



Статистичні методи в хімічних технологіях

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 – Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології та інженерія</i>
Статус освітнього компонента	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг освітнього компонента	<i>4 кредити (лекційні заняття – 40 годин, практичні заняття – 20 годин, СРС – 60 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік/ модульна контрольна робота/розрахункова робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція 4 години на тиждень (2 пари), практичне заняття 2 години на тиждень (1 пара) за розкладом у https://my.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент Сангінова Ольга Вікторівна, sanginova.olga@iit.kpi.ua</i> Практичні заняття: <i>к.т.н., доцент Сангінова Ольга Вікторівна, sanginova.olga@iit.kpi.ua</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Виявлення закономірностей, яким підпорядковуються хіміко-технологічні процеси, ґрунтується на аналізі результатів експериментальних досліджень та спостережень – статистичних даних. Методи математичної статистики широко використовуються для контролю якості продукції, при аналізі технологічних процесів, для планування та організації виробництва. Підґрунтям для математичної статистики є теорія ймовірностей, а методи теорії ймовірностей застосовують для виявлення помилок у спостереженнях, для визначення надійності роботи обладнання, при керуванні технологічними процесами. Застосування статистичних методів обробки та аналізу результатів експериментальних досліджень дозволяє приймати на їх основі обґрунтовані рішення та ефективно вирішувати задачі хімічної технології та інженерії.

Предмет освітнього компонента: збирання, обробка, зберігання, поширення та відображення статистичних даних задля зниження трудомісткості обробки даних, а також підвищення якості процесів використання інформації у хімічній технології.

Метою освітнього компонента є вміння застосовувати статистичні інструменти для аналізу хімічних даних, розробляти та інтерпретувати експерименти в хімічних процесах, спеціалізоване статистичне програмне забезпечення для аналізу хімічних даних.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні компетентності:

- ✓ Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК02).
- ✓ Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції (ФК 02).
- ✓ Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії (ФК 06).

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні програмні результати навчання:

- ✓ Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв (ПРН 07).
- ✓ Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв (ПРН 08).

2. Пререквізити та постреквізити освітнього компонента (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: матеріал освітнього компонента базується на знаннях, які здобувачі отримали під час вивчення навчальних дисциплін «Техніка хімічного експерименту», «Аналітична хімія», «Загальна хімічна технологія», «Вища математика», «Інформаційні технології».

Постреквізити освітнього компонента: всі освітні компоненти, в рамках яких передбачено статистична обробка результатів експерименту.

3. Зміст освітнього компонента

Тема 1. Вступ до статистики в хімічній технології.

Тема 2. Описова статистика.

Тема 3. Застосування понять та правил теорії ймовірностей до статистики. Повторення випробувань.

Тема 4. Закони розподілу випадкових величин.

Тема 5. Статистичний висновок.

Тема 6. Регресійний та дисперсійний аналіз (ANOVA).

Тема 7. Статистичне керування процесами (SPC).

Тема 8. Хемометрія.

Тема 9. Забезпечення якості та валідація.

Тема 10. Спеціалізоване програмне забезпечення для застосування статистичних методів у хімічній технології.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими здобувач вищої освіти має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та практичних заняттях.

Базова:

- 1. Данилкович А.Г., Сангінова О.В. Теоретичні основи технологічного забезпечення якості та ефективності виробництва : підручник. Київ : КНУТД, 2017. – 175 с.*

2. Боженко Л.І., Гутта О.Й., *Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції* : Навч. посіб., Львів : Афіша, 2001. – 176 с.

Додаткова:

3. ДСТУ EN ISO 9001:2018 Системи управління якістю. Вимоги (EN ISO 9001:2015, IDT; ISO 9001:2015, IDT).
4. ДСТУ ISO 9004:2018 Управління якістю. Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого успіху (ISO 9004:2018, IDT).

Інформаційні ресурси

5. Сертифікований дистанційний курс Moodle «Стандартизація та сертифікація систем управління якістю продукції».

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з освітнього компонента проводиться паралельно з роботою студентів на практичних заняттях та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій при змішаному навчанні застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom, тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, запропонованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої. Навчальні матеріали розміщені на платформі Sikorsky distance [5].

Тиждень	Опис заняття
1 тиждень	Тема 1. Вступ до статистики в хімічній технології. Лекція 1. Роль статистики в хімічних дослідженнях та промисловості. Типи хімічних даних: якісні та кількісні. Лекція 2. Огляд спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, Excel, R, Python).
2 тиждень	Тема 2. Описова статистика. Лекція 3. Збір статистичних даних. Міри центральної тенденції (середнє арифметичне, медіана, мода тощо) та дисперсії та інші числові характеристики статистичного розподілу. Лекція 4. Візуалізація статистичних даних: гістограми, діаграми розмаху (box plots), діаграми розсіювання. Приклади візуалізації хімічних даних.
3 тиждень	Тема 3. Застосування понять та правил теорії ймовірностей до статистики. Повторення випробувань. Лекція 5. Основні поняття та правила теорії ймовірностей. Випадкові події. Випадкові величини та числові характеристики випадкових величин. Імовірність появи хоча б однієї події з n незалежних подій. Формула повної імовірності. Формули Байєса. Лекція 6. Формула Бернуллі. Найімовірніша кількість появи подій. Асимптотична формула Лапласа. Формула Пуассона для малоімовірних випадкових подій.

Тиждень	Опис заняття
4 тиждень	Тема 4. Закони розподілу випадкових величин. Лекція 7. Закони розподілу дискретних випадкових величин: біноміальний розподіл, розподіл Пуассона. Застосування в хімічних вимірюваннях та реакціях. Лекція 8. Закони розподілу неперервних випадкових величин: показниковий розподіл, рівномірний розподіл, нормальний розподіл. Правило трьох сігм. Приклади застосування: аналіз часу відмови, розподіл Вейбулла, інші приклади застосування в хімічному обладнанні та матеріалах.
5 тиждень	Тема 5. Статистичний висновок. Лекція 9. Довірчі інтервали. Статистична перевірка статистичних гіпотез: Перевірка гіпотези відносно рівності двох дисперсій нормальних генеральних сукупностей. Перевірка гіпотези про рівність двох середніх нормальних генеральних сукупностей з невідомими дисперсіями. Лекція 10. Перевірка гіпотези про нормальний розподіл генеральної сукупності. Критерій узгодженості Пірсона. Приклади застосування в хімічному аналізі.
6 тиждень	Тема 6. Регресійний та дисперсійний аналіз (ANOVA). Лекція 11. Завдання регресійного аналізу. Лінійна та нелінійна регресія. Калібрувальні криві в аналітичній хімії. Багатофакторна регресія в хімічних процесах. Лекція 12. Однофакторний та двофакторний ANOVA. Застосування в порівнянні хімічних обробок.
7 тиждень	Тема 7. Статистичне керування процесами (SPC). Лекція 13. Контрольні карти (X-смужкові, R, p, np, c-карти). Аналіз можливостей процесу за контрольними картами. Приклади застосування на хімічних виробництвах. Тема 8. Хемометрія. Лекція 14. Вступ до хемометрії. Аналіз головних компонентів (PCA). Кластерний аналіз хімічних даних.
8 тиждень	Тема 9. Забезпечення якості та валідація. Лекція 15. Місце статистичних методів серед методів валідації. Точність, прецизійність, надійність. Нормативні стандарти (ISO, ICH тощо). Тема 10. Спеціалізоване програмне забезпечення для застосування статистичних методів у хімічній технології. Лекція 17. Спеціалізоване програмне забезпечення для початківців: Excel, Minitab та JMP. Написання модульної контрольної роботи (2 години).
9 тиждень	Лекція 18. Спеціалізоване програмне забезпечення для середнього та просунутого рівня: R, Python. Приклади застосування для хемометрії та машинного навчання.

Тиждень	Опис заняття
	Лекція 19. Програмне забезпечення, орієнтоване на галузь: JMP та Minitab для планування експериментів та статистичного керування процесами. Додаткові теми та приклади досліджень з хімічної промисловості: моделювання за методом Монте-Карло, машинне навчання в аналізі хімічних даних. Захист розрахункової роботи (2 години).

Практичні заняття

Метою практичних занять є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітнього компонента «Статистичні методи в хімічних технологіях». Матеріал практичних занять спрямований на одержання досвіду розв'язання практичних задач хімічної технології шляхом збирання, обробки, зберігання, поширення та відображення статистичних даних, в тому числі і з застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	Класифікація та кластеризація даних.	Набуття досвіду з розпізнавання патернів та виявлення закономірностей у складних наборах даних.
2	Збір та аналіз статистичних даних.	Набуття досвіду з візуалізації статистичних даних за допомогою гістограм, діаграм розмаху (box plots) та діаграм розсіювання.
3	Повторення випробувань.	Набуття досвіду з розрахунку числових характеристик випадкових величин.
4	Розподіл ймовірностей.	Набуття досвіду з розрахунку імовірності появи хоча б однієї події з n незалежних подій; та розрахунку найімовірнішої кількості появи подій.
5	Закони розподілу випадкових величин.	Набуття досвіду із застосування законів розподілу випадкових величин до аналіз часу відмови обладнання.
6	Числові характеристики статистичного розподілу.	Набуття досвіду з визначення числових характеристик для заданого статистичного розподілу.
7	Статистичні оцінки параметрів розподілу.	Набуття досвіду з розрахунку і вибору довірчих інтервалів.
8	Статистична перевірка статистичних гіпотез.	Набуття досвіду з перевірки гіпотез: про нормальний розподіл генеральної сукупності, про рівність двох середніх нормальних генеральних сукупностей з невідомими дисперсіями; про рівність двох дисперсій нормальних генеральних сукупностей.
9	Дисперсійний аналіз.	Набуття досвіду з аналізу результатів, які залежать від якісних ознак.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, виконання та оформлення звіту з розрахункової роботи, підготовка до практичних занять, модульної контрольної роботи та захисту розрахункової роботи, підготовка до заліку.

Планування часу самостійної роботи здобувачів вищої освіти:

Вид роботи	Кількість годин СРС
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять	1 - 1,5 год. до кожного заняття
Підготовка до МКР (повторення матеріалу)	6
Виконання розрахункової роботи (РР)	12
Підготовка до заліку	6
Всього	60

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

У звичайному режимі роботи університету лекції та практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, практичні заняття – у комп'ютерних класах. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський.

На кожній лекції лектор може проводити опитування із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms, тощо). Перед початком чергової теми лектор може пропонувати питання з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою, підвищення зацікавленості та залучення слухачів до розв'язання прикладів.

При використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

Робота на практичних заняттях:

- Індивідуальний варіант надається викладачем на початку заняття тим здобувачам, які присутні на практичному занятті. Завдання має бути повністю виконано і здано на практичному занятті (до кінця пари).
- Наведені нижче критерії нарахування балів за роботу на практичному занятті у випадку синхронного режиму навчання використовуються при своєчасному виконанні отриманого завдання (робота над завданням виконується протягом часу, що відведений на занятті). Роботи, що подані із запізненням без поважної причини оцінюються за іншою шкалою. Зменшення оцінки відбувається у залежності від часу запізнення і розраховується за формулою:

$$3. \quad O_n = O_b \frac{t_{pr}}{t_{pr} + 0,6 \cdot t_{zap}},$$

де O_n – оцінка за несвоєчасне виконання; O_b – оцінка базова (див. критерії нарахування балів за роботу на практичних заняттях); t_{pr} – час запланований на виконання роботи, год ($t_{pr} = 1,5$ год); t_{zap} – час запізнення подачі роботи, год.

4. Якщо робота не подана протягом доби без поважної причини, то робота анулюється (не вважається виконаною). В подальшому здобувачеві вищої освіти надається новий варіант і відповідний час на виконання роботи.
5. Якщо під час виконання роботи пролунав сигнал повітряної тривоги і у здобувачів вищої освіти, що знаходяться в укритті, немає можливості закінчити виконання роботи, то їм буде наданий додатковий час у відповідності до втраченого. Додатковий час надається в поза аудиторний час у день виконання роботи.

Правила захисту розрахункової роботи:

1. До захисту допускаються здобувачі вищої освіти, які правильно виконали поставлені завдання (при неправильно виконаних завданнях їх слід виправити).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання на захист викладачем виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.

Правила призначення заохочувальних балів:

1. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
2. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з освітнього компонента нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
3. За активну роботу на лекції нараховується до 0,5 заохочувальних балів (але не більше 5 балів на семестр).

Політика дедлайнів та перескладань: визначається відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського <https://osvita.kpi.ua/node/32>.

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету. Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з навчальної дисципліни «Інформаційні технології»;

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: опитування на практичних заняттях, МКР, захист РР.
2. Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг здобувача вищої освіти з освітнього компонента розраховується виходячи із 100-бальної шкали. Семестровий рейтинг складається з балів, що здобувач вищої освіти отримує за:

- опитування на лекціях після кожної теми (10 тем)
- роботу на практичних заняттях (10 тем занять);
- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання та захист розрахункової роботи (РР).

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Опитування на лекціях:

Опитування проводиться після кожної теми. Заплановано 10 опитувань (тестів) до 2 балів за кожну тему. Максимальна кількість балів за роботу на лекціях – 20.

2.2. Робота на практичних заняттях:

Перед виконанням практичних занять під час самостійної роботи здобувачеві вищої освіти слід ознайомитись з теоретичним матеріалом до теми практичного заняття.

Індивідуальні завдання оцінюються у 5 балів кожне (оцінка базова). Критерії оцінювання:

- робота виконана повністю і вірно протягом відведеного часу – 5 балів;
- робота виконана більше ніж на 75% протягом відведеного часу або має неprincipові неточності – 4 бали;
- робота виконана більше ніж наполовину протягом відведеного часу – 3 бали;
- робота виконана протягом відведеного часу менше, ніж наполовину, результати роботи містять грубі помилки, відсутність виконання роботи – 0 балів.

Максимальна кількість балів за роботу на практичних заняттях – 50.

2.3. Модульна контрольна робота:

Модульна контрольна робота проходить у формі тестування; максимальна кількість балів – 20.

2.4. Розрахункова робота.

Ваговий бал - 10 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи - 8 – 10 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 6,6 – 7,9 балів;
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки - 6 – 6,5 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) - 0 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

4. Відповідно до «Положення про організацію навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, необхідною умовою допуску до заліку є зарахування всіх практичних робіт, МКР і РР, а також рейтинг не менше 60 балів.

Здобувачі вищої освіти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. При цьому бали за залікову контрольну роботу є остаточними. Оцінка у такому випадку формується наступним чином: до оцінки, яку здобувач вищої освіти отримав за РР та МКР, додається оцінка за залікову роботу.

Завдання залікової контрольної роботи складається з усіх тем силабусу та проходить у формі тестування. Максимальна кількість балів за залікову контрольну роботу – 70.

Максимальна сума балів, яку здобувач вищої освіти може набрати протягом семестру, складає 100 балів:

$$RC = r_{\text{ЛЕК}} + r_{\text{ПР}} + r_{\text{МКР}} + r_{\text{РР}} = 20 + 50 + 20 + 10 = 100 \text{ балів}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

Вимоги до оформлення розрахункової роботи, перелік запитань до МКР, посилання на веб-ресурси з тем курсу наведені у Google Classroom освітнього компонента (платформа Sikorsky-distance, <https://do.ipr.kpi.ua/course/view.php?id=291>).

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті <https://osvita.kpi.ua/node/179>.

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено доцентами кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології:

к.т.н. доц. Сангіною О.В.

Ухвалено кафедрою технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології (протокол № 26 від 30.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №10 від 26.06.2025 р.)