

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра механіки

Затверджено
на засіданні кафедри механіки
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)



Завідувач кафедри:
Андрейків Олександр АНДРЕЙКІВ

Силабус з навчальної дисципліни
“Опір матеріалів”,
що викладається в межах ОПП “Математичне моделювання та
комп’ютерна механіка”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів зі
спеціальності 113 – Прикладна математика

Назва дисципліни	Опір матеріалів
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет механіко-математичний Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – Математика та статистика 113 – Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Станкевич Володимир Зенонович, професор кафедри механіки, доктор фізико-математичних наук, доцент
Контактна інформація викладачів	volodymyr.stankevych@lnu.edu.ua https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/stankevych-v-z Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 148. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1. Кафедра механіки, каб. 148.
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/strength-of-materials-program-mathematical-modeling-and-computer-mechanics
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Опір матеріалів” є нормативною дисципліною зі спеціальності 113 – Прикладна математика для освітньої програми “Математичне моделювання та комп’ютерна механіка”, яка викладається в 5-му семестрі в обсязі 4,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS) та у 6-му семестрі в обсязі 4,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Опір матеріалів є фундаментальною загальнонауковою дисципліною, яка базується на висновках теоретичної механіки й використовуючи відповідний математичний апарат, розглядає питання пружного деформування, міцності, жорсткості та стійкості конструктивних елементів машин і споруд. Вивчення опору матеріалів дає знання для розуміння механічних явищ та поведінки типових елементів машин, споруд та іншої техніки, які необхідно враховувати у практиці проектування та експлуатації, а також для самостійного вирішення нових технологічних і конструкторських завдань. Ця дисципліна розвиває у студентів навички математичного моделювання (вибору розрахункових схем) реальних об’єктів з відповідним вибором розрахункових формул для оцінки їх міцності, жорсткості, стійкості для забезпечення надійності роботи конструктивних елементів, використання комп’ютерного моделювання аналізу поведінки елементів конструкцій під навантаженням.
Мета та цілі дисципліни	Мета: освоєння студентами теоретичних засад і практичних основ розрахунку на міцність, жорсткість і стійкість стрижневих елементів конструкцій. Цілі: коректний вибір студентами розрахункових схем елементів

	будівельних та машинобудівних конструкцій; формування навичок практичних розрахунків конструктивних елементів; застосування обчислювальної техніки для аналізу напружено-деформованого стану пружних тіл.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко, О.Я. Квітка, Е.С. Уманський. – К. : Вища школа, 2004. – 635 с. 2. Швабюк В.І. Опір матеріалів / В. І. Швабюк. – К.: Знання, 2016. – 407 с. 3. Чихладзе Е.Д., Кітов Ю.П. Вибрані задачі з опору матеріалів з розв'язаннями: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 231 с. 4. Коможицькі Ц., Чернець М. Збірник задач з опору матеріалів. – Люблінська політехніка, 2014. – 336 с. 5. Ольховий І.М., Стасюк Б.М., Станкевич В.З. Короткий курс опору матеріалів. – Львів: Вид-во НУ "ЛП", 2004. – 196 р. 6. Ковтун В.В., Павлов В.С., Дорофєєв О.А. Опір матеріалів. Розрахункові роботи. – Львів: Афіша, 2002. – 280 с. 7. Андрейків О.Є., Штаюра С.Т. Експериментальна механіка матеріалів. Ч. 1 – Львів: В-во ЛНУ, 2003. 8. Mittelstedt Ch. Engineering Mechanics 2: Strength of Materials / Springer Vieweg. – 2023. – 328 p. 9. Mott R.L., Untener J.A. Applied Strenght of materials / CRC Press. – 2018. – 839 p. 10. Domanski J. SolidWorks Simulation 2020. Statyczna analiza wytrzymaosciowa / Helion. – 2020. – 336 p.
Обсяг курсу	<p>5 семестр. Загальний обсяг: 135 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 год. лабораторних занять. Самостійної роботи: 71 год.</p> <p>6 семестр. Загальний обсяг: 135 годин. Аудиторних занять: 96 год., з них 48 год. лекційних та 48 год. лабораторних занять. Самостійної роботи: 39 год.</p> <p>Протягом 5-6 семестрів. Загальний обсяг: 270 годин. Аудиторних занять: 160 год., з них 80 год. лекцій та 80 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 110 год.</p>
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде знати:</p> <p>основні гіпотези та закони опору матеріалів як частини механіки деформівного твердого тіла; основні фізико-механічні властивості матеріалів та їх поведінку в різноманітних умовах експлуатації; методи розрахунку елементів конструкцій та споруд на міцність, жорсткість та стійкість; порядок розрахунку статично визначуваних та невизначуваних стрижневих систем.</p> <p>Вміти:</p> <p>визбирати математичну модель (розрахункову схему) реального об'єкта; визбирати раціональні форми елементів конструкцій та необхідні матеріали; проводити аналітичний розрахунок на міцність та жорсткість стрижневих елементів конструкцій при простих видах деформацій (розтягу, стиску, кручення, згину) та їх сумісній дії; проводити розрахунок на стійкість та визначати критичні параметри стрижневих систем; проводити комп'ютерну симуляцію розрахунків конструктивних елементів.</p> <p>У результаті засвоєння матеріалу даного курсу студент набуде таких загальних (ЗК) і фахових (ФК) компетентностей:</p> <p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p>

	<p>ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.</p> <p>ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.</p> <p>ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.</p> <p>ФК07. Здатність експлуатувати та обслуговувати програмне забезпечення автоматизованих та інформаційних систем різного призначення.</p> <p>ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.</p> <p>ФК13. Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.</p> <p>ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.</p> <p>ФК17. Здатність формувати та розв'язувати задачі механіки.</p> <p>і здобуде такі результати навчання (РН):</p> <p>РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формувати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.</p> <p>РН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.</p> <p>РН06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку.</p> <p>РН12. Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.</p> <p>РН13. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики.</p> <p>РН21. Знати основні поняття механіки та володіти методами розв'язування задач механіки.</p>
Ключові слова	Нормальні і дотичні напруження, розрахункова схема, стійкість стрижнів, допустимі напруження, кручення, згин, розтяг, метод сил, статично-невизначувані стрижневі системи, теорії міцності, інтеграл Мора.
Формат курсу	Очний.

Теми	5 семестр
	<p>1. Предмет, основні завдання, гіпотези, об'єкти дослідження в опорі матеріалів. (Основні означення, розрахункова схема, гіпотези та принципи. Метод перерізів. Напруження і деформації. Внутрішні сили.)</p> <p>2. Розтягування-стискування прямолінійних стрижнів. (Повздовжні сили під час розтягування та стискування. Метод перерізів. Нормальні напруження, видовження та вкорочення стрижнів. Температурні задачі. Розрахунки статично-визначуваних і невизначуваних стрижневих систем на міцність і жорсткість. Метод допустимих напружень та метод руйнівних навантажень). Механічні характеристики міцності та пластичності матеріалів.</p> <p>3. Скручування валів. (Крутні моменти. Гіпотеза плоских перерізів Бернуллі, дотичні напруження. Розрахунок на міцність і жорсткість валів круглого та кільцевого поперечного перерізів під час скручування. Статично-невизначувані задачі. Розрахунки валів некруглого попереччя). Практичні розрахунки на зріз та зминання болтових і заклепувальних з'єднань.</p> <p>4. Геометричні характеристики плоских перерізів. (Центр ваги перерізу. Статичні моменти площі, моменти та радіуси інерції. Залежності між моментами інерції відносно паралельних осей та під час їх повороту. Головні моменти інерції.)</p> <p>5. Основи теорії напруженого та деформованого стану в точці тіла. (Поняття про тензори напружень і деформацій. Закон парності дотичних напружень. Напруження на похилій площинці. Головні площинки та напруження. Об'ємний, плоский та лінійний напружені стани. Узагальнений та об'ємний закони Гука. Потенціальна енергія пружної деформації. Класичні гіпотези міцності.)</p> <p>6. Прямий згин балок. (Основні означення. Види закріплень та їх реакції. Поперечна сила та згинальний момент. Диференціальні співвідношення між внутрішніми силами. Побудова епюр. Нормальні напруження при чистому та поперечному згинах. Формула Журавського для дотичних напружень. Диференціальне та універсальне рівняння зігнутої осі балки. Повна перевірка міцності балки. Розрахунок балок на жорсткість). Балка на пружній основі. Гіпотеза Вінклера.</p> <p style="text-align: center;">6 семестр</p> <p>1. Повздовжній згин прямого стрижня. (Форми рівноваги. Поняття критичної сили. Задача Ейлера. Діаграма критичних навантажень. Формули Ейлера та Ясинського. Практичний розрахунок стиснутих стрижнів на стійкість.)</p> <p>2. Складний опір. (Косий згин балки. Силова та нейтральна лінії. Напруження і деформації при косому згині. Позацентрове розтягування (стискування) бруса великої жорсткості. Нейтральна лінія. Ядро перерізу. Сумісний згин зі скручуванням брусів круглого та прямокутного поперечних перерізів. Розрахунки на міцність при складному опорі.)</p> <p>3. Рами та ферми, криволінійні стрижневі системи. (Основні означення. Статично визначувані і невизначувані стрижневі системи. Побудова епюр внутрішніх сил. Поняття узагальнених сил. Дійсні і можливі переміщення. Робота зовнішніх і внутрішніх сил. Теорема взаємності робіт Бетті.)</p> <p>4. Інтеграл Мора визначення переміщень у стрижневих системах. (Інтеграл Мора. Обчислення інтегралу Мора методами інтегрування, Верещагіна та Сімпсона-Карнаухова. Метод сил розкриття статичної невизначуваності стрижневих систем. Канонічні рівняння методу сил.)</p> <p>5. Багатопробіжні нерозрізні балки. (Основні поняття. Врізані шарніри.</p>

	<p>Рівняння трьох моментів.)</p> <p>6. Ударні навантаження. (Технічна теорія удару. Поздовжній, крутний та поперечний удари. Коефіцієнт динамічності. Розрахунок стрижневих систем на міцність і жорсткість під поздовжнім, крутним та поперечним ударами.)</p> <p>7. Циклічні навантаження. (Основні поняття. Параметри циклу напружень. Поняття втоми та витривалості. Крива Велера. Фактори впливу на коефіцієнти запасу втомної міцності. Формула Гафа-Поларда. Практичні розрахунки на втомну міцність.)</p> <p>8. Розрахунки стрижневих елементів конструкцій за межею пружності матеріалу. (Пружна та непружна поведінка матеріалу. Роррахунок на міцність стрижневої конструкції під розтягуванням (стискуванням), валу під скручуванням та балки під дією згину за межами закону Гука.)</p>
Підсумковий контроль, форма	<p>Іспит в кінці 5-го семестру.</p> <p>Іспит в кінці 6-го семестру.</p>
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретичної механіки; – математичного аналізу; – диференціальних рівнянь.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація);</p> <p>дедуктивні методи на основі узагальнень;</p> <p>евристичні методи (проблемна лекція);</p> <p>інтерактивні методи (дискусія)</p>
Необхідне обладнання	<p>Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор).</p> <p>Для проведення практичних/лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet.</p> <p>Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams, Jupyter Notebook з вбудованим компілятором мови програмування Python).</p>
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • індивідуальні завдання: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10; • опрацювання лекційного матеріалу: 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10; • виконання трьох контрольних робіт: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30; • екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають три аудиторні контрольні роботи.</p> <p style="text-align: center;">5 семестр</p> <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оцінювання домашніх практичних робіт: 10% семестрової оцінки,

максимальна кількість балів 10.

- Оцінювання теоретичних знань лекційних занять: 10 запитань по 1 балу, 10% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 10.
- Оцінювання трьох аудиторних контрольних робіт (КР): 3 КР по 10 балів, 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30;
- екзамен: 2 практичних завдання по 10 балів, 2 теоретичних завдання по 10 балів, 10 теоретичних питань по 1 балу; 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.

Підсумкова максимальна кількість балів 100.

6 семестр

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

- Оцінювання домашніх практичних робіт: 10% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 10.
- Оцінювання теоретичних знань лекційних занять: 10 запитань по 1 балу, 10% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 10.
- Оцінювання трьох аудиторних контрольних робіт (КР): 3 КР по 10 балів, 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30;
- екзамен: 2 практичних завдання по 10 балів, 2 теоретичних завдання по 10 балів, 10 теоретичних питань по 1 балу; 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.

Підсумкова максимальна кількість балів 100.

Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Оцінювання практичної роботи відбувається шляхом захисту написаної студентом вдома практичної роботи (0-5 балів за одну роботу) та аудиторної контрольної роботи (0-10 балів за одну роботу).

Бали оцінювання написаної студентом вдома практичної роботи та аудиторної контрольної роботи нараховуються за наступним

співвідношенням:

5 – робота цілком і повністю відображає завдання студента, містить правильні висновки і числові результати, ілюстрована відповідними рисунками/епюрами, які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі;

4 – робота цілком і повністю відображає завдання студента, містить правильні висновки, але незначні хибні числові результати, ілюстрована відповідними рисунками/епюрами, які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі;

3 – робота в достатній мірі відображає завдання студента, містить допустимі висновки, частково ілюстрована відповідними рисунками/епюрами, які частково відображають суть виконаного завдання, студент достатньо розуміє принципи виконаної ним роботи, присутні неточності числових результатів, незначні помилки у відповідях на запитання по темі;

2 – робота містить загальні формулювання завдання, висновки нечіткі, частково відсутні необхідні рисунки/епюри, студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал, надає неточні/неконкретні відповіді на запитання по темі;

1 – робота не містить формулювання завдання, висновки необґрунтовані чи неповні, необхідні рисунки/епюри відсутні, студент погано розуміє розглянутий матеріал, в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі;

0 – робота не виконана/не відповідає темі, студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал.

Бали оцінювання комп'ютерної симуляції студентом відповідної аудиторної контрольної роботи нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; коректно задано крайові умови закріплення та навантаження; вірно вибрано матеріал об'єкту, вид розрахунку та скінченно-елементне розбиття геометричної моделі; отримано правильні числові результати, які відображають фізичну суть поведінки досліджуваного об'єкту; студент має повне розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає правильні відповіді на запитання по темі;

4 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; коректно задано крайові умови закріплення та навантаження; похибка у виборі матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано частково хибні числові результати; студент має повне розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає правильні відповіді на запитання по темі;

3 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; коректне задання матеріалу об'єкту, виду розрахунку, скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано частково хибні числові результати; студент має часткове розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає нечіткі відповіді на запитання по темі;

2 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; похибка у виборі матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано хибні числові результати; студент має часткове розуміння процесу комп'ютерного моделювання, надає нечіткі відповіді на запитання по темі;

	<p>1 – правильно побудована геометрична модель досліджуваного об'єкту; частково неправильний вибір крайових умов закріплення та навантаження; невірний вибір матеріалу об'єкту/виду розрахунку/скінченно-елементного розбиття геометричної моделі; отримано хибні числові результати; студент не розуміє процес комп'ютерного моделювання, не дає відповіді на запитання по темі; 0 – робота не виконана, студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал.</p> <p>Оцінювання завдань екзаменаційних робіт у 5 та 6 семестрах відбувається шляхом перевірки написаної студентом в аудиторії письмової роботи, яка складається з 2-х практичних завдань по 10 балів та 2-х теоретичних завдань по 10 балів. Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне завдання нараховуються за наступним співвідношенням: 75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обгрунтовано, логічно; 50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності; 25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові; 0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.</p> <p>Бали оцінювання відповіді на запитання екзаменаційних робіт (10 запитань по 1 балу): 1 – відповідь на запитання написана повністю правильна, містить відповідні формули, рисунки та формулювання означень, теорем чи тверджень; 0 – відповідь відсутня/не відповідає сформульованому запитанню.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти: Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<p>5 семестр</p> <p>Гіпотези та принципи опору матеріалів. Розрахункова схема. Метод перерізів визначення внутрішніх зусиль. Лінійні та кутові деформації, їх фізичний зміст. Нормальні та дотичні напруження, їх фізичний зміст. Об'єкти вивчення в опорі матеріалів. Поняття внутрішніх сил. Деформація розтягування та стискування прямолінійних стрижнів. Повздовжня сила. Метод перерізів визначення повздовжніх сил. Нормальні напруження під час розтягування (стискування). Механічні характеристики міцності та пластичності матеріалів. Розрахунки на міцність статично-визначуваних стрижневих систем. Деформації стрижнів під час розтягування (стискування). Статично-невизначувані стрижневі системи та їх розрахунки на міцність і</p>

жорсткість.
Скручування валів круглого та кільцевого перерізів.
Крутний момент, епюри крутних моментів.
Дотичні напруження під час скручування круглих валів.
Деформації валів під час скручування валів.
Розрахунки на міцність і жорсткість під час скручування.
Скручування брусів некруглого попереччя.
Статично-невизначувані задачі на скручування.
Розрахунки на зріз та зминання болтових і заклепувальних з'єднань.
Геометричні характеристики плоских перерізів.
Визначення положення центра ваги складного плоского перерізу.
Головні моменти інерції.
Залежність між моментами інерції відносно паралельних осей.
Залежність між моментами інерції під час повороту координатних осей.
Визначення головних моментів інерції та їх положення.
Напружений стан в точці тіла. Тензор напружень.
Закон парності дотичних напружень.
Головні напруження та площинки.
Об'ємний напружений стан.
Плоский напружений стан.
Лінійний напружений стан.
Чистий зсув.
Узагальнений закон Гука.
Класичні гіпотези міцності.
Прямий згин балки.
Види закріплень балки, їх реакції.
Згинальний момент та поперечна сила, правила знаків.
Диференціальні залежності між внутрішніми силовими факторами при прямому згині балки.
Правила побудови і перевірки епюр внутрішніх зусиль при прямому згині балки.
Нормальні напруження при чистому та поперечному згинах балки.
Повна перевірка балки на міцність.
Формула Журавського для дотичних напружень при прямому згині балки.
Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Метод початкових параметрів.
Універсальне рівняння зігнутої осі балки. Розрахунки на жорсткість.
Балка на пружній основі. Гіпотеза Вінклера.

6 семестр

Складний опір, його види.
Гвинтова циліндрична пружина розтягування (стискування), її геометричні параметри.
Напруження у витках пружини, осадка пружини.
Косий згин балки, види косоного згину.
Напруження при косому згині.
Нейтральна лінія та розрахунок балки на міцність при косому згині.
Позацентрове розтягування (стискування) бруса великої жорсткості.
Напруження під час позацентрального розтягування (стискування).
Нейтральна лінія, розрахунки на міцність під час позацентрального розтягування (стискування).
Ядро перерізу.
Сумісний згин зі скручуванням бруса. Внутрішні силові фактори.

	<p>Приведений момент при сумісному згині зі скручуванням, розрахунки бруса на міцність.</p> <p>Форми рівноваги центрально стиснутих стрижнів, поняття стійкості стиснутих стрижнів.</p> <p>Задача Ейлера для стиснутого стрижня.</p> <p>Формули Ейлера та Ясинського для критичних напружень.</p> <p>Практичний розрахунок стиснутих стрижнів на стійкість.</p> <p>Рами та ферми, криволінійні стрижневі системи.</p> <p>Розрахунок на міцність плоских рам.</p> <p>Статично невизначувані стрижневі системи. Узагальнені сили і переміщення. Робота зовнішніх і внутрішніх сил.</p> <p>Теорема Бетті взаємності робіт.</p> <p>Інтеграл Мора визначення пружних переміщень у стрижневих системах.</p> <p>Методи інтегрування, Верещагіна та Сімпсона-Карнаухова обчислення інтегралу Мора.</p> <p>Метод сил розкриття статичної невизначуваності стрижневих систем.</p> <p>Вибір основної та еквівалентної систем для статично-невизначуваних рам.</p> <p>Канонічні рівняння методу сил.</p> <p>Багатопробіжні балки. Рівняння трьох моментів.</p> <p>Динамічні задачі опору матеріалів. Види динамічних задач.</p> <p>Напруження при русі тіл з постійними прискореннями. Динамічні коефіцієнти.</p> <p>Технічна теорія удару. Види ударних навантажень.</p> <p>Повздовжній удар стрижня. Динамічний коефіцієнт.</p> <p>Розрахунки на міцність і жорсткість при поперечному ударі балки.</p> <p>Циклічні навантаження, параметри циклу напружень.</p> <p>Поняття втоми, витривалість матеріалу. Крива Велера.</p> <p>Коефіцієнти запасу втомної міцності. Фактори, які впливають на ці коефіцієнти.</p> <p>Розрахунок на втомну міцність. Формула Гафа-Поларда.</p> <p>Розрахунок стрижневої системи під час розтягування (стискування) за межею пружності матеріалу.</p> <p>Розрахунок валу під час скручування за межею пружності матеріалу.</p> <p>Розрахунок балки під час згину за межею пружності матеріалу.</p> <p>Пластичний шарнір.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Опір матеріалів”
для студентів спеціальності 113 – Прикладна математика**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
5-й семестр					
1	Тема 1. Вступ. Предмет, основні завдання, гіпотези, об’єкти дослідження в опорі матеріалів. Вибір розрахункової схеми реальних об’єктів. Зовнішні сили, їх класифікація. Внутрішні сили. Метод перерізів. Внутрішні силові фактори. Поняття про напруження та деформації. Види деформацій (розтягування-стискування, згин, скручування).	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
1	Тема 1. Побудова епюр внутрішніх зусиль під час розтягування (стискування) стрижнів.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
2	Тема 2. Розтягування-стискування прямолінійних стрижнів. Внутрішні сили та побудова їх епюр. Напруження та деформації. Закон Гука. Методи розрахунку на міцність.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
2	Тема 2. Визначення напружень в статично визначуваних стрижневих системах під дією розтягування (стискування). Розрахунок на міцність та жорсткість.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
3	Тема 3. Експериментальне вивчення механічних властивостей матеріалів. Діаграма розтягу маловуглецевої сталі, умовна та дійсна діаграми напружень. Механічні характеристики міцності та пластичності матеріалу. Діаграми напружень при розтягуванні та стискуванні інших матеріалів. Пластичне і крихке руйнування. Вплив різних факторів на механічні властивості матеріалів.	лек.	[1, 2, 5, 7, 8, 9]	2	1 тиждень
3	Тема 2. Розрахунки статично-невизначуваних стрижневих систем під час розтягування (стискування).	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
4	Тема 4. Статично невизначувані задачі під час розтягування (стискування). Розрахунок статично невизначуваних стрижневих систем методом допустимих напружень та методом руйнівних навантажень. Монтажні та температурні напруження.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
4	Тема 4. Комп’ютерна симу-				

	ляція дослідження напружено-деформівного стану стрижневих конструкцій під розтягуванням (стискуванням).	лаб.	[10]	2	1 тиждень
5	Тема 5. Скручування валів круглого перерізу. Крутні моменти та їх епюри. Напруження та деформації валів. Розрахунок на міцність і жорсткість валів під час скручування.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
5	Тема 5. Розрахунок на міцність і жорсткість брусів круглого і некруглого перерізів під скручуванням.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
6	Тема 6. Скручування брусів некруглого перерізу. Статично-невизначувані задачі на скручування.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
6	Тема 6. Комп'ютерна симуляція дослідження напружено-деформівного стану валу під скручуванням.	лаб.	[10]	2	1 тиждень
7	Тема 7. Геометричні характеристики плоских перерізів. Залежності між моментами інерції при паралельному переносі та повороті координатних осей. Головні осі та головні моменти інерції.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
7	Тема 7. Визначення геометричних характеристик плоских перерізів.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
8	Тема 8. Основи теорії напруженого та деформованого стану в точці тіла. Поняття про тензор напружень. Напруження на нахилених площинках. Головні площинки та головні напруження.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
8	Тема 8. Дослідження напружено-деформівного стану в точці тіла за лінійного напруженого стану.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
9	Тема 9. Види напружених станів. Узагальнений та об'ємний закони Гука. Залежність між пружними константами ізотропного матеріалу. Потенціальна енергія пружної деформації тіла.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
9	Тема 9. Дослідження напружено-деформівного стану в точці тіла за плоского і об'ємного напружених станів.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
10	Тема 10. Критерії міцності для простих навантажень, поняття еквівалентних напружень. Крихке та пластичне руйнування. Умови міцності за різними критеріями.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
10	Тема 10. Комп'ютерна симуляція дослідження напружено-деформівного стану в елементі конструкції.	лаб.	[10]	2	1 тиждень

11	Тема 11. Практичні розрахунки на зріз та змінання болтових і заклепувальних з'єднань.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
11	Тема 11. Розрахунки на зріз та змінання болтових і заклепувальних з'єднань.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
12	Тема 12. Прямий згин балок. Загальні поняття, типи балок та їх опор. Поперечні сили і згинальні моменти, їх епюри. Диференціальні залежності між згинальним моментом, поперечною силою та інтенсивністю розподіленого навантаження.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
12	Тема 12. Побудова епюр внутрішніх силових факторів при прямому згині балки.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
13	Тема 13. Нормальні напруження при чистому та поперечному згині балки. Розрахунок на міцність, умова міцності. Рациональна форма поперечного перерізу балки. Балки змінного поперечного перерізу.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
13	Тема 13. Комп'ютерна симуляція дослідження напружено-деформівного стану балки під згином.	лаб.	[10]	2	1 тиждень
14	Тема 14. Дотичні напруження при поперечному згині. Формула Журавського. Головні напруження при згині. Траєкторії головних напружень. Повна перевірка міцності балки.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
14	Тема 14. Повна перевірка балок на міцність під час прямого згину.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
15	Тема 15. Визначення переміщень під час згину. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки та його інтегрування. Універсальне рівняння зігнутої осі балки. Метод початкових перерізів. Розрахунок балок на жорсткість.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
15	Тема 15. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Розрахунок балок на жорсткість.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
16	Тема 16. Балка на пружній основі.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	2	1 тиждень
16	Тема 16. Розрахунок на міцність балок з крихких матеріалів.	лаб.	[3, 4, 6]	2	1 тиждень
Матеріали для самостійного опрацювання					
6	Кручення тонкостінних стрижнів відкритого профілю	самостійне опрацювання	[1–9]	3	2 тижні
9	Контактні напруження і деформації. Задача Герца	самостійне опрацювання	[1–9]	4	2 тижні
Разом:				71	

6-й семестр					
1	Тема 1. Поздовжній згин прямого стрижня. Поняття про стійкі та нестійкі форми рівноваги, критичне навантаження. Формула Ейлера для визначення критичної сили прямого стрижня та межі її застосування.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
1	Тема 1. Розрахунок стиснутих стрижнів на стійкість.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
2	Тема 2. Практичний розрахунок стиснутих стрижнів на стійкість. Вплив способів закріплення кінців стрижня на величину критичної сили. Втрата стійкості за межами дії закону Гука, формула Ясінського.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
2	Тема 2. Комп'ютерна симуляція повздовжнього згину стиснутих стрижнів.	лаб.	[10]	1	1 тиждень
3	Тема 3. Косий згин балки. Просторовий та плоский косі згини. Розрахунки на міцність і жорсткість балок під час косого згину.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
3	Тема 3. Розрахунки на міцність під час косого згину балки.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
4	Тема 4. Позацентрове розтягування (стискування) бруса великої жорсткості. Розрахунок бруса на міцність. Ядро перерізу.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
4	Тема 4. Розрахунки на міцність під час позацентрального розтягування (стискування) бруса.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
5	Тема 5. Сумісний згин зі скручуванням брусів круглого та прямокутного поперечних перерізів. Поняття еквівалентного моменту.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
5	Тема 5. Розрахунки на міцність брусів круглого та прямокутного перерізів під час сумісного згину зі скручуванням.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
6	Тема 6. Рами та ферми, криволінійні стрижневі системи. Статично визначувані і невизначувані стрижневі системи. Епюри внутрішніх зусиль.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
6	Тема 6. Побудова епюр внутрішніх зусиль для плоских і просторових статично-визначуваних рам.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
7	Тема 7. Поняття узагальнених сил. Дійсні і можливі переміщення. Робота зовнішніх і внутрішніх зусиль. Тео-	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень

	рема взаємності робіт Бетті.				
7	Тема 7. Розрахунок на міцність плоских статично-визначуваних рам.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
8	Тема 8. Інтеграл Мора визначення переміщень у стрижневих системах. Способи обчислення інтегралу Мора (Верещагіна, Сімпсона-Карнаухова).	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
8	Тема 8. Визначення пружних переміщень у стрижневих системах за допомогою інтеграла Мора.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
9	Тема 9. Метод сил розкриття статичної невизначуваності стрижневих систем. Канонічні рівняння методу сил.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
9	Тема 9. Розрахунок статично-невизначуваних стрижневих систем методом сил.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
10	Тема 10. Багатопробонні нерозрізні балки. Рівняння трьох моментів.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
10	Тема 10. Комп'ютерна симуляція статично-невизначуваних стрижневих конструкцій.	лаб.	[10]	1	1 тиждень
11	Тема 11. Розрахунок тонкостінних резервуарів.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
11	Тема 11. Комп'ютерна симуляція тонкостінних (пластинки, оболонки) елементів конструкцій.	лаб.	[10]	1	1 тиждень
12	Тема 12. Динамічні навантаження. Види динамічних навантажень. Поняття динамічних коефіцієнтів.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
12	Тема 12. Розрахунок стрижневих систем на міцність і жорсткість під поздовжніми та крутними ударними навантаженнями.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
13	Тема 13. Ударні навантаження. Розрахунок стрижневих систем на міцність і жорсткість під поздовжнім, крутним та поперечним ударами.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
13	Тема 13. Розрахунок стрижневих систем на міцність і жорсткість під поперечним ударним навантаженням.	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень
14	Тема 14. Циклічні навантаження. Параметри циклу напружень. Крива Велера. Поняття концентраторів напружень.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
14	Тема 14. Комп'ютерна симуляція циклічних навантажень елементів конструкцій.	лаб.	[10]	1	1 тиждень
15	Тема 15. Фактори, які впливають на коефіцієнт втомної міцності. Практичні розрахунки на втомну міцність.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	
15	Тема 15. Розрахунок валу на	лаб.	[3, 4, 6]	1	1 тиждень

	втомну міцність.				
16	Тема 16. Розрахунки стрижневих елементів конструкцій за межею пружності матеріалу.	лек.	[1, 2, 5, 8, 9]	1	1 тиждень
Матеріали для самостійного опрацювання					
7	Використання властивостей симетрії під час розкриття статичної невизначуваності плоских рам.	самостійне опрацювання	[1–9]	1	2 тижні
9	Розрахунок просторових рам	самостійне опрацювання	[1–9]	2	2 тижні
12	Коливання механічних систем	самостійне опрацювання	[1–9]	2	2 тижні
14	Концентрація напружень і деформацій.	самостійне опрацювання	[1–9]	2	2 тижні
	Разом:				