

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського"  
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Інженерно-хімічного факультету

Протокол № 3 від 25.04.2022 р.

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_Анатолій ЖУЧЕНКО

ПРОГРАМА КОМПЛЕКСНОГО АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

здобувачів вищої освіти

освітнього ступеня «бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг обладнання

виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів»

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Розроблено та рекомендовано кафедрою  
хімічного, полімерного і силікатного  
машинобудування

Протокол № 13 від 13 квітня 2022 р.

Київ – 2022

## ВСТУП

Мета програми комплексного атестаційного екзамену освітньої програми підготовки бакалавра «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» – донести до відомого здобувача комплекс питань, винесених на екзамен, форму його проведення і критерії оцінювання.

Програма комплексного атестаційного екзамену підготовки бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» має таку структуру:

- Вступ;
- Порядок проведення атестаційного екзамену;
- Перелік тем, що виносяться на атестаційний екзамен;
- Приклад типового екзаменаційного білету;
- Список літератури.

Програма комплексного атестаційного екзамену підготовки бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» вміщує навчальний матеріал з дисципліни «Процеси, апарати і машини галузі» за трьома розділами (теплові, механічні і гідромеханічні процеси), а також питання за тематикою індивідуальних завдань з засвоєння базових конструкцій і методів розрахунків обладнання для виготовлення полімерних і будівельних матеріалів і виробів, а також напрямків його вдосконалення які представлені у екзаменаційних білетах. Екзаменаційний білет складається з 2-х теоретичних питань з дисципліни «Процеси, апарати і машини галузі», і 3-го питання згідно індивідуального завдання, яке було темою переддипломної практики.

Розробники програми:

Сокольський Олександр Леонідович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри ХПСМ

Мікульонюк Ігор Олегович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ХПСМ

Шилович Тетяна Борисівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ХПСМ

## ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ

Атестаційний екзамен проводиться на відкритому засіданні державної екзаменаційної комісії (ДЕК) в дистанційному режимі. Випробування є усним екзаменом з послідовним захистом, який включає доповідь здобувача з можливою демонстрацією підготовлених відповідей, а також відповіді на запитання членів ДЕК за темою запитань білета. Члени державної атестаційної комісії інформують здобувачів про порядок проведення випробування, в дистанційному режимі видають вступникам екзаменаційні білети за варіантами. Тривалість підготовки до атестаційного випробування підготовки бакалавра – не більше 2-х академічних годин. По закінченні часу, відведеного на складання випробування, проводиться захист. Оцінка проводиться всіма членами комісії на закритому засіданні згідно РСО. Члени ДЕК приймають спільне рішення щодо оцінки відповіді на кожне питання екзаменаційного білета та відповідей на додаткові запитання. По закінченню засідання оцінки доводяться комісією до здобувачів.

Під час комплексного атестаційного екзамену здобувачам дозволяється користуватися ручкою та текстовим редактором комп'ютера. При виявленні факту використання студентом недозволених матеріалів екзаменаційна комісія має право припинити випробування студента і виставити йому незадовільну оцінку.

Підведення підсумку комплексного атестаційного екзамену здійснюється шляхом занесення балів в екзаменаційну відомість.

Робота екзаменаційної комісії відбувається згідно розкладу, затвердженого Наказом Ректора. У разі технічних перешкод у здобувача освіти екзамен за згодою членів ДЕК може бути перенесено на інший час у межах встановленого розкладу роботи комісії.

Результати комплексного атестаційного екзамену можуть бути оскаржені в порядку, передбаченому для оскарження рішень ДЕК.

## **ПЕРЕЛІК ТЕМ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА АТЕСТАЦІЙНИЙ ЕКЗАМЕН**

До програми комплексного атестаційного екзамену виносяться питання з дисциплін «Процеси, апарати і машини галузі», «Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» та «Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання». Матеріали двох останніх дисциплін виносяться як питання згідно індивідуального завдання з практики.

В дисципліні «Процеси, апарати і машини галузі» вивчається теорія основних процесів, принципи побудови та методи розрахунків машин та апаратів, які використовуються для проведення цих процесів. Аналіз закономірностей проходження основних процесів та розробка узагальнених методів розрахунків апаратів та машин проводиться на основі фундаментальних, законів фізики, хімії (фізичної та органічної), термодинаміки, економіки та інших наук.

Дисципліна будується на знаходженні аналогії зовні різнорідних процесів та апаратів незалежно від галузі хімічної промисловості, в якій вони використовуються. В ньому вивчаються закономірності переходу від лабораторних процесів та апаратів до промислових.

Це інженерна дисципліна, яка є важливим розділом теоретичних основ хімічної технології. В той же час це складова частина комплексу дисциплін, які висвітлюють різні аспекти хімічної технології як науки, і її закономірності можуть бути використані під час розробки найбільш ефективних з техніко-економічної точки зору процесів любых хімічних машин та апаратів.

Розділи і повний перелік навчального матеріалу з дисципліни «Процеси, апарати і машини галузі», які виносяться на атестаційний екзамен підготовки бакалавра «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» наведено нижче.

### **1 Гідромеханічні процеси**

Роль гідромеханічних процесів у хімічній технології. Класифікація, характеристика неоднорідних систем. Базові гідромеханічні процеси. Матеріальний баланс гідромеханічних процесів. Основні критерії подібності гідромеханічних процесів.

#### **1.1 Розділення рідких і газових неоднорідних систем**

Розділення рідких і газових неоднорідних систем: розділення осадженням під дією сили тяжіння. Кінетика осадження під дією сили тяжіння. Визначення поверхні осадження гравітаційних відстійників. Конструкції гравітаційних відстійників. Розділення осадженням під дією інерційних сил. Розділення осадженням під дією відцентрових сил. Осаджувальне центрифугування. Розділення осадженням під дією сил електричного поля.

#### **1.2 Розділення неоднорідних систем фільтруванням**

Основні поняття та методи фільтрування. Диференціальне рівняння фільтрування. Кінетичне рівняння фільтрування крізь шар зернистого матеріалу. Кінетичне рівняння фільтрування. Конструкції фільтрів. Відцентрове фільтрування. Конструкції фільтрувальних центрифуг. Розділення газових неоднорідних систем при контакті їх з рідиною. Інші методи розділення неоднорідних систем.

#### **1.3 Перемішування рідких середовищ**

Загальні положення. Класифікація рідин. Види перемішування. Модифіковані критерії Рейнольдса та Ейлера. Перемішування за допомогою роторних пристроїв: втрати енергії на перемішування; конструкції мішалок.

#### **1.4 Псевдозрідження**

Псевдозрідження твердого зернистого матеріалу; загальні положення; гідродинаміка псевдозрідженого шару; основні параметри.

## 2 Механічні процеси

### 2.1 Дроблення й подрібнення твердих матеріалів

Загальні положення щодо дроблення й подрібнення. Гіпотези дроблення й подрібнення. Подрібнювальні машини, їхня класифікація. Конструкції і принцип дії щокочових дробарок. Основні розрахункові параметри щокочових дробарок. Конструкції і принцип дії конусних і валкових дробарок. Основні розрахункові параметри конусних і валкових дробарок. Конструкції і принцип дії роторних і молоткових дробарок, комбінованих дробарок і бігунів, стрижневих (пальцевих) подрібнювальних машин. Основні розрахункові параметри бігунів. Конструкції і принцип дії, кульо-кільцевих і ролико-кільцевих маятникових млинів, барабанних і вібраційних млинів, відцентрово-кульових і планетарних млинів, ножових млинів, жорен і фарботерок. Струмінні, колоїдні й кавітаційні млини. Вибір подрібнювачів. Дозатори й живильники. Основні розрахункові параметри барабанних і вібраційних млинів.

### 2.2 Грохочення, класифікування та змішування твердих матеріалів

Загальні положення щодо грохочення та класифікування твердих матеріалів. Грохочення. Класифікування. Транспортування сипких матеріалів. Змішування сипких матеріалів. Параметри змішування.

### 2.3 Розділення сумішей твердих сипких матеріалів на компоненти

Розділення сумішей твердих сипких матеріалів. Методи розділення.

## 3 Теплові процеси

Роль теплових процесів в хімічній технології. Тепловий баланс. Промислові теплоносії. Способи організації теплообміну зі зміною агрегатного стану.

### 3.1 Основи теплопередачі

Навести основне рівняння теплопередачі. Рушійна сила теплових процесів. Обчислення середньої різниці температур для прямого, перехресного та змішаного току. Коефіцієнти теплопередачі та тепловіддачі.

Теплопровідність. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності, визначення, розмірність. Виведення диференційного рівняння нестационарної теплопровідності. Тепловий потік, питомий тепловий потік через пласку стінку, лінійний тепловий потік через циліндричну стінку..

Конвективний теплообмін. Виведення диференційного рівняння конвективного теплообміну. Спільне розв'язання рівнянь гідродинаміки та конвективного теплообміну методами теорії подібності. Тепловіддача. Закон Ньютона-Рихмана. Одержання критеріальних рівнянь конвективного теплообміну емпіричними методами. Критерії подібності.. Теплове випромінювання. Закон Стефана-Больцмана. Ступінь чорноти, зведена ступінь чорноти. Складний теплообмін.

Теплообмін при змінах агрегатного стану. Тепловіддача при кипінні, конденсації.

Теплопровідність за нестационарних умов. Критерії Біо, Фур'є. Безрозмірна температура. Розв'язання задач нестационарної теплопровідності за допомогою номограм.

### 3.2 Нагрівання, охолодження, конденсація

Значення нагрівання, охолодження, конденсації при реалізації хіміко-технологічних процесів. Межі застосування температур та вибір відповідного теплоносія або охолоджуючого агента.

Нагрівання водяною парою, димовими газами, проміжними теплоносіями, електричним струмом. Охолодження водою, повітрям, льодом.

Конденсація поверхнева та змішана. Конденсація парогазових сумішей.

Класифікація теплообмінної апаратури. Теплообмінники рекуперативного типу. Теплообмінники кожухотрубчасті одно- та багатоходові, спіральні, ребристі, пластинчасті та ін. Теплообмінна апаратура регенеративного типу. Визначення оптимальних швидкостей теплоносіїв та кінцевих перепадів температур. Алгоритм розрахунку теплообмінної апаратури

рекуперативного та регенеративного типу. Конденсатори змішання, алгоритм їх розрахунку.

### 3.3 Сушіння

Фізична сутність процесу сушіння та його застосування в хімічній технології. Способи теплового сушіння. Рівноважна вологість та форми зв'язку вологи з матеріалом. Властивості вологого газу. Побудова I–X діаграм. Матеріальний та тепловий баланс сушіння. Зображення процесів сушіння на діаграмі вологого повітря. Принципові схеми процесів сушіння та їх розрахунок по I–X діаграмі. Визначення витрати повітря і теплоти. Кінетика процесу сушіння. Періоди постійної і падаючої швидкості сушіння. Масоперенесення в твердій і газовій фазах. Типи конвективних і кондуктивних сушарок та алгоритм їх розрахунку.

### 4 Обладнання для перероблення полімерних матеріалів

Особливості конструктивного оформлення полімерпереробного обладнання, його конструювання та розрахунку, а також базових параметрів полімерних виробів, основні технологічні процеси переробки полімерів у вироби та деталі, особливості підготовки композицій і формування виробів з полімерних матеріалів. Шляхи і основні напрямки вдосконалення полімерпереробного обладнання.

### 5. Обладнання для виготовлення будівельних матеріалів і виробів

Особливості конструктивного оформлення обладнання для виготовлення будівельних матеріалів і виробів, його конструювання та розрахунку, а також базових параметрів будівельних виробів, основні технологічні процеси переробки силікатних матеріалів у вироби, особливості підготовки композицій і формування виробів з силікатних матеріалів. Шляхи і основні напрямки вдосконалення для виготовлення будівельних матеріалів і виробів.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДЕЙ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ

На атестаційному екзамені підготовки бакалавра «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» за змістом завдань у екзаменаційному білеті немає необхідності використання допоміжного матеріалу (довідники, прилади, тощо).

Атестаційний екзамен проводять лише за затвердженим комплектом екзаменаційних білетів. Кількість варіантів білетів має забезпечити самостійність виконання завдання кожним студентом.

Відмова студента від складання екзамену за екзаменаційним білетом атестується як незадовільна відповідь.

Письмові роботи студентів з комплексного атестаційного екзамену оцінюють за системою ECTS (100-бальною шкалою).

Повна, правильна та обґрунтована відповідь на питання екзаменаційного білету, який складається з трьох рівновагових питань за кожним з трьох розділів курсу «Процеси, апарати і машини галузі» (з теплових, механічних, гідромеханічних процесів), оцінюється такою кількістю балів:

- перше питання –  $R_1 = 35$  балів;
- друге питання –  $R_2 = 35$  балів;
- третє питання –  $R_3 = 30$  балів,

де  $R_1, R_2, R_3$  - значення рейтингу за відповідно перше, друге, третє питання екзаменаційного білету комплексного атестаційного екзамену.

Критерії оцінювання комплексного атестаційного екзамену

#### Максимальний ваговий бал за перше та друге питання - 35

- повна відповідь з виведенням формул, схемами, поясненнями, прикладами, розрахунками (не менше 90 % потрібної інформації) - 35...32 балів;

- повна відповідь з неprincipовими неточностями (не менше 80 % потрібної інформації) - 31...28 балів;

- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків (не менше 70 % потрібної інформації) - 27...24 бали;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 60 % потрібної інформації) - 23...21 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 50 % потрібної інформації) - 20...18 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) принциповими неточностями (менше 50 % потрібної інформації) - 1...17 балів;
- відсутність відповіді - 0 балів.

**Максимальний ваговий бал за третє питання - 30**

- повна відповідь з виведенням формул, схемами, поясненнями, прикладами, розрахунками (не менше 90 % потрібної інформації) - 30...27 балів;
- повна відповідь з неприциповими неточностями (не менше 80 % потрібної інформації) - 26...22 балів;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків (не менше 70 % потрібної інформації) - 21...18 бали;
- повна принципово правильна відповідь зі скороченим набором схем, пояснень, прикладів, розрахунків та (або) з неточностями у формулюваннях (не менше 60 % потрібної інформації) - 17...15 балів;
- неповна відповідь, в якій відсутні принципові неточності (не менше 50 % потрібної інформації) - 15...12 балів;
- неповна відповідь з грубими помилками та (або) принциповими неточностями (менше 50 % потрібної інформації) - 1...11 балів;
- відсутність відповіді - 0 балів.

Сумарна кількість балів набраних вступником за атестаційний екзамен складає:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 35 + 35 + 30 = 100 \text{ балів.}$$

Залежно від загальної суми отриманих балів вступнику, згідно критеріїв ECTS, виставляється оцінка:

Сума балів, $R_D$	Традиційна оцінка
95 ... 100	Відмінно
85 ... 94	Дуже добре
75 ... 84	Добре
65 ... 74	Задовільно
60 ... 64	Достатньо
0 ... 60	Незадовільно

**Приклад типового завдання комплексного атестаційного екзамену**

1. Сформулюйте визначення понять і обґрунтувати виведення основного закону теплопровідності.
2. Проаналізуйте змішування сипких матеріалів, параметри процесу змішування, залежність ефективності змішування від його інтенсивності.
3. Поясніть основні конструктивні особливості й принцип дії обладнання згідно індивідуального завдання, методика розрахунків основних параметрів, вказати можливі шляхи й напрямки його вдосконалення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна література

1. Мікульонок І. О. Механічні та гідромеханічні процеси, апарати і машини хімічної технології : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 172 с.
2. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології : підруч. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
3. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. Ч.1. 416 с.
4. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології 2: підручник / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. Ч.2. 416 с.
5. Сівецький В.І. Обладнання переробки полімерів. Конспект лекцій. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 68 с.
6. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Ю. Щербина, В. І. Сівецький, О. В. Гондлях. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 131 с.
7. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. Ю. Щербина, О. В. Гондлях, В. І. Сівецький. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 147 с.
8. Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Лінії для виготовлення листових і профільних полімерних виробів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / В. І. Сівецький, В. Ю. Щербина, О. В. Гондлях. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 113 с.
9. Основи проектування одночерв'ячних екструдерів : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом підготовки «Машинобудування» / І. О. Мікульонок, О. Л. Сокольський, В. І. Сівецький, Л. Б. Радченко ; НТУУ «КПІ». Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 200 с.
10. Мікульонок І. О., Сокольський О. Л. Полімерні матеріали і вироби з них (одержання, перероблення, властивості) : термінол. слов. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 208 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37632>

### Додаткова література

1. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв: Підручник. Київ : “Інрес”: “Волл”, 2006. 261с.
2. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ : “Норіта-плюс”, 2007. 216 с.
3. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Навчальні дослідження процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ : “Норіта-плюс”, 2006. 160 с.
4. Малиновський В.В. Коваленко І.В. Процеси та апарати хімічної технології в прикладах і завданнях. Київ : УМК ВО, 1992. 192 с.

5. Андреев С.Е. и др. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. Москва : Госгортехиздат, 1966. 378 с.
6. Барабашкин В.П. Молотковые и роторные дробилки. Москва : Недра, 1963. 218с.
7. Богданов А.И. Механическое оборудование цементных заводов. Москва : Промстройздат, 1961. 296 с.
8. Кольман-Иванов Э.Э. Конструирование и расчет химических производств. Москва : Машиностроение, 1985. 408 с.
9. Клушанцев Б.В. Щековые дробилки. Москва : ЦИНТИ , 1962. 181 с.
10. Машины химических производств: Атлас конструкций: Учеб. пособие (Под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова) Москва : Машиностроение, 1981. 118 с.
11. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик. Москва : Госгортехиздат, 1963. 243 с.
12. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В 2-х книгах. Москва : Химия, 1981. 812 с.
13. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии. Москва : Химия, 1973. 754 с.
14. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Москва : Энергия. 1975. 487 с.
15. Брагинский Л. Н., Бегачев В. И., Барабаш В. М. Перемешивание в жидких средах. Физические основы и инженерные методы расчета. Ленинград : Химия, 1984. 336 с.
16. Жужиков В. А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий. Москва : Химия, 1980. 398 с.
17. Очистка промышленных газов от пыли / В. Н. Ужов, Л. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков, И. К. Решидов. Москва : Химия, 1981. 390 с.
18. Соколов В. И. Центрифугирование. Москва : Химия, 1976. 407 с.

### **РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ**

Завідувач кафедри ХПСМ,  
Доктор технічних наук, доцент

Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

Професор кафедри ХПСМ,  
Доктор технічних наук, професор

Ігор МІКУЛЬОНОК

Доцент кафедри ХПСМ,  
Кандидат технічних наук, доцент

Тетяна ШИЛОВИЧ