Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів

Опір матеріалів

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Перший (бакалаврський)***
Галузь знань	*14 Електрична інженерія*
Спеціальність	*142 Енергетичне машинобудування*
Освітня програма	*Інженерія і комп'ютерні технології теплоенергетичних систем*
Статус дисципліни	*Нормативна*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*ІІ-й курс, осінній семестр*
Обсяг дисципліни	*6,5 кредитів / 195 годин (лекції 45 год.; практичні 45 год; самостійна робота 105 год.)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен/модульна контрольна робота, розрахунково–графічна робота*
Розклад занять	*http://roz.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., доцент Трубачев Сергій Іванович, (068) 862 85 37; strubachev@i.ua* Практичні / Семінарські: к.т.н., доц. Тимошенко Олександр Вікторович, *(097) 451 63 84; timosaha@ukr.net ;*
Розміщення курсу	https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=2453; https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=141974 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=75868 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=7294 https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=5818

Програма навчальної дисципліни

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

Важливою умовою вирішення завдання розвитку енергетичної галузі є розв'язання питань пов'язаних з міцністю, жорсткістю та стійкістю елементів енергетичного машинобудування та інших теплоенергетичних конструкцій. «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 кваліфікованого 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».

Під час вивчення дисципліни студенти зможуть опанувати основні методи постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності, як основи проектувального та перевірочного 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.

Метою навчальної дисципліни є формування здатностей (компетентностей), які студент набуде після вивчення дисципліни:

ФК 4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.

ФК 6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.

ФК 8. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.

ФК 10. Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

ФК 14. Здатність виконувати роботи з розрахунку й проектування об'єктів і систем у області енергомашинобудування відповідно до технічних завдань з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

ФК 15. Здатність продемонструвати знання характеристик і властивостей обладнання, процесів і матеріалів в галузі енергетичного машинобудування.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН 1. Знання і розуміння математики та тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН 13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень відповідно до спеціалізацій спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.

ПРН 22. Класифікувати теплообмінне обладнання за різними ознаками і відповідно до заданих умов роботи теплообмінного обладнання, вибирати паливо і теплоносії, використовувати стандартні методики для виконання конструкторських і повіркових розрахунків тепло- і парогенеруючих установок і теплоенергетичного обладнання.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Пререквізити: Теоретична механіка.

Постреквізити: Основи конструювання і дисципліни, для засвоєння матеріалу яких потрібні знання методів постановки та розв'язку задач міцності, надійності та довговічності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Основні поняття. Геометричні характеристики плоских перерізів. Метод перерізів

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 косе 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.

Розділ 12. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при повторно-змінних навантаженнях

Тема 12.1. Вплив повторно-змінних навантажень на роботу елементів конструкцій теплоенергетичного обладнання. Розрахунки на міцність при повторно-змінних навантаженнях.

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.І. Трубачев та ін..– К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.– 191 с. Доступ: http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19241
2. 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», 2015. –80с https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&show&irid=141948
3. Збірник задач з опору матеріалів: Навч. посіб. / М.І. Бобир, А.Є. Бабенко, С.І. Трубачев та ін.; За ред. М.І. Бобиря. – К.: Вища шк., 2008. – 399 с.: іл.
4. 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
5. 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

6. 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, С.І. Трубачев, та інш. – К.: ІВК "Видавництво «Політехніка»", 2010. – 108 с.
7. 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

8 . Посацький С.А. Опір матеріалів. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1973. – 404с

9. Міцність матеріалів та елементів конструкцій в екстремальних умовах у 2 т./ Заред. Писаренко Г.С.-К.: Наук. думка, 1980. – Т.1. – 535 с. Т.2. – 771 с.

Вказана література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Курс складається з лекцій, практичних занять 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 передбачено 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 заняттях 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)
Розділ 1. Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Основні поняття. Геометричні характеристики плоских перерізів. Метод перерізів.	
Тема 1.1. Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Задачі опору матеріалів та його місце у підготовці майбутніх фахівців . Основні поняття та термінологія	
1	Лекція 1. Вступна лекція. Професійно-орієнтоване спрямування курсу. Задачі опору матеріалів та його місце у підготовці майбутніх фахівців. Об'єкти вивчення. Основні гіпотези. Література: [5]: § 1, с. 9-12, § 3, с. 15-17; **Завдання на СРС**. Роль опору матеріалів, як інженерної науки, у теплоенергетиці. Література: [5]: § 10-11, с. 30-33
Тема 1.2. 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: [5]: § 4–9, с. 17-30, § 12, с. 34-37. **Завдання на СРС.** Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [5]: § 10-11, с. 30-33;
Тема 1.3. 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: [5]: § 13-14, с. 37-38, § 19, с. 49-50, § 26, с. 80-83. **Завдання на СРС.** Статичні рівняння. Види деформацій. Література: [5]: § 31, с. 100-103.
Розділ 2. Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання при розтягу і стиску	
Тема 2.1. 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. Умови міцності і жорсткості. Приклади. Література [5]: § 27-28, с. 83-88; **Завдання на СРС.** Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література [5]: § 31-32, с. 100-106.
5	Лекція 5. Діаграми розтягу та стиску. Механічні характеристики матеріалів. Література [5]: § 29-30, с. 88-100. **Завдання на СРС.** Розрахунки ступінчастих стержнів та врахування власної ваги. Література: [5]: § 35-36, с. 115-130.
Розділ 3. Основи напружено-деформованого стану твердого тіла.	
Тема 3.1. Основи теорії напруженого і деформованого стану твердого тіла.	
6	Лекція 6. Теорія напруженого стану. Напружений стан в точці. Головні площадки, головні напруження. Приклади. Література: [5]: § 39, с. 152-154. **Завдання на СРС**. Закон парності дотичних напружень. Література: [5]: § 40, с. 154-155.
Тема 3.2. Лінійний та плоский напружений стан.	

7	Лекція 7**.** Лінійний та плоский напружений стан. Пряма та обернена задачі в плоскому напруженому стані. Література: [5]: § 41-42, с. 155-161. **Завдання на СРС.** Круг напружень. Література: [5]: § 43-44, с. 161-167.
Тема 3.3. Узагальнений закон Гука. Потенціальна енергія деформації. Критерії міцності.	
8	Лекція 8. Узагальнений закон Гука. Потенціальна енергія деформації Критерії міцності.. Література [5]: § 46, с. 174-177, § 48-49, с. 180-188. **Завдання на СРС.** Деформації при об'ємному напруженому стані. Енергія зміни об'єму та енергія зміни форми. Нові критерії міцності Література: [5]: § 46, с. 174-177; § 47, с. 177-180. § 50, с. 188-193.
Розділ 4. Зсув та кручення.	
Тема 4.1. Поняття зсуву та зрізу. Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність болтових, клепаних та зварних з'єднань.	
9	Лекція 9**.** Зсув. Закон Гука при зсуві. Напруження і деформації при зрізі. Розрахунки на зріз. Розрахунки на міцність болтових, клепаних та зварних з'єднань .Приклади. Література: [5]: § 51, с. 193-194. **Завдання на СРС.** Чистий зсув. Визначення максимальних напружень при зсуві**.** Література: [5]: § 52, с. 194-206. [5]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174
Тема 4.2. Кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу.	
10	Лекція 10. Кручення стержнів круглого перерізу. Напруження і деформації при крученні. Кручення стержнів не круглого поперечного перерізу. Розрахунок на міцність та жорсткість. Приклади . Література: [5]: § 53-54, с. 206-212; § 56-57, с. 216-227 **Завдання на СРС.** Концентрація напружень при крученні. Література: [5]: § 59, с. 233-237.
Розділ 5. Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання на згинання.	
Тема 5.1. Метод перерізів при згинанні. Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Диференціальні залежності при згинанні.	
11	Лекція 11. Внутрішні силові фактори при згині балок. Диференціальні залежності при згині. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів у балках. Приклади. Література [5]: § 20–22, с. 50-67. **Завдання на СРС.** Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів. Література: [5]: § 21, с. 55-62.
Тема 5.2. Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині. Напруження при згинанні стержнів.	
12	Лекція 12. Нормальні напружень при згині. Формула Нав'є. Розрахунок на міцність балок за нормальними напруженнями. Література [5]: § 60, с. 237-243, § 62, с. 249-257; **Завдання на СРС.** Раціональна форма перерізу балки. Література: [5]: § 63, с. 257-258.
Розділ 6. Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.	
Тема 6.1. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.	
13	Лекція 13. Визначення переміщень за допомогою диференціального рівняння зігнутої осі балки Література [5]: § 66, с. 265-270; **Завдання на СРС.** Приклади визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки Література: [5]: § 67, с. 269-276
Тема 6.2. Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна.	
14	Лекція 14. Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Приклади.

	Література: [5]: § 82-83, с. 365-371; **Завдання на СРС.** Переміщення, спричинені дією температури. Література: [5]: § 84, с. 371-373.
Тема 6.3. Спосіб Верещагіна для визначення переміщень балок при згині.	
15	Лекція 15**.** Спосіб Верещагіна. Приклади. Література: [5]: § 85, с. 373-378; **Завдання на СРС.** Визначення переміщень в балках змінного поперечного перерізу. Література: [5]: § 86, с. 378-379.
Розділ 7.Статично невизначені системи.	
Тема 7.1 Розрахунок статично-невизначених систем	
16	Лекція 16. Розрахунок статично-невизначених систем. Приклади. Література: [5]: §90-92; с.386-392 **Завдання на СРС.** Контроль правильності розв'язання статично-невизначених систем Література: [5]: §97 с.418-420.
Розділ 8. Розрахунки на міцність стержневих систем теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил	
Тема 8.1. Складне і косе згинання	
17	Лекція 17. Складне і косе згинання Література: [5]: §75; с. 325- 331 Завдання на СРС. Згинання з розтяганням. Література: [5]: §76 с.332-338
Тема 8.2. Згинання з крученням	
18	Лекція 18. Розрахунки на згинання з крученням Література: [5]: §77 с.338-342 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [5]: §77 с.342-346
Розділ 9 . Розрахунок на міцність тонкостінних резервуарів та посудин під дією внутрішнього та зовнішнього тисків	
Тема 9.1. Розрахунки тонкостінних вісесиметричних оболонок	
19	Лекція 19. Напруження у вісесиметричній оболонці Література: [5]: §108; с.461-467 **Завдання на СРС.** Розпірні кільця в оболонках**.** Розрахунки складених оболонок. Література: [5]: §109 с.467-469.
Розділ 10. Стійкість стиснутих стержнів.	
Тема 10.1. Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.	
20	Лекція 20 . Формула Ейлера для визначення критичної сили Література: [5]: §117; с.493-496 **Завдання на СРС**. Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [5]: §118 с.497-499
Розділ 11. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при ударних навантаженнях	
Тема 11.1. Розрахунки при ударних навантаженнях. Коефіцієнт динамічності.	
21	Лекція 21. Розрахунки при ударних навантаженнях Література: [5]: §138- 139 с. 590-604 **Завдання на СРС**. Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [5]: §140 с .605-611
Розділ 12. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при повторно-змінних навантаженнях	
Тема 12.1. Вплив повторно-змінних навантажень на роботу елементів конструкцій теплоенергетичного обладнання. Розрахунки на міцність при повторно-змінних навантаженнях	
22	Лекція 22. Вплив повторно-змінних навантажень на роботу елементів конструкцій теплоенергетичного обладнання. Розрахунки на міцність при повторно-змінних навантаженнях. Література: [5]: §134- 137 с. 562-681

	Завдання на СРС. Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості Література: [5]: §136 с .573 -581
23	Лекція 23. Заключна лекція

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)
Розділ 1. Професійно-орієнтоване спрямування курсу для теплоенергетиків. Наука про опір матеріалів, завдання курсу та місце серед загально інженерних дисциплін. Основні поняття	
Тема 1.2. Геометричні характеристики плоских перерізів.	
1	Практичне заняття 1. Геометричні характеристики плоских перерізів. Прості та складні перерізи. Література [5]: § 4–9, с. 17-30, § 12, с. 34-37. Завдання на СРС. Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [5]: § 10-11, с. 30-33;
Розділ 2. Розрахунок елементів теплоенергетичного обладнання при розтягу і стиску.	
Тема 2.1. 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. Експериментальне визначення механічних характеристик при розтягуванні Література: [5]: § 27-28, с. 83-88; Завдання на СРС. Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література: [5]: § 31-32, с. 100-106.
Розділ 3. Основи напружено-деформованого стану твердого тіла.	
Тема 3.2. Лінійний та плоский напружений стан.	
3	Практичне заняття 3**.** Аналіз напруженого і деформованого стану. Лінійний напружений стан. Плоский напружений стан. Література: [5]: § 41-42, с. 155-161. Завдання на СРС. Круг напружень. Література: [5]: § 43-44, с. 161-167;
Розділ 4. Зсув та кручення.	
Тема 4.1. Поняття зсуву та зрізу. Закон Гука при чистому зсуві. Розрахунки на міцність болтових, клепаних та зварних з'єднань.	
4	Практичне заняття 4. Розрахунки на міцність болтового, клепаного та зварних з'єднань. Випробування матеріалів на зріз. Література [5]: § 51, с. 193-194. Завдання на СРС. Визначення максимальних напружень при зсуві. Література [5]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174.
Тема 4.2. Кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунки на міцність і жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу.	
5	Практичне заняття 5. Зсув і кручення. Побудова епюр крутних моментів. Розрахунок на міцність та жорсткість при крученні стержнів різної форми поперечного перерізу. Експериментальне визначення модуля пружності при зсуві. Література: [5]: § 53-54, с. 206-212. Завдання на СРС. Розрахунок на міцність та жорсткість валів. Література: [5]: § 55, с. 212-216.
Тема 5.1. Метод перерізів при згинанні. Побудова епюр внутрішніх силових факторів. Диференціальні залежності при згинанні.	
6	Практичне заняття 6.1 Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для консольних балок. Література [5]: § 20–22, с. 50-67. Завдання на СРС. Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів для консольних балок. Література: [5]: § 21, с. 55-62.

	6.2. Побудова епюр поперечних сил та згинальних моментів для шарнірно-опертих балок. Література: [5]: § 20–22, с. 50-67; Завдання на СРС. Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів для шарнірно-опертих балок. Література: [5]: § 21, с. 55-62.
Тема 5.2. Розрахунки на міцність і жорсткість стержнів при плоскому згині. Нормальні та дотичні напруження при згинанні стержнів.	
7	Практичне заняття 7. Розрахунок на міцність балок при згині. Три види розрахунків: перевірочий, проектувальний, підбір допустимого навантаження. Експериментальне дослідження напруженого стану балки в умовах чистого згину Література: [5]: § 60, с. 237-243, § 62, с. 249-257; Завдання на СРС. Визначення раціональної форми перерізу балки. Література: [5]: § 63, с. 257-258.
Розділ 6. Загальні методи визначення переміщень у механічних системах.	
Тема 6.1. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.	
8	Практичне заняття 8. Диференціальне рівняння зігнутої осі балки. Література: [5]: § 66-67, с. 265-276, § 78–81, с. 354-365; Завдання на СРС. Визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки Література: [5]: § 67, с. 269-276
Тема 6.2. Енергетичні методи визначення переміщень у стержневих системах. Інтеграл Мора. Спосіб Верещагіна	
9	Практичне заняття 9**.** Визначення переміщень в пружних системах за допомогою інтеграла Мора. Література: [5]: § 82-83, с. 365-367. Завдання на СРС. Визначення переміщень, спричинені дією температури. Література: [5]: § 84, с. 371-373.
Тема 6.3. Спосіб Верещагіна для визначення переміщень балок при згині.	
10	Практичне заняття 10. Визначення переміщень в балках за допомогою способу Верещагіна. Література: [5]: § 85, с. 373-378; Завдання на СРС. Визначення переміщень в шарнірно-опертих балках балках Література: [5]: § 86, с. 378-379.
Розділ 7.Статично невизначені системи	
Тема 7.1 Розрахунок статично-невизначених систем	
11	Практичне заняття 11. Розрахунок статично-невизначених балок. Література: [5]: § 85, с. 373-378; Завдання на СРС. Розрахунок статично-невизначених балок при згинанні Література: [5]: § 85, с. 373-378;
Розділ 8. Розрахунки на міцність стержневих систем теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил	
Тема 8.1. Складне і косе згинання	
12	Практичне заняття 12. Косе згинання Література: [5]: §75 с.325-332 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [5]: §75 с.325-332
Тема 8.2. Згинання з крученням	
13	Практичне заняття 13**.** Розрахунки на згинання з крученням круглих стержнів Література: [5]: §77 с.338-342 Завдання на СРС. Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [5]: §77 с.342-346
Розділ 9 . Розрахунок на міцність тонкостінних резервуарів та посудин під дією внутрішнього та зовнішнього тисків	
Тема 9.1. Розрахунки тонкостінних вісесиметричних оболонок	

14	Практичне заняття 14. Визначення напруженнь у вісесиметричній оболонці Література: [5]: §108; с.461-467 Завдання на СРС. Розпірні кільця в оболонках. Розрахунки складених оболонок. Література: [5]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544
15	Практичне заняття 15. Проектувальний розрахунок вісесимметричних оболонок. Література: [5]: §108; с.461-467 Завдання на СРС. Розрахунок конічного днища. Література: [5]: §109 с.467-469, [2]: § 116-120, с. 525-544
Розділ 10. Стійкість стиснутих стержнів.	
Тема 10.1. Розрахунок на стійкість за допомогою формули Ейлера.	
16	Практичне заняття 16. Формула Ейлера для визначення критичної сили. Експериментальне дослідження стійкості стиснутих стержнів. Література: [5]: §117; с.493-496 Завдання на СРС. Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [5]: §118 с.497-499
17	Практичне заняття 17**.** Проектувальний розрахунок на стійкість**.** Література: [5]: §120; с. 502-507 Завдання на СРС. Вибір раціональної форми поперечного перерізу Література: [5]: §121 с. 507-509
Розділ 11. Розрахунки на міцність теплоенергетичного обладнання при ударних навантаженнях	
Тема 11.1. Розрахунки при ударних навантаженнях. Коефіцієнт динамічності.	
18	Практичне заняття 18. Розрахунки при ударних навантаженнях Література: [5]: §138- 139 с. 590-604 Завдання на СРС. Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [5]: §140 с .605-611
19	Практичне заняття 19. Розрахунки при крутильному ударному навантаженні Література: [5]: §138- 139 с. 590-604 Завдання на СРС. Напруження і деформації при повздовжньому ударі Література: [5]: §140 с .605-611
20	Практичне заняття 20. Розрахунки на міцність при повторно-змінних навантаженнях. [5]: §137 с.581 -590 Завдання на СРС. Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості Література: [5]: §136 с .573 -581
21	Практичне заняття 21**.** Модульна контрольна робота.
22	Практичне заняття 22. Захист РГР
23	Практичне заняття 23. Підсумкове.

6. 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, до лекційного матеріалу	Кількість годин СРС
1	Роль опору матеріалів, як інженерної науки, у теплоенергетиці. Література: [5]: § 10-11, с. 30-33	1
2	Графічне зображення моментів інерції. Поняття про радіус і еліпс інерції. Література: [5]: § 10-11, с. 30-33;	4
3	Статичні рівняння. Види деформацій. Література: [5]: § 31, с. 100-103.	4
4	Розрахунки стержневих конструкцій на розтяг та стиск. Література: [5]: § 31-32, с. 100-106	4

5	Розрахунки ступінчастих стержнів та врахування власної ваги. Література: [5]: § 35-36	4
6	Закон парності дотичних напружень. Література:; [5]: § 40, с. 154-155.	4
7	Круг напружень. Література:; [5]: § 43-44	4
8	Деформації при об'ємному напруженому стані. Енергія зміни об'єму та енергія зміни форми. Нові критерії міцності Література: [5]: § 46, с. 174-177; § 47, с. 177-180. § 50, с. 188-193	4
9	Чистий зсув. Визначення максимальних напружень при зсуві. Література: [5]: § 52, с. 194-206. [5]: § 41-42, с. 155-161, § 45, с. 167-174	4
10	Концентрація напружень при крученні. Література [5]: § 59, с. 233-237.	4
11	Перевірка епюр поперечних сил та згинальних моментів. Література: [5]: § 21, с. 55-62.	6
12	Раціональна форма перерізу балки. Література: [5]: § 63, с. 257-258.	6
13	Приклади визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки Література: [5]: § 67, с. 269-276	4
14	Переміщення, спричинені дією температури. Література: [5]: § 84, с. 371-373.	4
15	Визначення переміщень в балках змінного поперечного перерізу. Література: [5]: § 86, с. 378-379.	4
16	Контроль правильності розв'язання статично-невизначених систем Література: [5]: §97 с.418-420.	4
17	Згинання з розтяганням. Література: [5]: §76 с.332-338	6
18	Згинання з крученням стержнів прямокутного перерізу. Література: [5]: §77 с.342-346	6
19	Розпірні кільця в оболонках**.** Розрахунки складених оболонок. Література: [5]: §109 с.467-469	8
20	Вплив умов закріплення на значення критичної сили. Література: [5]: §118 с.497-499	8
21	Напруження і деформації при згинальному ударі Література: [5]: §140 с .605-611[2]: § 227 с. 706-710	8
22	Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості Література: [5]: §136 с .573 -581	8

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] ; [7]; [5]: § 31-32, с. 100-106

Тема 2. Розрахунок елементів конструкцій теплоенергетичного обладнання на кручення. Розрахунок вала на кручення. [2] ; [7]; [5]: § 55, с. 212-216.

Тема 3. Елементи конструкцій що працюють на згинання. Розрахунок на міцність та жорсткість балок при згинання. Література: [2] ; [7]; [5]: § 20–22, с. 50-67;

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] ; [7]; [5]: § 85, с. 373-378.

Тема 5. Розрахунок на міцність стержневих систем, як елементів теплоенергетичного обладнання у загальному випадку просторової дії сил (Складний опір). Література: [2] ; [7]; [5]: §77 с.338-342,
Тема 6. Розрахунок на міцність тонкостінних осесиметричних оболо-
нок (резервуарів, посудин). Література: [2] ; [7]; [5]: §108; с.461-467
[5]: §109 с.467-469,
Тема 7. Розрахунок на стійкість стиснутих стержнів (стояків). Література: [2] ; [7]; [5] §117; с.493-496: [5]: §118 с.497-499,[5]: §120; с. 502-507

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання практичної роботи	+ 2 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи	- 1 бал

Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами.

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), не оцінюється.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше:https://kpi.ua/code.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна Опір матеріалів може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Види контролю знань студента з дисципліни:

- поточний контроль: опитування за темами занять, виконання модульної контрольної роботи, виконання і захист розрахунково-графічної роботи;
- календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог РСО;
- семестровий контроль: 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 – 20 балів.

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

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

   3–2 балів – знання формул та відповідь на поставлені запитання;

   0 балів – відсутність знань за сформульованим запитанням.

2. *Виконання МКР*

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

   Критерії оцінювання:

   20 балів – виконання роботи у повному обсязі без помилок;

   19…16 балів – виконання роботи у повному обсязі з незначними помилками;

   15…9 балів – виконання роботи майже у повному обсязі з незначними помилками;

   8…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 продовж 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.

Календарним рубіжним контролем є проміжна атестація (далі–атестація). Метою проведення атестації є підвищення якості навчання та моніторинг виконання графіка освітнього процесу.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації			8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг		≥ 7 балів	≥ 14 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота № 1-6	+	+
		Практична робота №7-12	–	+
	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота	–	–

2) Складання екзамену

Необхідною умовою допуску до екзамену є зарахування РГР.

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

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

10 балів – повна правильна відповідь на запитання;

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

7…5 балів – майже повна відповідь з незначними помилками або неточностями;

0 балів – відповідь відсутня або неправильна.

Критерії оцінювання практичної задачі:

10 балів – задачу виконано правильно у повному обсязі;

9…7 балів – задачу виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями;

6…4 балів – задачу виконано майже у повному обсязі з незначними помилками;

3…0 балів – задачу виконано неправильно або не виконано взагалі.

У підсумку бали за виконання заходів поточного контролю (відповіді на практичних заняттях, виконання 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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100–бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання аспірантом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $\mathbf{R_c \geq 45}$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 50 + \frac{50 \cdot (R_i - R_D)}{(R_c - R_D)},$$

де R – оцінка за 100–бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних аспірантом продовж семестру;

R_c – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають право і можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами (детальніше: https://osvita.kpi.ua/2020_7-170, https://document.kpi.ua/files/2020_7-170.pdf).

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (детальніше: https:// kpi.ua/code).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Дистанційне навчання:

В умовах дистанційного режиму організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський» та «Електронний кампус». Навчальний процес у дистанційному режимі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять. Заняття проходять з використанням сучасних ресурсів проведення онлайн-зустрічей (організація відео-конференцій на платформі Zoom).

2. Навчання в умовах правового режиму воєнного стану:

- передбачає проведення усіх видів занять дистанційно (з використанням синхронної або асинхронної моделі освітньої взаємодії), у відповідності до Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі та Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
- кінцеві терміни виконання індивідуальних завдань і завдань самостійної роботи переносяться на кінець семестру (з обов'язковим виконанням і захистом);
- у рейтингову систему оцінювання вносяться зміни стосовно нарахування штрафних балів за не своєчасне виконання завдань: штрафні бали не нараховуються.

3. Для студентів існує можливість зарахування (у вигляді додаткових балів до рейтингу до 10 балів):

- сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни;
- сертифікатів, які підтверджують участь у науково–практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікація статті у науковому журналі за тематикою дисципліни.

Додаток 1

ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ
«Опір матеріалів»,
ЩО ВИНОСЯТЬСЯ 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 не круглого 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.
42. Явище втоми матеріалів.
43. Методи визначення границі витривалості. Діаграмма граничних напружень.
44. Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено к.т.н., доцентом кафедри ДММ та ОМ, доцент ***Трубачевим С.І.***
Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 10 від 01.06.2022р.)
Погоджено Методичною комісією ТЕФ (протокол № 9 від 30. 06. 2022 р.)
Методичною комісією НН ММІ (протокол № 11 від 29.08. 2022 р.)