

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Гарант освітньої програми



(підпис)

Дмитро Крицький
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 29 » 08 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Інженерний аналіз інтелектуальних безпілотних
транспортних засобів (ІА ІБТЗ)**

Галузі знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальності: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Освітня програма: Інтелектуальні безпілотні транспортні засоби

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Силабус уведено в дію з 01.09.2025 р.

Харків – 2025

Розробник:

Деменко В. Ф., к.т.н., проф. каф. 102


(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів (№ 102)

Протокол № 1 від « 28 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Віталій МІРОШНІКОВ
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Представник здобувачів освіти:


(підпис)

Олено, АРЧУНОМАН
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладачів

	ПІБ: <i>Деменко Владислав Федорович</i>
	Посада: <i>професор</i>
	Науковий ступінь: <i>канд. техн. наук</i>
	Вчене звання: <i>професор</i>
	Перелік дисциплін, які викладає: - <i>механіка матеріалів і конструкцій;</i> - <i>вступ до фаху;</i> - <i>інженерний аналіз ІБТЗ</i>
	Напрями наукових досліджень: - <i>механіка деформованого твердого тіла;</i> - <i>аерокосмічна інженерія;</i> - <i>біомедична інженерія</i>
	Контактна інформація: <i>v.demenko@khai.edu</i>

2. Опис навчальної дисципліни

Форма здобуття освіти	Денна
Семестр	5
Мова викладання	Українська
Тип дисципліни	Обов'язкова
Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин	6 кредитів ЄКТС / 180 годин (88 аудиторних, з яких: лекції – 48, практичні – 40, самостійна робота здобувача освіти – 92)
Види навчальної діяльності	Лекції, практичні заняття, самостійна робота здобувача освіти
Види контролю	Поточний контроль, модульний контроль, семестровий контроль – іспит
Пререквізити	Вища математика, фізика, теоретична механіка, механіка матеріалів і конструкцій, нарисна геометрія, інженерне матеріалознавство
Кореквізити	Теорія машин і механізмів
Постреквізити	Деталі машин та основи конструювання, будівельна механіка та інші дисципліни, а також курсові і дипломні роботи, пов'язані з розрахунками на міцність, жорсткість і стійкість елементів конструкцій при статичному, динамічному, повторно-змінному навантаженні

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета – сформувати навички застосування сучасних інженерних методів проектування та розрахунків елементів механічних конструкцій на міцність, жорсткість, стійкість, витривалість за різноманітного зовнішнього механічного навантаження.

Завдання – навчити здобувачів освіти методам оцінки внутрішнього механічного стану машин і конструкцій та умінням застосовувати набуті знання та навички для практичних інженерних розрахунків – визначення геометрії та розмірів елементів конструкцій, оцінки їх рівня безпеки, вибору раціонального матеріалу.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і інженерних дисциплін; здатність здійснювати розрахунки елементів конструкцій на міцність, жорсткість, стійкість.

Загальні компетентності (ЗК)

Після опанування дисципліни здобувач освіти буде здатен до наступного:
Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
Здатність працювати у команді.
Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
Здатність приймати обґрунтовані рішення.
Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні компетентності (СК або ФК)

Після опанування дисципліни здобувач освіти буде здатен до наступного:
Здатність призначати раціональні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність, жорсткість, стійкість, витривалість.
Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки та її систем.
Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій та програмного забезпечення у навчанні та професійній діяльності.

Здатність враховувати економічні, управлінські та екологічні аспекти виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки у професійній діяльності.

Програмні результати навчання (ПРН або РН):

Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань.

Розуміти екологічно небезпечні та шкідливі фактори професійної діяльності та корегувати її зміст з метою попередження негативного впливу на навколишнє середовище.

Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.

Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефакхівцям в ясній і однозначній формі.

Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.

Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.

Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах їх життєвого циклу.

Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Обирати раціональні матеріали для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів.

Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.

Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Визначати напружено-деформований стан, несійну здатність конструктивних елементів та аналізувати надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Розуміти та обґрунтовувати послідовність проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

4. Зміст навчальної дисципліни «Інженерний аналіз ІБТЗ»

МОДУЛЬ 1

Змістовний модуль 1. Історія розвитку механіки та методів створення і аналізу інженерних конструкцій. Сучасний стан, загальні закони, положення, основні гіпотези, принципи та методологія науки про деформівне тверде тіло та його внутрішній механічний стан.

Тема 1. Історичний експурс у механічну інженерію та механіку як наукове підгрунття інженерії.

Розвиток інженерних конструкцій та споруд, піонерські відкриття, поява та розвиток науки про міцні та надійні конструкції. Видатні вчені, наукові школи, світові досягнення. Фундаментальні досліді та теоретичні розрахунки, які мали вплив на розвиток науки (Леонардо да Вінчі, Гук, Маріотт, Юнг, Віка, Кулон та ін.)

Мащини і конструкції сьогодні – досягнення і невдачі, наукове обґрунтування створення конструкцій проти ремісничого проектування минулого.

Лекція: Історичний експурс у механічну інженерію та науку «Механіка деформівного твердого тіла».

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів, підготовлених викладачем.

Тема 2. Вступ до навчальної дисципліни "Інженерний аналіз ІБТЗ". Загальні положення науки про деформування суцільного твердого тіла

Місце навчальної дисципліни "Інженерний аналіз ІБТЗ" (ІА ІБТЗ) у загальнотехнічній підготовці фахівців та її зв'язок з загальнонауковими та спеціальними дисциплінами (фізикою, матеріалознавством, теоретичною механікою).

Загальні положення про деформування суцільного твердого тіла за термомеханічного навантаження. Деформівне та жорстке тверді тіла: принципові відмінності та схожість, основні гіпотези про деформівне тверде тіло (ДТТ). Використання інструментів теоретичної механіки у механіці деформівного твердого тіла.

Поняття про переміщення точки ДТТ за умов зовнішнього навантаження. Складові переміщення. Поняття про деформації в околі точки ДТТ. Малі та великі, пружні, пружно-пластичні та пластичні деформації, області їх існування. Ідеальна пружність та пластичність як міра ідеалізації реального твердого тіла. Поняття про однорідну та неоднорідну деформацію.

Основні гіпотези та припущення відносно ДТТ: про ненапружений природний стан, однорідність, суцільність, ізотропність. Поняття анізотропії властивостей ДТТ. Додаткові гіпотези щодо пружного ДТТ: про ідеальну пружність, про існування потенціалу пружних сил. Принцип незалежності дії сил для пружного ДТТ.

Розрахунки за деформованою та недеформованою схемами. Реальна конструкція, її конструктивно-силова та розрахункова схеми. Проблема адекватної розрахункової схеми. Три основні закони деформування: закон суцільності, закон рівноваги, фізичний закон (рівняння стану) матеріалу. Статична невизначеність ДТТ.

Лекція: Вступ до навчальної дисципліни ІА ІБТЗ. Загальні положення про деформування та напружений стан твердого тіла.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів, підготовлених викладачем.

Тема 3. Зовнішні сили та внутрішні зусилля в ДТТ. Метод перерізів як метод визначення внутрішніх сил у ДТТ. Напруження як міра розподілу внутрішньої сили у точці ДТТ.

Зовнішні сили та внутрішні зусилля в ДТТ. Класифікація зовнішніх сил. Сили поверхневі та об'ємні. Скупчені та розподілені навантаження. Теорема про рівнодійну розподіленого навантаження. Реакції опору як зовнішні сили, прикладені до ДТТ. Принцип Сен-Венана. Робота зовнішніх сил, прикладених до ДТТ. Поняття про узагальнену силу та переміщення.

Внутрішні зусилля як результат дії зовнішніх сил. Фізичне та аналітичне обґрунтування їх існування. Метод перерізів як метод виявлення та визначення внутрішніх зусиль, які протидіють усякій спробі змінити взаємне розташування частинок ДТТ, через зовнішні сили. Головний вектор та головний векторний момент системи внутрішніх зусиль у перерізі. Поняття про результуючі внутрішні зусилля в перерізі та їх визначення.

Поняття про напруження в околі точки ДТТ як інтенсивності розподілу внутрішнього зусилля по перерізу. Різновиди напружень. Зв'язок між результуючими внутрішніми зусиллями та напруженнями. Статична невизначеність розподілу напружень у перерізі.

Поняття про напружений стан (НС) в околі точки ДТТ та його визначення. Проблема міцності як проблема безпечних напружень у небезпечній точці небезпечного перерізу бруса.

Лекція: Внутрішні сили і напруження. Метод перерізів.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів за темою, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 2

Змістовний модуль 2. Геометричні характеристики плоских перерізів призматичного бруса.

Тема 4. Геометричні характеристики плоских перерізів (ГХ).

Поперечні перерізи конструктивних елементів як плоскі фігури різноманітних обрисів. Площа як найпростіша геометрична характеристика перерізу та інтегрування як метод її визначення. Наближене визначення площ плоских фігур складної форми. Статичні моменти площі. Центр «ваги» (геометричний центр) плоскої фігури та методика його визначення.

Центральні осі. Осьові, полярний і відцентровий моменти інерції. Моменти інерції відносно паралельних осей. Залежність між моментами інерції при повороті координатних осей. Головні осі інерції, визначення напрямку головних осей інерції та головних моментів інерції. Залежність між моментами інерції при повороті координатних осей. Головні осі інерції. Визначення напрямку головних осей інерції та головних моментів інерції. Інваріантність суми осьових моментів інерції відносно повороту осей. Моменти опору складених фігур. Радіуси інерції.

Лекція: Геометричні характеристики плоских перерізів (узагальнений розгляд).

Практичне заняття: Розрахунок геометричних характеристик перерізу.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів за темою, підготовлених викладачем. Вирішення практичних задач з визначення положення геометричного центра складних плоских фігур, визначення центральних і головних центральних моментів інерції складних перерізів.

МОДУЛЬ 3

Змістовний модуль 3. Діаграми внутрішніх сил (ВС).

Тема 5. Закономірності розподілу внутрішніх сил по довжині призматичного бруса.

Діаграми внутрішніх зусиль як засіб визначення небезпечного перерізу по довжині бруса та його небезпечних точок. Основні правила їх побудови. Діаграми поздовжніх сил. Правило знаків і приклади побудови епюр поздовжніх сил. Діаграми крутних моментів. Правило знаків і приклади побудови діаграм крутних моментів. Діаграми поперечних сил і згинальних моментів. Правила знаків для поперечних сил та згинальних моментів.

Диференційні залежності між згинальним моментом, поперечною силою та інтенсивністю розподіленого навантаження, особливості діаграм поперечних сил та згинальних моментів. Приклади побудови діаграм поперечних сил та згинальних моментів. Побудова діаграм внутрішніх зусиль для плоских та плоскопросторових рам.

Загальні правила перевірки правильності побудови діаграм внутрішніх зусиль.

Лекція: Діаграми внутрішніх зусиль для деформацій розтягу-стиску і кручення.

Практичне заняття: Побудова діаграм внутрішніх зусиль при розтяганні-стисканні. Побудова діаграм внутрішніх зусиль при крученні.

Самостійна робота здобувача освіти: виконання індивідуального завдання.

Лекція: Діаграми внутрішніх зусиль для деформацій плоского гнuttя.

Практичне заняття: Побудова діаграм внутрішніх зусиль для консольної балки та балки на двох опорах. Побудова діаграм внутрішніх зусиль для плоскої рами.

Самостійна робота здобувача освіти: виконання індивідуального завдання.

МОДУЛЬ 4

Змістовний модуль 4. Теорія напружено-деформованого стану (НДС).

Тема 6. Основи теорії напруженого стану

Елементи теорії напруженого стану в околі точки ДТТ. Напружений стан в околі довільної точки ДТТ за умов загального навантаження. Однорідний та неоднорідний напружений стан. Знаки нормальних та дотичних напружень. Тензор напружень. Напруження на площині довільної орієнтації. Головні напруження та головні площини. Максимальні дотичні напруження та їх визначення через головні напруження.

Різновиди напруженого стану та приклади їх практичної реалізації. Інваріанти тензора напружень. Октаедричні площини і напруження. Шаровий тензор і девіатор напружень.

Плоский напружений стан та його особливості. Напруження на площинах довільної орієнтації. Екстремальність головних напружень. Пряма і зворотна задачі плоского напруженого стану. Деформація «чистий зсув» –практично важливий випадок плоского напруженого стану. Кругові діаграми напруженого стану. Приклади вирішення прямої та зворотної задач плоского напруженого стану.

Лінійний напружений стан.

Диференціальні рівняння статичної та динамічної рівноваги ДТТ (Нав'є-Стокса).

Лекція: Основи теорії напруженого стану.

Практичне заняття: Плоский напружений стан: пряма і зворотна задачі. Графічний метод Мора.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій та практичних занять, аналіз розв'язків задач, підготовлених викладачем.

Тема 7. Основи теорії деформованого стану.

Елементи теорії деформованого стану в околі точки ДТТ. Деформації одноосного розтягу-стиску та чистого зсуву – основа вивчення деформованого стану в околі точки ДТТ. Залежність між складниками переміщень точки ДТТ та компонентами деформацій (співвідношення Коші). Основні властивості деформованого стану.

Тензор малих деформацій і аналогія між теоріями напруженого та деформованого стану (теорема про існування головних напрямів деформацій та про екстремальність головних деформацій). Інваріанти деформації в околі точки ДТТ. Максимальні зсуви. Шаровий тензор та девіатор деформації. Октаедричні деформації.

Зв'язок між компонентами напруженого та деформованого стану. Узагальнений закон Гука для ізотропного тіла. Закон Гука за умови чистого

зсуву. Модуль зсуву та його зв'язок з модулем поздовжньої пружності (модулем Юнга).

Відносна зміна об'єму за умови пружної деформації. Визначення найбільшого значення коефіцієнта Пуассона. Приклади вирішення задач на визначення складових деформованого стану та відносної зміни об'єму.

Потенціальна енергія пружної деформації. Визначення потенціальної енергії пружного деформування ізотропного тіла у загальному разі напруженого стану як роботи пружних внутрішніх зусиль. Складові потенціальної енергії: енергія зміни об'єму та енергія зміни форми. Потенціал пружних сил. Формули Гріна та Кастіліано.

Методики експериментальних досліджень деформованого стану елементів конструкцій.

Умови сумісності деформації (Сен-Венана).

Лекція: Основи теорії деформованого стану. Енергія пружної деформації.

Практичне заняття: Визначення складових деформованого стану у точці ДТТ, відносної зміни об'єму та накопиченої енергії деформації.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій та практичних занять. Аналіз розв'язків задач, підготовлених викладачем для опрацювання вдома.

Тема 8. Граничний напружений стан в околі точки ДТТ. Проблеми міцності та руйнування.

Два види руйнування полікристалічного матеріалу: крихке руйнування і поява текучості та відповідні типи граничного стану. Залежність опору матеріалу появі граничного стану в околі точки від типу напруженого стану та історії навантаження. Поняття про рівнонебезпечні стани та еквівалентні напруження. Відповідність типу граничного стану (типу матеріалу) та методу розрахунку на міцність (за допустимими напруженнями або за граничним станом конструкції).

Феноменологічний та фізичний підходи до побудови критеріїв граничного стану. Три напрями досліджень міцності та руйнування твердих тіл: феноменологічні механічні теорії міцності як теорії локального граничного стану, теорія макротріщин, континуальні теорії накопичення пошкоджень (дефектів).

Класичні теорії міцності: перша (теорія максимальних нормальних напружень), друга (теорія максимальних лінійних деформацій). Класичні теорії пластичності (текучості): третя (теорія максимальних зсувних напружень), четверта (енергетична).

Обмеження у використанні класичних теорій, пов'язані з можливістю двох станів матеріалу – крихкого та пластичного. Теорія міцності Мора як спроба об'єднання теорії міцності та умови текучості. Інші сучасні теорії.

Поняття про теорію макротріщин. Тріщина як основне поняття крихкого руйнування. Крихке руйнування пружного тіла та задача Гріффітса.

Квазікрихке руйнування тіла та коефіцієнт інтенсивності напруження Ірвіна. Поняття про теорії процесів накопичення розсіяних мікрodefектів.

Лекція: Класичні теорії міцності ізотропних матеріалів.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання матеріалу лекцій, підготовлених викладачем для опрацювання вдома.

МОДУЛЬ 5

Змістовний модуль 5. Механічні характеристики конструкційних матеріалів та їх експериментальне визначення. Фізичні рівняння механіки ДТТ.

Тема 9. Механічні характеристики конструкційних матеріалів та їх експериментальне визначення

Експериментальне вивчення опору матеріалу деформуванню – основа для встановлення залежностей між напруженнями та деформаціями з метою теоретичного дослідження поведінки ДТТ під навантаженням, розкриття статичної невизначеності напружень у суцільному середовищі, оцінки точності теоретичних досліджень деформованого стану формування, а також умов руйнування та міцності за складного напруженого стану..

Механічні випробування матеріалів як метод визначення технічних сталих пружного деформування, механічних характеристик, допустимих напружень. Історія розвитку методів випробування. Різновиди механічних випробувань, обладнання та зразки. Розтяг - стиск як основні різновиди механічних випробувань конструкційних матеріалів. Діаграми розтягу (машинна, умовна, істинна). Основні механічні характеристики, що визначаються за результатами механічних випробувань.

Експериментальна перевірка закону Гука для лінійно пружних тіл, вивчення поперечної деформації та коефіцієнта Пуассона.

Вплив температури та часу навантаження на механічні властивості матеріалів. Жаростійкість матеріалів. Повзучість та релаксація напружень. Довготривала міцність. Вплив швидкості деформації на опір матеріалів деформуванню. Ударна в'язкість.

Лекція: Механічні випробування конструкційних матеріалів.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів за темою, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 6

Змістовний модуль 6. Розрахунки на міцність і жорсткість при простих деформаціях.

Тема 10. Розрахунки на міцність і жорсткість за осьової деформації.

Розтяг і стиск прямих стрижнів та статично визначених стрижневих систем. Використання гіпотези плоских перерізів для визначення розподілу напружень та деформацій у довільному перерізі стрижня та розкриття

невизначеності розподілу напружень у перерізі. Умови міцності та жорсткості. Практичні задачі, які вирішуються з їх використанням.

Лекція: Розрахунки на міцність і жорсткість при осьовій деформації.

Практичне заняття: Розрахунок на міцність і жорсткість за осьової деформації. Статично визначені і статично невизначені стрижневі системи. Температурні і монтажні напруження.

Тема 11. Розрахунки на міцність і жорсткість за деформації кручення.

Кручення валів круглого поперечного перерізу. Гіпотези «жорстких дисків», прямолінійних твірних. Напруження та деформації при крученні. Поняття полярного моменту опору. Умови міцності та жорсткості. Практичні задачі.

Кручення валів некруглого поперечного перерізу. Кручення тонкостінних валів незамкненого обрису. Поняття про потік дотичних напружень. Вільне кручення тонкостінних труб. Приклади розв'язання задач.

Розкриття статичної невизначеності валів за допомогою умов сумісності кутових деформацій.

Лекція: Розрахунки на міцність і жорсткість за деформації кручення.

Практичне заняття: Розрахунок на міцність і жорсткість за деформації кручення. Статично визначені і статично невизначені вали.

Самостійна робота здобувача освіти: Виконання індивідуального завдання.

Тема 12. Розрахунки на міцність і жорсткість за деформації плоского гнуття.

Деформація «чисте плоске гнуття» балок призматичного поперечного перерізу. Припущення і гіпотези, покладені в основу аналізу напружено-деформованого стану в умовах чистого плоского гнуття. Нормальні напруження в поперечному перерізі балки при чистому гнутті. Небезпечний переріз та небезпечні точки. Умова міцності, практичні задачі, що витікають з неї. Осьовий момент опору та його визначення для найпростіших поперечних перерізів. Приклади розв'язання задач.

Деформація “поперечне плоске гнуття”. Визначення нормальних напружень. Дотичні напруження при поперечному гнутті призматичних нетонкостінних балок та їх визначення за формулою Журавського. Визначення головних напружень та проблема оцінки міцності точок перерізу за складного напруженого стану з використанням теорій міцності. Приклади розв'язання задач.

Переміщення за умови плоского гнуття. Наближене диференціальне рівняння пружної лінії балки, його інтегрування. Методи раціонального запису та інтегрування рівняння пружної лінії. Визначення довільних сталих. Приклади розв'язання задач визначення прогинів та кутів повороту довільних перерізів.

Лекція: Розрахунки на міцність за деформації плоского гнуття.

Практичне заняття: Розрахунок на міцність за деформації плоского гнуття.

Самостійна робота здобувача освіти: Виконання індивідуального завдання.

Лекція: Розрахунки на жорсткість за деформації плоского гнуття.

Практичне заняття: Розрахунок на жорсткість за деформації плоского гнуття.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання дидактичних матеріалів, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 7

Змістовний модуль 7. Розрахунки на міцність стрижневих систем за умови довільного навантаження.

Тема 13. Розрахунки на міцність за складного навантаження.

Принцип сумування дії зусиль та напружень при розгляді задач складного напруженого стану за довільного навантаження стрижнів та стрижневих систем.

Гнуття з крученням круглих валів та балок прямокутного перерізу. Визначення небезпечних точок і напружень. Формування умов міцності з використанням гіпотез (теорій) міцності в точках зі складним напруженим станом. Добирання перерізу та повна перевірка на міцність.

Несиметричне гнуття. Напруження у довільній точці перерізу. Визначення положення нейтральної лінії та небезпечної точки. Розрахунок на міцність та добирання розмірів перерізу.

Позацентровий розтяг (стиск). Напруження у довільній точці. Нейтральна лінія. Небезпечна точка. Розрахунок на міцність та визначення розмірів перерізу. Ядро перерізу.

Лекція: Розрахунки на міцність за довільного навантаження.

Практичне заняття: Розрахунок бруса при складному навантаженні. Косий згин. Позацентровий розтяг-стиск.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання дидактичних матеріалів, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 8

Змістовний модуль 8. Енергетичні методи дослідження рівноваги пружних систем та визначення переміщень в пружних системах.

Тема 14. Енергетичний метод визначення переміщень в пружних системах.

Використання закону збереження і перетворення енергії для визначення умов рівноваги пружно деформованих систем. Узагальнені сили і переміщення. Визначення роботи зовнішніх сил та внутрішніх зусиль (потенціальної енергії деформації) (продовження теми 7).

Розповсюдження варіаційних принципів класичної механіки для визначення інваріантних умов рівноваги пружної системи (принцип можливих

переміщень – принцип Лагранжа та принцип можливих напружень – принцип Кастільяно).

Застосування принципу можливих переміщень до пружних систем. Варіаційна теорема Кастільяно. Теореми про взаємність робіт (Бетті) та переміщень (Максвелла). Загальна формула для визначення переміщень. Інтеграл Максвелла-Мора. Обчислення інтегралів Мора способом Верещагіна. Умови застосування способу Верещагіна.

Лекція: Енергетичний метод визначення переміщень в пружних системах.

Практичне заняття: Визначення переміщень точок та перерізів бруса енергетичним методом. Інтеграл Максвелла-Мора. Спосіб Верещагіна як графоаналітичний розв’язок інтеграла Мора. Умови застосування способу Верещагіна. Приклади розв’язання задач.

Самостійна робота здобувача освіти: Опрацювання дидактичних матеріалів, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 9

Змістовний модуль 9. Втома матеріалів.

Тема 15. Опір матеріалів дії повторно змінних напружень.

Поняття явища “втома”. Циклічні навантаження і циклічні напруження. Явище втоми матеріалів і його фізична природа. Характеристики циклів навантаження. Границя втоми і методи її визначення. Діаграма втомленості і діаграма граничних напружень. Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю втоми. Визначення запасу міцності при розрахунках на опір втомі. Визначення коефіцієнту запасу втоми при спільній дії нормальних і дотичних напружень, які синхронно і періодично змінюються з плином часу (при складній деформації). Шляхи підвищення працездатності деталей в умовах циклічного навантаження.

Лекція: Опір матеріалів дії повторно змінних напружень.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів за темою, підготовлених викладачем.

МОДУЛЬ 9

Змістовний модуль 10. Стійкість поздовжньо стиснутих стрижнів.

Тема 16. Стійкість поздовжньо стиснутих стрижнів.

Стійка та нестійка пружна рівновага. Критична сила та явище втрати стійкості. Умова стійкості. Формула Ейлера для визначення критичної сили стиснутого стержня. Вплив умов закріплення кінців стержня на значення критичної сили. Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорційності. Діаграма стійкості (діаграма критичних напружень). Допустимі напруження на стійкість як зменшені основні допустимі напруження. Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнтів зменшення основного допустимого напруження.

Лекція: Стійкість поздовжньо стиснутих стрижнів.

Практичне заняття: Розрахунки на стійкість.

Самостійна робота здобувача освіти: опрацювання дидактичних матеріалів за темою, підготовлених викладачем.

Модульний контроль.

5. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічні роботи №1 (діаграми внутрішніх зусиль за простих деформацій, №2 (розрахунки на міцність і жорсткість за простих деформацій).

6. Методи навчання

Проведення лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації, самостійна робота здобувачів за методичними посібниками та дидактичними матеріалами викладача, виконання розрахунково-графічних робіт.

7. Методи контролю

Проведення поточного контролю, модульного контролю, фінальний контроль (іспит).

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Складові навчальної роботи	Бали за одну складову контрольну роботу	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Виконання РГР №1	0...100	1	0...100
Виконання складових контрольних робіт у РГР №1 (4)	0...100	4	0...100
Середня оцінка за РГР №1			0...100
Модуль 2			
Виконання РГР №2	0...100	1	0...100
Виконання складових контрольних робіт РГР №2 (3)	0...100	3	0...100
Середня оцінка за РГР №2			0...100
Загальна оцінка – середня арифметична 0...100			

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів підсумкового контролю й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2-х теоретичних (максимальна кількість балів за кожне запитання – 25) та 1-го практичного питання (максимальна кількість балів – 50).

Таблиця 2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Критерії оцінювання роботи здобувача освіти протягом семестру

Задовільно (60–74). Показати мінімум знань та умінь. Здати РГР. При написанні модулів знайти відповіді на теоретичні запитання і показати хід рішення прикладних задач. Знати основні механічні характеристики матеріалів, їх розмірності. Вміти будувати діаграми внутрішніх сил і обчислювати геометричні характеристики перерізів бруса

Добре (75–89). Твердо знати алгоритми оцінки міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів типу призматичний брус і використовувати умови міцності і стійкості при вирішенні практичних задач. Захистити РГР з оцінкою не нижче 75 балів. При написанні модулів показати повне рішення поставлених завдань. Володіти методами розрахунків бруса (вал, балка, рама) як статично визначуваних, так і статично невизначуваних систем. Безпомилково підбирати розміри пружного бруса.

Відмінно (90–100). Захистити усі РГР з оцінкою не нижче 80 балів. Показати знання усіх тем та уміння їх застосовувати на практиці.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі

співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених «Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут»» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються «Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут»» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Опір матеріалів (розділ „Статично визначувані системи”). Конспект лекцій. Буланов В.В., Дибір О.Г. Уч. вид. „ХАІ”, 2002. – 136 с.
2. Опір матеріалів (розділ „Статично невизначувані системи”). Конспект лекцій. Буланов В.В., Дибір О.Г. Уч. вид. „ХАІ”, 2004. – 152 с.
3. Основи теорії напружено-деформованого стану : навч. посіб. / В. Ф. Деменко, С. С. Куреннов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 256 с.
4. Побудова епюр внутрішніх силових факторів при розтяганні й стисканні. О. Г. Дибір, М. І. Пекельний, М. М. Гребенніков, А. О. Кірпікін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т », 2013. – 32 с.
5. Геометричні характеристики плоских перерізів. М. М. Гребенніков, М. І. Пекельний. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 92 с.

6. Розрахунок статично невизначених рам. М. М. Гребенніков, О. Г. Дібір, М. І. Пекельний, А. О. Кірпикін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-тім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 48 с.
7. Теорії міцності. Складний опір. М. М. Гребенніков, В. Ю. Мірошніков, М. І. Пекельний. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 162 с.
8. Ментор:
Деменко В. Ф. – <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8421>

11. Рекомендована література

Базова

1. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів, – 1-ше вид., – К.: Вища школа., 1993. – 654 с.
2. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів, – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища школа., 2004. – 655 с.
3. Beer, F. P. Mechanics of Materials / F. P. Beer, E. Russell Johnston Jr., J. T. DeWolf, D. F. Mazurek. – 7th ed. – Mc. Graw Hill, 2014. – 831 p.
4. Craig, R. R. Mechanics of materials / R. R. Craig, Jr. – John Wiley & Sons, 2011. – 859 p.
5. Gere, J. M. Mechanics of Materials / J. M. Gere. – 6th ed. – Thomson Learning, Inc., 2004. – 964 p.
6. Hibbeler, R. C. Mechanics of materials / R. C. Hibbeler. – 8th ed. – Pearson, 2011. – 883 p.
7. Pytel, A. Mechanics of Materials / A. Pytel, J. Kiusalaas. – 2nd ed. – Cengage Learning, 2012. – 576 p.
8. Steif, P. S. Mechanics of Materials / P. S. Steif. – Pearson, 2012. – 591 p.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри міцності літальних апаратів – <https://k102.khai.edu>
2. Електронна бібліотека ХАІ – <http://library.khai.edu>