

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Вченої ради  
інженерно-хімічного факультету  
\_\_\_\_\_ Є.М. Панов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 р.

**ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ**

**третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобуття наукового ступеня доктор філософії**

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ 13 –МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 131 – ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА**

Ухвалено Вченою радою інженерно-хімічного факультету  
(протокол № 2 від 27 березня 2017 р.)

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2017

### **Загальні положення**

Технологічні процеси. Основи теорії переносу: перенос імпульсу, енергії, маси. Основне рівняння кінетики процесів. Поняття про швидкість процесу, рушійну силу процесу та його опір. Класифікація основних технологічних процесів. Періодичні (циклічні) та безперервні процеси. Загальні принципи інженерно-технічних розрахунків параметрів і характеристик апаратів і машин: статика процесів (закони рівноваги), матеріальний та енергетичний баланси, кінетичні параметри, розміри апаратів.

Сучасні методи аналізу та моделювання технологічних процесів. Фізичне моделювання. Поняття про подібність фізичних явищ. Умови однозначності. Аналіз диференціальних рівнянь методами теорії подібності. Числа (критерії) подібності. Узагальнення експериментальних даних із застосуванням рівнянь подібності; межі застосування рівнянь. Метод аналізу розмірностей. Основи планування експериментів.

Математичне моделювання. Зв'язок математичного та фізичного моделювання. Аналітичне та числове розв'язання рівнянь, що описують процеси. Моделі процесів за відсутності повного математичного опису, моделі із зосередженими і поширеними параметрами.

Техніко-економічні оцінки ефективності технологічних процесів. Оптимізація процесів. Критерії оптимальності процесів.

### **Гідромеханічні процеси**

Класифікація та характеристика неоднорідних систем. Класифікація гідромеханічних процесів. Матеріальний баланс гідромеханічних процесів.

### **Основи гідродинаміки**

Основні характеристики потоків рідин. Режими течії. Рівняння нерозривності (суцільності) потоку рідини. Рівняння Нав'є-Стокса. Ньютонівські й неньютонівські рідини. Точні розв'язки рівнянь руху рідин. Аналіз рівняння Нав'є-Стокса методами теорії подібності. Узагальнені (критеріальні) рівняння гідродинаміки.

### **Фільтрування**

Фізична сутність процесу фільтрування та його застосування. Фільтрування під дією перепаду тисків. Рушійна сила, опір і швидкість процесу. Основне кінетичне рівняння фільтрування. Режими постійного перепаду тиску та постійної швидкості фільтрування. Фільтрувальна апаратура. Фільтри для пилу. Фільтри періодичної та безперервної дії для суспензій. Схема розрахунків параметрів і характеристик фільтрувальних апаратів.

### **Перемішування у рідкому середовищі**

Фізична сутність процесу перемішування та його застосування. Інтенсивність та ефективність процесів перемішування. Типи перемішувальних пристроїв. Перемішування неньютонівських рідин. Критеріальна залежність для визначення потужності механічних перемішувальних пристроїв за модифікованими числами подібності (критеріями) Ейлера і Рейнольдса. Схема розрахунку параметрів і характеристик перемішувальних пристроїв.

### **Механічні процеси**

Фізична сутність процесів подрібнення твердих матеріалів. Методи подрібнення (теорії Ребіндера, Кіка-Кирпичова, Рітінгера, Журкова та ін). Схеми установок для подрібнення твердих тіл. Схеми розрахунку параметрів і характеристик дробарок.

### **Теплові процеси.**

Роль теплових процесів. Тепловий баланс. Промислові теплоносії.

Види теплових процесів, їх особливості. Основні параметри і характеристики у процесах теплопередачі. Рушійна сила теплових процесів.

Теплопровідність. Закон Фур'є-Біо. Температурний градієнт. Коефіцієнти теплопровідності. Диференціальне рівняння теплопровідності Фур'є-Кірхгофа. Формули для розра-

хунків теплопередачі через плоскі та циліндричні стінки за стаціонарного теплового режиму. Термічні опори. Методика рішень задач у випадках нестаціонарних теплових режимів.

Конвективний теплообмін. Види руху рідин та газів (вільна та вимушена конвекція). Режими руху рідин і газів (ламінальний, турбулентний). Закон Ньютона–Ріхмана. Диференціальні рівняння конвективного теплообміну. Коефіцієнти тепловіддачі та теплопередачі, методика визначення і розрахунків коефіцієнтів. Рівняння подібності (критеріальні рівняння) для процесів конвективного теплообміну, методика їх інженерного застосування.

Теплообмін випромінюванням: фізичні особливості процесу. Основні закони випромінювання (Планка, Стефана–Больцмана, Кірхгофа). Складні (радіаційно-конвективні) процеси теплообміну, їх особливості. Коефіцієнти тепловіддачі при випромінюванні.

### **Нагрівання, охолодження**

Значення нагрівання, охолодження при здійсненні технологічних процесів. Границі застосовуваних температур, вибір відповідного теплоносія і охолоджуючого агента. Класифікація теплообмінної апаратури. Теплообмінна апаратура. Кожухотрубні теплообмінники, одно- і багатоходові. Інші типи теплообмінників. Схема розрахунків основних параметрів і характеристик теплообмінної апаратури. Обчислення середньої різниці температур для прямої течії, протитечії.

### **Сушіння**

Фізична сутність процесу сушіння та його застосування. Способи теплового сушіння. Рівноважна вологість і зв'язок вологи з висушуваними матеріалами. Властивості вологого повітря. Побудова « $I-d$ »-діаграми для вологого повітря, методика практичного використання діаграми. Матеріальний і тепловий баланси сушіння. Зображення процесів сушіння на « $I-d$ »-діаграмі вологого повітря. Принципові схеми процесів сушіння та розрахунки із використанням « $I-d$ »-діаграми. Основні типи промислових сушарок. Схема розрахунку параметрів і технічних характеристик сушарок.

### **Машини і технології пакування**

Типові конструктивні схеми пристроїв для барометричного фасування рідких продуктів. Принципи та використання методів дозування рідких продуктів за рушійною силою. Гідравлічні схеми заповнення тари рідкою продукцією. Типові конструктивні схеми пристроїв для дозування сипких продуктів без рухомих робочих органів, з обертовим робочим органом, з поступальним та коливальним рухом робочих органів. Типові конструктивні схеми пристроїв для фасування рідких продуктів барометричним, надбарометричним та вакуумним способами. Фізичні властивості в'язких продуктів. Типові конструктивні схеми пристроїв для їх дозування. Фізичні властивості пластичних продуктів. Типові конструктивні схеми пристроїв для їх дозування. Критерії оцінки похибки дозування. Класифікація і типові конструктивні схеми машин для пакування штучних виробів. Узагальнена структура та схема пристрою для пакування продукції в м'яке пакування. Види зварювання полімерних пакувань. Класифікація та типові конструктивні схеми пристроїв подачі рулонних пакувальних матеріалів. Схеми механізмів, що забезпечують рух рулонних матеріалів. Схеми та принцип дії пакувальних машин вертикального типу, створюючих плоский пакет.

### **Сучасні методи розрахунків обладнання**

Класифікація існуючих числових методів дослідження напружено-деформованого стану машин і обладнання, що знаходяться під дією складних статичних, циклічних та температурних навантажень.

### **Конструкції та принцип роботи машин та обладнання**

Класифікація умов роботи машин та обладнання. Силове статичне навантаження. Циклічні навантаження періодичної дії. Температурні навантаження. Граничні умови. Схеми руйнування машин та обладнання.

## **Основні співвідношення механіки деформованого твердого тіла**

Геометричні співвідношення. Фізичні співвідношення. Співвідношення рівноваги. Граничні умови. Механіка руйнування. Умови накопичення дефектів в елементах машин та обладнання.

## **Класифікація та аналіз гіпотез теорій оболонок**

Вибір системи гіпотез, що дозволяють моделювати неоднорідний розподіл деформацій поперечного зсуву для можливості побудови математичної моделі руйнування багат шарових композитних елементів обладнання хімічних виробництв. Математична модель розрахунку міцності елементів обладнання на основі безмоментної теорії пластин та оболонок. Математична модель розрахунку міцності елементів машин та обладнання на основі моментної теорії оболонок.

## **Основи числових методів розрахунків обладнання**

Основи варіаційного підходу до вирішення задач визначення деформованого стану конструкцій. Функціонали та їх властивості. Варіація функціоналу. Варіаційний принцип Лагранжа. Основні положення методу Ритца та методу Бубнова-Гальоркіна. Метод скінчених елементів. Основні поняття про дискретну модель. Класифікація видів скінчених елементів. Поняття про апроксимуючі функції. Матриця жорсткості скінченого елемента. Загальна процедура виводу вираження для отримання коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Фізичний зміст коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента. Поняття про глобальну нумерацію вузлів конструкції, вузлове навантаження. Граничні умови. Процедура побудови загальної матриці жорсткості конструкції. Глобальна система рівнянь рівноваги. Прямі та ітераційні методи вирішення систем лінійних рівнянь. Основні положення про фізично нелінійне деформування матеріалу. Лінеаризація нелінійних рівнянь механіки. Методи вирішення нелінійних рівнянь. Аналіз сучасних алгоритмів динамічного розрахунку конструкцій. Алгоритми розрахунку конструкцій при примусових коливаннях. Ефект резонансу.

## **Основи механіки суцільних середовищ (МСС)**

Гіпотези МСС і їх роль при розробці математичних моделей. Задачі механіки суцільного середовища. Поняття континууму. Лагранжеві та Ейлереві координати для опису руху тіл, матеріальна або субстанціональна похідна за часом. Координатні системи. Поняття вектора. Представлення векторів в прямокутних і косокутних прямолінійних координатах. Основний і взаємний векторні базиси. Німий, вільний, коваріантний і контраваріантний індекси. Визначення тензора. Представлення тензорів через вектори основного і взаємного базисів, векторний супровід. Унарні дії над тензором: транспонування, скалярна згортка, векторна згортка, слід тензора. Бінарні операції з тензорами: сума тензорів, скалярний добуток, подвійний скалярний добуток, векторний добуток, тензорний добуток. Диференціювання тензорів. Оператор Гамільтона. Оператори градієнта, дивергенції і ротора, їх фізичний та математичний зміст. Приклади застосування цих операторів в рівняннях МСС. Криволінійні координати. Диференціювання тензорів в криволінійних координатах. Фізичні закони для твердих тіл. Представлення фізичних рівнянь стану в тензорній формі. Співвідношення між напруженням і швидкістю деформації для рідин і газів. Закон Нав'є-Стокса. Девіаторні та середні напруження в рідині. Закон збереження маси. Вивід рівняння нерозривності. Інваріантна форма рівняння збереження маси. Рівняння руху. Форми запису диференціального рівняння руху. Рівняння рівноваги і тензори напружень в Лагранжевих змінних. Тензори Піоли та Коші-Ейлера. Зв'язок між тензором напруження і вектором напруження. Нормальне зусилля і напруження на поверхні. Дотичне напруження на поверхні. Принцип Даламбера. Закон збереження кількості руху (імпульсу). Закон збереження механічної енергії. Закон збереження повної енергії. Основна система диференціальних рівнянь МСС. Основні рівняння МСС для рідин та газів.

## Критерії оцінювання фахового вступного випробування

Випробування проводять лише за затвердженим комплектом контрольних завдань (екзаменаційних білетів). Кількість варіантів контрольних завдань (білетів) має забезпечити самостійність виконання завдання кожним студентом.

Відмова студента від написання экзаменаційної роботи за экзаменаційним білетом атестується як незадовільна відповідь.

Під час вступного випробування студентам дозволяється користуватися ручкою та листами вступного випробування. При виявленні факту використання студентом недозволених матеріалів экзаменаційна комісія має право припинити випробування студента і виставити йому незадовільну оцінку.

Контрольні роботи студентів оцінюють за 100-бальною шкалою.

Повна, правильна та обґрунтована відповідь на питання экзаменаційного білету оцінюється:

- перше питання – 35 балів;
- друге питання – 35 балів;
- третє питання – 30 балів.

**Підставами для зниження рейтингу є:**

Рівень відповіді	Кількість балів, що віднімаються від максимальної кількості балів	
	питання 1 і 2	питання 3
неправильна або неповна відповідь на питання экзаменаційного білету	1 – 15	1 – 11
неточності при аналізі рівнянь, формулюваннях термінів, правил, законів	1 – 10	1 – 8
відсутність обґрунтування наведених висновків	1 – 8	1 – 7
недостатня здатність студента до узагальнення та аналізу фактів, інтерпретування процесів	1 – 6	1 – 5
нечітко, недостатньо логічне, непослідовне викладення матеріалу тощо	1 – 4	1 – 4

У разі повної відсутності письмової відповіді на питання экзаменаційного білету абітурієнт отримує 0(нуль) балів за дане питання.

Відповідність сумарної кількості набраних студентом балів (значення рейтингу) оцінкам за шкалою ECTS ( $R_D$ ) і традиційним экзаменаційним оцінкам наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Відповідність кількості балів оцінкам за шкалою ECTS ( $R_D$ ) і традиційним экзаменаційним оцінкам

Сума балів, $R_D$	Оцінка ECTS та її визначення	Традиційна оцінка
95 ... 100	A – Відмінно	Відмінно
85 ... 94	B – Дуже добре	Добре
75 ... 84	C – Добре	
65 ... 74	D – Задовільно	Задовільно
60 ... 64	E – Достатньо (задовольняє мінімальним критеріям)	
0 ... 59	Fx – Незадовільно	Незадовільно

При цьому підсумкові традиційні оцінки мають відповідати таким узагальненим критеріям:

– **ВІДМІННО** – студент демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, відсутність помилок в тексті відповідей, правильні відповіді на не менше ніж два додаткових питання.

– **ДОБРЕ** – студент допускає несуттєві неточності в тексті відповідей та додаткових питаннях, має труднощі в трансформації умінь у нових умовах.

– **ЗАДОВІЛЬНО** – студент засвоїв основний теоретичний матеріал, але допускає неточності в тексті відповідей та додаткових питаннях, що не є перешкодою до подальшого навчання. Уміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань.

– **НЕЗАДОВІЛЬНО** – студент не засвоїв окремих розділів, невірні відповіді на додаткові питання, не здатен застосувати знання на практиці, що робить неможливим його подальше навчання.

## ЛІТЕРАТУРА

### *Основна література*

1. Процеси та обладнання хімічної технології : підручник ; в 2-х т. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок [та ін.] — К. : НТУУ «КПІ», 2011. — 716 с.
2. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології: підручник / І. О. Мікульонок. — К. : НТУУ «КПІ», 2013. — 338 с.
3. Коваленко І. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. — К. : Інрес, Воля, 2006. — 262 с.
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. — М. : Химия, 1973. — 754 с.
5. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. — М. : Химия, 1987. — 496 с.
6. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. Ч. 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. — М. : Химия, 1992. — 416 с.
7. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. — М. : Химия, 1992. — 384 с.
8. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. / Н. И. Гельперин. — М. : Химия, 1981. — 812 с.
9. Гавва О.М., Беспалько А.П. Пакувальне обладнання. - К.: Упаковка, 2008.
10. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 1. — М.: Наука, 1983. — 528 с.
11. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. — М.: Мир, 1975. — 541 с.
12. Метод конечных элементов в механике твердых тел. / Под общ. ред. А.С. Сахарова и И.Альтенбаха — К.: Вища школа, 1982. — 480 с.

### *Допоміжна література*

1. Лазинский А. А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры: справочник / А. А. Лазинский, А. Р. Толчинский. — Л. : Машиностроение, 1970. — 752 с.
2. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. — М. : Химия, 1987. — 576 с.
3. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк, М. И. Курочкина. — СПб. : Химия, 1993. — 496 с.
4. Сапожников М. Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников. — М. : Высш. шк., 1971. — 382 с.
5. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. — М. : Химия, 1977. — 368 с.

6. Жужиков В. А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В. А. Жужиков. — М.: Химия, 1980. — 398 с
7. Васильцов Э. А. Аппараты для перемешивания жидких сред : справ. пособие / Э. А. Васильцов, В. Г. Ушаков. — Л.: Машиностроение, 1979. — 271 с.
8. Домашнев А. Д. Конструирование и расчёт химических аппаратов / А. Д. Домашнев. — М. : Машиностроение, 1961. — 624 с.
9. Бахвалов Н. С., Жидков Н. П. Численные методы.- М.: Наука, 1987.- 600 с.
10. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, Н. М. Михеева. — М. : Энергия, 1977. — 342 с.
11. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — М. : Энергия, 1981. — 417 с.
12. Константинов С. М. Теоретичні основи теплотехніки / С. М. Константинов, Є. М. Панов. — К. : Золоті ворота, 2012. — 592 с.
13. Козулин Н. А. Примеры и задачи по курсу оборудования заводов химической промышленности / Н. А. Козулин, В. Н. Соколов, А. Я. Шапиро. — Л. : Машиностроение, 1966. — 492 с.

Розробники програми:

Сівецький Володимир Іванович, к.т.н., проф., завідувач кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Карвацький Антон Янович, д.т.н., проф., професор кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Гондляр Олександр Володимирович, д.т.н., проф., професор кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Сокольський О.Л. к.т.н., доц. доцент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування \_\_\_\_\_