

3 коп.

УМУ—30/1

*Утверждена
Учебно-методическим управлением
по высшему образованию
26 июня 1981 г.*

ПРОГРАММА

**ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ
С ОСНОВАМИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ
И ПЛАСТИЧНОСТИ**

для высших учебных заведений по строительным специальностям:
0206, 0207, 1202, 1206, 1211, 1212, 1218, 1219



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1983

В составлении программы принимали участие: проф. А. В. Александров, проф. А. В. Дарков, проф. Л. М. Емельянов, проф. В. А. Киселев, проф. Г. К. Клейн, проф. В. В. Синельников, проф. И. С. Цурков.

Ответственный за составление программы проф. И. С. Цурков

Объяснительная записка

Основные курсы, обеспечивающие подготовку специалистов в области строительства: «Сопротивление материалов» и «Теория упругости и пластичности». В них излагаются методы расчетов на прочность, жесткость и устойчивость основных элементов строительных конструкций. Расчеты рассматриваются в связи с поведением строительных материалов (в том числе новых строительных материалов, как, например, пластмасс) в различных условиях нагружения и работы в зависимости от их состояния (пластичного, хрупкого). Излагаются расчеты на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени, а также расчеты в случае действия сил малой продолжительности.

Для закрепления знаний и развития навыков самостоятельной работы студентов предусмотрены расчетно-проектировочные работы, впервые вводящие студентов в практику инженерных расчетов. Эти работы являются индивидуальными и принимаются преподавателями с защитой в специально отводимое время. Кроме того, в программе курса по сопротивлению материалов предусматривается лабораторный практикум, способствующий освоению теоретического материала и получению первых практических навыков экспериментального исследования в области прочности материалов.

Программа в полном объеме определяет необходимый современный научный уровень данных дисциплин и обеспечивает подготовку высококвалифицированных инженеров-строителей. Глубина проработки и степень охвата вопросов при изложении курсов, включенных в программу, определяется числом часов, отводимых по учебному плану данной специальности. Методические вопросы о глубине проработки и сокращении тех или иных тем (разделов) курсов, а также изменении в последовательности изложения учебного материала предоставляется решать кафедрам. Сопротивление материалов целесообразно проходить на двух семестрах 2-го курса, а теорию упругости и пластичности — на первом семестре 3-го курса. В отношении теории упругости и пластичности возможны и иные варианты. Ввиду важности курса сопротивления материалов в учебных планах необходимо после каждого семестра предусматривать зачет по расчетно-проектировочным и лабораторным работам и экзамен.

Программа по сопротивлению материалов рассчитана на объем курса в 200—210 часов лекций, практических и лабораторных занятий для строительных специальностей инженерно-строительных, транспортных, автодорожных и гидротехнических институтов и факультетов, ведущих подготовку специалистов как с отрывом, так и без отрыва от производства, по очной и заочной системе обучения.

Программа по теории упругости и пластичности рассчитана на объем 90 часов для тех же специальностей, что и программа по сопротивлению материалов.

Программы по курсам составлены в предположении, что в учебных планах данной специальности имеются обязательные курсы по строительной механике.

ЧАСТЬ I. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

1. Введение

Сопротивление материалов, теория упругости и пластичности и их связь с курсом строительной механики и другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами. Значение курсов сопротивления материалов и теории упругости и пластичности в свете решений XXVI съезда КПСС об ускорении научно-технического прогресса.

Задачи курса сопротивления материалов по изучению напряженно-деформированного состояния и работоспособности наиболее простых и типичных элементов конструкций, машин, аппаратов.

Краткий исторический очерк развития науки сопротивления материалов.

Внешние силы и их классификация: поверхностные, объемные и сосредоточенные, активные и реактивные, постоянные и временные, статические и динамические. Основные объекты, изучаемые в курсах сопротивления материалов и теории упругости пластичности: брус (стержень), пластина, оболочка, массивное тело и их теоретическое определение. Основные свойства твердого деформируемого тела: упругость, пластичность и ползучесть. Деформации и перемещения. Деформации линейные и угловые (сдвига).

Гипотезы (допущения) в сопротивлении материалов.

Внутренние силы и метод их изучения (метод сечений). Напряжение поперечное, нормальное и касательное. Главный вектор и главный момент внутренних сил в сечении. Внутренние силы в поперечном сечении бруса. Продольные и поперечные силы, крутящие и изгибающие моменты. Их выражения через напряжения. Виды простейших деформаций бруса: растяжение — сжатие, сдвиг, кручение и изгиб. Понятие о расчетной схеме бруса. Расчеты по деформированному и недеформированному состоянию. Принцип Сен-Венана. Принцип независимости действия внешних сил.

2. Растяжение и сжатие прямого бруса

Центральное растяжение или сжатие. Продольные силы. Дифференциальные зависимости между продольными силами и нагрузкой. Эпюры продольных сил. Напряжение в поперечных сечениях бруса. Основные допущения. Эпюра напряжений. Напряжения в наклонных сечениях к оси бруса. Продольные и поперечные деформации бруса. Закон Гука при растяжении и сжатии. Модуль упругости E и коэффициент Пуассона μ . Удлинение (укорочение) прямого бруса постоянного и переменного сечения. Жесткость при растяжении и сжатии. Перемещения поперечных сечений бруса. Эпюры перемещений. Изменения объема при растяжении и сжатии.

Потенциальная энергия деформации при растяжении и сжатии. Полная и удельная работа, затрачиваемая на деформирование материала.

3. Механические свойства материалов при растяжении и сжатии

Опытное изучение механических свойств материалов при растяжении и сжатии. Диаграммы растяжения и сжатия пластических материалов (P , Δl и σ , ϵ). Основные механические характеристики материала: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести и предел прочности (временное сопротивление). Особенности деформирования и разрушения пластичных материалов при растяжении и сжатии. Пластические деформации. Линии скольжения. Понятие об истинной диаграмме растяжения и сжатия. Разгрузка и повторное нагружение. Наклеп. Диаграммы растяжения и сжатия хрупких материалов и основные механические характеристики. Особенности разрушения хрупких материалов при растяжении и сжатии. Влияние скорости нагружения, температуры и других факторов на прочностные характеристики материалов. Понятие о влиянии радиоактивного облучения материалов. Последствие (упругое и пластическое). Понятие о ползучести, релаксации и длительной прочности.

Строительные материалы с нелинейной зависимостью между деформациями и напряжениями. Механические свойства новых строительных материалов — пластмасс. Особенности их поведения под нагрузкой в зависимости от ряда дополнительных условий: температуры, влажности, скорости нагружения и др.

4. Расчеты на прочность и жесткость при растяжении и сжатии

Основные понятия о прочности, надежности и долговечности конструкций. Различные взгляды на пределы нагружения. Методы расчета по допускаемым напряжениям, допускаемым нагрузкам и предельным состояниям. Коэффициенты запаса по напряжениям и нагрузкам. Техно-экономические факторы, влияющие на величину коэффициента запаса. Основные виды задач в сопротивлении

материалов: определение напряжений, подбор сечения, определение допускаемой нагрузки по разным методам. Случай неравномерного распределения нормальных напряжений в местах резкого изменения поперечных сечений бруса. Концентрация напряжений и коэффициент концентрации. Влияние концентрации напряжений на прочность при статической нагрузке. Учет собственного веса при растяжении и сжатии. Понятие о брус равного сопротивления. Статически неопределимые задачи при растяжении и сжатии. Расчеты на нагрузку, температуру и принудительные натяги. Предельные нагрузки статически неопределимых систем. Элементы линейной наследственной теории ползучести и особенности работы статически-неопределимых систем, выполненных из упруго-вязкого материала.

5. Плоское напряженное состояние

Понятие о плоском напряженном состоянии в точке. Общий случай плоского напряженного состояния. Закон парности касательных напряжений. Напряжения на наклонной площадке. Главные площадки и главные напряжения. Площадки с наибольшими касательными напряжениями. Величина наибольших касательных напряжений. Закон Гука при плоском напряженном состоянии. Круг Мора для напряжений и определение по нему величины и направления напряжений на любых площадках. Понятие о деформациях в точке. Аналогия формул деформаций и напряжений при плоском напряженном состоянии.

6. Сдвиг

Напряжения и деформации при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига G . Зависимость между G , E и μ для изотропного тела. Неизменность объема при сдвиге. Потенциальная энергия при сдвиге. Понятие о расчете на прочность заклепочных и сварных соединений.

7. Понятие о пространственном напряженном состоянии

Составляющие вектора напряжений и их обозначения на координатных площадках трехмерного тела. Понятие о главных площадках и главных напряжениях в трехмерном теле. Экспериментальные значения касательных напряжений. Компоненты деформации. Объемная деформация. Закон Гука при пространственном напряженном состоянии. Удельная потенциальная энергия. Энергия изменения объема и энергия изменения формы.

8. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений

Измерение деформаций тензодатчиками. База тензодатчиков. Тензодатчики механические. Тензодатчики оптического сопротивления (проволочные датчики). Понятие о тензодатчике розетки при исследовании плоского напряженного состояния. Обработка результатов измерения. Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. Понятие о моделировании. Краткие сведения о специальных экспериментальных методах (метод хрупких лаковых покрытий, метод муаровых полос и др.).

9. Гипотезы прочности и пластичности

Назначение гипотез прочности и пластичности. Понятие об эквивалентном напряжении. Хрупкое и вязкое разрушение в зависимости от вида напряженного состояния. Современная трактовка развития трещин и наступления пластических деформаций. Гипотезы прочности при хрупком состоянии материала. Гипотеза наибольших нормальных напряжений. Гипотеза наибольших деформаций (удлинений). Гипотеза разрушения О. Мора для материалов с различными пределами прочности при растяжении и сжатии. Гипотезы пластичности при пластичном состоянии материала. Гипотеза наибольших касательных напряжений. Гипотеза энергии формоизменения и различия ее трактовки. Общие сведения о новых гипотезах прочности и пластичности. Понятие о расчете на прочность тел с трещинами. Модель Гриффиса, критерий Ирвина-Орвана.

10. Геометрические характеристики поперечных сечений

Осевой, полярный и центробежный момент инерции. Осевые моменты инерции для прямоугольника, треугольника и круга. Зависимость между моментами инерции для параллельных осей. Изменение осевых и центробежного моментов инерции при повороте координатных осей. Главные оси инерции. Главные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных профилей. Радиус инерции. Понятие об эллипсе инерции.

11. Кручение

Внешние силы, вызывающие кручение прямого бруса. Эпюры крутящих моментов. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Основные допущения. Напряжения в поперечных сечениях бруса. Угол закручивания. Жесткость при кручении. Главные напряжения и главные площадки. Виды разрушений при кручении бруса круглого поперечного сечения из разных материалов. Три вида задач при кручении: определение напряжений или углов закручивания, подбор сечений и вычисление допускаемого крутящегося момента по прочности и жесткости. Расчет сплошных и полых валов на прочность и жесткость по мощности и числу оборотов вала. Потенциальная энергия деформации при кручении. Статически неопределимые задачи при кручении. Уруго-пластическое кручение бруса круглого поперечного сечения. Определение предельной несущей способности. Расчет цилиндрических пружин с малым шагом. Основные результаты теории кручения брусков прямоугольного сечения. Кручение стержней, сечение которых составлено из нескольких узких прямоугольников. Кручение тонкостенных стержней замкнутого профиля. Понятие о мембранной аналогии.

12. Изгиб

Изгиб прямого бруса в главной плоскости. Внешние силы, вызывающие изгиб. Виды нагрузок. Опоры и опорные реакции. Внутренние силы в поперечных сечениях бруса при изгибе: изгибающие моменты и поперечные силы. Чистый и поперечный изгиб. Дифференциальные зависимости между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенных нагрузок. Эпюры изгибающих моментов и поперечных сил. Нормальные напряжения при чистом изгибе. Основные допущения. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной оси изогнутого бруса. Жесткость при изгибе. Формула нормальных напряжений. Распространение выводов чистого изгиба на поперечный изгиб. Касательные напряжения при изгибе брусков сплошных сечений (формула Д. И. Журавского). Касательные напряжения в стенке и полках двутавров. Главные напряжения при изгибе. Траектории главных напряжений. Понятие об изгибе бруса тонкостенного профиля. Центр изгиба. Потенциальная энергия. Уруго-пластический изгиб. Пластический шарнир. Определение несущей способности балок. Разгрузка и остаточные напряжения и деформации. Расчет на прочность при изгибе по допускаемым напряжениям, допускаемым нагрузкам и предельным состояниям. Три вида задач. Рациональное сечение балок. Потенциальная энергия деформации при изгибе. Изгиб бруса переменного сечения. Понятие о расчете составных (сварных и клепаных) балок. Изгиб балок из материалов с различными модулями упругости при растяжении и сжатии. Изгиб балок из разнородных материалов. Понятие об изгибе балок из материалов, не следующих закону Гука.

13. Определение перемещений (прогибов и углов поворота) при изгибе

Дифференциальное уравнение оси изогнутого бруса. Точное и приближенное уравнение кривизны. Непосредственное интегрирование дифференциального уравнения. Граничные условия. Метод начальных параметров. Графоаналитический метод. Определение перемещений и углов поворота в балках при помощи общей формулы Мора. Определение перемещений бруса переменного сечения.

14. Понятие о расчете простейших статически неопределимых систем

Статическая неопределимость системы. Лишние неизвестные. Использование условий совместности деформаций для раскрытия статической неопределимости. Понятие о канонических уравнениях метода сил. Особенности расчета простейших статически неопределимых стержневых систем от воздействия температуры.

15. Изгиб балок на упругом основании

Понятие о балках на упругом основании. Типы упругих оснований и их свойства. Условия контакта подошвы балки и упругого основания.

Дифференциальное уравнение оси изогнутой балки на винклеровом упругом основании и его интегрирование. Граничные условия. Метод начальных параметров. Случай бесконечно длинных балок.

16. Сложное сопротивление

Общий случай действия внешних сил на брус. Внутренние усилия и их эпюры в плоских и пространственных ломаных брусках. Характерные случаи сложного сопротивления прямого бруса: косоугольный изгиб, внецентренное действие продольной силы, изгиб и кручение. Нормальные напряжения при косоугольном изгибе. Эпюра нормальных напряжений. Силовая и нулевая линии. Наибольшие напряжения. Подбор сечений при косоугольном изгибе. Определение прогибов. Нормальные напряжения при внецентренном действии продольной силы. Эпюра нормальных напряжений. Силовая и нулевая линии. Ядро сечения. Условия появления пластического шарнира. Определение предельной несущей способности при внецентренном действии продольной силы. Понятие о предварительном напряжении балок. Одночленная формула нормальных напряжений в сечении через ядровые моменты при действии продольной силы в главной плоскости. Напряжения в поперечном сечении при изгибе и кручении бруса с круглым поперечным сечением. Главные напряжения. Эквивалентные напряжения по некоторым гипотезам прочности и пластичности. Изгиб и кручение бруса с прямоугольным поперечным сечением. Учет продольной силы.

17. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля (теория В. З. Власова)

Понятие о тонкостенных стержнях закрытого и открытого профиля. Особенности стержней с открытым профилем (малая жесткость при кручении). Деформация поперечных сечений. Свободное и стесненное кручение. Основные предпосылки. Нормальное напряжение в сечении. Бимомент. Секториальные характеристики сечения. Выбор полюса. Начало отсчета секториальных площадей. Формула нормальных напряжений. Центр изгиба. Касательные напряжения в поперечном сечении и их определение. Дифференциальное уравнение углов закручивания и его интегрирование. Граничные условия. Метод начальных параметров. Внецентренное действие продольной силы. Аналогия с изгибом. Особенности стесненного кручения тонкостенных стержней замкнутого профиля.

18. Изгиб и растяжение (сжатие) плоского кривого бруса

Понятие о кривом бруске большой и малой кривизны. Эпюры внутренних усилий. Нормальные напряжения в поперечном сечении при чистом изгибе в главной плоскости. Эпюра нормальных напряжений. Определение положения нулевой линии для некоторых видов поперечных сечений бруса. Нормальные напряжения от продольной силы.

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критические нагрузки. Устойчивость сжатых стержней в упругой стадии. Формула Эйлера для стержня с шарнирными опорами по концам (основной случай). Учет других видов закреплений. Понятие о гибкости и приведенной длине стержня. Формула Эйлера, записываемая через приведенную длину стержня. Предел применимости формулы Эйлера. Потеря устойчивости при напряжениях за пределом пропорциональности материала. Формула критической силы Энгессера — Ясинского. Понятие о концепции Шенли. График критических напряжений в зависимости от гибкого стержня. Практический метод расчета сжатых стержней на продольный изгиб. Таблицы коэффициентов. Понятие о расчете составных стержней.

20. Продольно-поперечный изгиб прямого бруса

Понятие о продольно-поперечном изгибе. Расчет по деформированному состоянию. Дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба. Продольный изгиб бруса с небольшим начальным искривлением в главной плоскости. Продольный изгиб бруса силой, приложенной с эксцентриситетом на главной оси инерции. Продольно-поперечный изгиб при наличии поперечной нагрузки. Приближенный метод. Расчет на прочность при продольно-поперечном изгибе.

21. Расчеты при некоторых динамических нагрузках

Понятие о динамической нагрузке и динамическом коэффициенте. Подъем и опускание груза с ускорением. Использование принципа Даламбера. Удар об упругую систему с одной степенью свободы. Расчет по балансу энергии. Продольный и поперечный удары по брусу. Приближенный учет массы бруса при ударе. Внезапное приложение нагрузки.

22. Расчет на прочность при напряжениях, переменных во времени

Характеристика циклов переменных напряжений. «Усталость» материалов. Виды усталостного излома. Сопротивление при переменных напряжениях. Кривая Велера и предел выносливости. Причины усталостных разрушений. Влияние на величину предела выносливости различных факторов (концентрация напряжений и др.). Эффективный коэффициент концентрации. Диаграммы предельных напряжений. Выносливость при совместном изгибе и кручении. Расчет на выносливость и долговечность при переменных амплитудах напряжений на основе гипотезы линейного суммирования повреждений. Понятие о расчете механических систем на надежность.

23. Заключение

Современные проблемы определения перемещений, напряжений и деформаций при расчете инженерных сооружений на прочность, жесткость, устойчивость и колебания. Использование новых материалов. Прочность при динамической нагрузке. Вопросы прочности при больших деформациях. Определение несущей способности конструкций, ползучесть и релаксация. Прочность материалов при высоких и низких температурах. Применение электронно-вычислительных машин. Современные пути развития науки о прочности материалов в СССР и за рубежом.

Для развития навыков в самостоятельном решении технических задач учебным планом устанавливаются расчетно-проектировочные работы с индивидуальными заданиями по всем основным темам курса. Всего проводится восемь расчетно-проектировочных работ. При меньшем объеме курса число работ может быть соответственно уменьшено или сами работы могут быть облегчены. Темы расчетно-проектировочных работ:

1. Расчеты на растяжение, сжатие и сдвиг.
2. Определение моментов инерции плоской фигуры, нахождение главных осей и главных моментов инерции.
3. Построение эпюр M , Q и N в брусках различного очертания.
4. Подбор сечения и изучение напряжений в различных точках металлической изгибаемой балки и определение прогибов и углов наклона упругой линии.
5. Расчет статически неопределимой балки или балки на упругом основании.
6. Расчет на сложное сопротивление с построением эпюр напряжений.
7. Расчет стержня тонкостенного профиля.
8. Расчет колонны или стойки на продольный и продольно-поперечный изгиб.

Кроме того, по указанию кафедры студенты выполняют обязательные задачи из задачник.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Цель лабораторного практикума по курсу сопротивления материалов — привить студентам навыки по экспериментальному определению прочности и пластичности материалов, прочности и жесткости конструкций, ознакомить их с современными машинами для испытаний и с аппаратурой для измерения деформаций и перемещений.

Темы лабораторных работ:

1. Испытание на растяжение мягкой и жесткой стали с построением диаграммы растяжения. Определение модуля упругости.
2. Определение коэффициента Пуассона для стали и других материалов.
3. Испытание стали, чугуна, пластмасс и дерева на сжатие.
4. Испытание металла на срез и дерева на скалывание.
5. Определение напряжений с помощью электротензомерии.
6. Испытание металлической балки на изгиб с проверкой закона плоских сечений и определением напряжений, прогибов и углов поворота.
7. Испытание деревянной составной балки на шпонках на изгиб с установлением наличия сдвигов при отсутствии шпонок.
8. Испытание круглого металлического образца на кручение с построением диаграмм и определением модуля сдвига.
9. Определение напряжений и деформаций при стесненном кручении тонкостенного стержня.
10. Определение усилий в лишних связях статически неопределимой балки.
11. Демонстрация оптического метода исследования напряжений и метода муаровых полос. Иллюстрация явлений концентрации напряжений.
12. Испытание спиральной пружины с определением модуля сдвига.
13. Определение деформаций и перемещений при косом изгибе.
14. Определение напряжений при внецентренном сжатии.
15. Исследование продольного изгиба стержня в упругой и пластической стадиях.
16. Исследование напряжений в кривом бруске.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

- Смирнов А. Ф., Александров А. В. и др. Сопротивление материалов. М., 1975.
Федосьев В. И. Сопротивление материалов. М., 1979.
Дарков А. В., Шпиро Г. С. Сопротивление материалов. М., 1969.

Дополнительная

- Сборник задач по сопротивлению материалов/Под ред. А. В. Александрова, М. 1977.
Сборник задач по сопротивлению материалов/Под ред. В. К. Качурина. М., 1970.
Афанасьев А. М., Марин В. А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. М., 1975.

ЧАСТЬ II. ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ

1. Введение

Теория упругости и пластичности как учебный курс в строительных вузах; его задачи и методы. Связь этой науки с другими дисциплинами расчетно-теоретического цикла. Краткий исторический очерк развития теории упругости, пластичности и ползучести.

2. Основные соотношения теории упругости

Теория напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках и условия на поверхности тела. Понятие о тензоре напряжений и его составляющих. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений и девиатора напряжений. Интенсивность напряжений. Наибольшие касательные напряжения.

Теория деформаций. Вектор перемещений. Выражение компонентов деформации через перемещения (геометрические соотношения Коши). Уравнение неразрывности деформаций Сен-Венана. Тензор деформаций и девиатор деформаций; их составляющие и инварианты. Главные деформации и главные оси деформаций. Интенсивность деформаций.

Обобщенный закон Гука. Выражение деформаций через напряжения и напряжений через деформации в трехмерном изотропном теле. Закон Гука, связывающий объемную деформацию и среднее напряжение. Понятие о законе Гука для анизотропного тела.

Уравнения равновесия в перемещениях (уравнения Ламе). Уравнения неразрывности деформаций в напряжениях (уравнения Бельтрами—Митчела). Формулировка основной задачи теории упругости в напряжениях и в перемещениях. Типы граничных условий на поверхности тела. Теорема о единственности решения общей задачи теории упругости. Простейшие задачи теории упругости. Вариационная формулировка задач теории упругости. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно. Метод Ритца.

3. Плоская задача теории упругости

Плоская деформация. Плоское обобщенное напряженное состояние. Уравнения равновесия и уравнение неразрывности деформаций в декартовых координатах. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение плоской задачи. Граничные условия.

Решение плоской задачи для прямоугольных односвязных областей методом полиномов. Чистый изгиб балки; изгиб консольной балки силой, приложенной на конце; балка на двух опорах под действием равномерно распределенной нагрузки; треугольная подпорная стенка. Метод тригонометрических рядов Рибьера—Файлона. Расчет балки-стенки. Принцип Сен-Венана. Понятие о методе конечных разностей (метод сеток).

Основные соотношения плоской задачи в полярных координатах. Осесимметричные задачи. Расчет трубы с толстыми стенками (задача Ламе). Чистый изгиб кривого бруса (задача Х. Ф. Головина). Клин, нагруженный в вершине сосредоточенной силой. Сжатие и изгиб клина. Действие сосредоточенной силы на полуплоскость. Круги Буссинеска. Действие распределенной нагрузки на полуплоскость. Понятие о расчете цилиндрических катков. Понятие о действии сосредоточенной силы на упругое полупространство.

4. Изгиб пластин

Классификация пластинок. Гипотезы, принимаемые в теории изгиба тонких пластинок. Выражение изгибающих и крутящих моментов через функцию прогибов. Основное дифференциальное уравнение изгиба пластинки в прямоугольных координатах (уравнение Софи Жермен—Лагранжа). Граничные условия для

основных случаев закрепления краев пластинки. Применение двойных и простых тригонометрических рядов к расчету прямоугольных пластинок (метод Навье и метод Мориса—Леви). Понятие о расчете прямоугольной пластинки на упругом основании. Простейшие осесимметричные задачи по изгибу круглых сплошных и кольцевых пластинок. Потенциальная энергия при изгибе пластинки. Уравнение устойчивости. Критические напряжения.

Вариационные методы решения задач по теории изгиба и устойчивости пластинок путем приведения основного уравнения в частных производных к системе линейных алгебраических уравнений. Энергетический метод Ритца—Тимошенко. Метод Бубнова—Галеркина. Приведение основного уравнения изгиба пластинки к системе обыкновенных дифференциальных уравнений (метод В. З. Власова).

Понятие о расчете гибких пластинок. Уравнения Кармана, учитывающие геометрическую нелинейность.

5. Основы расчета тонких оболочек

Основные сведения из теории поверхностей. Главные кривизны и главные линии кривизны. Гауссова кривизна. Оболочки положительной, отрицательной и нулевой гауссовой кривизны. Понятие о расчете оболочки по безмоментной теории. Гипотезы, принимаемые в теории изгиба тонких оболочек. Расчет оболочек вращения на осесимметричную нагрузку по общей теории. Понятие о краевом эффекте. Краевой эффект в цилиндрической и сферической оболочках.

Расчет замкнутых и открытых цилиндрических оболочек на произвольную нагрузку.

Полубезмоментная теория цилиндрических оболочек В. З. Власова. Решение задач на основе этой теории методом Бубнова—Галеркина с применением балочных функций.

Элементы теории пологих оболочек В. З. Власова. Основные гипотезы. Система основных уравнений смешанного типа и методы ее решения.

Потенциальная энергия оболочки. Устойчивость замкнутой цилиндрической оболочки и пологих панелей.

Понятие о расчете гибких пологих оболочек. Уравнения типа Кармана, учитывающие геометрическую нелинейность.

6. Основы теории пластичности и ползучести

Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса. Простое и сложное нагружение тела. Активная, пассивная и нейтральная деформации. Модели идеально-пластического, упруго-пластического и жестко-пластического тела.

Основные законы деформационной теории пластичности (теория малых упруго-пластических деформаций А. А. Ильюшина) и теории пластического течения. Простейшие задачи по теории пластичности: чистый изгиб балки, кручение круглого бруса, труба под внутренним давлением. Понятие о несущей способности балок и плит на основе модели жестко-пластического тела (теория А. А. Гвоздева).

Явление ползучести в простейших конструкциях. Вязко-упругое поведение элемента конструкции при постоянном напряжении. Модель «Тела Фойгта». Изменение напряжений в элементе конструкции во времени при постоянных деформациях (явление релаксации). Модель «Тела Максвелла». Кривые ползучести. Установившаяся и неустойчивая ползучесть. Длительная прочность. Понятие о наследственной теории ползучести и теории старения. Простейшие задачи по теории ползучести: установившаяся ползучесть балки при чистом изгибе; круглого бруса при кручении; толстой трубы под внутренним давлением.

ТЕМЫ РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАБОТ

1. Расчет балки стенки или расчет массивной плиты в условиях плоской задачи.
2. Расчет на изгиб прямоугольной или круглой пластины.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

- Филоненко—Бородич М. М. Теория упругости. М., 1959.
Безухов Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М., 1968.
Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. М., 1975.

Дополнительная

- Власов В. З. Избранные труды. Изд-во АН СССР, 1962. Т. 1.
Тимошенко С. П., Войновский-Кригер С. Пластики и оболочки. М., 1963.
Рекач В. Г. Руководство к решению задач прикладной теории упругости. М., 1973.
Колзунов Н. В. Основы расчета упругих оболочек. М., 1972.
Кисилев В. А. Плоская задача теории упругости. М., 1976.

ПРОГРАММА
ПО СОПРОТИВЛЕНИЮ МАТЕРИАЛОВ С ОСНОВАМИ ТЕОРИИ
УПРУГОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ

для высших учебных заведений по строительным специальностям:
0206, 0207, 1202, 1206, 1211, 1212, 1218, 1219

Зав. редакцией К. И. Аношина
Редактор Н. С. Сафронова
Мл. редактор С. В. Мовчан
Технический редактор Н. В. Шапран
Корректор Т. И. Виталева

Н/К

Изд. № ОТ-416. Сдано в набор 22.11.82. Подп. в печать 20.01.83. Формат 60×90^{1/16}
Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 1 усл. печ. л.
1 усл. кр.-отт. 0,94. уч.-изд. л. Тираж 26 500 экз. Зак. № 957. Цена 3 коп.

Издательство «Высшая школа», Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14.

Московская типография № 8 при Государственном комитете
СССР по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли, Хохловский пер. 7.