Поняття про насосні установки. Будова та принцип дії поршневих, відцентрових, роторних, мембранних, гвинтових і струменевих насосів. Основні параметри насосів різних типів у харчових виробництвах. Компресорні машини.

### **Змістовий модуль 3. Гідромеханічні процеси**

**Тема 5.** Характеристика дисперсних систем та отримання їх шляхом перемішування, диспергування, піноутворення та псевдозрідження

Однорідні та неоднорідні (гетерогенні) рідинні системи в харчових виробництвах. Види дисперсних систем: емульсії, суспензії, піни, аерозолі. Поняття дисперсності. Методи характеристики дисперсності.

Суть і використання процесу перемішування в харчових виробництвах. Основні цілі, що досягаються перемішуванням. Перемішування рідких, сипких і пластичних мас. Критерії подібності процесу перемішування. Оцінка ефективності перемішування.

Будова мішалок і апаратів для перемішування. Ефективність змішування, розподіл ключового компоненту. Класифікація та принципова будова змішувачів.

Визначення і суть процесу диспергування. Суть процесу емульгування, принципова будова різних типів емульгаторів, елементи розрахунку. Гомогенізація: суть процесу, принципова будова гомогенізаторів, елементи розрахунку. Розпорошення рідин: суть процесу, види розпорошення. Принцип дії пристроїв для розпорошування рідин.

Суть процесів піноутворення та збивання. Показники піни. Застосування ПАР (поверхнево-активні речовини). Апаратурне оформлення процесів піноутворення та збивання.

Суть процесу псевдозрідження, галузі його застосування. Критичні швидкості та число псевдозрідження. Апарати з псевдозрідженим шаром. Пневмотранспорт. Основні напрямки вдосконалення отримання неоднорідних систем.

**Тема 6.** Поділ неоднорідних систем. Осадження. Центрифугування

Закономірності процесу осадження частинок дисперсної фази під дією сили тяжіння. Швидкість осадження. Вільний і стиснений рух частинок. Інтенсифікація процесу осадження. Будова і розрахунок відстійників. Флотація - визначення, суть процесу.

Суть процесу поділу неоднорідних систем у полі відцентрових сил. Фактор поділу. Центрифуги відстійні. Сепаратори. Гідроциклони.

**Тема 7.** Поділ неоднорідних систем. Фільтрування

Суть і класифікація методів фільтрування. Рушійна сила та швидкість процесу. Опір фільтруючого матеріалу та осаду. Обладнання для фільтрування, будова та розрахунок.

**Тема 8.** Мембранні методи поділу рідинних систем. Поділ газових систем.

Мембранні методи поділу рідинних систем. Теоретичні основи процесів зворотного осмосу та ультрафільтрації. Селективність і проникність мембран. Схеми мембранних апаратів і пристроїв, галузь і перспективи їх застосування. Основні напрями поділу неоднорідних систем.

Суть та призначення процесу поділу газових систем. Способи очищення газових систем.

**Змістовий модуль 4. Механічні процеси**

**Тема 9.** Подрібнення. Різання

Суть і призначення процесу подрібнення. Класифікація методів подрібнення.

Основи теорії подрібнення. Основні типи та принципи роботи апаратів для подрібнення.

Суть, теорія різання, ковзаюче і таке, що рубить. Різальні інструменти. Основні типи пристроїв для нарізування.

**Тема 10.** Пресування

Призначення та механізм процесу віджимання. Формування, штампування, брикетування. Вплив різних факторів на процес пресування. Коефіцієнти пористості, ущільнення та пресування. Обладнання для проведення процесу пресування.

**Тема 11.** Поділ сипких матеріалів.

Сортування, призначення та галузь застосування процесу. Класифікація методів сортування: за розмірами, формою, щільністю, магнітними та електричними властивостями продуктів. Просіювання, поняття проходження та сходження, ситовий аналіз. Апарати для просіювання. Принцип дії та характеристики сепараторів. Основні напрями вдосконалення механічних процесів.

**Змістовий модуль 5. Теплові процеси**

**Тема 12.** Основні закономірності теплообміну в харчовій апаратурі. Задачі та способи теплової обробки харчових продуктів і матеріалів. Рушійна сила теплових процесів. Процеси нагрівання та охолодження. Теплоносії. Види теплообміну. Рівняння передачі теплоти в процесі конвекції, теплопровідності та теплового випромінення. Рівняння теплопередачі. Основні критерії теплової подібності. Критеріальні рівняння та аналіз процесів під час вільного конвективного теплообміну, вимушеної конвекції за умови ламінарного та турбулентного рухів.

**Тема 13.** Електрофізичні методи обробки харчових продуктів.

Сутність електрофізичних методів обробки харчових продуктів: нагрівання ІЧ-випромінюванням, вплив ВЧ та НВЧ полів, комбіновані методи.

**Тема 14.** Теплообмінні апарати для нагрівання та охолодження.

Класифікація теплообмінників. Будова та принцип дії поверхневих теплообмінників. Основи розрахунку теплообмінної апаратури. Визначення поверхні нагріву, коефіцієнту теплопередачі, середньої різниці температур. Гідравлічний і механічний розрахунки теплообмінників. Напрямки удосконалення теплообмінних апаратів.

**Тема 15.** Теплові процеси зі зміненням агрегатного стану.

Теплові процеси зі зміненням агрегатного стану. Рівняння передачі теплоти при конденсації пари, кипінні рідини, при заморожуванні. Фізичні основи плавлення та твердіння.

Конденсація. Методи конденсації пари та газів. Матеріальний і тепловий баланси конденсації. Поверхневі конденсатори змішування. Принципова будова та основи розрахунку.

#### **Тема 16. Випарювання.**

Фізична суть процесів кипіння та випаровування. Випарювання. Застосування процесів випарювання в харчових виробництвах. Фізична суть і апаратне оформлення процесу випарювання. Випарювання під вакуумом. Матеріальний і тепловий баланси випарювання. Багатокорпусні випарювальні установки, принципова будова основних типів випарювальних апаратів.

#### **Тема 17. Процеси охолодження, заморожування, розморожування**

Заморожування. Призначення та закономірності процесів охолодження та заморожування. Теплообмін при охолодженні та заморожуванні, способи його здійснення. Розрахунок процесів охолодження. Матеріальний та тепловий баланси. Типи та будова апаратів для охолодження та заморожування, фрізери, морозильні та скороморозильні апарати.

Розморожування. Суть, теорія процесу. Будова апаратів для розморожування продуктів.

#### **Тема 18. Специфічні теплові процеси. Варення.**

Суть і призначення процесу варення. Класифікація способів варки. Теплообмінні процеси при різних способах варки. Теплофізичні закономірності процесу варки. Зовнішній теплообмін при різних видах варки. Основні типи апаратів для варки періодичної та безперервної дії та елементи їх розрахунку.

#### **Тема 19. Специфічні теплові процеси. Смаження.**

Класифікація та фізична суть прийомів смаження. Визначення теплового навантаження та коефіцієнту тепловіддачі в процесах смаження. Апарати для смаження безперервної та періодичної дії. Класифікація, конструктивна будова та елементи розрахунку. Комбіновані способи теплової обробки (тушіння, запікання та ін.).

#### **Тема 20. Специфічні теплові процеси. Пастеризування. Стерилізування.**

Визначення, суть та теоретичні основи процесу пастеризування. Закон Пастера. Режими теплової пастеризації. Апаратне оформлення процесу пастеризації. Нетеплові способи пастеризації.

Визначення, суть процесу стерилізування. Теплова стерилізація. Основні параметри, які характеризують процес: температура, час, тиск. Ефективність стерилізації. Стерилізація продуктів у тарі та потоці. Безпосереднє нагрівання продукту парою. Стерилізатори періодичної та безперервної дії. Тепловий баланс.

**Тема 21.** Інтенсифікація теплових процесів. Регенерація теплоти. Інтенсифікація теплових процесів. Основні напрями удосконалення теплових процесів. Методи підвищення коефіцієнту теплопередачі і середньої різниці температур, регенерація (рекуперація) теплоти в теплообмінних апаратах. Суть процесу та його значення для економії теплової енергії. Способи регенерації та принципові схеми регенераторів.

#### **Змістовий модуль 6. Масообмінні процеси**

#### **Тема 22.** Основні закономірності масоперенесення.

Класифікація процесів масообміну. Масопередача та масовіддача. Суть процесу дифузії. Молекулярна та турбулентна дифузії. Подібність теплових та масообмінних процесів. Основні теорії та механізм процесів масопереносу. Дифузійні критерії подібності та критеріальні рівняння масообміну. Термодифузія.

#### **Тема 23.** Сорбційні процеси.

Характеристика та фізичні основи процесу абсорбції. Галузь застосування абсорбції в харчових виробництвах. Закон Генрі. Рушійна сила процесу абсорбції. Апаратне оформлення процесу.

Адсорбція. Фізична суть процесу адсорбції. Види адсорбції. Стисла характеристика адсорбентів, які застосовуються в харчових виробництвах. Матеріальний баланс процесу адсорбції. Апаратне оформлення процесу. Десорбція та хемосорбція.

**Тема 24.** Теоретичні основи процесу сушіння.

Загальна характеристика процесу сушіння, його значення мета. та фізична суть. Способи зневоднення. Властивості вологих матеріалів. Види зв'язку вологи з матеріалом. Рівноважна вологість матеріалу.

Діаграма вологого повітря та побудова в ній процесів сушіння. Матеріальний та тепловий баланси сушіння. Основні апарати для сушіння та принцип їх дії.

**Тема 25.** Спеціальні та перспективні методи сушіння.

Вологопровідність та термовологопровідність. Кінетика сушіння та рівняння швидкості сушіння. Спеціальні методи сушіння.

**Тема 26.** Екстрагування в системі рідина-рідина, рідина-тверде тіло.

Процеси екстракції в харчовій промисловості. Фізична суть процесу екстракції. Механізм екстракції в системі «тверде тіло – рідина». Внутрішня та зовнішня дифузії та їх вплив на масоперенос. Вплив термодифузії на процес екстракції. Матеріальний баланс екстракції. Апарати для проведення процесу екстракції.

Механізм процесу екстрагування в системі рідина-рідина та використання в харчовій промисловості. Способи і апарати для проведення процесу екстрагування в системі рідина-рідина.

**Тема 27.** Перегонка та ректифікація.

Фізична суть процесів перегонки та ректифікації. Бінарні та багатокомпонентні суміші. Види перегонки. Основні закони перегонки. Апарати для проведення процесів дистиляції та ректифікації, галузь їх застосування в харчових виробництвах.

**Тема 28.** Кристалізація та розчинення.

Сутність процесу кристалізації, галузь застосування. Механізм та кінетика процесу. Матеріальний баланс процесу. Способи кристалізації та кристалізатори.

Фізична суть та призначення процесів розчинення та набухання в харчових виробництвах. Розчинення газів в рідинах, взаємна розчиненість рідин. Вплив температури на розчиненість. Процеси набухання харчових продуктів.

**Теми лабораторних занять.**

Лабораторна робота №1. Основи гідростатики та гідродинаміки. Практичні розрахунки в харчових виробництвах

Лабораторна робота №2. Гідромеханічні процеси. Дослідження процесу взаємодії шару зернистого матеріалу з потоком газу

Лабораторна робота №3. Гідромеханічні процеси. Поділ неоднорідних систем. Осадження. Центрифугування

Лабораторна робота №4. Гідромеханічні процеси. Поділ неоднорідних систем. Фільтрування. Мембранні методи поділу рідинних систем

Лабораторна робота №5. Механічні процеси. Змішування та поділ сипких матеріалів. Сортування

Лабораторна робота №6. Теплові процеси. Основні закономірності теплообміну в харчовій апаратурі

Лабораторна робота №7. Масообмінні процеси. Теоретичні основи процесу сушіння

Лабораторна робота №8. Масообмінні процеси. Екстрагування в системі рідина-тверде тіло

**Тематика самостійної роботи.**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Загальні теоретичні основи	30
2	Гідродинамічні процеси та апарати	30
3	Теплові процеси та апарати	30
4	Масообмінні процеси та апарати	30
5	Механічні процеси	30
6	Сучасні тенденції розвитку процесів та апаратів харчової промисловості	30
Разом		180

### 8. Система оцінювання та вимоги

Загальна система оцінювання курсу	Оцінювання знань ЗВО здійснюється відповідно до Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти в Національному університеті «Чернігівська політехніка». ЗВО може набрати до 75% підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру і до 25% підсумкової оцінки – на екзамені.
Лабораторні заняття	Підготовленість до виконання ЛР (0,5 б×8 ЛР=4 б) Самостійність та своєчасність виконання лабораторних робіт (1 б×8 ЛР=8 б) Оформлення звіту з виконання ЛР відповідно до вимог та захист ЛР перед викладачем (4 б×8 ЛР=32 б) Усне/письмове експрес-опитування під час ЛР (1 б×8 ЛР=8 б)
Модулі	Відповіді на тестові питання в системі MOODLE (3 семестр) – 2 модулі по 11 б і 12 б відповідно. Всього за модулі 75 балів.
Умови допуску до підсумкового контролю	Умовою допуску до екзамену є виконання всіх видів навчальної роботи передбачених даною робочою програмою – захист усіх лабораторних робіт, які виконувались у поточному семестрі, оформлення звіту з виконання лабораторних робіт відповідно до стандартів, проходження модульних контролів (3 семестр).
Підсумковий контроль	Підсумковий контроль (екзамен) оцінюється максимум в 25 бали. В залежності від виду роботи (офлайн або онлайн). В дистанційній формі в системі MOODLE – відповіді на тестові запитання, або в аудиторній формі за екзаменаційними білетами.
Загальна оцінка	A = 90-100 балів, B = 85-89 балів, C = 75-84 балів, D = 70-74 балів, E = 60-69 балів, FX – 0-59 балів

### Шкала оцінювання результатів навчання

Оцінка в балах	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою (диференційований залік)
----------------	-------------	--

		для екзамену (диференційованого заліку), курсового проєкту (роботи), практики, атестації	для заліку
90 – 100	<b>A</b> (відмінно)	відмінно	зараховано
82-89	<b>B</b> (дуже добре)	добре	
75-81	<b>C</b> (добре)		
66-74	<b>D</b> (задовільно)	задовільно	
60-65	<b>E</b> (достатньо)		
0-59	<b>FX</b> (незадовільно)	незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання

## 9. Політика курсу

До заліку або іспиту допускається здобувач вищої освіти, який виконав усі передбачені види робіт (лабораторні завдання, розрахункову роботу, перевірочні поточні контрольні роботи) і набрав не менше 25 балів за семестр за усі види робіт.

*Політика відпрацювання.* Лабораторні заняття, які здобувач пропустив, відпрацьовуються шляхом виконання індивідуальних завдань, які видає викладач здобувачу за темою пропущеного заняття.

*Політика перезарахування.* Курс «Процеси і апарати харчових виробництв» може бути перезарахований, якщо здобувач вивчав цей курс (або подібний курс, що формує передбачені курсом «Процеси і апарати харчових виробництв» програмні результати навчання) в іншому навчальному закладі. Також можуть бути перезараховані окремі лабораторні роботи або теми курсу, якщо здобувач отримав відповідні компетентності шляхом інформальної/неформальної освіти. Перезарахування відбувається відповідно до «Порядку визначення академічної різниці та перезарахування навчальних дисциплін в НУ Чернігівська політехніка».

*Політика академічної доброчесності.* Списування звітів лабораторних робіт, контрольних робіт, списування під час заліку або іспиту не допускається. У разі списування здобувач не отримує бали за списану лабораторну роботу або контрольну роботу, залік, іспит і, як наслідок, відбувається повторне проходження оцінювання (лабораторна робота, екзамен тощо) відповідно до Кодексу академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка».

## 10. Рекомендована література

1. Черевко О.І. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник / 2-е видання, доп. та випр. — Х.: Світ Книг, 2014. — 495 с.
2. Процеси і апарати харчових виробництв. Підручник / під ред. І. Ф. Малежика .- К.: НУХТ, 2021. - 419 с.
3. Процеси і апарати харчових виробництв. Приклади і задачі: Навч. посібник /Під ред. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2015. – 386 с.
4. Процеси і апарати харчових виробництв. Курсове проєктування: Навч. посібник /за ред. І.Ф. Малежика. – К.: НУХТ, 2012. – 543 с.
5. George D. Saravacos, Athanasios E. Kostaropoulos. Handbook of Food Processing Equipment. Springer, Boston, Springer; 2nd ed., 2016. 787 p.