

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

БАКАЛАВР

Кафедра технології будівельних конструкцій і виробів

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан будівельного-

технологічного факультету

 / Володимир ГОЦ/

" 23 " червня 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

"Математичні методи рішень будівельно-технологічних задач"
(назва освітньої компоненти)

шифр	назва спеціальності, освітньої програми
192	Будівництво та цивільна інженерія
	Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів

Розробник(и):

Олександр ГЕЛЕВЕРА к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, науковий ступінь, звання)



Робоча програма затверджена на засіданні кафедри ТБКВ

протокол № 19 від « 20 » червня 2023 року

Завідувач кафедри



(підпис)

/Олесь ЛАСТІВКА/

Схвалено гарантом освітньої програми «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»

Гарант ОП



(підпис)

/Ольга ГОНЧАР/

Розглянуто на засіданні науково-методичної комісії спеціальності
протокол №8 від « 21 » червня 2023 року

ВИТЯГ З НАВЧАЛЬНОГО ПЛАНУ 2023/2024 н.р.

Бакалавр ОПП	Форма навчання – денна											Форма контролю	Семестр	Відмітка про погодження
Назва освітньо-професійної програми	Кредитів на сем.	Обсяг годин						Кількість індивідуальних робіт						
		Всього	Разом	аудиторних			Самостійна робота							
				у тому числі				КП	КР	РГР	Контрольна робота			
Л	Лр	Пз												
Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів	3,00	90	30	16	8	6	60	–	–	–	1	Залік	7	

Бакалавр ОПП	Форма навчання – заочна											Форма контролю	Семестр	Відмітка про погодження
Назва освітньо-професійної програми	Кредитів на сем.	Обсяг годин						Кількість індивідуальних робіт						
		Всього	Разом	аудиторних			Самостійна робота							
				у тому числі				КП	КР	РГР	Контрольна робота			
Л	Лр	Пз												
Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів	2,00	60	14	4	8	2	76	–	–	–	1	Залік	8	

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета викладання дисципліни

Мета викладання дисципліни – навчити студентів сучасним універсальним обчислювальним методам, які використовуються в виробничо-технологічній, організаційно-керівничій і дослідницькій діяльності інженера-технолога за спеціалізацією "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів".

Знання різних математичних обчислювальних методів, необхідних спеціалісту для виконання його функціональних обов'язків, і вміння їх використовувати набуваються студентами як при вивченні даної дисципліни, так і в результаті використання і закріплення набутих знань при вивченні інших дисциплін учбового плану.

Задачі вивчення дисципліни

Вивчення методів математичної статистики і теорії експериментів, набуття навичок використання універсальних математичних методів для моделювання матеріаловідних задач, інтерпретації результатів обчислень, розвиток алгоритмічного мислення. Витікають з вимог кваліфікаційної характеристики інженера-будівельника-технолога по спеціальності "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів".

Матеріали, які викладаються в дисципліні, призначені навчити студентів методам кількісної оцінки будь-яких явищ, зв'язаних з виробничою діяльністю, моделюванням, а значить, прогнозування і оптимізації процесів, технологічних систем і управління ними.

Фундаментальною наукою для дисципліни "Методи математичного рішення будівельно-технологічних задач" є "Математика", її розділи "Теорія ймовірності і математична статистика" і "Основи числових методів".

Зв'язок з іншими дисциплінами

Знання спеціальних розділів математики використовуються при виконанні робіт по обробці результатів експериментів, при виконанні студентами курсових і дипломних робіт.

**Компетентності здобувачів освітньої програми,
які підсилюються у результаті засвоєння освітньої компоненти**

Зміст програмних компетентностей
Інтегральна компетентність
ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі будівництва та цивільної інженерії.
Загальні компетентності
ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК02. Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.
ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
Фахові компетентності
СК01. Здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з математики, хімії та фізики для розв'язання складних практичних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії.
СК02. Здатність до критичного осмислення і застосування основних теорій, методів та принципів економіки та менеджменту для раціональної організації та управління будівельним виробництвом.
СК03. Здатність проектувати будівельні конструкції, будівлі, споруди та інженерні мережі (відповідно до спеціалізації), з урахуванням інженерно-технічних та ресурсозберігаючих заходів, правових, соціальних, екологічних, техніко-економічних показників, наукових та етичних аспектів, і сучасних вимог нормативної документації у сфері архітектури та будівництва, охорони довкілля та безпеки праці.

СК04. Здатність обирати і використовувати відповідні обладнання, матеріали, інструменти та методи для проектування та реалізації технологічних процесів будівельного виробництва.

СК05. Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних задач будівництва та цивільної інженерії.

Програмні результати здобувачів освітньої програми, що підсилюються в результаті засвоєння освітньої компоненти

Програмні результати

РН01. Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.

РН06. Застосовувати сучасні інформаційні технології для розв'язання інженерних та управлінських задач будівництва та цивільної інженерії.

РН07. Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

РН08. Рационально застосовувати сучасні будівельні матеріали, вироби та конструкції на основі знань про їх технічні характеристики та технологію виготовлення.



3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Математична статистика та експеримент

Змістовний модуль 1. МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

Тема 1. Теорія ймовірності і математична статистика в термінах і поняттях будівельного матеріалознавства. Приклади випадкових величин. Особливості випадкової величини. Правила поводження з випадковими величинами. Стохастичні системи. Поняття генеральної сукупності. Призначення математичної статистики відносно генеральної сукупності. Основні характеристики генеральної сукупності: математичне очікування, дисперсія, закон розподілу.

Розподіл за нормальним законом. Визначення і ознаки. Квантілі нормального розподілу. Взаємозв'язок між квантілями нормального розподілу і ймовірністю. Рівень значимості або довірча ймовірність. Оцінка нормальності розподілу випадкової величини за допомогою коефіцієнтів асиметрії і ексцесу.

Тема 2. Вибірня сукупність. Первинна обробка результатів виміру. Визначення поняття вибірки. Основні характеристики вибірки: середнє арифметичне, середнє квадратичне відхилення, закон розподілу. Коефіцієнт варіації. Оцінка якості вибірки: визначення репрезентативності вибірки і наявності грубих помилок - методика визначення. Алгоритм первинної обробки результатів вимірів.

Тема 3. Оцінка однорідності властивостей продукції за коефіцієнтом варіації. Призначення коефіцієнта варіації. Неофіційна оцінка якості бетону за допомогою коефіцієнта варіації. Методика призначення періодів для аналіз і контролю. Партія. Визначення відпускну міцності продукції. Клас бетону. Співвідношення класу і марки бетону. Алгоритм машинної оцінки однорідності бетону за міцністю.

Тема 4. Статистичні гіпотези. Поняття статистичної гіпотези. Перевірка гіпотези. Довірчі інтервали для $\bar{X}$, S , V , їх призначення і знаходження. Порівняння між собою декількох вибірок. Процедура порівняння. Правила складання і множення ймовірностей.

Змістовний модуль 2. ТЕОРІЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Тема 5. Експеримент у будівельному матеріалознавстві. Основні положення теорії експерименту. Визначення. Активний експеримент. Пасивний експеримент. Науково-технічний підхід в будівельному матеріалознавстві. Математичні моделі. Різні методики розробки математичних моделей, недоліки і переваги. Ймовірносний характер моделей. Види ризику при статистичному моделюванні. Призначення числа і видів параметрів моделі.

Тема 6. Однофакторний експеримент.

Планування однофакторного експерименту: формулювання мети експерименту, вибір точності вимірів, границь зміни аргументу, призначення числа дослідних точок, визначення необхідності оцінки похибки моделі. Апроксимація однофакторних експериментів. Вибір функції. Визначення коефіцієнтів. Основні прийоми визначення коефіцієнтів однофакторних експериментів. Методи оцінки адекватності апроксимації.

Тема 7. Багатофакторні експерименти. Повний факторний експеримент.

Вступ. Класифікація видів експериментів. Призначення повного факторного експерименту. Особливості і види планів повного факторного експерименту. Лінійні багатофакторні плани (плани першого порядку). Правила побудови планів типу ПФЕ-2^к. Приклад виконання 2-факторного плану першого порядку.

Нелінійні багатофакторні плани (плани другого порядку). Визначення коефіцієнтів рівняння регресії другого порядку. Регресійний аналіз багатофакторних експериментів: знаходження коефіцієнтів рівняння регресії, визначення похибок у визначенні коефіцієнтів, дисперсії дослідів, визначення значимості коефіцієнтів, перевірка адекватності рівняння. Аналіз, інтерпретація і пошук оптимуму при виконанні ПФЕ. Спосіб побудови ізоліній на факторній площині $X_1 - X_2$. Приклад виконання 2-факторного плану 2-го порядку.

Модуль 2

Індивідуальне завдання

Напрямок тем індивідуальних завдань:

- обробка статистичного матеріалу учбового завдання з математичними та технологічними висновками на основі отриманих даних розрахунків;
- апроксимація даних однофакторного експерименту з отриманням рівняння регресії;
- обробка даних багатофакторного експерименту з отриманням рівняння регресії.

Виконується на практичних заняттях та в свій індивідуальний час.

5. ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

Не передбачені учбовим планом

6. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Таблиця 2

№ п/п	Назва та зміст роботи	Кількість годин
1	Лабораторна робота №1 Первинна статистична обробка результатів вимірів	2
2	Лабораторна робота №2 Оцінка нормальності розподілу елементів вибірки порівнянням теоретичних та практичних частот.	2
3	Лабораторна робота №3 Оцінка нормальності розподілу елементів вибірки за допомогою коефіцієнтів асиметрії та ексцесу.	2
4	Лабораторна робота №4 Оцінка поточного значення вибіркового середнього та його довірчих інтервалів.	1
5	Лабораторна робота №5 Порівняння статистичних характеристик двох вибірок.	1
6	Лабораторна робота №6 Апроксимація результатів однофакторного експерименту.	2
7	Лабораторна робота №7 Обробка результатів планів 2-х та 3-х факторного експерименту з отриманням рівняння регресії.	2

Примітка:

1. В чисельнику данні для денної форми навчання, в знаменнику для заочної форми навчання.
2. Частина часу кожної лабораторної роботи присвячується визначення ступені готовності кожного студента до виконання роботи шляхом опитування теоретичного матеріалу за темою лабораторної роботи.
3. У випадку неготовності студент до виконання роботи не допускається.

7. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Захист індивідуальних контрольних завдань.

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у часі, вільним від обов'язкових навчальних занять, і є невід'ємною складовою процесу вивчення дисципліни.

Самостійна робота студентів при вивченні дисципліни складається з:

- повторення пройденого матеріалу перед лекцією;
- підготовки до лабораторних занять за відповідною темою та до їх захисту;

- підготовки до усіх видів контролю, в тому числі до контрольних модульних робіт, до підсумкового модульного контролю;
- самостійного опрацювання окремих тем навчальної дисципліни згідно з планом (для заочної форми навчання);
- виконання індивідуальної роботи з дисципліни.

Навчальний матеріал дисципліни, передбачений робочим навчальним планом для засвоєння студентом в процесі самостійної роботи, виноситься на підсумковий контроль поряд з навчальним матеріалом, який опрацьовувався при проведенні аудиторних навчальних занять.

Навчально-методичним забезпеченням самостійної роботи студента є:

- навчальна програма з дисципліни;
- основні поради студентам щодо вивчення дисципліни з вимогами до оцінки знань та вмінь із даної дисципліни;
- методичні рекомендації щодо виконання окремих видів самостійної роботи;
- пакет контрольних завдань, запитань для самоперевірки;
- навчальна література.

ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

Модуль 1 – Математична статистика та експеримент

Змістовний модуль 1 – Методи математичної статистики

1. Що таке випадкова величина. Особливості випадкової величини. Правила поводження з випадковими величинами.
2. Що таке генеральна сукупність?
3. Основні характеристики генеральної сукупності.
4. Що таке розподіл випадкової величини по нормальному закону. Визначення та ознаки.
5. Оцінка нормальності розподілу випадкової величини за допомогою коефіцієнтів асиметрії і ексцесу.
6. Визначення поняття вибірки. Основні характеристики вибірки.
7. Як оцінюється якість вибірки. Алгоритм первинної обробки результатів вимірів.
8. Коефіцієнт варіації. Як використовується коефіцієнт варіації для оцінки однорідності якості продукції?
9. Як контролюється відпускна міцність бетону з використанням коефіцієнта варіації?
10. Що таке клас бетону. Чим він відрізняється від марки бетону з точки зору математичної статистики.
11. Статистичні гіпотези та як вони перевіряються.
12. Перевірка гіпотези. Довірчі інтервали для $\bar{X}$, S , V , їх призначення і знаходження.
13. Як порівнюються між собою результати вимірів декількох вибірок.

Змістовний модуль 2 – Теорія експерименту

1. Основні положення теорії експерименту.
2. Що таке активний і пасивний експеримент?
3. Математичні моделі та методики їх розробки.
4. Види ризику при статистичному моделюванні. Призначення числа і видів параметрів моделі.
5. Що таке однофакторний експеримент та його планування.
6. Як виконується апроксимація результатів вимірів однофакторного експерименту.
7. Методи оцінки адекватності апроксимації однофакторного експерименту.
8. Багатофакторні експерименти. Їх призначення. Види планів.

9. Правила побудови лінійних та нелінійних планів факторного експерименту.
 10. Нелінійні багатофакторні плани. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії другого порядку.
 11. Спосіб побудови ізоліній на факторній площині $X_1 - X_2$.
-

9. ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА

Індивідуальним завданням студента є виконання роботи за індивідуальним завданням.

Варіанти завдань знаходяться в методичних вказівках до виконання практичних та лабораторних робіт з дисципліни “Математичні методи розв’язання будівельно-технологічних задач”.

Індивідуальна робота з дисципліни виконується у вигляді реферату загальним об’ємом 25...30 сторінок рукописного тексту з ілюстраціями у вигляді графіків і таблиць.

Захист відбувається у вигляді індивідуальної бесіди викладача зі студентом на тему його роботи.

Мета виконання курсової індивідуальної роботи – це набуття студентами навичок:

- достатньо глибокого розуміння способів контролю технологічних процесів, що супроводжують отримання продукції згідно індивідуального завдання, за допомогою методів математичної статистики;
- обробки результатів вимірів з метою аналізу технологічних процесів та прогнозування якості продукції майбутніх періодів;
- оптимізації роботи технологічних ліній;
- використання прийомів використання методів математичного планування експерименту та обробки отриманих даних для підбору та оптимізації складів шихт, бетонів, розчинів тощо;
- апроксимації табличних даних з перетворенням їх в рівняння регресії.

Інформаційною базою для виконання проекту є матеріали лекційного курсу, підручники, навчальні посібники, нормативна і довідкова література, Інтернет.

Термін виконання курсової роботи – протягом семестру на практичних заняттях.

Вихідними даними для індивідуальної роботи є:

- індивідуальне завдання;
 - додаткова інформація при необхідності.
-

10. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчальний процес здійснюється у таких формах: навчальні заняття; самостійна робота; контрольні заходи.

Основними видами навчальних занять при вивченні дисципліни є лекції та лабораторні заняття.

Основна форма проведення навчальних занять для засвоєння теоретичного матеріалу на денній формі навчання – лекції.

На лабораторних заняттях закріплюються теоретичні знання, отримані на лекціях та отримуються вміння та навички практичного використання набутих знань.

Виконання індивідуальної роботи є одним із заключних етапів вивчення курсу. Робота над нею сприяє поглибленню та закріпленню теоретичних знань, які одержали студенти при вивченні дисципліни, набуттю навичок самостійної роботи над учбовим і нормативним матеріалом.

Самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов’язкових навчальних занять, і є невід’ємною складовою процесу вивчення дисципліни. Основною формою засвоєння теоретичного матеріалу для студентів за-

очної форми навчання є самостійна робота з лекційним матеріалом та навчальною літературою.

Вивчення дисципліни здійснюється державною мовою, допускається самостійне опрацювання окремих розділів дисципліни по посібниках та нормативних документах, виданих російською або іншою іноземною мовами.



11. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Педагогічний контроль здійснюється з дотриманням вимог об'єктивності, індивідуального підходу, систематичності і системності, всебічності та професійної спрямованості контролю.

Визначення рівня знань студентів з теоретичних питань навчальної дисципліни здійснюється при проведенні поточного, модульного і підсумкового контролю.

Поточний контроль здійснюється під час виконання і захисту лабораторних робіт та включає усне опитування під час проведення лабораторних робіт.

Виконана лабораторна робота оцінюється враховуючи критерії: відповідність роботи завданню; правильність виконання всіх пунктів роботи; наявність ілюстративного матеріалу та висновків.

До захисту лабораторної роботи допускаються студенти які були присутні на занятті і повністю виконали роботу. Захист лабораторної роботи здійснюється через складання тестових запитань за темою роботи.

Модульний контроль проводять після вивчення кожного блоку змістовних модулів. Модульний контроль здійснюється через проведення модульної контрольної роботи, що включає тести і питання з теоретичного матеріалу. До захисту курсової роботи допускаються студенти які виконали роботу відповідно до завдання, в повному обсязі без помилок або з виправленими помилками.

Підсумковий (семестровий) контроль призначений для студентів, які бажають підвищити свій рейтинг, і здійснюється у формі письмових відповідей на запитання, які визначені робочою програмою.

Оцінювання знань та вмінь студентів здійснюється виходячи із співвідношення між кількістю правильних відповідей і всією кількістю завдань, що включені до контрольного заходу:

- оцінка “відмінно” виставляється студенту, який дав правильні відповіді не менше ніж на 90% всіх завдань;
- оцінка “добре” виставляється студенту, який дав правильні відповіді не менше ніж на 74% всіх завдань;
- оцінка “задовільно” виставляється студенту, який дав правильні відповіді не менше ніж на 60% всіх завдань;
- оцінка “незадовільно” виставляється студенту, який дав правильні відповіді в кількості менше 60% всіх завдань.

Мінімальна кількість правильних відповідей студента на контрольне завдання, що дозволяє оцінити результати контролю позитивно (тобто задовільно або зараховано) має бути більше 60% від загальної кількості запитань контролю.

12. РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Семестровий курс дисципліни “математичні методи розв’язання будівельно-технологічних задач за допомогою ПЕОМ” розбито на 2 модулі, перший з яких має ряд поточних контрольних заходів і закінчується підсумковим контролем, обов’язковим для студента.

За кожний вид поточного і модульного контролю студент отримує бали, які підсумовуються в межах модулю і виступатимуть надалі складовою загальної бальної оцінки за всі

модулі дисципліни. Одержання студентом мінімальної бальної оцінки за кожний з модулів є обов'язковою умовою для отримання позитивної оцінки по дисципліні (заліку).

Виконання і захист лабораторних робіт і індивідуальної роботи є обов'язковими і без їх наявності позитивна оцінка по дисципліні в цілому не виставляється.



Шкала оцінювання: національна та ECTS

Таблиця 3

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90...100	A	відмінно	зараховано
82...89	B	добре	
74...81	C		
64...73	D	задовільно	
60...63	E		
35...59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0...34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Студента вважають таким, що складав контрольний захід, якщо він з'явився на нього та виконав завдання з кількістю правильних відповідей 60% і більше. Студентам забороняється обмінюватися інформацією у будь-якій формі або використовувати інші матеріали та засоби, крім дозволених. У разі порушення студентом встановленого порядку проведення контрольного заходу викладач відсторонює цього студента від виконання завдання та оцінює її у нуль балів.

Студент, який не погоджується з оцінкою роботи, має право звернутися з письмовою апеляцією до завідувача кафедри не пізніше ніж на наступний робочий день після оголошення результатів. Студенту, який з поважних причин (підтверджені відповідними документами) не набрав балів при будь-якому модульному контролі на проміжному етапі, надається право повторної атестації з виконання модульних контрольних завдань.

Показники результатів приведених контрольних заходів зараховуються до підсумкової семестрової оцінки. Ця інтегральна оцінка вираховується як сума балів змістовних модульних контролів, підсумкового модульного контролю та самостійної роботи у діапазоні від 0 до 100 за всіма видами робіт передбачених з даної дисципліни. Студент, що набрав протягом семестру за підсумковим оцінюванням не менше 60 балів зі 100, має можливість отримати залік.

Якщо студент бажає підвищити свою підсумкову оцінку, то він приймає участь у підсумковому контролі знань. Для цього він відповідає на питання білету, що містять 3 завдання. Підсумкова оцінка по дисципліні при цьому буде складатись з суми нормованої кількості балів за роботу в семестрі (максимально 40 балів) та оцінки за відповіді (максимально 60 балів).

13. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Конспект лекцій з дисципліни.
2. Гелевера О.Г. Методичні вказівки до виконання практичних і лабораторних робіт для студентів освітньої компоненти спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" за спеціалізацією 192.04 "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів" для усіх форм навчання. – К.: КНУБА. – 48 с.

3. Гелевера О.Г. Методичні вказівки до вивчення освітньої компоненти для студентів спеціалізації 192.04 "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів" усіх форм навчання. – К.: КНУБА. – 12 с.
 4. Гелевера О.Г. Методичні вказівки до виконання індивідуальної контрольної роботи для студентів спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" спеціалізації 192.04 "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів". – К.: КНУБА. – 8 с.
-



14. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

5. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численні методи рішення будівельно-технологічних завдань на ЕОМ. – Київ: Вища школа, 1989.
 6. Тovaжнянський Л.Л., Бабак Т.Г., Голубкіна О.О. та ін. Комп'ютерне моделювання у хімічній технології. Навчальний посібник – Харків, НТУ "ХПІ", 2011. – 608 с.
 7. Вознесенський В.А. Статистичні рішення у технологічних завданнях – Кишинів: Карта молдовеняске, 1968. – 232 с.
 8. Вознесенський В.А., Вировий В.Н., Керш В.Я. та ін. Сучасні способи оптимізації композиційних матеріалів. – Київ: Будівельник, 1983.
 9. Герасимович А.И. Математична статистика. – Мінськ: Вишэйша школа, 1983.
-

15. ДОДАТКОВІ РЕСУРСИ

1. <http://library.knuba.edu.ua/> – бібліотека КНУБА.
 2. Інтернет – пошукові системи.
 3. Щербина О.А., Орлова М.М. Програма обробки електронних таблиць Microsoft Excel: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни Обчислювальний практикум – К.: КНУБА, 2001. – 30 с.
 4. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. – М.: Высшая школа, 1978.
 5. Руководство по подбору составов тяжелого бетона // НИИбетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979.
-