

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”

кафедра № 102 “Міцності літальних апаратів”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково- педагогічної
роботи

_____ Павленко В.М.

«__» _____ 2014 р.

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ

на 5 курс за спеціальністю «Динаміка і міцність машин»

Харків 2014

Навчальна дисципліна «Міцність літальних апаратів»

Модуль 1. Перевантаження маневрові та при польоті в неспокійному повітрі.

Тема 1. Вступна лекція. Ціль та задачі курсу. Історична довідка про розвиток конструктивно-силових схем ПС і науки про міцність ПС. Шляхи досліджень міцності.

Тема 2. Експериментальний метод досліджень міцності. Види наземних випробувань конструкцій. Обладнання залів статичних і повторно-статичних випробувань.

Тема 3. Статичні випробування конструкцій, послідовність і етапи проведення. Повторно-статичні і динамічні випробування.

Тема 4. Теоретичний метод досліджень міцності. Функціональна система «Розрахунки міцності». Класифікація дій на конструкцію. Коefіцієнт перевантажень. Швидкісна та зв'язана системи координат.

Тема 5. Залежність маневрового перевантаження в ц.в. ПС від параметрів траєкторії при польоті в вертикальній і горизонтальній площинах. Розрахунки перевантаження у довільній точці ПС. Вимірювання перевантажень у польоті.

Тема 6. Перевантаження при польоті в неспокійному повітрі. Регламентовані в Нормх АП швидкості повітряних поривів. Максимальні перевантаження при горизонтальних і вертикальних поривах.

Тема 7. Зміна перевантажень у часі при дії прямокутного, трапецієвидного і косинусового поривів. Коefіцієнт ослаблення пориву. Співвідношення Норм НЛГС и FAR.

Модуль 2. Навантаження на агрегати літального апарата.

Тема 8. Норми льотної придатності. Системи АП, FAR, JAR. Структура Норм, класифікація. Таблиця узгодження. Доказова документація.

Тема 9. Вимоги міцності конструкції, розділ С. Навантаження ПС і його агрегатів. Спрощена огинаюча граничних польотних умов $V - n$. Максимальні маневрові перевантаження та розрахункові швидкості польоту.

Тема 10. Навантаження, діючі на крило ПС, основні розрахункові випадки навантажування крила. Розподіл повітряних та масових навантажень по размаху крила великого подовження.

Тема 11. Побудова епюр перерізних сил та моментів по размаху крила. Перевірка вірності побудови епюр. Визначення точки прикладання рівнодіючої в перерізі крила.

Модуль 3. Критерії міцності авіаційних конструкцій.

Тема 12. Критерії міцності елементів конструкції при розтягуванні та стиску. Діаграми деформування матеріалу. Критичні напруження загальної втрати стійкості.

Тема 13. Критичні напруження місцевої втрати стійкості елементів конструкції. Деформування рівномірно стислої плоскої панелі. Поняття про приєднану обшивку. Деформування рівномірно стислої циліндричної панелі з різних матеріалів. Розрахунки шагу клепок у стислій панелі. Сумісна дія стиску та зсуву.

Тема 14. Критичні напруження місцевої втрати стійкості трубчастих елементів конструкції шасі літака та вертольоту. Стан пластичного шарніру. Критерії міцності при теплових діях. Діаграми повзучості матеріалів.

Модуль 4. Методи розрахунків міцності агрегатів літального апарату.

Тема 15. Проектувальний розрахунок перерізу крила великого подовження та фюзеляжу. Спрощена модель крила. Розподіл згинаючих моментів і перерізних сил між лонжеронами крила.

Тема 16. Розрахунки геометричних параметрів перетину крила та фюзеляжу. Вибір товщини обшивки и шагу стрингерів, площ стрингерів та лонжеронів, товщин стінок лонжеронів.

Тема 17. Перевірочний розрахунок перерізу крила великого подовження на нормальні напруження. Метод редуційних коefіцієнтів.

Тема 18. Перевірочний розрахунок перерізу крила великого подовження на дотичні напруження. Метод січного модулю. Діагональне розтягнуте поле. Висновок про міцність перерізу крила.

Навчальна дисципліна «Теорія механічних коливань»

Модуль 1. Коливання систем з зосередженими параметрами

Тема 1. Основні поняття і визначення

Загальні відомості про предмет і задачі науки. Класифікація коливальних процесів. Кінематика і динаміка коливань. Способи складання диференціальних рівнянь коливань. Теорема про положення рівноваги. Кількість ступеней свободи динамічної системи, способи її обчислення. Розрахункові схеми несучих конструкцій і їх елементів, які використовуються в теорії механічних коливань.

Тема 2. Вільні коливання динамічної системи, що має одну ступінь свободи.

Вільні коливання динамічної системи, що має одну ступінь свободи без урахування сил опору. Вільні згинні та крутильні коливання системи з однією ступенню свободи. Узагальнення отриманих співвідношень. Види сил опору. Поняття еквівалентного в'язкого опору. Міри затухання коливань, логарифмічний декремент затухання. Отримання і розв'язання диференціального рівняння вільних гармонічних коливань динамічної системи, що має одну ступінь свободи з урахуванням сил опору. Аналіз рішення. Наближене експериментальне визначення логарифмічного декременту затухання. Метод Релея. Застосування методу Релея при коливаннях системи з однією ступенню свободи.

Тема 3. Вимушені коливання динамічної системи, що має одну ступінь свободи.

Диференціальне рівняння вимушених коливань динамічної системи з одним ступенем свободи за відсутності тертя. Вимушені коливання з урахуванням тертя. Випадкові коливання лінійно-в'язкої системи. Резонанс системи з однією ступенню свободи. Захист від вібрацій. Критерій динамічності навантаження.

Тема 4. Параметричні коливання

Поняття про параметричні коливання. Гармонічне параметричне збудження в лінійній системі. Гармонічне параметричне збудження в нелінійній системі. Вплив тертя на параметричні коливання.

Тема 5. Нелінійні системи з одним ступенем вільності.

Особливості і класифікація нелінійних систем з одним ступенем вільності. Методи дослідження нелінійних систем. Особливості вимушених коливань у нелінійних системах.

Тема 6. Системи зі скінченим числом ступенів вільності.

Диференціальне рівняння власних коливань динамічної системи. Розв'язання рівнянь вільних коливань. Частоти та форми власних коливань, їх властивості. Головні координати системи з n ступенями вільності. Варіаційні принципи в теорії коливань. Вільні коливання дисипативних систем. Вимушені коливання без тертя. Амплітудно-частотна характеристика. Вимушені коливання дисипативних систем.

Модуль 2. Коливання систем з розподіленими параметрами

Тема 7. Розрахунок коливань стрижнів.

Повздовжні коливання стрижнів. Диференціальні рівняння коливань. Вільні поперечні коливання. Крутильні коливання стрижнів. Частоти та форми коливань.

Тема 8. Згинні коливання стрижнів

Диференціальні рівняння коливань. Граничні і початкові умови. Вільні поперечні коливання балки. Вимушені поперечні коливання балки з урахуванням тертя. Частоти та форми коливань. Реакція балки на дію розподіленого навантаження.

Тема 9. Автоколивання

Класифікація автоколивальних систем і автоколивань. Метод фазової площини. Визначення амплітуди і частоти автоколивань. Приклади автоколивань типу флатера, шимі, земного резонансу вертольота при експлуатації ЛА.

Навчальна дисципліна «Стійкість пружних систем»

Модуль 1. Стійкість стрижневих систем

Тема 1. Основні визначення і загальні поняття

Загальні відомості про предмет і задачі науки. Основні поняття теорії пружної стійкості. Повна потенційна енергія системи. Умова рівноваги пружного тіла. Варіаційний принцип теорії пружної стійкості. Теорема Лагранжа про стійкість рівноваги консервативних систем.

Тема 2. Стійкість пружних систем і методи її визначення

Стійкість системи з одним ступенем свободи. Діаграма рівноважних станів деформованої системи. Критерії стійкості рівноваги консервативної системи. Статичний критерій стійкості. Енергетичний критерій стійкості. Динамічний критерій стійкості. Точки біфуркації, граничні точки та критичні навантаження. Методи визначення критичних навантажень.

Тема 3. Стійкість стиснутих стрижнів у межах границі пружності

Загальне рівняння пружної лінії при поздовжньому згині стрижня. Стійкість та визначення критичної сили при різних закріпленнях кінців. Критерії стійкості. Застосування принципу можливих переміщень. Енергетичний критерій стійкості. Метод Ритца-Тимошенка. Метод Бубнова-Галеркіна. Метод кінцевих різниць. Динамічний критерій стійкості. Стійкість стиснутих стрижнів за межами границі пружності.

Тема 4. Стійкість стрижневих систем

Підхід до задачі стійкості стрижневих систем. Стійкість плоских рам. Розрахунок рам на стійкість за допомогою метода переміщень. Стійкість рівноваги системи з двома ступенями вільності. Використання статичного та енергетичного способів. Поведінка рам у пружно-пластичній зоні. Стійкість стрижнів незамкненого профілю. Поняття про стійкість стрижня при динамічному навантаженні.

Модуль 2. Стійкість пластин та оболонок

Тема 5. Стійкість пластин

Основне лінеарізоване рівняння. Рішення для прямокутних пластин. Енергетичний критерій стійкості. Поведінка пласти після втрати стійкості. Стійкість шарнірно опертих пластин при стисканні. Закритична деформація пластини. Вплив умов закріплення кромки на стійкість пластинки при стисканні. Стійкість прямокутних пластинок при стисканні за межею пропорційності. Стійкість пластини при зсуві. Стійкість пластини при сумісній дії стискання та зсуву.

Тема 6. Стійкість циліндричних оболонок

Стійкість циліндричних оболонок. Рівняння рівноваги. Рівняння стійкості для циліндричної оболонки. Стійкість циліндричної оболонки при осьовому стисканні, крученні і дії зовнішнього тиску. Стійкість циліндричної оболонки при згині. Поняття про стійкість пластин та оболонок при динамічному навантаженні.

Тема 7. Деякі задачі аеропружності

Взаємодія пружних конструкцій з потоком. Поняття про дивергенцію і реверс несучих поверхонь. Поняття про флатер.

Навчальна дисципліна «Будівельна механіка»

Модуль 1. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 1. Склад систем та аналіз їх рухомості та змінності

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Будівельна механіка». Предмет вивчення і задачі дисципліни

Будівельна механіка як наука о проектуванні раціональних несучих конструкцій. Місце дисципліни в навчальному плані. Типові розрахункові схеми авіаційних конструкцій. Особливості навантаження конструкцій літальних апаратів. Вимоги міцності до конструкцій літаків та вертольотів.

Тема 2. Склад комбінованих стрижневих систем. Елементи, що зв'язані, та зв'язки комбінованих стержневих систем

Диски та шарніри. Опорні зв'язки. Поняття стержня. Ферми. Вагова досконалість ферм. Використання комбінованих стрижневих систем в літаках та вертольотах.

Тема 3. Аналіз рухомості та змінності шарнірно з'єднаних систем

Поняття нерухомості та незмінності. Кінематичні характеристики зв'язків та елементів, що зв'язані. Кінематичний аналіз (формули Чебишова)). Структурний аналіз; структурні правила. Метод побудування, метод руйнування. Статика складених конструкцій. Аксиома про зв'язки. Рівновага вузлів. Зусилля в шарнірах. Кратні шарніри. Навантажені шарніри. Рівновага дисків. Статичний аналіз конструкцій. Матриця статки. Зв'язки, які не можна усувати.

Модуль 2. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 2. Визначення внутрішніх силових факторів

Тема 4. Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних несучих конструкцій та в їх елементах

Зусилля у стержнях ферм (метод рівноваги вузлів, метод перерізів, метод заміни стержнів). Розрахунок зусиль в шарнірах з допомогою рівнянь рівноваги дисків. Розвантаження та зміщення шарнірів. Симетричні конструкції. Шпангоути. Теореми про симетрію. Симетрія внутрішніх сил та переміщень. Симетризація зовнішніх сил. Епюри внутрішніх силових факторів в балках з круговою віссю від дії розподілених та скупчених навантажень.

Модуль 3. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 3. Переміщення в стрижневих системах та розрахунки рам спрощеним методом переміщень

Тема 5. Переміщення в статично визначуваних конструкціях

Формула Мора та метод Мора. Поняття про елементи, що деформуються. Теплові дії, зміщення опір в статично визначуваних конструкціях.

Тема 6. Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил

Поняття про еквівалентну систему. Основна система. Зайві зв'язки та відповідні зайві невідомі. Вантажне та одиничні стани основної системи. Канонічні рівняння методу сил. Побудування сумарних епюр ВСФ в стрижневих елементах комбінованих систем. Деформаційна перевірка. Основне спрощення процедури визначення переміщень у статично невизначуваних конструкціях.

Тема 7. Розрахунки рам спрощеним методом переміщень

Вибір визначальних переміщень. Вектор невідомих переміщень. Система сил, відповідних до визначальних переміщень. Використання довідникових таблиць з рішеннями. Вектор зусиль. Система рівнянь рівноваги. Статична визначуваність та універсальність методу переміщень. Поняття про матрицю жорсткості. Побудова сумарних епюр ВСФ в елементах стержневих систем.

Модуль 4. Розрахунки агрегатів авіаційних конструкцій. Ч. 1. Тонкостінний стрижень. Геометрія та нормальні напруження в перерізах

Тема 8. Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літаків та вертольотів

Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літального апарата (крило, фюзеляж, оперення). Роль типових конструктивних елементів в опорі зовнішнім навантаженням. Фермова аналогія. Роль діафрагм (нервюри, шпангоути) в забезпеченні раціонального напруженого стану

авіаційних несучих конструкцій. Розрахункова схема тонкостінного стержня. Раціональність напруженого стану тонкостінного стержня.

Тема 9. Геометрія тонкостінного стрижня

Особливості завдання геометрії тонкостінного стрижня. Поточний статичний момент перерізу. Дискретизація перерізів.

Тема 10. Визначення нормальних напружень в перерізах тонкостінного стержня

Врахування неоднорідності елементів; редукування. Опір рядових шпангоутів сплющуванню перерізів фюзеляжу при їх згинанні. Стійкість шпангоутів. Обчислювання потрібної жорсткості рядового шпангоута.

Модуль 5. Розрахунки агрегатів авіаційних конструкцій. Ч. 2. Зсув тонкостінних контурів. Дотичні напруження

Тема 11. Загальна формула для дотичних напружень

Визначення дотичних напружень. Основна гіпотеза зсуву тонкостінних контурів. Потік дотичних напружень. Диференціальне рівняння рівноваги тонкої стінки. Загальна формула для дотичних напружень в перерізах тонкостінного стержня.

Тема 12. Визначення дотичних напружень у відкритому контурі при згинанні

Тонкостінний стержень з відкритим контуром перерізу. Визначення дотичних напружень в відкритому контурі. Правила для побудовання епюр точкових статичних моментів. Врахування поздовжніх елементів. Дискретизація перерізів.

Тема 13. Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу

Центр згину тонкостінного стержня з відкритим контуром поперечного перерізу; обчислення його координат. Неможливість опору дії моменту кручення тонкостінного стержня з відкритим контуром. Змінюваність. Тонкостінний стержень з однозамкненим контуром перерізу.

Модуль 6. Розрахунки агрегатів авіаційних конструкцій. Ч. 3. Кручення тонкостінних контурів. Дотичні напруження

Тема 14. Кручення однозамкненого контуру (лонжерон лопаті вертоліту, носок крила)

Кручення однозамкненого контуру; формула Бредта. Кут закручування; поняття й обчислення крутильної жорсткості тонкостінного стрижня.

Тема 15. Визначення дотичних напружень в однозамкненому профілі при згинанні

Визначення дотичних напружень контурі в однозамкненому контурі (використання умови статичної еквівалентності). Урахування поздовжніх підкріплень (поясів, стрингерів).

Тема 16. Центр жорсткості

Центр жорсткості; обчислення його координат. Два методи визначення координат центра жорсткості. (метод фіктивної сили, метод відокремлення моменту кручення).

Тема 17. Обчислення дотичних напружень в багатозамкнених контурах (лонжерон лопаті вертоліту, крило)

Тонкостінний стрижень з багатозамкненим контуром перерізу. Кручення багатозамкнених контурів. Стандартна процедура метода сил.

Тема 18. Визначення координат центра жорсткості багатозамкненого контуру

Визначення координат центра кручення та жорсткості при крученні багатозамкненого контуру.

Тема 19. Крутіння відкритого профілю. Стиснене кручення відкритого профілю

Обмежений опір крученню відкритого контуру за рахунок місцевого кручення стінок. Використання результатів теорії пружності. Вільне кручення, депланації. Елементи теорії В. З. Власова (гіпотеза про відсутність зсувів в серединній поверхні, секторіальна координата, стискання депланацій, поява нових дотичних сил). Диференційне рівняння стисненого кручення. Граничні умови. Приклад рішення. Конструктивні рекомендації.

Навчальна дисципліна «Механіка матеріалів та конструкцій»

Модуль 1

Тема 1 Вступ

Місце курсу "Механіка матеріалів і конструкцій" в загальнотехнічній підготовці інженерних кадрів. Зв'язок курсу з загальнонауковими і спеціальними дисциплінами.

ММ як частина механіки суцільних середовищ, механіки деформованих тіл і зв'язок з теорією пружності, теорією пластичності, механікою руйнування. Основні гіпотези науки про опір матеріалів.

Опір матеріалів – комплекс інженерних методів розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість елементів машин і споруд.

Тема 2. Геометричні характеристики плоских перерізів (ГХ).

Основні ГХ. Визначення положення центральних осей. Визначення ГХ відносно осей, паралельних центральним осям. Зміна ГХ при повороті осей. Головні осі і визначення їх положення. Екстремальність ГХ. Значення ГХ простих фігур (прямокутник, круг, трикутник) відносно головних осей.

Тема 3. Загальні положення деформування суцільного тіла.

Поняття деформації. Пружна, пружно-пластична та пластична деформації. Три основні закони деформування: закон суцільності, закон рівноваги, фізичний закон.

Основні гіпотези та припущення, які використовуються в лінійній ТП і ММ: гіпотеза природного стану, гіпотеза однорідності, гіпотеза ізотропності, гіпотеза суцільності, гіпотеза ідеальної пружності, гіпотеза про лінійний зв'язок між зусиллями і деформаціями, гіпотеза існування потенціалу пружних сил.

Тема 4. Зовнішні та внутрішні зусилля та деформації.

Метод перерізів. Зовнішні та внутрішні зусилля. Визначення внутрішніх результуючих зусиль та їх компонент через зовнішні зусилля.

Поняття напруг, їх види. Вирази внутрішніх результуючих зусиль через напруги. Переміщення і деформації, види абсолютних і відносних деформацій тіл і елементарних об'ємів.

Тема 5. Закономірності розподілу внутрішніх зусиль по довжині конструктивного елементу (КЕ).

Епюри зусиль як графіки зміни компонент внутрішніх результуючих зусиль по довжині КЕ. Визначення компонент внутрішнього результуючого зусилля по довжині КЕ при розтяганні та крученні.

Визначення компонент внутрішнього результуючого зусилля по довжині КЕ при чистому і поперечному згині. Рівнодіюча розподіленого навантаження і місце її прикладання. „Скачки” зусиль. Екстремальність внутрішніх результуючих зусиль по довжині КЕ при поперечному згині.

Визначення компонент внутрішнього результуючого зусилля в елементах плоскої рами. Визначення компонент внутрішнього результуючого зусилля в елементах „ломаного бруса”.

Тема 6. Елементи теорії напруженого і деформованого стану (НДС).

Позначення і ідентифікація напружень в ортогональних площадках елементарного об'єму в точці деформованого твердого тіла. Однорідний і неоднорідний НДС. Знаки напружень. Закон парності дотичних напружень.

Поняття про тензор напружень. Визначення напружень в площадках, нахилених до початкових. Головні площадки і головні напруження. Доведення існування головних площадок. Методика визначення головних напружень.

Види напруженого стану. Інваріанти тензора напружень. Октаедричні площадки і напруження. Кульовий тензор і девіатор напружень.

Особливості основних співвідношень НДС при плоскій схемі дії напружень.

Переміщення точок деформованого тіла. Відносні деформації. Зв'язок компонентів деформації з переміщеннями (співвідношення Коші). Тензор малих деформацій. Знаки деформацій. Кульовий тензор деформації і девіатор деформації.

Головні лінії деформації, екстремальні зсуви і октаедричні деформації. Поняття однорідної і неоднорідної деформацій.

Самий загальний вид фізичного закону: зв'язку напруг і деформацій.

Зв'язок повздовжньої і поперечної деформацій, коефіцієнт Пуассона.

Робота пружних сил і накопичена енергія пружних деформацій. Потенціал пружних сил.

Формули Гріна і Кастильяно. Скорочення кількості пружних модулів узагальненого лінійного фізичного закону при існуванні потенціалу пружних сил.

Узагальнений лінійний закон Гука для однорідного ізотропного суцільного тіла при існуванні потенціалу пружних сил. Модуль пружності. Зв'язок модулів пружності зсуву і лінійної деформації. Коефіцієнт Ляме.

Фізичний закон для відносної об'ємної деформації. Модуль об'ємної деформації.

Пружна відносна потенційна енергія зміни об'єму і зміни форми деформованого однорідного ізотропного суцільного тіла при лінійному фізичному законі.

Рівняння рівноваги в напругах (рівняння Нав'є-Стокса) і його особливості в криволінійних ортогональних системах координат.

Рівняння нерозривності в деформаціях (рівняння Сен-Венана).

Рівняння рівноваги в переміщеннях (рівняння Ляме).

Рівняння нерозривності в напругах (рівняння Бельтрамі-Мітчелла).

Тема 7. Плоска задача в декартовій системі координат.

Основні 5 груп рівнянь: рівняння рівноваги, співвідношення Коші, фізичний закон, рівняння сумісності деформацій, граничні умови (ГУ).

ГУ поверхневі в напругах та переміщеннях.

Особливості основних рівнянь плоскої задачі при плоскому напруженому стані і при плоскому деформованому стані. Можливі рішення в напругах і деформаціях.

Рішення плоскої задачі при плоскому НС в напругах. Рівняння сумісності (рівняння Леві).

Функція напруг і бігармонічне рівняння Лапласа. Диференційні співвідношення Ері, які виражають напруги через функцію напруг. Приклади рішення плоскої задачі при плоскому НС в напругах.

Тема 8. Відміна основних положень курсу ММК від ТП.

Гіпотеза плоских поперечних перерізів як основа для складання рівнянь сумісності деформацій.

Принцип Сен-Венана. Малість пружних деформацій і принцип накладання (принцип незалежності дії сил).

Конструкція. Конструктивна схема. Розрахункова схема.

Основні конструктивні елементи, їх деформації і розрахункові схеми.

Види опор, опорні реакції, їх визначення.

Критерії міцності і жорсткості для деформованого тіла. Граничні і допустимі напруги і деформації.

Знаки напруг в курсі ММ. Визначення напруг в площадці, нахилений до вихідної, при плоскому НС. Визначення положення головних площадок і головних напружень.

Модуль 2

Тема 9. Розрахунки на міцність і жорсткість при простих деформаціях.

Розподіл напружень і деформацій в поперечних перерізах стержнів. Використання гіпотези плоских перерізів. Поняття про небезпечний переріз. Умова міцності й задачі, що можна розв'язати за її допомогою. Визначення абсолютної деформації стержнів. Умова жорсткості й задачі, що можна розв'язати за її допомогою. Статично визначені стержневі системи при розтяганні (стисканні).

Деформація кручення. Кручення валів круглого поперечного перерізу. Гіпотези „жорстких дисків”, прямолінійних твірних. Поняття про вільне кручення. Розподіл напруг і деформацій в поперечних перерізах. Умова міцності і задачі, які розв'язуються за умовами міцності. Полярний момент опору.

Визначення кута закручування вала. Умова жорсткості. Задачі, які розв'язуються за умовами жорсткості. Особливості розподілу напружень в валах прямокутного поперечного перерізу. Задача Сен-Венана.

Деформація „чистий плоский згин”. Припущення і гіпотези, покладені в основу аналізу напружено-деформованого стану (НДС) при чистому плоскому згині. Нормальні напруги і їх розподіл в поперечному перерізі. Небезпечний переріз і небезпечні точки. Умова міцності. Осьовий момент опору.

Розповсюдження виведених залежностей напружень на поперечне згинання. Виведення формули Журавського.

Виведення приблизного диференційного рівняння пружної лінії балки.

Інтегрування диференційного рівняння пружної лінії балки. Граничні умови. Спосіб зведення довільних сталей по ділянкам до двох.

Особливості розподілу напруг і положення нейтральної лінії в поперечному перерізі бруса великої кривизни при чистому згині, небезпечні точки в перерізі.

Тема 10. Статично невизначувані системи.

Визначення ступенів статичної невизначеності системи. Принцип складання допоміжних рівнянь. Статично невизначувані стержневі системи при розтяганні (стисканні) – приклади розв’язання статичної невизначеності стержневих систем. Температурні зусилля і напруги при нагріві (охолодженні) стержневих систем.

Тема 11. Гіпотези (теорії) міцності.

Необхідність гіпотез (теорій) міцності. Рівно небезпечні стани і еквівалентні напруження. Що спільне і чим відрізняються гіпотези міцності.

Перша, друга і третя гіпотези міцності. Область їх застосування.

Четверта гіпотеза міцності. Поняття теорії міцності Давиденкова-Фридмана. Теорія міцності Мора.

Модуль 3

Тема 12. Розрахунки на міцність брусів при складному навантаженні.

Загальний випадок складного опору. Небезпечні точки в брусі з прямокутним поперечним перерізом. Розрахункові формули для плоскої схеми дії напруг. Добирання перерізу і повна перевірка на міцність.

Находження небезпечної точки в перерізі бруса з круглим суцільним або круглим кільцевим поперечним перерізом при складному опорі. Добирання перерізу і повна перевірка на міцність.

Розрахунковий момент.

Косе згинання як частковий випадок складного опору. Розрахунок на міцність. Визначення небезпечних точок в перерізі. Визначення положення нейтральної осі.

Тема 13. Енергетичний метод визначення переміщень в пружних системах.

Закон збереження механічної енергії в пружно деформованих системах. Розповсюдження принципу можливих робіт (можливих переміщень) в пружно деформованих системах. Узагальнені сили узагальнені координати. Робота зовнішніх і внутрішніх сил.

Застосування принципу можливих переміщень до пружних систем (принцип Лагранжа).

Принцип можливих напруг (принцип Кастильяно). Варіаційна теорема Лагранжа. Формула Гріна. Варіаційна теорема Кастильяно. Теорема про взаємність робіт (теорема Бетті). Теорема про взаємність переміщень (теорема Максвела). Інтеграл Мора.

Загальна формула для визначення переміщень. Метод Мора. Обчислення інтегралів Мора способом Верещагіна. Умова застосування способу Верещагіна.

Тема 14. Розрахунок статично невизначуваних систем енергетичним методом.

Основні поняття та визначення. Метод сил як один з методів розрахунку статично невизначуваних систем. Основна система, її здобуття і обмеження. Канонічні рівняння методу сил. Еквівалентна система. Визначення коефіцієнтів канонічних рівнянь методу сил.

Багатопрольотні нерозрізні балки. Рівняння трьох моментів і його застосування для статично невизначуваних балок.