Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Навчально-науковий інститут механічної інженерії, технологій та транспорту
Кафедра технологій зварювання та будівництва

“**ЗАТВЕРДЖУЮ**”
Завідувач кафедри

І.О.Прибитько
“*27*” *серпня* 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 6 – Методи експериментальних досліджень у будівництві

Освітньо-професійна програма «Будівництво та цивільна інженерія»
Рівень вищої освіти – *другий (магістерський)*
Спеціальність *192 "Будівництво та цивільна інженерія"*
Мова навчання: *українська*
Статус дисципліни: *обов’язкова*

Форма навчан.	Рік навч.	Сем.	Розподіл годин					Разом	За тиждень		ІНДЗ	Контр.
			Всього ауд.	Лек	Прак	Лаб.	СРС		Ауд.	СРС		
Денна	1	1	30	16	---	14	60	90	1,875	5,625	РГР	3
	Разом		**30**	**16**	**--**	**14**	**60**	**90**				

Чернігів – 2021 рік

Робоча програма дисципліни *Методи експериментальних досліджень у будівництві* для студентів спеціальності *19 Архітектура та будівництво* спеціальності *192 Будівництво та цивільна інженерія.*

Розробник: *доцент кафедри технологій зварювання та будівництва, кандидат технічних наук*

_____ (*О.Л. Деркач*)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри *технологій зварювання та будівництва*

Протокол від *“_27 ” серпня 2021 року №*_1_

Завідувач кафедри *технологій зварювання та будівництва*

_____ (*І.О. Прибитько*)
(підпис) (прізвище та ініціали)

© НУ «Чернігівськ політехніка», 2021 рік

Abstract

ESIMENGITT/ MT and B / Methods of experimental research in construction

2021-2022 Sem. 1

Course Description

The discipline "Methods of experimental research in construction" is an important component in the formation of skills and abilities of scientific research of master builders. The acquired knowledge and skills can be used to analyze the stress-strain and technical condition of building structures and their elements, the study of physical and mechanical properties of materials.

The subject of the discipline is the methods of mechanical and ultrasonic methods of testing the strength of concrete and reinforced concrete structural elements, as well as tools for research of physical and mechanical properties of materials and elements of building structures. When studying the course, modern methods of conducting research on the strength of building structures are considered, in particular, the following methods: separation, separation with chipping, chipping of the rib, elastic rebound, shock pulse method, etc. In this course the acquaintance with devices for definition of physical and mechanical properties of characteristics of materials of building designs is carried out, methods of statistical processing of results of researches and mathematical planning of experiment are considered.

Contents: experimental methods, strength of materials, strength of concrete, stress analysis, numerical analysis, health monitoring, nondestructive methods, ultrasonic strength anaysis.

1 Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><th rowspan="2">Найменування показників</th><th rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</th><th>Характеристика навчальної дисципліни</th></tr>
<tr><th>денна форма навчання</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість кредитів – 3</td><td>Галузь знань
19 Архітектура та будівництво</td><td rowspan="2">Нормативна</td></tr>
<tr><td>Спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма «Будівництво та цивільна інженерія»</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Змістових модулів – 1</td><td rowspan="4"></td><td>Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахунково-графічна робота</td><td rowspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 90</td><td>1 -й</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Тижневих годин:
аудиторних – 1,875 год.;
самостійної і індивідуальної роботи студента – 5,625 год.</td><td rowspan="8">Освітньо-кваліфікаційний рівень:
магістр</td><td>Лекції</td></tr>
<tr><td>1 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні</td></tr>
<tr><td>---</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>0,875 год.</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>5,625 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю</td></tr>
<tr><td>Залік</td></tr>
</table>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 30:60=1:2.

Застосовані скорочення:
МДТТ – механіка деформівного твердого тіла;
ЗВО – здобувач вищої освіти.

2 Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення курсу “Методи експериментальних досліджень в будівництві” є формування базових знань з експериментальних методів механіки деформівного твердого тіла та вмінь, необхідних для проведення експериментальних досліджень будівельних конструкцій і споруд, їх елементів і матеріалів, а також вмінь отримувати за результатами проведених випробувань інформацію щодо напружено-деформівного і технічного стану будівельних конструкцій та фізико-механічних характеристик матеріалів.

Предметом вивчення дисципліни є методи механічних і ультразвукових методів випробувань міцності бетонних та залізобетонних елементів конструкцій, а також інструментальні засоби досліджень фізико-механічних властивостей матеріалів та елементів будівельних конструкцій. При вивченні курсу розглядаються сучасні методи проведення досліджень міцності будівельних конструкцій, зокрема такі методи: відриву, відриву зі сколюванням, сколювання ребра, пружного відскоку, метод ударного імпульсу та інш. У даному курсі проводиться ознайомлення з приладами для визначення фізико-механічних властивостей характеристик матеріалів будівельних конструкцій, розглядаються методи статистичної обробки результатів досліджень та математичного планування експерименту.

Під час вивчення дисципліни здобувач вищої освіти (ЗВО) має набути або розширити наступні загальні і спеціальні (фахові) компетентності, передбачені освітньою програмою:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК07 Вміння виявляти, аналізувати та вирішувати проблеми у професійній сфері.

СК04. Здатність проводити обстеження, випробування, діагностику та розрахунки при розв’язанні задач в галузі будівництва та цивільної інженерії.

СК05. Здатність будувати та досліджувати моделі ситуацій, об’єктів та процесів будівництва та цивільної інженерії.

СК09. Базові знання основних національних, європейських та міжнародних нормативно-правових актів у сфері будівництва.

3 Очікувані результати навчання з дисципліни

Під час вивчення дисципліни ЗВО має досягти або вдосконалити наступні програмні результати навчання (ПРН), передбачені освітньою програмою:

ПРН02. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії для розв’язування складних задач професійної діяльності.

ПРН05. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері архітектури та будівництва.

ПРН07. Розробляти заходи з охорони праці та навколишнього середовища при проведенні досліджень та у виробничій діяльності.

ПРН09. Підбирати сучасні матеріали, технології і методи виконання процесу будівельного виробництва, враховуючи архітектурно-планувальну, конструктивну частину проекту та базу будівельної організації.

ПРН10. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

ПРН12. Здатність розв'язувати проблеми будівництва та цивільної інженерії у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни ЗВО повинен: ***знати*** перелік і зміст основних нормативних документів, сучасні експериментальні засоби і теоретичні дані про конструкційні матеріали, а також інформацію щодо принципів роботи експериментальних засобів досліджень; ***вміти*** застосовувати експериментальні методи та засоби контролю необхідних параметрів напружено-деформівного стану конструкцій, складати плани та програми експериментальних досліджень, розробляти математичні моделі конструкцій для визначення і уточнення параметрів випробувань; ***мати навички*** проведення експериментальних досліджень, оцінки напружено-деформівного і технічного стану будівельних конструкцій, обробки та систематизації одержаних експериментальних даних.

4 Критерії оцінювання результатів навчання

З тими ЗВО, які до проведення підсумкового семестрового контролю не встигли виконати всі обов'язкові види робіт та мають підсумкову оцінку від 0 до 59 балів (за шкалою оцінювання), проводяться додаткові індивідуальні заняття, за результатами яких визначається, наскільки глибоко засвоєний матеріал, та чи необхідне повторне вивчення дисципліни.

ЗВО повинен вільно володіти термінологією дисципліни. Знати основні засади МДТТ. Вміти застосовувати теоретичні знання для проведення експериментальних досліджень і обробки експериментальних даних.

Дисципліну можна вважати такою, що засвоєна, якщо ЗВО:

1) знає:

- перелік і зміст основних нормативних документів;
- сучасні експериментальні засоби і теоретичні дані про конструкційні матеріали;
- інформацію щодо принципів роботи експериментальних засобів досліджень;
- порядок проведення експериментальних досліджень.

2) вміє:

- застосовувати експериментальні методи та засоби контролю необхідних параметрів напружено-деформівного стану конструкцій;

- складати плани та програми експериментальних досліджень;

- розробляти математичні моделі конструкцій для визначення і уточнення параметрів випробувань;

- проводити математичну обробку даних експериментальних досліджень.

5 Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є поточний та семестровий контроль. Поточний контроль складається з опитувань, які проводяться під час лекцій та розрахунково-графічних робіт. Запитання для поточного контролю знаходяться у відповідних методичних рекомендаціях. Семестровий контроль проводиться у вигляді заліку, запитання до якого на початку семестру розміщується у системі дистанційного навчання Moodle.

6 Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ. Роль і місце експериментальних методів досліджень в будівництві.

Основні співвідношення МДТТ. Класифікація і постановка задач МДТТ. Особливості крайових задач МДТТ, обумовлені властивостями матеріалів і граничними умовами.

Тема 2. Засоби тензометричного визначення напружень в елементах конструкцій. Підготовка до випробувань.

Основні принципи методу тензометрії за допомогою механічних тензодавачів і тензодавачів опору. Підготовка до механічних випробувань. Підготовка випробування ультразвуковим методом.

Тема 3. Методи пружного відскоку.

Основні засади методів, які базуються на залежностях між міцністю бетону на стиск і його твердістю, пружністю і міцністю на розтяг (відрив). Кореляційна характеристика між пружними характеристиками матеріалу та його міцністю. Основні принципи роботи склерометрів КМ, ОМШ-1, ХПС, ИПС-МГ4.03 (ИПС-МГ4) та ОНИКС-2.6.

Тема 4. Метод пластичних деформацій і метод ударного імпульсу.

Оцінка міцності матеріалів за допомогою молотків конструкцій І. А. Фізделя, К. П. Кашкарова, пружинного молотока ПМ та приладів маятникового типу (ДПГ-4, УМП). Послідовність проведення випробувань методом ударного імпульсу. Вимірювач міцності бетону методом ударного імпульсу ИПС-МГ 4.03.

Тема 5. Метод відриву, відриву зі сколюванням.

Основні принципи та послідовність визначення міцності методами відриву та відриву зі сколюванням за допомогою приладу ОНИКС-ОС. Переваги та обмеження методів відриву, відриву зі сколюванням.

Тема 6. Метод сколювання ребра.

Основні положення методу визначення міцності сколюванням ребра конструкції. Послідовність проведення випробувань методом сколювання ребра за допомогою приладу ОНИКС-СР.

Тема 7. Ультразвуковий метод визначення фізико-механічних властивостей матеріалів. Вимірювання механічних напружень і параметрів віброколивань.

Вимірювання часу і швидкості поширення ультразвуку при поверхневому і наскрізному прозвучу об'єктів контролю. Послідовність проведення випробувань ультразвуковим методом за допомогою приладу ПУЛЬСАР. Виявлення і оцінки глибини поверхневих несуцільностей і тріщин в сталевих конструкціях приладом ВДЛ-5.2. Вимірювання механічних напружень і параметрів віброколивань ИНК-2.4

Тема 8. Обробка і аналіз даних експериментальних випробувань.

Методи і програмні засоби статистичної обробки результатів випробувань. Оформлення журналу випробувань.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви тем		Кількість годин для денної/заочної форми навчання				
		Всього	У тому числі			
			Лек.	Пр.	Лаб.	С.р.
1	2	3	4	5	6	7
1	Вступ. Роль і місце експериментальних методів досліджень в будівництві	6	2			4
2	Засоби тензометричного визначення напружень в елементах конструкцій. Підготовка до випробувань	10	2		2	6
3	Методи пружного відскоку	10	2		2	6
4	Метод пластичних деформацій і метод ударного імпульсу	8	2		2	4
5	Метод відриву, відриву зі сколюванням	14	2		2	10
6	Метод сколювання ребра	14	2		2	10
7	Ультразвуковий метод визначення фізико-механічних властивостей матеріалів. Вимірювання механічних напружень і параметрів віброколивань	14	2		2	10
8	Обробка і аналіз даних експериментальних випробувань	14	2		2	10
Усього годин за дисципліну		**90**	**16**		**14**	**60**

5 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тензометричні методи визначення напружень в конструктивних елементах	2
2	Використання методу пружного відскоку для визначення міцності бетону	2
3	Використання методу пластичних деформацій і метод ударного імпульсу для визначення міцності матеріалів	2
4	Використання методів відриву та відриву зі сколюванням для визначення міцності бетону	2
5	Використання методу сколювання ребра для визначення міцності бетону	2
6	Основи ультразвукового методу визначення фізико-механічних властивостей матеріалів.	2
7	Використання математичного пакета Octave для обробки і аналізу даних експериментальних випробувань	2
Разом		**14**

7 Індивідуальні завдання

Робочим планом передбачено виконання розрахунково-графічної роботи з такими завданнями:

1. Розрахунок напруженого стану об’єктів лабораторних досліджень.
2. Співставлення розрахункових і експериментальних даних з визначення напруженого стану стержнів тензометричними методами.
3. Чисельна обробка експериментальних даних, визначення середнього значення вимірюваної величини, її нормального розподілу та похибки проведених досліджень.

8 Методи контролю

Оцінювання знань ЗВО здійснюється відповідно до «Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань ЗВО Національного університету «Чернігівська політехніка», погодженого вченою радою НУ «Чернігівська політехніка» (протокол № 6 від 31.08.2020 р.) та затвердженого наказом ректора НУ «Чернігівська політехніка» від 31.08.2020 р. №26.

З дисципліни ЗВО може набрати до 70% підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру і до 30% підсумкової оцінки – на заліку.

Виконання та особистий захист усіх практичних робіт, зазначених у робочій навчальній програмі з дисципліни, є обов’язковим.

Поточний контроль проводиться шляхом спілкування із ЗВО під час лекцій, практичних занять та консультацій, опитувань ЗВО під час захисту контрольної роботи.

Модульний контроль проводиться у вигляді письмової відповіді на два теоретичних запитання та одне практичне завдання. Питання та завдання для підготовки до модульних контролів знаходяться в методичних вказівках до самостійної роботи студентів та розміщені у системі дистанційного навчання Moodle.

Семестровий контроль за результатами вивчення дисципліни проводиться шляхом зваженого додавання результатів модульного та поточного контролю і виставлення підсумкової оцінки до залікової відомості.

За результатами вивчення дисципліни в залікову відомість виставляються оцінки поточного контролю, до яких дораховується сума балів, набраних за результатами заліку. На заліку студенту пропонуються два теоретичних питання: теоретичне питання (до 10 балів) та практичне завдання (до 20 балів). Питання для підготовки до заліку знаходяться в методичних вказівках до самостійної роботи студентів та розміщені у системі дистанційного навчання Moodle.

У окремих випадках за об’єктивних причин (наприклад, навчання у дистанційній формі, відсутність ЗВО під час модуля внаслідок хвороби) модульний контроль та залік можуть бути проведені в онлайн режимі у вигляді відповідей на тестові теоретичні та практичні завдання у системі дистанційного навчання Moodle.

Набрана кількість балів переводиться у семестрову оцінку відповідно до шкали оцінювання, що наведена в наступному розділі. Усі колізії, пов’язані із несвоєчасним отриманням семестрової оцінки, вирішуються відповідно до «Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань ЗВО НУ «Чернігівська політехніка».

9 Політики курсу

Загальна політика

У випадку, якщо здобувач протягом семестру не виконав у повному обсязі передбачених робочою програмою всіх видів навчальної роботи, він не допускається до складання іспиту, але має право ліквідувати академічну заборгованість у порядку, передбаченому «Положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів НУ “Чернігівська політехніка”». До загальної політики курсу відноситься дотримання принципів відвідування занять очно у відповідності до затвердженого розкладу, крім випадків карантину (коли заняття проводяться дистанційно через Інтернет), а також вільного відвідування лекційних занять для осіб, які отримали на це дозвіл.

Політика академічної доброчесності

Академічна доброчесність повинна бути забезпечена при виконанні розрахунково-графічних робіт (принципи академічної доброчесності описані у Кодексі академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка»). Списування під час проміжного та підсумкового контролів,

виконання практичних завдань на замовлення, підказки вважаються проявами академічної недоброчесності. До здобувачів, у яких було виявлено порушення академічної доброчесності, застосовуються різноманітні дисциплінарні заходи (включаючи повторне проходження певних етапів).

Політика відвідування занять

Відвідування всіх занять є обов'язковим. ЗВО, які навчаються за індивідуальним графіком, можуть звільнятися тільки від відвідування лекційних занять. За об'єктивних причин (наприклад, міжнародне стажування, хвороба, хвороба, участь в зазначений час в інших видах навчальної, наукової чи організаційної роботи) відвідування може відбуватися в онлайн формі або у змішаній формі за погодженням із викладачем.

Політика відпрацювання пропущених занять

ЗВО, які пропустили хоча б одне практичне заняття, повинні пройти процедуру відпрацювання, яка полягає у виконанні індивідуальних практичних завдань. Відпрацювання проводяться за встановленим графіком ліквідації заборгованостей у кінці навчального семестру або за узгодженням із викладачем.

Політика дедлайнів

Своєчасність здачі РГР оцінюється у 2 бали. Своєчасність здачі розділів РГР оцінюється у 2 бали. Максимальна оцінка за невчасно здані роботи зменшується на зазначену кількість балів. Для допуску до заліку всі види робіт, передбачені поточним контролем, повинні бути виконані та здані до початку залікового тижня.

Політика перескладання

Повторне складання іспиту з метою підвищення позитивної оцінки не дозволяється. У випадку повторного складання іспиту всі набрані протягом семестру бали анулюються, і після цього складається повторний іспит за стандартною процедурою.

10 Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 10.1 – Складові оцінок поточних атестаційних контролів за видами робіт

Модуль за тематичним планом дисципліни та форма контролю	**Кількість балів**
1 Повнота ведення конспектів занять.	0… 20
2 Виконання і захист лабораторних робіт.	0… 30
3 Захист задач РГР	0… 40
4 Своєчасність виконання лабораторних робіт і РГР	0… 10
Зважена семестрова оцінка	**0… 100**

Таблиця 10.2 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	**Оцінка ECTS**	**Оцінка за національною шкалою**	
		для екзамену, курсової роботи	**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

11 Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Лекційний матеріал подається у вигляді презентацій з використанням медіа-проектора. Під час лекцій обговорюються основні та додаткові питання, аналізуються проблемні ситуації, організовується зворотний зв'язок з аудиторією шляхом формулювання запитань і відповідей з обох сторін.

Під час лабораторних занять розглядаються основні теоретичні положення та практичні завдання за темами занять.

12 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Методи експериментальних досліджень в будівництві” для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія. / Укл. Л.Я. Березін. Чернігів: ЧНТУ, 2017. 74 с.

2. Методичний посібник до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методи експериментальних досліджень в будівництві» для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / Укл. О.Л. Деркач. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2021. 34 с.

3. Методи експериментальних досліджень в будівництві. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія / Укл. Л.Я.Березін. –Чернігів: ЧНТУ, 2016. 15 с.

4. Методи експериментальних досліджень в будівництві. Конспект лекцій для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, Чернігів: ЧНТУ, 2018. 123 с.

13 Рекомендована література

Базова

1. Арискин М.В. Методы экспериментальных исследований строительных конструкций: учеб. пособие. Пенза: ПГУАС, 2015. 80 с.

2. Бадьин Г.М. Справочник по измерительному контролю качества строительных работ. СПб: «БХВ-Петербург», 2010. 464 с.

3. Писаренко Г.С., Стрижало В.А. Экспериментальные методы в механике деформируемого твердого тела. Киев: Наукова думка, 2018. 422 с.

Допоміжна

1. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: навч. посібник, видання друге / Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 348 с.

2. Molimard J. Experimental mechanics of solids and structures. Wiley, 2016. 179 p.

3. Sciammarella C.A., Sciammarella F.M. Experimental mechanics of solids. Wiley, 2012. 746 p.

4. Non-destructive assessment of concrete structures: reliability and limits of single and combined techniques / Ed. by D. Breysse. Springer, 2012. 388 p.

5. Montgomery D.C. Design and analysis of experiments. Wiley, 2017. 753 p.

Інформаційні ресурси

1. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Бетони: Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. Київ: Міненергобуд України, 2010. 15 с.

2. ДСТУ Б В.2.7-185:2009. Цементи: Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об’єму. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 12 с.

3. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Цементи: Методи визначення міцності на згин і стиск. Київ: Міненергобуд України, 2010. 15 с.

4. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони: Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ: Міненергобуд України, 2010. 43 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Бетони: Визначення міцності механічними методами неруйнівного констролю. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 34 с.

6. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Бетони: Ультразвуковий метод визначення міцності. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 28 с.