

3 коп.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ  
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

*Утверждена  
Учебно-методическим управлением  
по высшему образованию  
24 октября 1984 г.*

Индекс УМУ/0-8/1

**ПРОГРАММА**

дисциплины

**„СОПРОТИВЛЕНИЕ  
МАТЕРИАЛОВ“**

для всех специальностей высших технических  
учебных заведений,  
кроме машиностроительных, транспортных  
и строительных



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1985

ББК 30.121  
П78  
УДК 539.3/8

В составлении программы принимали участие  
член-кор. АН СССР В. В. Болотин, проф. Г. Г. Баловнев  
и доц. Ю. А. Окопный

Одобрена Научно-методическим советом по сопротивлению  
материалов, строительной механике и теории упругости при  
Учебно-методическом управлении по высшему образованию  
Министерства высшего и среднего специального образования  
СССР

П78 Программа дисциплины «Сопротивление мате-  
риалов» для всех специальностей высших техниче-  
ских учебных заведений, кроме машиностроитель-  
ных, транспортных и строительных /М-во высш. и  
сред. спец. образования СССР.— М.: Высш. шк.,  
1985.— 13 с.

3 к.

ББК 30.121  
605

© Министерство высшего и среднего специального  
образования СССР, 1985

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Сопротивление материалов» относится  
к числу общетехнических.

Цель дисциплины состоит в том, чтобы научить буду-  
щих инженеров правильно выбирать конструкционные  
материалы и конструктивные формы, обеспечивать высо-  
кие показатели надежности, долговечности и безопасно-  
сти напряженных конструкций и узлов оборудования,  
создавать эффективные и экономичные конструкции.

Задача дисциплины — научить студентов выбирать  
расчетные схемы, проводить расчеты типовых элементов  
конструкций, сравнивать варианты, отыскивать опти-  
мальные решения, связывать воедино инженерную поста-  
новку задачи, расчет и проектирование, учитывая проф-  
филь будущего специалиста. Программа может быть  
дополнена разделами, соответствующими данному про-  
филю, за счет уплотнения и частичного сокращения дру-  
гих разделов.

В процессе преподавания дисциплины у студентов  
формируется материалистическое мировоззрение и ин-  
женерное мышление, умение анализировать вопросы раз-  
вития науки и техники с четких марксистско-ленинских  
позиций.

При изложении теоретической части курса целесооб-  
разно использовать ТСО (раздаточный материал, слай-  
ды, плакаты, учебные кинофильмы); выполнение расчет-  
но-графических работ проводится с использованием  
ЭВМ.

Курс в существенной степени опирается на дисципли-  
ны «Высшая математика», «Физика» (раздел «Механи-  
ка»), «Теоретическая механика», и «Материаловедение».

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1. Введение

Предмет курса «Сопротивление материалов», его значение для современной техники. Главные тенденции и перспективы развития дисциплины «Сопротивление материалов» в свете постановлений партии и правительства.

Прочность, жесткость и устойчивость как составные части механической надежности элементов конструкций, деталей и узлов машин. Значение дисциплины в повышении эффективности и качества конструкций машин, снижения их материалоемкости. Достижения отечественной науки в обеспечении механической надежности. Связь курса с общенаучными, общинженерными и специальными дисциплинами.

### 2. Основные понятия

Сопротивление материалов как раздел механики деформируемого твердого тела. Основные гипотезы сопротивления материалов о свойствах конструктивных материалов и характере деформации. Упругость и пластичность. Внешние силы, их классификация. Метод сечений. Внутренние силы. Общие понятия о напряжениях и деформациях.

Реальная конструкция и ее расчетная схема. Стержни, пластины, оболочки. Понятие о внутренних силовых факторах.

### 3. Расчеты на растяжение и сжатие

Элементы конструкций, работающих на растяжение и сжатие. Стержни, стержневые системы, фермы, висячие конструкции.

Напряжения в поперечных сечениях стержня. Максимальные напряжения. Продольные и поперечные дефор-

мации. Закон Гука. Модуль упругости, коэффициент Пуассона. Определение осевых перемещений сечений. Жесткость поперечного сечения при растяжении и сжатии. Потенциальная энергия упругой деформации. Принцип независимости действия сил и условия его применимости. Расчет простейших статически неопределимых систем при растяжении и сжатии.

### 4. Основные характеристики механических свойств конструктивных материалов

Общие требования к конструкционным материалам. Диаграмма растяжения малоуглеродистой стали и ее характерные параметры: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, временное сопротивление. Физические основы прочности. Дислокации, линии скольжения. Условная и истинная диаграммы. Разгрузка и повторное нагружение. Понятие об упрочнении. Пластическое и хрупкое разрушение материала. Характеристики пластических свойств материалов. Условный предел текучести. Диаграммы растяжения и сжатия различных конструктивных материалов. Трещиностойкость материалов. Влияние низких температур на механические характеристики конструктивных материалов.

Испытание на ползучесть и кривые ползучести. Зависимость кривых ползучести от напряжения и температуры. Влияние активной среды, глубокого вакуума и облучения на механические характеристики материалов.

Понятие об изотропных и анизотропных материалах. Основные понятия механики композиционных материалов. Композиционные материалы волокнистого строения. Высокопрочные и высокомодульные волокна. Однонаправленные композиционные материалы с металлической и полимерной матрицей.

### 5. Вопросы надежности в сопротивлении материалов

Связь между надежностью, долговечностью и экономичностью. Предельные состояния. Выбор предельного состояния в зависимости от свойств материала, условий работы и назначения конструкции. Расчет по допускаемым напряжениям и допускаемым нагрузкам. Коэффициенты запаса. Технико-экономические факторы, влияющие на нормативный коэффициент запаса. Статистиче-

ская природа коэффициента запаса. Три рода задач при расчете на прочность: проверка прочности, подбор сечений и определение допускаемой нагрузки. Понятие о рациональных и оптимальных конструкциях. Принцип равнопрочности при проектировании конструкций. Понятие о конструкционной прочности. Пример эффективного решения задачи оптимального проектирования.

## 6. Теория напряженного состояния

Понятие о напряженном состоянии. Составляющие напряжений и их обозначения. Нормальные и касательные напряжения. Закон парности (взаимности) касательных напряжений. Главные площадки и главные напряжения. Экстремальные касательные напряжения. Виды напряженного состояния. Чистый сдвиг как частный случай плоского напряженного состояния. Закон Гука для сдвига. Модуль сдвига. Потенциальная энергия деформации. Связь между упругими постоянными для изотропного тела. Обобщенный закон Гука. Объемная деформация. Удельная потенциальная энергия упругой деформации, ее составляющая — энергия изменения формы.

## 7. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций

Понятие о тензометрировании. Проволочные, пленочные и полупроводниковые тензорезисторы. Различные случаи применения тензорезисторов. Понятие о голографических и поляризационно-оптических методах исследования напряжений и деформаций. Методы муаров и покрытий.

## 8. Основы теории прочности

Назначение гипотез прочности. Гипотезы прочности. Гипотезы прочности для пластического состояния материала. Критерии текучести: наибольших касательных напряжений и энергии изменения формы. Сравнение критериев текучести для упрощенного плоского напряженного состояния. Сопоставление критериев с опытными данными. Критерий хрупкого разрушения (критерий Мора).

## 9. Основные понятия механики разрушения

Связь механики разрушения с физикой твердого тела. Разрушение материала в конструкции. Механизм вязкого и хрупкого разрушения. Критические температуры хрупкости. Механика разрушения тел с трещинами. Тип особенности поля напряжений вблизи вершины трещины. Коэффициенты интенсивности напряжений. Энергетическая концепция хрупкого разрушения. Понятие об устойчивом росте трещины. Допускаемые размеры трещин в напряженных элементах конструкций.

## 10. Геометрические характеристики сечений

Осевые, центробежные и полярные моменты инерции. Зависимости между моментами инерции для параллельных осей. Изменения моментов инерции при повороте осей. Главные оси инерции и их определение. Главные центральные моменты инерции. Вычисление моментов инерции сложных профилей. Стандартные прокатные профили.

## 11. Расчеты на кручение

Кручение прямого стержня кругового поперечного сечения. Касательные напряжения и угол закручивания. Жесткость поперечного сечения при кручении. Главные напряжения. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении. Расчет на прочность и жесткость вала кругового и кольцевого поперечного сечения. Статически неопределимые системы при кручении. Основные результаты теории кручения стержней некругового поперечного сечения. Расчет цилиндрических витых пружин с малым шагом витков. Вывод формулы для осадки пружины.

## 12. Расчеты на изгиб

Типы опор. Определение реакций в опорах. Классификация видов изгиба. Нахождение внутренних силовых факторов в поперечных сечениях балок при изгибе. Поперечные силы, изгибающие моменты. Дифференциальные зависимости между внутренними силовыми факторами и внешней распределенной нагрузкой. Эпюры внутренних силовых факторов. Зависимость между изгибающим моментом и кривизной изогнутой оси балки. Жест-

кость поперечного сечения балки при изгибе. Потенциальная энергия упругой деформации при изгибе. Расчеты на прочность при изгибе. Подбор материала и рациональных поперечных сечений балок. Прямой поперечный изгиб балок. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Формула Журавского. Главные напряжения при изгибе. Расчет составных балок. Уравнение упругой кривой и его интегрирование.

### 13. Общий случай действия сил на стержень

Косой изгиб. Нормальные напряжения при косом изгибе. Определение положения нулевой линии и опасных точек в поперечном сечении. Внецентренное растяжение или сжатие стержня. Пространственный случай действия внешних сил на стержень. Построение эпюр внутренних силовых факторов. Нахождение опасных сечений и опасных точек. Частные случаи: сочетание изгиба с кручением, растяжения или сжатия с кручением. Применение критериев текучести или хрупкого разрушения при расчетах на прочность.

### 14. Определение перемещений и расчет статически неопределимых систем при изгибе

Потенциальная энергия упругой деформации стержня при произвольном нагружении. Теорема о взаимности перемещений. Интеграл Максвелла — Мора и его вычисление по способу А. Н. Верещагина. Определение перемещений произвольно нагруженных стержней. Статически неопределимые системы при изгибе. Применение метода сил. Выбор рациональной основной системы. Использование симметрии и группировка неизвестных. Статическая и деформационная проверки.

### 15. Расчеты за пределами упругости

Общие представления о поведении материала за пределами упругости. Основные гипотезы. Диаграмма деформирования и ее схематизация. Уругопластические деформации статически определимых и статически неопределимых систем, работающих на растяжение или сжатие. Предельное состояние. Определение допускаемой нагрузки. Уругопластический изгиб и кручение стержней. Разгрузка и остаточные напряжения. Понятие

о расчете по разрушающим нагрузкам. Дополнительные резервы надежности в статически неопределимых системах.

### 16. Устойчивость элементов конструкций

Понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Устойчивость прямолинейной формы сжатых стержней. Критическая сила. Формула Эйлера. Границы применения формулы Эйлера. Формула Эйлера для различных случаев опорных закреплений стержней. Потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Формула Ясинского. Практические расчеты на устойчивость. Расчет по коэффициенту снижения допускаемых напряжений. Зависимость критических напряжений от гибкости стержня. Рациональные формы поперечных сечений сжатых стержней. Основные результаты других задач упругой устойчивости: устойчивость сжатого кольца, устойчивость плоской формы изгиба балок.

Понятие о продольно-поперечном изгибе. Приближенное определение напряжений при продольно-поперечном изгибе и определение коэффициента запаса.

### 17. Основы расчета на прочность при напряжениях, переменных во времени

Возникновение и развитие усталостных повреждений. Механизм усталостного разрушения. Понятие о статической теории усталостного разрушения. Экспериментальное определение характеристик сопротивления усталости; обработка результатов усталостных испытаний. Аналитические выражения для кривых усталости. Факторы, влияющие на сопротивление усталости деталей машин. Технологические методы повышения предела выносливости. Определение коэффициента запаса. Формула Серенсена — Кинасошвили.

Коэффициент запаса прочности при совместном действии изгиба и кручения. Расчеты на прочность при усталостной долговечности. Случай однородного режима циклических напряжений. Понятие о накоплении повреждений. Принцип суммирования повреждений и его применение для оценки долговечности при неоднородном режиме циклических напряжений. Рост трещин при циклическом нагружении.

## 18. Динамические расчеты элементов конструкций

Типы динамических нагрузок, действующих на детали машин и элементы конструкций. Собственные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Частоты и формы собственных колебаний. Собственные колебания диссипативных систем. Логарифмический декремент колебаний. Установившиеся вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Резонанс. Динамический коэффициент. Учет диссипативных сил. Понятие о собственных колебаниях систем с распределенными параметрами.

Основные средства борьбы с вибрациями деталей машин и элементов конструкций: уравнивание (балансировка), отстройка от резонанса, введение демпферов, применение виброизолирующих покрытий. Пассивная и активная виброизоляция.

Элементарная теория удара. Динамический коэффициент при ударе. Защита приборов и оборудования от удара.

## 19. Расчет сосудов, корпусных конструкций и трубопроводов

Безмоментная теория тонкостенных осесимметричных оболочек вращения. Уравнение равновесия. Определение меридиональных и окружных напряжений. Расчеты на прочность. Краевые эффекты в цилиндрических оболочках.

Задача Ламе. Применение формул Ламе к расчету толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним и (или) внешним давлением. Предельные возможности однослойных цилиндров, нагруженных внутренним давлением. Понятие о расчете цилиндров.

## 20. Заключение

Проблемы оптимального проектирования конструкций, снижения их материалоемкости и стоимости при одновременном обеспечении механической надежности и долговечности. Достижение отечественной науки в области механики деформируемого твердого тела.

## Примерный перечень практических занятий

На практических занятиях студентам прививаются навыки самостоятельной работы. На примерах, взятых из областей техники данной специализации, показываются практические приложения основных положений курса, основные методы и подходы к решению инженерных задач расчета конструкций, деталей и узлов машин на прочность, жесткость и устойчивость.

На практических занятиях прорабатываются следующие темы:

- расчеты на растяжение и сжатие (статически определяемые и статически неопределяемые системы);
- расчеты на кручение стержней кругового и кольцевого поперечных сечений;
- расчеты на прочность и жесткость при изгибе (подбор рациональных поперечных сечений, подбор материала);
- расчеты на прочность при сложном сопротивлении;
- расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени;
- расчеты на устойчивость;
- определение динамических напряжений в системах с конечным числом степеней свободы.

## Примерный перечень лабораторных занятий

На лабораторных занятиях студенты осваивают методы экспериментального исследования напряжений и деформаций, изучают механические свойства конструкционных материалов, экспериментально проверяют основные положения теории. Примерная тематика лабораторных работ:

- испытание на растяжение образцов из малоуглеродистой стали;
- испытание на сжатие образцов из малоуглеродистой стали и серого чугуна;
- определение упругих постоянных — модуля упругости и коэффициента Пуассона;
- определение модуля сдвига из испытаний на кручение;
- исследование напряженного состояния при поперечном изгибе балки;
- определение напряжений при внецентренном растяжении;
- испытания на малоцикловую усталость при изгибе вращающихся образцов;

- определение коэффициента трещиностойкости малоуглеродистой стали;
- определение критической силы сжатого стержня;
- поляризационно-оптические методы исследования напряжений;
- определение частот собственных колебаний упругого стержня;
- определение критических скоростей гибкого ротора.

### Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы предназначены для закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях, для отработки практических навыков, полученных на практических и лабораторных занятиях. Тематика выбирается в соответствии с профилем будущего специалиста. Расчетно-графические работы посвящены расчетам и численному исследованию на ЭВМ задач прочности, жесткости, устойчивости и колебаний элементов конструкций, деталей и узлов машин. Тематика тесно увязывается с профилем будущей специальности. Графическая часть включает расчетные схемы элементов конструкций, узлов и деталей машин, эпюры внутренних силовых факторов и напряжений и чертежи запроектированных деталей и узлов.

Расчетно-графические работы преследуют цель закрепить теоретические знания и получить практические навыки инженерных расчетов элементов конструкций.

### Литература

#### Основная

- Феодосьев В. И. Сопротивление материалов: Учебник. М., 1979 и последующие изд.
- Сопротивление материалов / Писаренко Г. С., Агарев В. А., Квитка А. Л. и др.; Ред. Г. С. Писаренко. Киев, 1984.

#### Дополнительная

- Лихарев К. К., Сухова Н. А. Сборник задач по курсу «Сопротивление материалов»: Учеб. пособие. М., 1980 и последующие изд.
- Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Иосилевич Г. Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. М., 1979.

### СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Содержание дисциплины . . . . .	4
1. Введение . . . . .	4
2. Основные понятия . . . . .	4
3. Расчеты на растяжение и сжатие . . . . .	4
4. Основные характеристики механических свойств конструкционных материалов . . . . .	5
5. Вопросы надежности в сопротивлении материалов . . . . .	5
6. Теория напряженного состояния . . . . .	6
7. Экспериментальные методы исследования напряжений и деформаций . . . . .	6
8. Основы теории прочности . . . . .	6
9. Основные понятия механики разрушения . . . . .	7
10. Геометрические характеристики сечений . . . . .	7
11. Расчеты на кручение . . . . .	7
12. Расчеты на изгиб . . . . .	7
13. Общий случай действия сил на стержень . . . . .	8
14. Определение перемещений и расчет статически неопределимых систем при изгибе . . . . .	8
15. Расчеты за пределами упругости . . . . .	8
16. Устойчивость элементов конструкций . . . . .	9
17. Основы расчета на прочность при напряжениях, переменных во времени . . . . .	9
18. Динамические расчеты элементов конструкций . . . . .	10
19. Расчет сосудов, корпусных конструкций и трубопроводов . . . . .	10
20. Заключение . . . . .	10
Примерный перечень практических занятий . . . . .	11
Примерный перечень лабораторных занятий . . . . .	11
Расчетно-графические работы . . . . .	12
Литература . . . . .	12

**Программа дисциплины «Сопротивление материалов»  
для всех специальностей высших технических  
учебных заведений, кроме машиностроительных,  
транспортных и строительных**

Зав. редакцией *К. И. Аношина*  
Редактор *О. Г. Подобедова*  
Технический редактор *Е. В. Красницкая*  
Корректор *Р. К. Косинова*

Н/К

Изд. № ОТ-567. Сдано в набор 31.05.85. Подп. в печать 23.08.85. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 0,84 усл. печ. л. 0,84 усл. кр.-отг. 0,53 уч.-изд. л. Тираж 32 900 экз. Зак. № 556.  
Цена 3 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.  
Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.