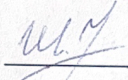


ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
«УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА»

Факультет суспільних та прикладних наук
Кафедра архітектури та будівництва

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Проректор з методичної роботи
 Ярослав ШТАНЬКО
«30» 08 2024 р.

Ефективні конструктивні рішення будівель і споруд
СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Галузь знань	19 Архітектура та будівництво
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма	«Будівництво та цивільна інженерія»
Освітній рівень	другий (магістерський)
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська

Івано-Франківськ

2024

РОЗРОБНИК:
к.т.н., доцент кафедри
архітектури та будівництва


Віталій АРТЬОМОВ

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри архітектури та будівництва
Протокол № 1 від 28.08.24
/ В.о. завідувача кафедри


Юрій ОГОНЬОК

УЗГОДЖЕНО:
Гарант ОПП


Максим КАРПАШ

СХВАЛЕНО:
На засіданні Науково-методичної ради, протокол 1 від 30.08.24.

Контактний телефон викладача	+38 050 457 6819
e-mail	vitalii.y.artimov@ukd.edu.ua
Номер аудиторії чи кафедри	кафедра архітектури та будівництва
Посилання на сайт	https://ukd.edu.ua/dovidnyk/kafedra-arkhitektury-ta-budivnytstva
Сторінка курсу в СДО	https://online.ukd.edu.ua/course/view.php?id=4976

ВСТУП

Анотація навчальної дисципліни

Ефективні конструктивні рішення будівель і споруд — навчальна дисципліна обов'язкового циклу професійної підготовки магістрів за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вона націлена на поглиблене вивчення методів інженерного аналізу будівельних конструкцій та імплементації результатів такого аналізу у відповідні технічні рішення.

Центральною темою дисципліни є метод скінченних елементів. Протягом семестру студенти вчать будувати розрахункові моделі, прикладати навантаження, аналізувати результати розрахунку. Особлива увага приділяється способам дискретизації і переходу від континуальних систем (якими оперують теоретична механіка, опір матеріалів, будівельна механіка) до дискретних моделей. Розглядаються принципи формування локальних та глобальної матриць жорсткості, а також вектора навантажень. Показано, як через вирішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь отримати вузлові переміщення, а на їхній основі — згинальні та крутильні моменти, поперечні та поздовжні сили в перерізах окремих елементів.

Практична частина навчання передбачає роботу в програмному середовищі TechEditor, яке реалізує метод скінченних елементів. Студенти вчать створювати аналітичні моделі балок, ферм та рам різної конфігурації — різних розмірів, з різними типами навантаження, різними умовами закріплення, та ін. Окремий блок дисципліни “Ефективні конструктивні рішення будівель і споруд” присвячено питанням оптимізації та цифровим технологіям, що дозволяють гнучко калібрувати розрахункові моделі для виконання заданих умов та критеріїв, зокрема вимог норм проєктування та існуючих консервативних підходів.

Мета та завдання дисципліни: надати студентам загальне уявлення про метод скінченних елементів, а також сформувані практичні навички його застосування для аналізу будівельних конструкцій.

В результаті вивчення дисципліни студент(ка) повинен(-на) **знати**:

- загальні теоретичні засади методу скінченних елементів;
- способи дискретизації моделі (як додавати вузли, як з'єднувати окремі елементи, тощо);
- у яких випадках та в яких зонах застосувати ті чи інші граничні умови (шарніри, защемлення);
- як прикладати навантаження до вузлів та елементів скінченно-елементної сітки;
- як аналізувати результати розрахунку балкових, ферменних, рамних та інших систем;

- як працювати в програмному забезпеченні, що реалізує метод скінченних елементів.

В результаті вивчення дисципліни студент(ка) повинен(-на) **вміти**:

- призначати дискретну розрахункову модель для аналізу будівельної конструкції методом скінченних елементів;
- збирати зовнішні навантаження на будівлю та прикладати їх до відповідних вузлів або елементів;
- призначати коректні граничні умови конструкції;
- виконувати числові розрахунки методом скінченних елементів;
- аналізувати отримані результати (реакції, зусилля, переміщення);
- перевіряти перерізи конструкції згідно норм проектування.

Компетентності та результати навчання, яких набувають здобувачі освіти внаслідок вивчення навчальної дисципліни (шифри та зміст компетентностей та програмних результатів навчання вказано відповідно до “Архітектура та містобудування” (2024/2025)).

Шифр та назва компетентності	Шифр та назва програмних результатів навчання
ЗК02 Здатність проводити дослідження на відповідному рівні. ЗК06 Прагнення до збереження навколишнього середовища.	ПРН01 Проектувати будівлі і споруди (відповідно до спеціалізації), в тому числі з використанням програмних систем комп'ютерного проектування, з метою забезпечення їх надійності та довговічності, прийняття раціональних проектних та технічних рішень, техніко-економічного обґрунтування, враховуючи особливості об'єкта будівництва, визначення оптимального режиму його функціонування та впровадження заходів з ресурсо- та енергозбереження.
СК01 Здатність інтегрувати спеціалізовані концептуальні знання в галузі будівництва та цивільної інженерії, у поєднанні з дотриманням чинних нормативно-правових документів у сфері архітектури та будівництва, для вирішення складних інженерних задач відповідно до спеціалізації.	ПРН06 Застосовувати сучасні математичні методи для аналізу статистичних даних, розрахунку та оптимізації параметрів проектування та технологічних процесів зведення будівель та споруд.

СК04 Здатність проводити обстеження, випробування, діагностику та розрахунки при розв'язанні задач в галузі будівництва та цивільної інженерії.	ПРН09 Підбирати сучасні матеріали, технології і методи виконання процесу будівельного виробництва, враховуючи архітектурно-планувальну, конструктивну частину проекту та базу будівельної організації.
---	--

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Курс	1		
Семестр	1		
Кількість кредитів ЄКТС	6		
Аудиторні навчальні заняття		денна форма	заочна форма
	лекції	30 год.	6
	семінари, практичні	30 год.	6
Самостійна робота		120 год.	120 год.
Форма підсумкового контролю	екзамен (30 год.)		

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Пререквізити	Постреквізити
Методологія наукових досліджень	Виробнича практика
Сучасні комп'ютерні технології у будівництві	Законодавство та архітектурно-проектна справа

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Перелік тем лекційного матеріалу (30 год.)

Тема 1. Підвищення ефективності конструктивних рішень в галузі будівництва (5 год.)

Огляд низки сучасних будівель і споруд з позиції прийнятих конструктивних рішень. Архітектурні та конструктивні особливості будівельних об'єктів. Відмінності “архітектурного” та “інженерного” бачення тих чи інших рішень. Поняття ефективності. Критерії ефективності. Роль цифровізації в сучасному будівництві.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [3, 5, 8, 13]: навести приклади традиційних та новаторських конструктивних рішень у проєктах сучасних будівель та споруд; за відкритими джерелами ознайомитися та сформуванати таблицю недоліків програмного забезпечення для моделювання та розрахунку будівельних конструкцій.

Тема 2. Теоретичні основи методу скінченних елементів (5 год.)

Матрична форма методу переміщень. Локальна і глобальна матриця жорсткості. Вектор навантажень. Граничні умови моделі. Визначення вузлових переміщень. Визначення вузлових зусиль, напружень, деформацій.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1-6, 11, 12, 17]: як формується локальна матриця жорсткості скінченного елемента? як формується вектор навантажень? яким чином в методі скінченних елементів моделюється з'єднання елементів у вузлі?

Тема 3. Числове моделювання і аналіз плоских статично визначених конструкцій (5 год.)

Поняття статично визначеної системи. Приклад розрахунку простої балки методом скінченних елементів. Приклад розрахунку консольної балки методом скінченних елементів. Як “читати” результати розрахунку плоскої конструкції. Порівняння результатів числового аналізу з результатами ручного розрахунку.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 2, 9, 10, 15, 16]: як отримати зусилля в перерізі балки, застосовуючи метод скінченних елементів? як призначити опору в потрібному перерізі? на основі відкритих джерел знайдіть прототип існуючої балки та змодельуйте її методом скінченних елементів.

Тема 4. Числове моделювання і аналіз плоских статично невизначених конструкцій (5 год.)

Поняття статично невизначеної системи. Приклад розрахунку нерозрізної балки методом скінченних елементів. Приклад розрахунку нерозрізної консольної балки методом скінченних елементів. Порівняння результатів числового аналізу з наявними класичними рішеннями.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1-4, 7, 11, 12, 14]: які основні відмінності нерозрізних балок від розрізних? на основі відкритих джерел знайдіть прототип існуючої ферми та змодельуйте її методом скінченних елементів.

Тема 5. Числове моделювання і аналіз просторових конструкцій (5 год.)

Механічна робота конструкції в загальній (просторовій) постановці. Стиковка стержневих скінченних елементів у просторовому вузлі. Як “читати” результати просторового розрахунку конструкції. Правило знаків для сил і моментів. Постпроцесор (перевірки моделі за нормами проектування).

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 2, 4, 5, 6, 13, 15]: створіть кілька автоматизованих листів для перевірки конструкції за українськими та закордонними нормами проектування.

Тема 6. Оптимізація моделей будівельних конструкцій (5 год.)

Поняття, критерії оптимізації. Оптимізація аналітичної моделі об’єкту за геометричними, фізичними властивостями елементів. Використання логічних операцій у розрахунках будівельних конструкцій. Цифрові технології для оптимізації розрахункових моделей.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 4, 5, 9, 17]: додайте елементи оптимізації в моделі балок, ферм, рам, що розробили на попередніх заняттях.

Перелік тем практичних занять (30 год.)

Тема 1. Підвищення ефективності конструктивних рішень в галузі будівництва (5 год.)

Вивчення архітектурних креслень, конструктивних схем, будівельних матеріалів, використаних технологій. Оцінка прийнятих конструктивних рішень з точки зору ефективності, міцності, довговічності, естетики. Створення концептуальної моделі будівлі (наприклад, житлового будинку, офісного центру, громадської споруди) з урахуванням сучасних тенденцій в архітектурі та будівництві. Розробка моделі з урахуванням функціональних, естетичних та

енергоефективних вимог. Обґрунтування вибору матеріалів, конструктивних схем, інженерних систем.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [3, 5, 8, 13]: створіть візуалізації будівельного об'єкту (ескізи, 3D-моделі) з метою його подальшого розрахунку.

Тема 2. Матрична форма розрахунку конструкції методом скінченних елементів (5 год.)

Створення матриць жорсткості для простих елементів. Формування глобальної матриці жорсткості. Складання вектора навантажень. Врахування граничних умов (шарніри, жорсткі защемлення). Розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Визначення вузлових переміщень, зусиль, деформацій. Побудова епюр.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1-6, 11, 12, 17]: дослідіть вплив властивостей матеріалу та умов закріплення елементів на загальну поведінку конструкції.

Тема 3. Розрахунки простих та консольних балок методом скінченних елементів (5 год.)

Розбір процесу створення моделі балки в середовищі TechEditor. Вибір кількості елементів та їхнього положення. Задання граничних умов та навантажень. Вибір матеріалу балки та призначення відповідних фізико-механічних характеристик. Визначення опорних реакцій, зусиль, деформацій в перерізах балки.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 2, 9, 10, 15, 16]: виконайте повторний (паралельний) розрахунок балок за допомогою методу перерізів.

Тема 4. Розрахунки нерозрізних балок та ферм методом скінченних елементів (5 год.)

Розрахунок балок з різними видами опор (шарнірні, жорсткі защемлення). Аналіз впливу кількості прогонів на розподіл згинальних моментів і поперечних сил. Моделювання балок зі ступінчастою зміною перерізу. Моделювання ферменних конструкцій з різною довжиною панелі та висотою.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1-4, 7, 11, 12, 14]: змодельуйте та розрахуйте методом скінченних елементів трипрогонову нерозрізну балку та двопрогонову ферму.

Тема 5. Розрахунок просторової рами методом скінченних елементів (5 год.)

Створення моделі просторової конструкції в середовищі TechEditor за заданим кресленням. Прикладення зосереджених та рівномірно розподілених

навантажень. Перевірка міцності елементів конструкції за обраними нормами проєктування (ДБН, Eurocode, CSA).

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 2, 4, 5, 6, 13, 15]: створіть моделі просторової рами, які міститимуть навантаження від снігу та вітру.

Тема 6. Оптимізація балкових та стержневих моделей (5 год.)

Застосування методів оптимізації до простих моделей (мінімум маси, максимум жорсткості, тощо). Використання логічних операцій для моделювання зовнішніх ефектів та загальної поведінки конструкції. Використання програмних засобів для розв'язання задач оптимізації.

Питання на самостійне опрацювання (5 год.) - [1, 4, 5, 9, 17]: додайте в розроблені раніше моделі слайдери, селектори та інші програмні об'єкти TechEditor, які дозволять гнучко керувати параметрами оптимізації.

ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ

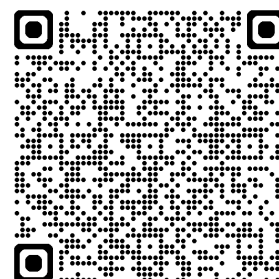
Розподіл годин, виділених на вивчення дисципліни:

Найменування видів робіт	Розподіл годин за формами навчання	
	денна	заочна
Самостійна робота, год, у т.ч.:	120	120
Опрацювання матеріалу, викладеного на лекціях	20	20
Підготовка до практичних занять та контрольних заходів	20	20
Підготовка звітів з практичних робіт	-	-
Підготовка до поточного контролю	20	20
Опрацювання матеріалу, винесеного на самостійне вивчення	60	60

ПОЛІТИКА КУРСУ

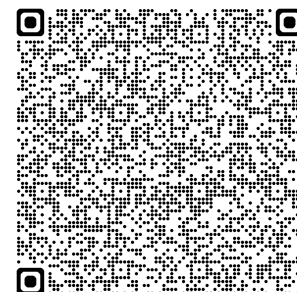
1) щодо системи поточного і підсумкового контролю

Організація поточного та підсумкового семестрового контролю знань студентів, проведення практик та атестації, переведення показників академічної успішності за 100-бальною шкалою в систему оцінок за національною шкалою здійснюється згідно з «Положенням про систему поточного і підсумкового контролю, оцінювання знань та визначення рейтингу здобувачів освіти». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



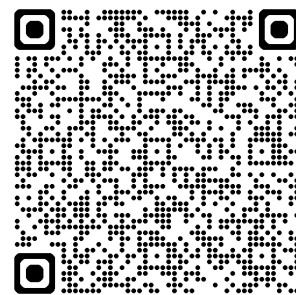
2) щодо оскарження результатів контрольних заходів

Здобувачі вищої освіти мають право на оскарження оцінки з дисципліни отриманої під час контрольних заходів. Апеляція здійснюється відповідно до «Положення про політику та врегулювання конфліктних ситуацій». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



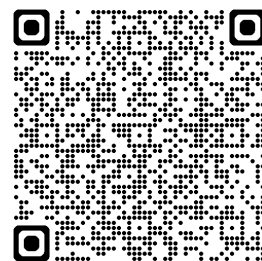
3) щодо відпрацювання пропущених занять

Згідно “Положення про організацію освітнього процесу” здобувач допускається до семестрового контролю з **конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційованого заліку)**, якщо він виконав усі види робіт, передбачені на семестр навчальним планом та **силабусом/робочою програмою навчальної дисципліни, підтвердив опанування на мінімальному рівні результатів навчання (отримав ≥ 35 бали), відпрацював визначені індивідуальним навчальним планом всі лекційні, практичні, семінарські та лабораторні заняття, на яких він був відсутній. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).**



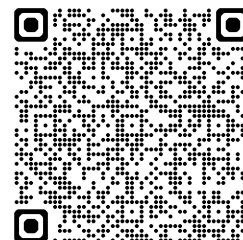
4) щодо дотримання академічної доброчесності

“Положення про академічну доброчесність” закріплює моральні принципи, норми та правила етичної поведінки, позитивного, сприятливого, доброчесного освітнього і наукового середовища, професійної діяльності та професійного спілкування спільноти Університету, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



5) щодо використання штучного інтелекту

“Положення про академічну доброчесність” визначає політику щодо використання технічних засобів на основі штучного інтелекту в освітньому процесі. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#). “Положення про систему запобігання та виявлення академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації академічних творів” містить рекомендації щодо використання в академічних текстах генераторів на основі штучного інтелекту. Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



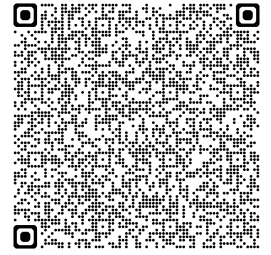
6) щодо використання технічних засобів в аудиторії та правила комунікації

Використання мобільних телефонів, планшетів та інших гаджетів під час лекційних та практичних занять дозволяється виключно у навчальних цілях (для уточнення певних даних, перевірки правопису, отримання довідкової інформації тощо). На гаджетах повинен бути активований режим «без звуку» до початку заняття. Під час занять заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Під час виконання заходів контролю використання гаджетів заборонено (за винятком, коли це передбачено умовами його проведення). У разі порушення цієї заборони результат анулюється без права перескладання.

Комунікація відбувається через електронну пошту і сторінку дисципліни в Moodle.

7) щодо зарахування результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти

Процедури визнання результатів навчання, здобутих шляхом формальної/інформальної освіти визначаються «Положенням про порядок визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти». Ознайомитись з документом можна за [покликанням](#).



МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При вивченні дисципліни застосовується комплекс методів для організації навчання студентів з метою розвитку їх логічного та абстрактного мислення, творчих здібностей, підвищення мотивації до навчання та формування особистості майбутнього фахівця.

Програмний результат навчання	<u>Метод навчання</u>	Метод оцінювання
<p>ПРН01 Проектувати будівлі і споруди (відповідно до спеціалізації), в тому числі з використанням програмних систем комп'ютерного проектування, з метою забезпечення їх надійності та довговічності, прийняття раціональних проектних та технічних рішень, техніко-економічного обґрунтування, враховуючи особливості об'єкта будівництва, визначення оптимального режиму його функціонування та впровадження заходів з ресурсо- та енергозбереження.</p> <p>ПРН06 Застосовувати сучасні математичні методи для аналізу статистичних даних, розрахунку та оптимізації параметрів проектування та технологічних процесів зведення будівель та споруд.</p> <p>ПРН09 Підбирати сучасні матеріали, технології і методи виконання процесу будівельного виробництва, враховуючи архітектурно-планувальну, конструктивну частину проекту та базу будівельної організації.</p>	<p>- наочні методи (МН 2.2 – демонстрування; - практичні методи (МН 3.4 - практичні роботи);</p>	<p>- самоконтроль; - поточний контроль; - екзамен (тести);</p>

ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Контрольні заходи

(в разі потреби - розділити за семестрами)

<i>Вид</i>	<i>Зміст</i>	<i>% від загальної оцінки</i>	<i>Бал</i>	
			<i>min</i>	<i>max</i>
Поточні контрольні заходи	всього	60	35	60
Підсумкові контрольні заходи		40	25	40
Всього:		100	60	100

Процедура проведення контрольних заходів, а саме поточного контролю знань протягом семестру та підсумкового семестрового контролю, регулюється «Положенням про систему поточного та підсумкового контролю оцінювання знань та визначення рейтингу студентів».

Фіксація **поточного** контролю здійснюється в “Електронному журналі обліку успішності академічної групи” на підставі чотирибальної шкали - “2”; “3”; “4”; “5”. У разі відсутності студента на занятті виставляється “н”. За результатами поточного контролю у Журналі, автоматично визначається підсумкова оцінка, здійснюється підрахунок пропущених занять.

Усі пропущені заняття, а також негативні оцінки студенти зобов'язані відпрацювати впродовж трьох наступних тижнів. У випадку недотримання цієї норми, замість “н” в журналі буде виставлено “0” (нуль балів), без права перездачі. Відпрацьоване лекційне заняття в електронному журналі позначається літерою «в».

Критерії оцінювання (за необхідності, поточного та/або підсумкового контролю)

До підсумкового контролю допускаються студенти які за результатами поточного контролю отримали не менше 35 балів. Усі студенти, що отримали 34 балів і менше, не допускаються до складання підсумкового контролю і на підставі укладання додаткового договору, здійснюють повторне вивчення дисципліни впродовж наступного навчального семестру. За результатами підсумкового контролю (диференційований залік/екзамен) студент може отримати 40 балів. Студенти, які під час підсумкового контролю отримали 24 бали і менше, вважаються такими, що не здали екзамен/диференційований залік і повинні йти на перездачу.

Загальна семестрова оцінка з дисципліни, яка виставляється в екзаменаційних відомостях оцінюється в балах (згідно з **Шкалою оцінювання**

знань за ЄКТС) і є сумою балів отриманих під час поточного та підсумкового контролю.

Шкала оцінювання знань за ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Рівень досягнень, %	Шкала ECTS
Національна диференційована шкала		
Відмінно	90 – 100	A
Добре	83 – 89	B
	75 – 82	C
Задовільно	67 – 74	D
	60 – 66	E
Незадовільно	35 – 59	FX
	0 – 34	F
Національна недиференційована шкала		
Зараховано	60 – 100	-
Не зараховано	0 – 59	-

Студенти, які не з'явилися на заліки/екзамени без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Баженов В. А., Вабіщевич М. О., Ворона Ю. В., Перельмутер А. В., Пискунов С. О., Солодей І. І. Комп'ютерні технології розрахунку просторових конструкцій при статичних і динамічних навантаженнях / В. А. Баженов та ін. — К.: Вид-во “Каравела”, 2018. — 312 с.
2. W. William, Jr., J. M. Gere. Matrix Analysis of Framed Structures, 3rd ed. — N.Y.: Van Nostrand Reinhold, 1990.
3. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. — К.: Вища школа, 2004. — 655 с.
4. Beam formulas with shear and moment diagrams. Design aid No. 6 / American Wood Council. — American Forest & Paper Association, 2007. — 20 p.
5. Онлайн-хаб цифрових інженерних рішень Dystlab Store // <https://dystlab.store>

Додаткова література

6. Опір матеріалів в задачах і прикладах : Розрахунок статично визначуваних стержневих систем. Книга 1 / Г. В. Філатов. — К.: Ліра-К, 2019. — 360 с.
7. Опір матеріалів (спеціальний курс): теорія пружності та пластичності Підручник. Затверджено МОН України / В. М. Трач, А. В. Подворний. — К.: Каравела, 2023. — 434 с.
8. ДБН В.1.2-14:2018 “Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд” / — К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. — 36 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006 “Навантаження і впливи. Норми проектування” / — К.: Мінбуд України, 2006. — 77 с.
10. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 “Прогини та переміщення. Вимоги проектування” / — К.: Мінбуд України, 2006. — 15 с.
11. ДБН В.2.6-98:2009 “Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення” (зі змінами) / — К.: Міністерство розвитку та територій України, 2020. — 71 с.
12. ДБН В.2.6-161:2017 “Дерев'яні конструкції. Основні положення” / — К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. — 117 с.
13. ДБН В.2.6-198:2014 “Сталеві конструкції. Норми проектування” / — К.: Мінрегіон України, 2014. — 205 с.

Електронні інформаційні ресурси

14. Статичний аналіз ферми. Визначення реакцій та зусиль - Розрахунок з нуля / Канал YouTube “Dystlab | Цифрова інженерія”

<https://www.youtube.com/watch?v=Sc2MTT-hSzs>

15. Опорні реакції в простій балці. Ч.1 - Розрахунок з нуля / Канал YouTube “Dystlab | Цифрова інженерія”

<https://youtu.be/tBvxhp9YF2o>

16. Опорні реакції в простій балці. Ч.2 (зміна напрямку сил) - Розрахунок з нуля #українською / Канал YouTube “Dystlab | Цифрова інженерія”

https://youtu.be/XMWkM_BeKx0

17. Першокласний інженерний звіт. Вебінар про розробку документації / Канал YouTube “Dystlab | Цифрова інженерія”

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLXgchSkZluF7XIwHCnMhe0cw3G33dTSR>
О