



# ОПІР МАТЕРІАЛІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>143 Атомна енергетика</i>
Освітня програма	<i>Атомні електричні станції</i>
Статус дисципліни	<i>ОБОВ'ЯЗКОВА (нормативна)</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2-й курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>195 годин / 6,5 кредитів (лекції 45 год.; практичні 45год; самостійна робота 105 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ScheduleGroupSelection.aspx</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент Трубачев Сергій Іванович, (068) 862 85 37; <a href="mailto:strubachev@i.ua">strubachev@i.ua</a> Практичні / Семінарські: к.т.н., доц.Грабовський Анатолій Павлович, (050) 948 44 06; <a href="mailto:opgrabovskiy@gmail.com">opgrabovskiy@gmail.com</a>;</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2453">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2453</a>; <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=141974">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=141974</a> <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=75868">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=75868</a> <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=7294">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=7294</a> <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=5818">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=5818</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Науково-технічний розвиток теплоенергетики потребує від спеціалістів постійного вдосконалення та покращання якості теплоенергетичних конструкцій та споруд. Важливою умовою вирішення цього завдання є розв'язання питань пов'язаних з міцністю, жорсткістю та стійкістю елементів конструкцій АЕС, що є підґрунтям для їх надійної роботи.

«Опір матеріалів» є навчальною дисципліною, в якій викладаються методи розв'язання зазначених задач. Це найбільш загальна дисципліна про міцність конструкцій і споруд, без якої неможлива повноцінна підготовка фахівця. Умови науково-технічного прогресу вимагають від бакалаврів, теплоенергетичних спеціальностей знання основ механіки деформованого твердого тіла, методів постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, які виникають в процесі експлуатації теплоенергетичного обладнання. Основою наукової бази, яка дозволяє вирішити питання, що пов'язані з міцністю, надійністю та довговічністю є «Опір матеріалів».

Мета дисципліни - опанувати основні методи постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, як основи проектувального та перевірного розрахунків

конструкцій теплоенергетичного обладнання; виявлення вимог до якості деталей машин; аналіз напружено - деформованого стану та розрахунки на міцність і жорсткість при простих деформаціях, при складному опорі; розрахунки статично невизначених систем; стійкість стиснених стержнів; розрахунки тонкостінних оболонок та труб; розрахунки на міцність з урахуванням сил інерції; розрахунок напружено-деформованого стану елементів конструкцій під дією вібраційних та ударних навантажень; розрахунки елементів конструкцій з урахуванням температурних навантажень.

Завданням вивчення дисципліни є набуття системи нижчеперелічених знань, умінь та навичок

#### Знання

1. Необхідної суми відомостей, які мають відношення до даної дисципліни і були викладені в попередніх дисциплінах навчального плану.

2. Бібліографії основної технічної літератури з дисципліни (підручники, монографії, каталоги та ін.)

3. Основних каталогів, стандартів, норм обладнання атомних та теплоенергетичних установок.

4. Постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, конструкцій теплоенергетичного обладнання

5. Визначення напружено - деформованого стану та розрахунки на міцність і жорсткість при простих деформаціях та при складному опорі.

6. Розрахунків на міцність елементів енергетичного обладнання з урахуванням температурних навантажень та повзучості матеріалу.

7. Методів розрахунку на міцність елементів конструкцій енергетичного обладнання під дією вібраційних та ударних навантажень.

8. Розрахунки на міцність при змінних навантаженнях.

9. Основні тенденції розвитку сучасної енергетики.

#### Уміння.

1. Побудувати розрахункову модель конструкцій енергетичного обладнання.

2. Підібрати згідно технічного завдання та експлуатаційних вимог необхідні стандартні елементи енергетичного обладнання

3. Виконувати проектувальні та перевірочні розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій.

4. Виконувати розрахунки на міцність елементів енергетичного обладнання з урахуванням температурних навантажень та повзучості матеріалу.

5. Використовувати в роботі вітчизняну та іноземну технічну літературу, проспекти, каталоги фірм та ін.

#### Навички.

1. Роботи з науково-технічною, нормативною, довідковою літературою, бібліографічними джерелами, галузевими стандартами за тематикою дисципліни.

2. Виконання основних проектувальних та перевірочних розрахунків на міцність елементів енергетичного обладнання, текстової та графічної документації при проектуванні цього обладнання, зокрема з використанням ПЕОМ.

3. Основних методів постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, як основи проектувального та перевірочного розрахунків конструкцій енергетичного обладнання; а також виявлення вимог до якості обладнання.

## **Загальні компетентності**

ЗК 1. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

ЗК 2. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК 3. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК 6. Здатність працювати в команді.

ЗК 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 8. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 9. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК 10. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК 11. Навички здійснення безпечної діяльності.

## **Фахові компетентності (ФК)**

ФК 1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі атомної енергетики.

ФК 2. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності та ядернорадіаційної безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання атомно-енергетичного комплексу.

ФК 3. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії та спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК 4. Здатність відшукувати та аналізувати інформацію, здійснювати патентний пошук, а також використовувати наукову і технічну літературу, бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

ФК 5. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.

ФК 6. Здатність виявляти, класифікувати і описувати ефективність систем атомних електричних станцій та їх компонентів.

ФК 7. Здатність досліджувати та визначати проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з питаннями законодавства, охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в галузі атомної енергетики.

ФК 10. Здатність використовувати аналітичні та експериментальні методи, а також методи моделювання для вирішення професійних завдань.

ФК 12. Здатність забезпечувати якість в галузі атомної енергетики.

ФК 13. Здатність використовувати знання характеристик специфічних матеріалів, обладнання, процесів та продуктів у професійній діяльності в галузі атомної енергетики.

ФК 14. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання для об'єктів атомної енергетики.

ФК 15. Здатність виконувати роботи зі стандартизації, уніфікації та технічної підготовки до сертифікації технічних засобів, систем, процесів, устаткування й матеріалів, організувати метрологічне забезпечення теплотехнологічних процесів з використанням типових методів контролю якості продукції у галузі атомної енергетики.

### **Програмні результати навчання**

ПРН 3. Обирати і застосовувати типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для розв'язування складних спеціалізованих задач і практичних проблем у галузі атомної енергетики; правильно інтерпретувати результати виконаних досліджень та розрахунків.

ПРН 4. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні проблеми атомної енергетики; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН 5. Здійснювати розрахунки об'єктів атомно-енергетичного комплексу, виробів, процесів і систем в галузі атомної енергетики, що задовольняють конкретні технічні, економічні, законодавчі та інші вимоги; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

ПРН 7. Використовувати наукову і технічну літературу, бази даних та інші відповідні джерела інформації для розробки і обґрунтування технічних та управлінських рішень в атомній енергетиці.

ПРН 8. Застосовувати методи фізичного, математичного і комп'ютерного моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань принаймні в одному з напрямів атомної енергетики.

ПРН 9. Знати, розуміти і застосовувати нормативні документи, стандарти інженерної практики і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.

ПРН 10. Знати і розуміти основні методи та засоби експериментальних досліджень в атомній енергетиці, вміти планувати і виконувати експериментальні дослідження, оцінювати точність і надійність їх результатів, робити обґрунтовані висновки з урахуванням сучасних знань з відповідної тематики.

ПРН 11. Знати і розуміти основні методика проектування і досліджень у сфері атомної енергетики, їх теоретичні основи, сферу застосування та обмеження.

ПРН 12. Знати і розуміти основні характеристики, сферу застосування та обмеження обладнання, матеріалів та інструментів, інженерних технологій і процесів, що використовуються при вирішенні професійних завдань.

ПРН 13. Розуміти нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідки інженерної практики.

ПРН 15. Вміти обмінюватися інформацією, ідеями, проблемами та рішеннями з інженерним співтовариством і суспільством загалом, доносити до фахівців і нефахівців результати досліджень і судження, які відображають відповідні технічні, соціальні та етичні проблеми.

ПРН 16. Вміти працювати самостійно та в команді з фахівцями в галузі атомної енергетики та фахівцями інших напрямів.

ПРН 17. Презентувати та обговорювати проблеми атомної енергетики, результати досліджень і розробок державною та іноземною мовами.

ПРН 18. Навички аналізу та прогнозування розвитку атомної енергетики та суміжних напрямів науки і техніки.

ПРН 19. Розвинені навички самостійного навчання.

ПРН 20. Знання і розуміння інженерних дисциплін на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях атомної енергетики.

ПРН 21. Класифікувати обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов його роботи використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і повіркових розрахунків об'єктів атомної енергетики.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Дисципліна «Опір матеріалів » » (код ПО 10) є базова загально інженерна дисципліна. За структурно-логічною схемою програми підготовки бакалавра з атомної енергетики навчальна дисципліна «Опір матеріалів» ґрунтується на таких дисциплінах, як «Вища математика» (код ПО 1), «Фізика» (код ПО 2), «Інженерна графіка» (код ПО 3), «Теоретична механіка» (код ПО 5), «Матеріалознавство та матеріали в енергомашинобудуванні» (код ПО 12)

Дисципліна «Опір матеріалів » (код ПО 10) забезпечує такі дисципліни, як «Основи конструювання»( код ПО 16) , «Курсова робота з основ конструювання» ( код ПО 17), «Енергетичні ядерні реактори» »( код ПО 18), «Курсовий проект з парогенераторів і теплообмінників АЕС» (код ПО 22).

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків.**

Наука про опір матеріалів, завдання курсу та місце серед загально інженерних дисциплін. Основні поняття.

Тема 1.1 Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Задачі опору матеріалів та його місце у підготовці майбутніх фахівців . Основні поняття та термінологія

Тема 1.2 Геометричні характеристики плоских перерізів

Тема 1.3 Зовнішні й внутрішні сили. Метод перерізів

**Розділ 2. Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання при розтягу і стиску**

Тема 2.1 Стержневі системи, як елементи енергетичного обладнання. Розрахунки на розтяг та стиск. Діаграма розтягу. Механічні властивості матеріалів.

### **Розділ 3.** Основи напружено-деформованого стану твердого тіла

Тема 3.1. Основи теорії напруженого і деформованого стану твердого тіла.

Тема 3.2. Лінійний напружений стан. Плоский напружений стан.

Тема 3.3. Узагальнений закон Гука. Потенціальна енергія деформації. Критерії міцності

### **Розділ 4.** Розрахунки теплоенергетичного обладнання на зсув та кручення

Тема 4.1. Поняття зсуву та зрізу. Розрахунки на міцність болтового, клепаного та зварних з'єднань

Тема 4.2. Кручення. Побудова епюр внутрішніх силових факторів при крученні.

Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні валів різної форми поперечного перерізу.

**Розділ 5.** Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання на згинання.

Тема 5.1. Метод перерізів при згинанні. Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Диференційні залежності між внутрішніми силовими факторами при згинанні

Тема 5.2. Розрахунки на міцність стержнів при плоскому згинанні.

### **Розділ 6.** Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.

Тема 6.1. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки

Тема 6.2. Потенціальна енергія деформації у загальному випадку навантаження. Інтеграл Мора

Тема 6.3. Спосіб Верещагіна для визначення переміщень.

### **Розділ 7.** Статично невизначені системи.

Тема 7.1 Розрахунок статично-невизначених систем

**Розділ 8.** Розрахунки на міцність стержневих систем теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил.

Тема 8.1. Складне і косо згинання.

Тема 8.2. Згинання з крученням

**Розділ 9.** Розрахунок на міцність тонкостінних резервуарів та посудин під дією внутрішнього та зовнішнього тисків

Тема 9.1. Розрахунки тонкостінних вісесиметричних оболонок.

### **Розділ 10.** Стійкість стиснутих стержнів.

Тема 10.1. Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.

Тема 10.2. Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнта зменшення основного допустимого напруження

**Розділ 11.** Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при ударних навантаженнях

Тема 11.1. Розрахунки при ударних навантаженнях. Коефіцієнт динамічності.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література

1. Механіка матеріалів і конструкцій: Навчальний посібник для студентів, які навчаються на технічних спеціальностях усіх форм навчання / А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, С.М. Шукаєв, С.І. Трубачев та ін.– К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.– 191 с. Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19241>
2. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
3. Технічна механіка: Методичні вказівки до курсового проектування для студентів теплоенергетичного факультету. / Укл.: С.І. Трубачев, Б.О. Яхно, О.В. Калюжний. – К.: ВПІ ВПК «Політехніка», 2013. –80с  
<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=141948>
4. Биргер И. А. Сопротивление материалов : учеб. пособие / И. А. Биргер, Р. Р. Мавлютов.– М.: Наука, 1986.– 560 с.
5. Збірник задач з опору матеріалів: Навч. посіб. / М.І. Бобир, А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, С.І. Трубачев та ін.; За ред. М.І. Бобиря. – К.: Вища шк., 2008. – 399 с.: іл.
6. Заховайко О.П. Збірник конкурсних задач з опору матеріалів [Електронний ресурс]: Навч. посіб. / О.П. Заховайко, В.А. Колодежний, С.І. Трубачев. – Київ : НТУУ «КПІ», 2011. – 320с. . <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1007>
7. Писаренко Г.С. Опір матеріалів: підруч. / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і перероб. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.

⋮

##### Додаткова література

8. Методичні вказівки до виконання курсової і розрахунково-графічної робіт з дисципліни «Опір матеріалів» (завдання і приклади розрахунків) для студентів технічних напрямів підготовки усіх форм навчання/ Уклад.: А.Є. Бабенко, О.О. Боронко, Б.І. Ковальчук, С.М. Шукаєв, С.І. Трубачев, та інш. – К.: ІВК “Видавництво «Політехніка»”, 2010. – 108 с.
9. Опір матеріалів. Основи проектування машин та механізмів.Методичні вказівки до виконання курсової роботи та курсового проекту для студентів теплоенергетичного факультету усіх форм навчання/ укл. С.І.Трубачев, Б.О.Яхно - К.: НТУУ «КПІ», 2013,- 44 с.  
<https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=141974>
10. Биргер И. А. Прочность, устойчивость, колебания: Справ.: В 3 т. / И. А. Биргер, Я. Г.Пановко. – М.: Машиностроение. – 1968. – Т. 1. – 829 с.
11. Посацький С.А. Опір матеріалів. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1973. – 404с
12. Прочность материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях: в 2 т./ Под общ.ред. Писаренко Г.С.-К.: Наук. думка, 1980. – Т.1. – 535 с. Т.2. – 771 с.
13. Серенсен С.В., Когаев В.В., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчеты на прочность деталей машин, – М.: Машиностроение, 1985.– 488 с.
14. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 592 с.

\*) Вказана література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Курс складається з лекцій, практичних і самостійного вивчення студентами окремих питань. На лекційних заняттях основна увага приділяється вивченню теоретичних основ дисципліни. Перед кожною лекцією надається інформація (за темами) на поточне навчальне

заняття та рекомендації щодо їх вивчення. Практичні заняття направлені на поглиблення теоретичних знань.

Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять - лекційних, практичних та самостійної роботи студентів. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях є основою для вирішення інженерних завдань, що виконуються на практичних та під час виконання індивідуальних самостійних завдань. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми.

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
<b>Розділ 1.</b> Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Наука про опір матеріалів, завдання курсу та місце серед загально інженерних дисциплін. Основні поняття	
<b>Тема 1.1.</b> Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Задача опору матеріалів та його місце у підготовці майбутніх фахівців . Основні поняття та термінологія	
1	Лекція 1. Вступна лекція. Професійно-орієнтоване спрямування курсу. Задача опору матеріалів та його місце у підготовці майбутніх фахівців. Об'єкти вивчення. Основні гіпотези. Література: [2]: § 1, с. 15-16; [4]: § 1-2, с. 7-23; [7]: § 1, с. 9-12, § 3, с. 15-17; <b>Завдання на СРС.</b> Роль опору матеріалів, як інженерної науки, у теплоенергетиці. Література: [7]: § 10-11, с. 30-33; [14]: § 3.1-3.2, с. 142-151.
<b>Тема 1.2.</b> Геометричні характеристики плоских перерізів.	
2	Лекція 2. Геометричні характеристики плоских перерізів. Головні осі та головні моменти. Визначення моментів інерції відносно паралельних осей та при повороті осей координат. Геометричні характеристики складних перерізів. Література: [2]: § 65–70, с. 227-242; [7]: § 4–9, с. 17-30, § 12, с. 34-37. <b>Завдання на СРС.</b> Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [7]: § 10-11, с. 30-33; [14]: § 3.1-3.2, с. 142-151.
<b>Тема 1.3.</b> Зовнішні і внутрішні сили. Метод перерізів.	
3	Лекція 3. Зовнішні сили та їх класифікація. Внутрішні сили. Метод перерізів. Поняття про напруження та їх зв'язок з силовими факторами. Поняття про деформації. Література: [2]: § 2-3, с. 16-21; [4]: § 3, с. 23-29, § 8, с. 57-60; [7]: § 13-14, с. 37-38, § 19, с. 49-50, § 26, с. 80-83. <b>Завдання на СРС.</b> Статичні рівняння. Види деформацій. Література: [2]: § 4-5, с. 21-26; [4]: § 9, с. 60-63; [7]: § 31, с. 100-103.
<b>Розділ 2.</b> Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання при розтягу і стиску	
<b>Тема 2.1.</b> Стержневі системи як елементи енергетичного обладнання. Розрахунки на розтяг та стиск. Механічні властивості матеріалів.	
4	Лекція 4. Стержневі системи як елементи обладнання. Побудова епюр внутрішніх поздовжніх сил. Напруження і деформації при розтягу й стиску.



	<p>Умови міцності і жорсткості. Приклади. Література: [2]: § 6, с. 26-28, § 8, с. 31-35; [4]: § 21, с. 141-150, § 23, с. 159-166; [7]: § 27-28, с. 83-88; [14]: § 1.1–1.5, с. 37-63.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література: [2]: § 20, с. 75-78; [4]: § 25, с. 175-183; [7]: § 31-32, с. 100-106.</p>
5	<p>Лекція 5. Діаграми розтягу та стиску. Механічні характеристики матеріалів. Література: [2]: § 10–15, с. 39-58; [4]: § 12, с. 70-75, § 14, с. 82-87; [7]: § 29-30, с. 88-100.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Розрахунки ступінчастих стержнів та врахування власної ваги. Література: [2]: § 24-25, с. 83-88; [4]: § 21, с. 141-150; [7]: § 35-36, с. 115-130; [14]: § 1.5, с. 58-63.</p>
<b>Розділ 3. Основи напружено-деформованого стану твердого тіла.</b>	
<b>Тема 3.1. Основи теорії напруженого і деформованого стану твердого тіла.</b>	
6	<p>Лекція 6. Теорія напруженого стану. Напружений стан в точці. Головні площадки, головні напруження. Приклади. Література: [2]: § 27-28, с. 95-99; [4]: § 3-4, с. 23-32; [7]: § 39, с. 152-154; [14]: § 7.1–7.3, с. 300-315.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Закон парності дотичних напружень. Література: [2]: § 36, с. 122-127; [7]: § 40, с. 154-155.</p>
<b>Тема 3.2. Лінійний та плоский напружений стан.</b>	
7	<p>Лекція 7. Лінійний та плоский напружений стан. Пряма та обернена задачі в плоскому напруженому стані. Література: [2]: § 27–30, с. 95-106; [4]: § 5, с. 32-40; [7]: § 41-42, с. 155-161.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Круг напружень. Література: [2]: § 31-32, с. 106-113; [7]: § 43-44, с. 161-167; [14]: § 7.4, с. 315-320.</p>
<b>Тема 3.3. Узагальнений закон Гука. Потенціальна енергія деформації. Критерії міцності.</b>	
8	<p>Лекція 8. Узагальнений закон Гука. Закони Гука при простих видах опору. Потенціальна енергія деформації в загальному випадку навантаження та при простих видах навантаження. Література: [2]: § 8, с. 31-35, § 36, с. 122-127; [4]: § 18, с. 107-116; [7]: § 46, с. 174-177; [14]: § B6, с. 30-33. [2]: § 35–36, с. 119-127, § 98–100, с. 313-317; [4]: § 35, с. 305-318; [7]: § 47, с. 177-180; [14]: § 1.3, с. 49-51, § 5.1, с. 225-231</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Деформації при об'ємному напруженому стані. Енергія зміни об'єму та енергія зміни форми Література: [2]: § 34, с. 116-119; [4]: § 10-11, с. 63-70; [7]: § 46, с. 174-177; [14]: § B5, с. 25-30. [2]: § 35, с. 119-122; [4]: § 19, с. 116-130, § 35, с. 305-318; [7]: § 47, с. 177-180.</p>
9	<p>Лекція 9. Критерії міцності. Література: [2]: § 37–41, с. 127-145; [4]: § 2, с. 9-23, § 19, с. 116-130; [7]: § 48-49, с. 180-188; [14]: § 8.1–8.4, с. 344-372.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Нові критерії міцності. Література: [2]: § 1, с. 15-16; [7]: § 50, с. 188-193; [14]: § 8.5, с. 372-379.</p>
<b>Розділ 4. Зсув та кручення.</b>	
<b>Тема 4.1. Поняття зсуву та зрізу. Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність болтових, клепаних та зварних з'єднань.</b>	

10	<p>Лекція 10. Зсув. Закон Гука при зсуві. Напруження і деформації при зрізі. Розрахунки на зріз. Розрахунки на міцність болтових, клепаних та зварних з'єднань. Приклади.</p> <p>Література: [2]: § 5, с. 25-26; [7]: § 51, с. 193-194. : [2]: § 43, с. 147-154; [7]: § 51, с. 193-194.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Чистий зсув. Визначення максимальних напружень при зсуві.</p> <p>Література: [7]: § 52, с. 194-206; [14]: § 2.1, с. 103-108. [2]: § 32, с. 110-113; [4]: § 5-6, с. 32-47; [7]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174</p>
<b>Тема 4.2.</b> Кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу.	
11	<p>Лекція 11. Кручення стержнів круглого перерізу. Епюри крутних моментів. Напруження і деформації при крученні. Приклади.</p> <p>Література: [2]: § 45–48, с. 160-171, § 52, с. 175-176; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 53-54, с. 206-212; [14]: § 2.2, с. 108-123.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Розрахунок на міцність та жорсткість валів.</p> <p>Література: [2]: § 49-50, с. 171-173; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 55, с. 212-216.</p>
12	<p>Лекція 12. Кручення стержнів некруглого поперечного перерізу. Кручення тонкостінних стержнів. Приклади.</p> <p>Література: [2]: § 54, с. 181-188; [4]: § 27-28, с. 196-220; [7]: § 56-57, с. 216-227; [14]: § 2.3, с. 108-123, § 2.5, с. 132-142.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Концентрація напружень при крученні.</p> <p>Література: [4]: § 27, с. 196-210; [7]: § 59, с. 233-237.</p>
<b>Розділ 5.</b> Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання на згинання.	
<b>Тема 5.1.</b> Метод перерізів при згинанні. Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Диференціальні залежності при згинанні.	
13	<p>Лекція 13. Внутрішні силові фактори при згині балок. Диференціальні залежності при згині. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів у балках. Приклади.</p> <p>Література: [2]: § 55–59, с. 188-211, § 61, с. 213-214; [4]: § 30-31, с. 231-259; [7]: § 20–22, с. 50-67; [14]: § 4.1, 4.6, с. 157-202.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів.</p> <p>Література: [2]: § 60-61, с. 211-214; [7]: § 21, с. 55-62.</p>
<b>Тема 5.2.</b> Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині. Нормальні та дотичні напруження при згинанні стержнів.	
14	<p>Лекція 14. Нормальні напружень при згині. Формула Нав'є. Розрахунок на міцність балок за нормальними напруженнями.</p> <p>Література: [2]: § 62–64, с. 214-227; [4]: § 29, с. 220-231; [7]: § 60, с. 237-243, § 62, с. 249-257; [14]: § 4.2-4.3, с. 166-187.</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Раціональна форма перерізу балки.</p> <p>Література: [2]: § 64, с. 224-227; [7]: § 63, с. 257-258.</p>
<b>Розділ 6.</b> Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.	
<b>Тема 6.1.</b> Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.	
15	<p>Лекція 15. Визначення переміщень за допомогою диференціального рівняння зігнутої осі балки</p> <p>Література: [2]: § 86, с. 287-288; [7]: § 66, с. 265-270;</p> <p><b>Завдання на СРС.</b> Приклади визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки</p> <p>Література: [7]: § 67, с. 269-276</p>

<b>Тема 6.2.</b> Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна.	
16	Лекція 16. Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Приклади. Література: [2]: § 97–100, с. 311-317, § 103–105, с. 323-327; [7]: § 82-83, с. 365-371; [14]: § 5.1, с. 225-231, § 5.3, с. 235-242. <b>Завдання на СРС.</b> Переміщення, спричинені дією температури. Література: [2]: § 105, с. 326-327; [7]: § 84, с. 371-373.
<b>Тема 6.3.</b> Спосіб Верещагіна для визначення переміщень балок при згині.	
17	Лекція 17. Спосіб Верещагіна. Приклади. Література: [2]: § 106-107, с. 327-330; [7]: § 85, с. 373-378; [14]: § 5.4, с. 242-249. <b>Завдання на СРС.</b> Визначення переміщень в балках змінного поперечного перерізу. Література: [2]: § 106, с. 327-329; [7]: § 86, с. 378-379.
Розділ 7. Статично невизначені системи.	
<b>Тема 7.1</b> Розрахунок статично-невизначених систем	
18	Лекція 18. Розрахунок статично-невизначених систем. Приклади. Література: [7]: §90-92; с.386-392 <b>Завдання на СРС.</b> Контроль правильності розв'язання статично-невизначених систем Література: [7]: §97 с.418-420.
Розділ 8. Розрахунки на міцність стержневих систем теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил	
<b>Тема 8.1.</b> Складне і косо згинання	
19	Лекція 19. Складне і косо згинання Література: [7]: §75; с. 325- 331 Завдання на СРС. Згинання з розтяганням. Література: [7]: §76 с.332-338
<b>Тема 8.2.</b> Згинання з крученням	
20	Лекція 20. Розрахунки на згинання з крученням Література: [7]: §77 с.338-342 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [7]: §77 с.342-346
Розділ 8 . Розрахунок на міцність тонкостінних резервуарів та посудин під дією внутрішнього та зовнішнього тисків	
<b>Тема 8.1.</b> Розрахунки тонкостінних вісесиметричних оболонок	
21	Лекція 21. Напруження у вісесиметричній оболонці Література: [7]: §108; с.461-467 <b>Завдання на СРС.</b> Розпірні кільця в оболонках. Розрахунки складених оболонок. Література: [7]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544
Розділ 9. Стійкість стиснутих стержнів.	

<b>Тема 9.1.</b> Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.	
22	Лекція 22 . Формула Ейлера для визначення критичної сили Література: [7]: §117; с.493-496 <b>Завдання на СРС.</b> Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [7]: §118 с.497-499
Розділ 10. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при ударних навантаженнях	
<b>Тема 10.1.</b> Розрахунки при ударних навантаженнях. Коефіцієнт динамічності.	
23	Лекція 23. Розрахунки при ударних навантаженнях Література: [7]: §138- 139 с. 590-604 [2]: § 225-227 с. 700-710 <b>Завдання на СРС.</b> Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [7]: §140 с .605-611[2]: § 227 с. 706-710

### Практичні заняття

Практичні заняття проводяться з метою більш поглибленого вивчення теоретичного матеріалу та здобуття досвіду використання теоретичних знань для вирішення практичних задач.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу)
<b>Розділ 1.</b> Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Наука про опір матеріалів, завдання курсу та місце серед загально інженерних дисциплін. Основні поняття	
<b>Тема 1.2.</b> Геометричні характеристики плоских перерізів.	
1	Практичне заняття 1. Геометричні характеристики плоских перерізів. Прості та складні перерізи. Література: [2]: § 65–70, с. 227-242; [7]: § 4–9, с. 17-30, § 12, с. 34-37. Завдання на СРС. Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [7]: § 10-11, с. 30-33; [14]: § 3.1-3.2, с. 142-151
Розділ 2. Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання при розтягу і стиску.	
<b>Тема 2.1.</b> Стержневі системи як елементи обладнання. Розрахунки на розтяг та стиск. Механічні властивості матеріалів.	
2	Практичне заняття 2. Побудова епюр поздовжніх сил. Розрахунки на міцність стержневих систем при розтягу та стиску. Література: [2]: § 6, с. 26-28, § 8, с. 31-35; [4]: § 21, с. 141-150, § 23, с. 159-166; [7]: § 27-28, с. 83-88; [14]: § 1.1–1.5, с. 37-63. Завдання на СРС. Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література: [2]: § 20, с. 75-78; [4]: § 25, с. 175-183; [7]: § 31-32, с. 100-106.
<b>Розділ 3.</b> Основи напружено-деформованого стану твердого тіла.	
<b>Тема 3.2.</b> Лінійний та плоский напружений стан.	

3	<p>Практичне заняття 3. Аналіз напруженого і деформованого стану. Лінійний напружений стан. Плоский напружений стан.</p> <p>Література: [2]: § 27–30, с. 95-106; [4]: § 5, с. 32-40; [7]: § 41-42, с. 155-161.</p> <p>Завдання на СРС. Круг напружень.</p> <p>Література: [2]: § 31-32, с. 106-113; [7]: § 43-44, с. 161-167; [14]: § 7.4, с. 315-320.</p>
<b>Розділ 4. Зсув та кручення.</b>	
<b>Тема 4.1.</b> Поняття зсуву та зрізу. Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність болтових, клепанних та зварних з'єднань.	
4	<p>Практичне заняття 4. Розрахунки на міцність болтового, клепаного та зварних з'єднань.</p> <p>Література: [2]: § 5, с. 25-26; [7]: § 51, с. 193-194.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення максимальних напружень при зсуві.</p> <p>Література: [2]: § 32, с. 110-113; [4]: § 5-6, с. 32-47; [7]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174.</p>
<b>Тема 4.2.</b> Кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу.	
5	<p>Практичне заняття 5. Зсув і кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунок на міцність та жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу.</p> <p>Література: [2]: § 45–48, с. 160-171, § 52, с. 175-176; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 53-54, с. 206-212; [14]: § 2.2, с. 108-123.</p> <p>Завдання на СРС. Розрахунок на міцність та жорсткість валів.</p> <p>Література: [2]: § 49-50, с. 171-173; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 55, с. 212-216.</p>
<b>Тема 5.1.</b> Метод перерізів при згинанні. Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Диференціальні залежності при згинанні.	
6	<p>Практичне заняття 6.1 Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для консольних балок.</p> <p>Література: [2]: § 55–59, с. 188-211, § 61, с. 213-214; [4]: § 30-31, с. 244-259; [7]: § 20–22, с. 50-67; [14]: § 4.1, с. 157-166, § 4.6, с. 194-202.</p> <p>Завдання на СРС. Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів для консольних балок.</p> <p>Література: [2]: § 60-61, с. 211-214; [7]: § 21, с. 55-62.</p> <p>6.2. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для шарнірно-опертих балок.</p> <p>Література: [2]: § 55–59, с. 188-211, § 61, с. 213-214; [4]: § 30-31, с. 244-259; [7]: § 20–22, с. 50-67; [14]: § 4.1, с. 157-166, § 4.6, с. 194-202.</p> <p>Завдання на СРС. Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів для шарнірно-опертих балок.</p> <p>Література: [2]: § 60-61, с. 211-214; [7]: § 21, с. 55-62.</p>
<b>Тема 5.2.</b> Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині. Нормальні та дотичні напруження при згинанні стержнів.	
7	<p>Практичне заняття 7. Розрахунок на міцність балок при згині. Три види розрахунків: перевірний, проектувальний, підбір допустимого навантаження.</p> <p>Література: [2]: § 62–64, с. 214-227; [4]: § 29, с. 220-231; [7]: § 60, с. 237-243, § 62, с. 249-257; [14]: § 4.2-4.3, с. 166-187.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення раціональної форми перерізу балки.</p> <p>Література: [2]: § 64, с. 224-227; [7]: § 63, с. 257-258.</p>

<b>8 Модульна контрольна робота</b>	
<b>Розділ 6. Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.</b>	
<b>Тема 6.1. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.</b>	
<b>9</b>	<p>Практичне заняття 9. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Література: [2]: § 81–84, с. 276-284, § 97–100, с. 311-317; [7]: § 66-67, с. 265-276, § 78–81, с. 354-365; [14]: § 4.6, с. 194-202, § 5.1, с. 225-231, § 5.6, с. 254-259.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки Література: [7]: § 67, с. 269-276</p>
<b>Тема 6.2. Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна</b>	
<b>10</b>	<p>Практичне заняття 10. Визначення переміщень в пружних системах за допомогою інтеграла Мора. Література: [2]: § 97–100, с. 311-317, § 103–105, с. 323-327; [7]: § 82-83, с. 365-367; [14]: § 5.1, с. 225-231, § 5.3, с. 235-242.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення переміщень, спричинені дією температури. Література: [2]: § 105, с. 326-327; [7]: § 84, с. 371-373.</p>
<b>Тема 6.3. Спосіб Верещагіна для визначення переміщень балок при згині.</b>	
<b>11</b>	<p>Практичне заняття 11. Визначення переміщень в балках за допомогою способу Верещагіна. Література: [2]: § 106-107, с. 327-330; [7]: § 85, с. 373-378; [14]: § 5.4, с. 242-249.</p> <p>Завдання на СРС. Визначення переміщень в шарнірно-опертих балках Література: [2]: § 106, с. 327-329; [7]: § 86, с. 378-379.</p>
Розділ 7. Статично невизначені системи	
<b>Тема 7.1 Розрахунок статично-невизначених систем</b>	
<b>12</b>	<p>Практичне заняття 12. Розрахунок статично-невизначених балок. Література: [2]: § 106-107, с. 327-330; [7]: § 85, с. 373-378; [14]: § 5.4, с. 242-249.</p> <p>Завдання на СРС. Розрахунок статично-невизначених балок при згинанні Література: [2]: § 106-107, с. 327-330; [7]: § 85, с. 373-378; [14]: § 5.4, с. 242-249.</p>
Розділ 8. Розрахунки на міцність стержневих систем теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил	
<b>Тема 8.1. Складне і косе згинання</b>	
<b>13</b>	<p>Практичне заняття 13. Косе згинання Література: [7]: §75 с.325-332 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [7]: §75 с.325-332</p>
<b>Тема 8.2. Згинання з крученням</b>	

<b>14</b>	<p>Практичне заняття 14. Розрахунки на згинання з крученням круглих стержнів Література: [7]: §77 с.338-342 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [7]: §77 с.342-346</p>
<b>15</b>	<p><b>Практичне заняття 15</b> Загальний випадок просторової дії сил Література: [7]: §77 с.347-353 Завдання на СРС. Побудова епюр внутрішніх зусиль для просторових рам. Література: [7]: §25 с.76-80 Література: [7]: §25 с.76-80</p>
Розділ 9 . Розрахунок на міцність тонкостінних резервуарів та посудин під дією внутрішнього та зовнішнього тисків	
<b>Тема 9.1. Розрахунки тонкостінних вісесиметричних оболонок</b>	
<b>16</b>	<p>Практичне заняття 16. Визначення напружень у вісесиметричній оболонці Література: [7]: §108; с.461-467 Завдання на СРС. Розпірні кільця в оболонках. Розрахунки складених оболонок. Література: [7]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544</p>
<b>17</b>	<p>Практичне заняття 17. Проектувальний розрахунок вісесиметричних оболонок. Література: [7]: §108; с.461-467 Завдання на СРС. Розрахунок конічного днища. Література: [7]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544</p>
Розділ 10. Стійкість стиснутих стержнів.	
<b>Тема 10.1. Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.</b>	
<b>18</b>	<p>Практичне заняття 18. Формула Ейлера для визначення критичної сили Література: [7]: §117; с.493-496 Завдання на СРС. Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [7]: §118 с.497-499</p>
<b>19</b>	<p>Практичне заняття 19. Проектувальний розрахунок на стійкість. Література: [7]: §120; с. 502-507 Завдання на СРС. Вибір раціональної форми поперечного перерізу Література: [7]: §121 с. 507-509</p>
Розділ 11. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при ударних навантаженнях	
<b>Тема 11.1. Розрахунки при ударних навантаженнях. Коефіцієнт динамічності.</b>	
<b>20</b>	<p>Практичне заняття 20. Розрахунки при ударних навантаженнях Література: [7]: §138- 139 с. 590-604 [2]: § 225-227 с. 700-710 Завдання на СРС. Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [7]: §140 с .605-611[2]: § 227 с. 706-710</p>
<b>21</b>	<p>Практичне заняття 21. Розрахунки при крутильному ударному навантаженні Література: [7]: §138- 139 с. 590-604 [2]: § 225-227 с. 700-710 Завдання на СРС. Напруження і деформації при повздовжньому ударі</p>

	Література: [7]: §140 с .605-611[2]: § 227 с. 706-710
<b>22</b>	Практичне заняття 22. Модульна контрольна робота.
<b>23</b>	Практичне заняття 23. Підсумкове.

### Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає підготовку до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, розв'язання задач, заданих на практичних заняттях в якості домашніх завдань, підготовку до модульних контрольних робіт.

*Додатковий матеріал, рекомендований для самостійного вивчення в рамках означених тем.*

### Самостійна робота

№	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Роль опору матеріалів, як інженерної науки, у теплоенергетиці. Література: [7]: § 10-11, с. 30-33; [14]: § 3.1-3.2, с. 142-151.	2
2	Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [7]: § 10-11, с. 30-33; [14]: § 3.1-3.2, с. 142-151.	4
3	Статичні рівняння. Види деформацій. Література: [2]: § 4-5, с. 21-26; [4]: § 9, с. 60-63; [7]: § 31, с. 100-103.	2
4	Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література: [2]: § 20, с. 75-78; [4]: § 25, с. 175-183; [7]: § 31-32, с. 100-106	4
5	Розрахунки ступінчастих стержнів та врахування власної ваги. Література: [2]: § 24-25, с. 83-88; [4]: § 21, с. 141-150; [7]: § 35-36, с. 115-130; [14]: § 1.5, с. 58-63.	5
6	Закон парності дотичних напружень. Література: [2]: § 36, с. 122-127; [7]: § 40, с. 154-155.	3
7	Круг напружень. Література: [2]: § 31-32, с. 106-113; [7]: § 43-44, с. 161-167; [14]: § 7.4, с. 315-320.	4
8	Деформації при об'ємному напруженому стані. Енергія зміни об'єму та енергія зміни форми Література: [2]: § 34, с. 116-119; [4]: § 10-11, с. 63-70; [7]: § 46,	4



	с. 174-177; [14]: § B5, с. 25-30. [2]: § 35, с. 119-122; [4]: § 19, с. 116-130, § 35, с. 305-318; [7]: § 47, с. 177-180.	
9	Нові критерії міцності. Література: [2]: § 1, с. 15-16; [7]: § 50, с. 188-193; [14]: § 8.5, с. 372-379.	4
10	Чистий зсув. Визначення максимальних напружень при зсуві. Література: [7]: § 52, с. 194-206; [14]: § 2.1, с. 103-108. [2]: § 32, с. 110-113; [4]: § 5-6, с. 32-47; [7]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174	6
11	Розрахунок на міцність та жорсткість валів. Література: [2]: § 49-50, с. 171-173; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 55, с. 212-216.	4
12	Концентрація напружень при крученні. Література: [4]: § 27, с. 196-210; [7]: § 59, с. 233-237.	4
13	Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів. Література: [2]: § 60-61, с. 211-214; [7]: § 21, с. 55-62.	8
14	Раціональна форма перерізу балки. Література: [2]: § 64, с. 224-227; [7]: § 63, с. 257-258.	6
15	Приклади визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки Література: [7]: § 67, с. 269-276	6
16	Переміщення, спричинені дією температури. Література: [2]: § 105, с. 326-327; [7]: § 84, с. 371-373.	6
17	Визначення переміщень в балках змінного поперечного перерізу. Література: [2]: § 106, с. 327-329; [7]: § 86, с. 378-379.	6
18	Контроль правильності розв'язання статично-невизначених систем Література: [7]: §97 с.418-420.	4
19	Згинання з розтяганням. Література: [7]: §76 с.332-338	6
21	Розпірні кільця в оболонках. Розрахунки складених оболонок. Література: [7]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544	6
22	Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [7]: §118 с.497-499	4
23	Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [7]: §140 с .605-611[2]: § 227 с. 706-710	6

#### Розрахунково-графічна робота.

Мета розрахунково-графічної роботи - закріпити та поглибити знання набуті студентами при вивченні курсу опанувати методики самостійних розрахунків на міцність і жорсткість елементів теплоенергетичного обладнання з вибором відповідного матеріалу, розрахункової схеми.

## Теми розрахунково-графічної роботи

Тема 1. Стержневі конструкції теплоенергетичного обладнання під дією поздовжніх сил.

Розрахунок стержневої системи на розтяг та стиск.

Література: [2]: § 20, с. 75-78; [4]: § 25, с. 175-183; [7]: § 31-32, с. 100-106

Тема 2. Розрахунок елементів конструкцій теплоенергетичного обладнання на кручення. Розрахунок вала на кручення. Література [2]: § 49-50, с. 171-173; [4]: § 26, с. 183-196; [7]: § 55, с. 212-216.

Тема 3. Елементи конструкцій що працюють на згинання. Розрахунок на міцність та жорсткість балок при згинання. Література: [2]: § 55–59, с. 188-211, § 61, с. 213-214; [4]: § 30-31, с. 244-259; [7]: § 20–22, с. 50-67; [14]: § 4.1, с. 157-166, § 4.6, с. 194-202.

Тема 4. Розрахунок статично невизначених систем методом сил. Розрахунки на міцність статично невизначених систем при розтягу та стиску з урахуванням температурного навантаження.

Розрахунки на міцність статично невизначених систем при крученні та при згині. Література: [2]: § 106-107, с. 327-330; [7]: § 85, с. 373-378; [14]: § 5.4, с. 242-249.

Тема 5. Розрахунок на міцність стержневих систем, як елементів теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил (Складний опір). Література: [7]: §77 с.338-342, §25 с.76-80

Тема 6. Розрахунок на міцність тонкостінних осесиметричних оболонок (резервуарів, посудин). Література: [7]: §108; с.461-467

[7]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544

Тема 7. Розрахунок на стійкість стиснутих стержнів (стоєк). Література: [7] §117; с.493-496: [7]: §118 с.497-499,[7]: §120; с. 502-507

## Політика та контроль

### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів обов'язковим. Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем на початку заняття з відмічанням присутності в журналі академічної групи, в тому числі і в електронному кампусі КПІ.

Якщо заняття проводяться в дистанційному режимі, зокрема в мережі ZOOM, студент свою присутність має засвідчити, ввімкнувши мікрофон і камеру на вимогу викладача.

*Відсутність студента на заняттях може бути тільки в разі поважної причини (хвороба, підтверджена медичною довідкою, або офіційний дозвіл від деканату).*

#### Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізнь.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти або бланки лекцій, попередньо отриманих від викладача. Студенти мають право задавати питання щодо роз'яснення незрозумілих положень, попередньо запитавши дозволу.

На практичні заняття студенти з'являються підготовленими з теорії за тими темами, що будуть розглядатися, та мати при собі необхідні засоби для виконання завдань (калькулятори, смартфони для виходу в інтернет тощо). Всі студенти мають проявляти активність в обговоренні питань, винесених для розгляду, пред'являти для перевірки домашні завдання на вимогу викладача

*Дотримання дисципліни в аудиторії обов'язкове. Воно передбачає не допущення сторонніх розмов, користування будь-якими гаджетами чи іншими пристроями з метою, не передбаченою потребою виконання поставлених викладачем завдань*

## **Правила захисту індивідуальних завдань.**

Індивідуальні завдання у вигляді задач після їх виконання здаються викладачу на перевірку. Після підтвердження правильності розв'язку проводиться співбесіда з теоретичних питань за темою завдання та методики розв'язання задачі. За результатами співбесіди викладач проводить бальне оцінювання і робить висновок щодо зарахування чи не зарахування виконаного завдання.

## **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання

### **Політика дедлайнів та перескладань**

На початку семестру викладач інформує студентів щодо контрольних заходів та термінів їх проведення. Оголошуються графіки виконання індивідуальних завдань, інших видів робіт, та встановлюються граничні терміни їх виконання та здачі. Також оговорюються умови та терміни перескладань в разі негативного результату попередньої спроби.

### **Політика щодо академічної доброчесності**

В процесі вивчення дисципліни студенти виконують індивідуальні завдання, пишуть контрольні роботи та складають іспити. При цьому студенти і викладачі на взаємній основі керуються принципами академічної доброчесності стосовно неприпустимості плагіату, фальсифікації результатів роботи, корупційних проявів тощо.

*Виявлення ознак плагіату у виконаних індивідуальних завданнях має наслідком заміну варіанту завдання, зниження балів у рейтингу.*

## **7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

**Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

- 1) роботу на практичних заняттях;
- 2) написання контрольних робіт;
- 3) виконання РГР
- 4) екзамен.

### **8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримав за:

- 1) Виконання заходів поточного контролю:
  - a) відповіді на практичних заняттях;
  - b) виконання модульних контрольних робіт (МКР);
  - c) виконання і захист розрахунково-графічної роботи (РГР);
- 2) Складання екзамену

#### **1) Виконання заходів поточного контролю**

##### *1. Відповіді на практичних заняттях*

Максимальна кількість балів, що може отримати студент – 10 балів.

Кожний студент може дати на практичних заняттях 5 відповідей, кожна з яких оцінюється:

2 бали – повна та впевнена відповідь на запитання, чіткий запис формул, що відповідають сформульованому запитанню, побудова необхідних епюр та креслень;

1 бал – знання формул та відповідь на поставлені запитання;

0 балів – відсутність знань за сформульованим запитанням.

##### *2. Виконання МКР*

Проводиться дві МКР. Максимальна кількість балів, які може отримати студент – 20 балів, по 10 балів за кожену.

Критерії оцінювання:

10 балів – виконання роботи у повному обсязі без помилок;

9...8 балів – виконання роботи у повному обсязі з незначними помилками;

7...6 балів – виконання роботи майже у повному обсязі з незначними помилками;

0 балів – повне невиконання роботи або виконання роботи зі значними помилками.

При відсутності студента з поважної причини на МКР йому надається право виконати цю МКР протягом двох тижнів після виходу на заняття.

### 3. Виконання і захист РГР

Максимальна кількість балів, яку може отримати студент – 20 балів.

Критерії оцінювання:

20...18 балів – РГР виконано у повному обсязі без помилок, матеріал викладено логічно з відповідними висновками, робота оформлена за вимогами, студент показує глибокі знання з питань роботи, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання під час захисту;

17...15 балів – РГР виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але в цілому матеріал викладено логічно з відповідними висновками, оформлення переважно відповідає вимогам, під час захисту студент показує знання з питань роботи, майже впевнено відповідає на поставлені запитання;

14...12 балів – РГР виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, матеріал викладено здебільшого логічно, з нечітко сформульованими висновками, оформлення майже відповідає вимогам, під час захисту студент виявляє невпевненість, показує слабкі знання з питань роботи, не завжди дає вичерпні відповіді на запитання;

0 балів – РГР не виконано взагалі, або виконано не в повному обсязі, у роботі немає висновків або вони носять декларативний характер, під час захисту студент не може відповісти на жодне поставлене запитання з теми роботи.

#### *Штрафні та заохочувальні бали*

штрафні: за кожний тиждень запізнення з поданням РГР на перевірку від встановленого терміну оцінка за РГР знижується на 2 бали;

заохочувальні: за виконання творчих робіт з дисципліни, участь у факультетських та університетських олімпіадах з дисципліни, підготовку студентами рефератів за темами лекцій, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 5 балів. Усього можна отримати 10 заохочувальних балів.

#### *Календарний контроль*

Проводиться на 8 та 14 тижнях семестру з метою моніторингу виконання студентами індивідуальних навчальних планів згідно з графіком навчального процесу.

Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є значення поточного рейтингу студента на 8 тижні – 7 балів, на 14 тижні – 14 балів.

### 2) Складання екзамену

*Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування РГР.*

Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних запитань (по 10 балів кожне) та двох практичних задач (по 15 балів кожна).

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

10 балів – повна правильна відповідь на запитання;

9...8 балів – повна відповідь на запитання з незначними помилками або неточностями;

7...6 балів – майже повна відповідь з незначними помилками або неточностями;

0 балів – відповідь відсутня або неправильна.

Критерії оцінювання практичної задачі:

15 балів – задачу виконано правильно у повному обсязі;

14...12 балів – задачу виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями;

11...9 балів – задачу виконано майже у повному обсязі з незначними помилками;

0 балів – задачу виконано неправильно або не виконано взагалі.

У підсумку бали за виконання заходів поточного контролю (відповіді на практичних заняттях, виконання двох МКР, виконання і захист РГР), штрафні й заохочувальні бали та бали, отримані на екзамені, підсумовуються і переводяться до оцінки:

Сума балів	Оцінка за університетською шкалою
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
59 і менше	Незадовільно
РГР не зараховано	Недопущено

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «Опір матеріалів», ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН

1. Наука про опір матеріалів. Об'єкти вивчення. Основні гіпотези науки про опір матеріалів.
2. Метод перерізів. Внутрішні сили їх визначення
3. Статичні моменти площі. Визначення центру ваги складного перерізу.
4. Визначення моментів інерції простих фігур і складних перерізів.
5. Визначення моментів інерції перерізів відносно паралельних осей.
6. Напруження і деформації при розтягу та стиску.
7. Розрахунок на міцність при розтягу та стиску.
8. Діаграма розтягу. Механічні характеристики матеріалів.
9. Поняття про концентрацію напружень. Допустимі напруження.
10. Напруження в точці. Головні площадки і головні напруження. Закон парності дотичних напружень.
11. Лінійний напружений стан.
12. Плоский напружений стан.
13. Деформації при об'ємному напруженому стану. Узагальнений закон Гука
14. Критерії (теорії) міцності.
15. Зсув. Розрахунки на зріз.
16. Розрахунки зварних з'єднань.
17. Напруження і деформації при крученні. Умови міцності і жорсткості при крученні.
18. Розрахунки на міцність і жорсткість круглих стержнів при крученні.
19. Кручення стержнів некруглого поперечного перерізу.
20. Кручення тонкостінних незамкнених профілів.
21. Кручення тонкостінних замкнених профілів.
22. Визначення нормальних напружень при плоскому згині прямого стержня.
23. Розрахунок балок на міцність при згині.
24. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.
25. Інтеграл Мора.
26. Визначення переміщень і кутів повороту при згині способом Верещагіна.
27. Статично невизначувані системи. Канонічні рівняння методу сил.
28. Складний опір. Складний і косий згин.
29. Згин з крученням стержнів круглого поперечного перерізу.
30. Загальний випадок складного опору.
31. Розрахунок тонкостінних вісесиметричних оболонок. Формула Лапласа.
32. Розрахунок циліндричних та сферичних тонкостінних вісесиметричних оболонок.
33. Розрахунок тонкостінної конічної оболонки.
34. Розрахунок складних тонкостінних оболонок.
35. Стійка та нестійка форми рівноваги. Формула Ейлера.

36. Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорційності .  
Формула Ясинського.
37. Розрахунок на стійкість за допомогою коефіцієнтів зменшення основного допустимого напруження.
38. Явище удару.
39. Розрахунок при осьовій дії ударного навантаження.
40. Напруження при згинальному ударі.
41. Напруження при скручувальному ударі.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент кафедри ДММ та ОМ, к.т.н., доцент **Трубачев С.І.**

**Ухвалено** кафедрою ДММ та ОМ (протокол №   9   від   27.05.2021  )

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол №    від   )

---

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.