

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

В.Ф. Горбунов

**ИЗУЧАЙ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ
САМОСТОЯТЕЛЬНО**

Издательство Иркутского государственного технического университета
2008

Рецензенты: канд.техн.наук., зав. кафедрой «Техническая механика» ИГСХА
С. В. Алтухов;
д. техн. наук., зав. кафедрой «Сопротивление материалов и
строительная механика» ИрГТУ В.Л. Лапшин

Горбунов В.Ф. Изучай сопротивление материалов самостоятельно: Учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 162 с., ил.

В данной работе предпринята попытка создания учебно-методического пособия по «технологии» самостоятельной работы студентов над курсом «Сопротивление материалов» с использованием структурно-логических схем и кредитно-модульной системы обучения. Рассмотрены рациональные приемы слушания и конспектирования лекций, самоорганизация работы студента на практических и лабораторных занятиях, при выполнении курсовых и расчетно-графических работ, решении домашних задач, работы с научной и учебной литературой, по эффективному использованию консультаций и предэкзаменационной подготовки.

Предназначено для студентов всех специальностей очной, вечерней и заочной форм обучения. Может быть полезно начинающим преподавателям сопротивления материалов, прикладной механики, технической механики.

Оглавление

Глава 1. Введение в сопротивление материалов	
1.1. Общие сведения о сопротивлении материалов.....	5
1.2. Задачи сопротивления материалов в подготовке инженера.....	5
1.3. С чего начать?	9
Глава 2. Общие методические указания по изучению сопротивления материалов	
2.1. Как слушать лекции и писать конспект.....	15
2.2. Зачем нужны практические занятия	17
2.3. Эксперимент – критерий истины.....	20
Глава 3. Учись работать самостоятельно	
3.1. Учись планировать и рационально организовывать свою работу.....	23
3.2. Как читать литературу по сопротивлению материалов.....	27
3.3. Курсовые и расчетно-проектировочные работы.....	30
3.4. Зачет по сопротивлению материалов.....	32
3.5. Экзамен по сопротивлению материалов.....	32
Глава 4. Краткий курс сопротивления материалов в структурно-логических схемах с методическими указаниями и технологией изучения	
4.1. Технологическая карта изучения сопротивления материалов	35
4.2. Модуль А. Введение.....	37
4.2.1. Входной контроль знаний.....	39
4.2.2. Изучение теории	41
4.3. Модуль Б. Растяжение и сжатие.....	50
4.3.1. Входной контроль знаний.....	52
4.3.2. Изучение теории.....	52
4.3.3. Самостоятельное решение задач.....	56
4.4. Модуль В. Сдвиг. Кручение.....	66
4.4.1. Входной контроль знаний.....	68
4.4.2. Изучение теории.....	68
4.4.3. Самостоятельное решение задач	73
4.5. Модуль Г. Геометрические характеристики плоских сечений	75
4.5.1. Входной контроль знаний	75
4.5.2. Изучение теории	77
4.5.3. Самостоятельное решение задач.....	82
4.6. Модуль Д. Изгиб.	83
4.6.1. Входной контроль знаний.....	85
4.6.2. Изучение теории	86
4.6.3. Самостоятельное решение задач.....	98
4.7. Модуль Л. Напряженно-деформированное состояние в точке	99
4.7.1. Входной контроль знаний	101

4.7.2. Изучение теории.....	102
4.7.3. Самостоятельное решение задач.....	104
4.8. Модуль К. Теории предельных состояний.....	105
4.8.1. Входной контроль знаний	106
4.8.2. Изучение теории.....	106
4.9. Модуль Е. Сложное сопротивление	111
4.9.1. Входной контроль знаний	116
4.9.2. Изучение теории.....	116
4.9.3. Самостоятельное решение задач.....	118
4.10. Модуль Ж. Устойчивость.....	119
4.10.1. Входной контроль знаний.....	120
4.10.2. Изучение теории.....	122
4.10.3. Самостоятельное решение задач.....	127
4.11. Модуль З. Усталость.....	128
4.11.1. Входной контроль знаний.....	130
4.11.2. Изучение теории.....	131
4.11.3. Самостоятельное решение задач.....	139
4.12 Модуль И. Удар.....	141
4.12.1. Входной контроль знаний.....	144
4.12.2. Изучение теории.....	145
4.12.3. Самостоятельное решение задач.....	147
4.13. Кредитная система контроля и оценки знаний.....	148
Библиографический список.....	153

Глава 1. Введение в сопротивление материалов

1.1. Общие сведения о сопротивлении материалов

Слово инженер происходит от латинского *ingenium*, что означает способность, изобретательность. Действительно, настоящим инженером может быть лишь человек, склонный к изобретательской деятельности. Инженерная работа имеет творческий характер, она связана с созданием новой техники, уникальных сооружений, совершенствованием технологии и организации труда, принятием оперативных решений. Потому в программе подготовки инженера любой специальности обязательно есть курсы, связанные с проектированием и расчетом размеров элементов тех или иных конструкций, например, детали машин, строительные конструкции, мосты и т.д. Для этих дисциплин сопротивление материалов – один из важнейших предметов, являющийся инженерной азбукой, положенной в основу решения многих специальных вопросов (см. структурно-логическую схему 1.). Любой инженер, если даже он не связан в своей практической деятельности с расчетом на прочность каких-либо деталей машин или элементов конструкций, все же работает с множеством механизмов, приспособлений, приборов, занимается их монтажом, эксплуатацией, иногда реконструкцией. Вся эта техника изготовлена из определенных материалов, испытывает некоторые постоянные и временные нагрузки, потому инженеру необходимо хорошо представлять себе, какие условия эксплуатации могут быть опасными и привести к выходу из строя тех или иных элементов конструкции. Сопротивление материалов (СМ) - это одна из тех наук, которая учит будущего инженера не только методам расчета, но и умению чувствовать состояние конструкции, предвидеть и предупреждать обстоятельства, нарушающие ее нормальную эксплуатацию.

1.2. Задачи сопротивления материалов в подготовке инженера

Результатом обучения сопротивлению материалов являются усвоенные знания, умения и освоенные компетенции.

Компетенции в СМ – это способности, позволяющие применять знания, умения и личностные качества для расчета простейших элементов конструкций и деталей машин на прочность, жесткость и устойчивость.

Подробно о том, что должен знать и уметь студент по СМ, излагается в рабочей программе дисциплины по соответствующей специальности.

Схема 2 показывает компетенции, которыми должен обладать каждый студент. Для некоторых инженерных специальностей развитие способностей является более важной или даже основной задачей изучения СМ. При этом ставится цель не столько научить методам расчета на прочность и жесткость простейших стержневых систем, а прежде всего развить способности применения знаний, умений и личностных качеств, что очень важно для изучения специальных дисциплин и будущей практической деятельности.

Схема 1. Взаимосвязь сопротивления материалов с другими дисциплинами



Схема 2. Освоенные компетенции



Инструментальные компетенции – средства, в буквальном смысле инструмент, используемый для реализации системных компетенций. Вырабатываются при выполнении работ определенного содержания: реферирование (написание реферата), практические лабораторные занятия, домашние задачи, курсовые расчетно-графические и др. работы.

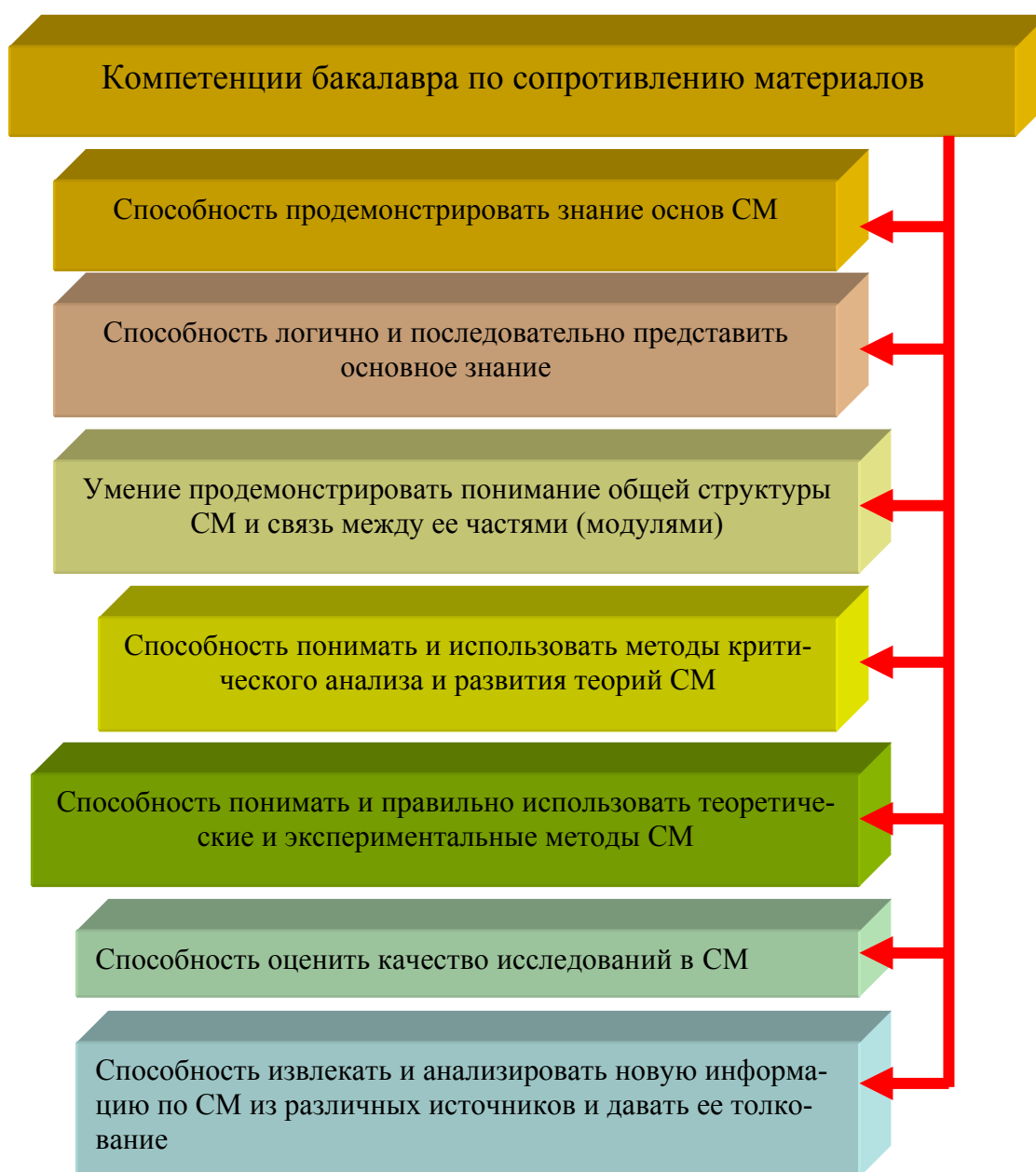
Мозг надо целенаправленно тренировать, чтобы как результат появились какие-то важные для профессиональной подготовки способности (компетенции).

Межличностные компетенции – это способности, связанные с умением выражать чувства и отношения, критическим осмыслением и способностью к самокритике, а также социальные навыки, связанные с процессами социального взаимодействия и сотрудничества, умением работать в группах, принимать социальные и этические обязательства. Учитесь общаться, работать в коллективе, приобретайте другие социальные навыки.

Системные компетенции – способности, позволяющие воспринимать, каким образом составные части сопротивления материалов (модули) соотносятся друг с другом и оценивать место каждого из компонентов (модулей) в дисциплине и системе профессиональных знаний определенной инженерной специальности. Это способности к критическому анализу существующих теорий и методов расчета на прочность, жесткость, устойчивость с целью их совершенствования и разработки новых теорий и методик.

Базовые (см. схему 3) и инструментальные компетенции являются основой для формирования системных компетенций.

Схема 3. Компетенции (базовые) первой ступени подготовки (бакалавров)



Базовые компетенции – это компетенции первой ступени подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием (бакалавриат) и определены схемой 3.

Модуль – это часть образовательной программы или часть учебной дисциплины, имеющая определенную логическую завершенность по отношению к установленным целям и результатам обучения.

1.3. С чего начать?

Этот вопрос задает себе каждый студент, начинающий самостоятельно или под руководством преподавателя изучать сопротивление материалов. Множество различных инженерных специальностей, по которым ведется подготовка в ИРГТУ, предполагает различные требования к содержанию и объему знаний, умений, уровню компетенции. Что же будет требоваться от вас, обучающегося по определенной специальности, необходимо выяснить самостоятельно. Но где эту информацию можно найти? В этом вам поможет схема 4.

Трудоемкость обучения любой дисциплины оценивается в академических часах. Один академический час длится 45 минут. Время, отведенное на изучение дисциплины, делится по видам работ (см. схему 5).

В зависимости от специальности изменяются виды самостоятельной работы, могут не предусматриваться практические или лабораторные занятия. Одно остается неизменным – **большую часть знаний и умений по сопротивлению материалов студент должен добывать самостоятельной работой над теорией и практикой.**

Организация самостоятельной работы – одна из важнейших проблем, которая стоит перед студентом, приступающим к изучению сопротивления материалов. Эффективность ее зависит от множества факторов, организационного и личностного плана. В обучении огромную роль играет, прежде всего, тип памяти, определяющий способ запоминания и качество памяти в целом. А какая она у вас?

Если, работая над книгой, вы замечали, что лучше всего усваиваете прочитанное, когда читаете книгу «про себя».

Если, стремясь вспомнить какую-нибудь мысль из прочитанного, вы предварительно должны вспомнить, где и как эта мысль отпечатана в книге.

Если вы легко запоминаете один раз виденные картины.

Если, закрыв глаза, вы ясно представляете лицо раз увиденного человека.

Если вам не представляет труда передать по памяти все детали дороги, которую вы проехали.

Это значит, что у вас лучше всего развита *зрительная память*.

Вам всегда надо:

Читать самому, а не поручать чтение кому-либо. Пользоваться книгами, богатыми иллюстрациями.

Вам больше всего подойдут учебники, в которых сопромат излагается в виде структурно-логических схем, опорных конспектов.

Работая над книгой, широко используйте подчеркивание нужных вам мест, непременно цветными карандашами.

Схема 4. Учебный процесс по дисциплине «Сопротивление материалов»

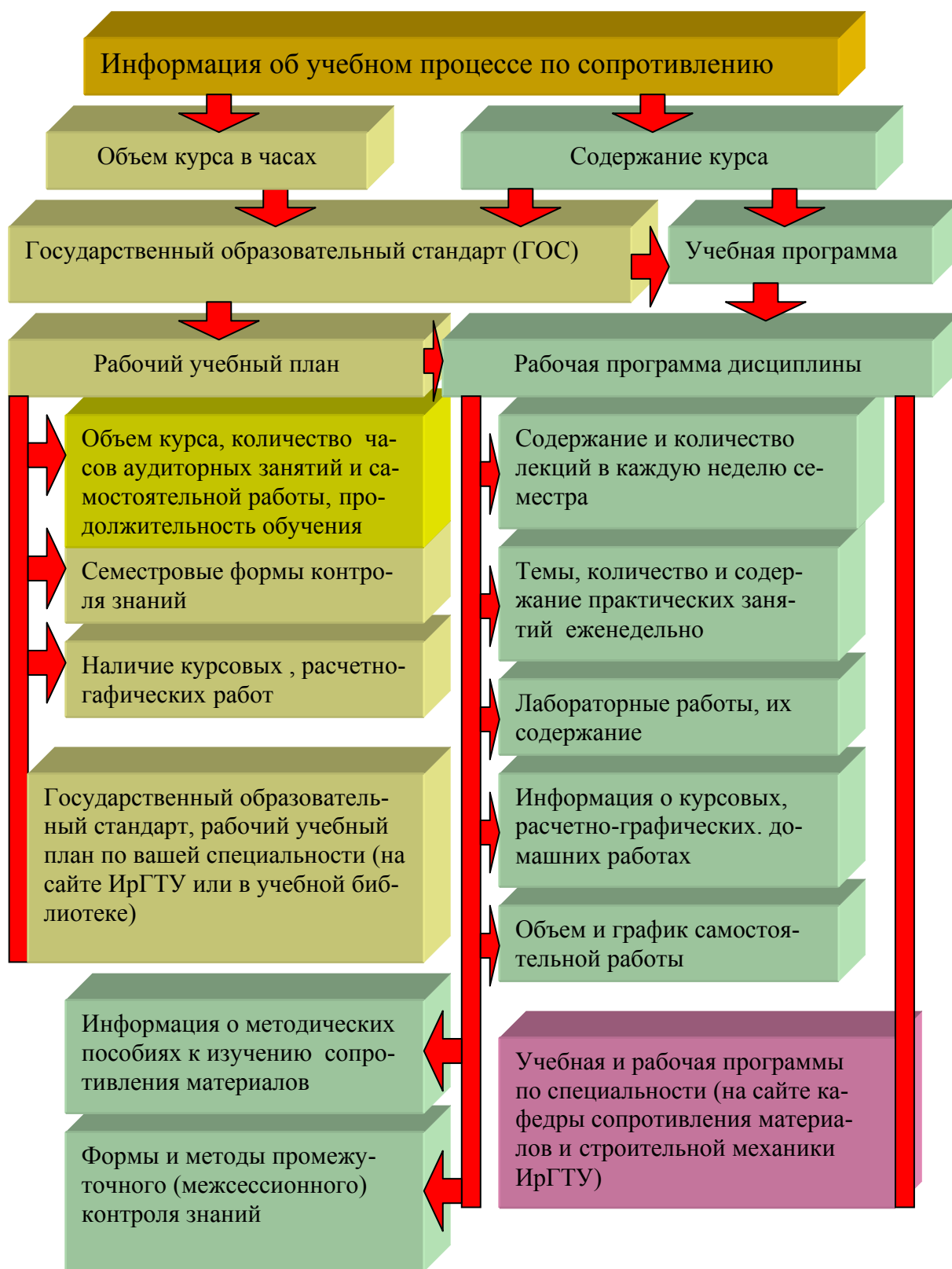
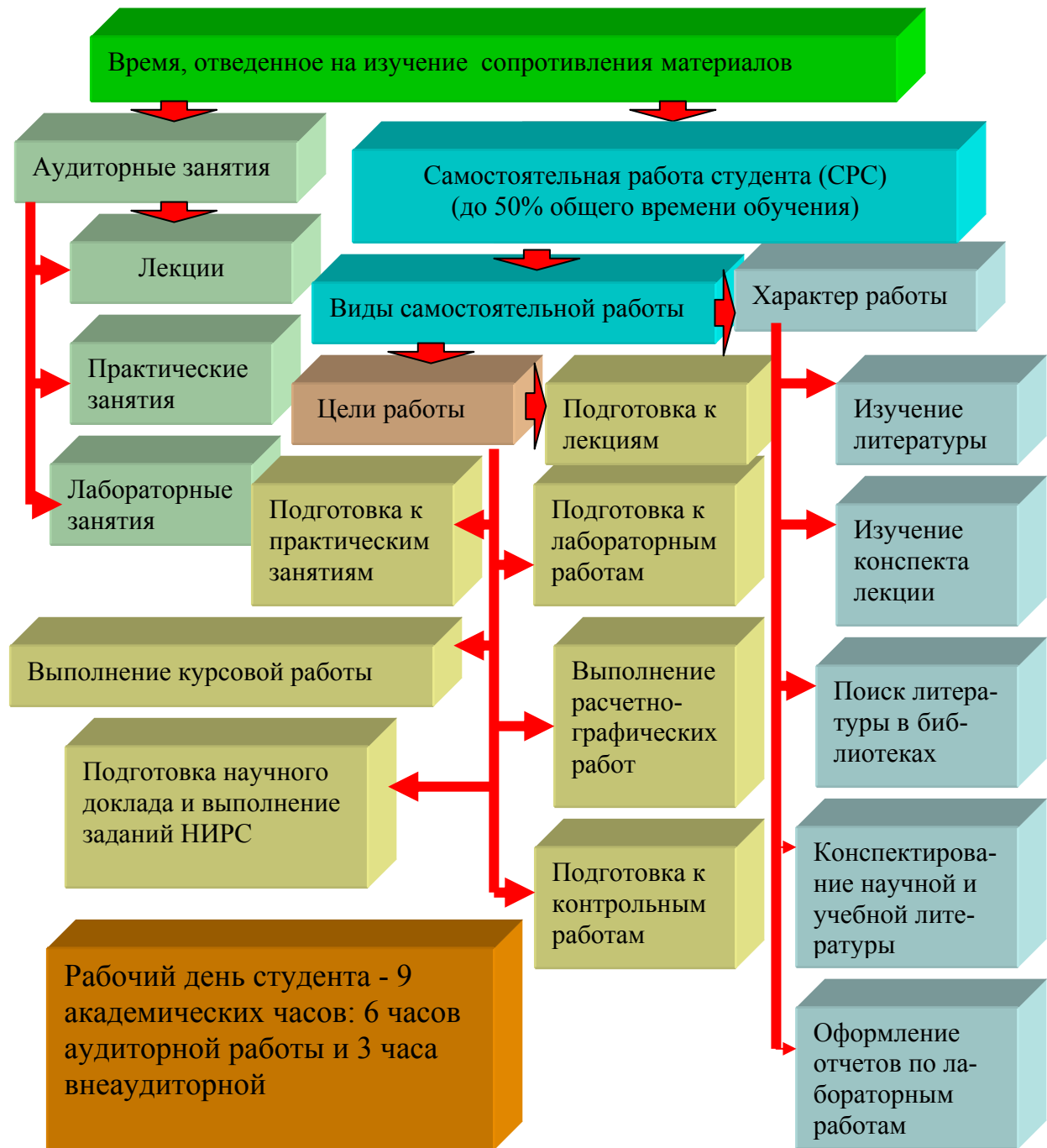


Схема 5. Виды работ при изучении сопромата



Если вы легко, не утомляясь, можете слушать лектора и усваивать почти все, что он сказал.

Если вы легче всего и лучше всего запоминаете то, что слушаете, а не то, что молча читаете.

Если вы заметили, что всегда читаете вслух.

Если вы заметили, что легко запоминаете мелодию, прослушав ее один-два раза.

Значит, у вас лучше всего развита *слуховая память*.

Надо чаще и больше слушать других. Посещайте лекции, доклады, дискуссии. Читайте учебную и научную литературу по сопротивлению материалов вслух, рассказывайте прочитанное по несколько раз самому себе или товарищам. , рассуждайте вслух, воспроизводя доказательства и выводы даже если вас никто не слушает. Работайте в тишине.

Если вы заметили, что лучше всего запоминаете то, что несколько раз записали.

Если вы лучше запоминаете материал, который вам удастся зарисовать.

Если вы лучше запоминаете то, что сделали своими руками.

Если вы правильно автоматически пишете слова.

Если вы легко овладеваете двигательными навыками.

Это значит, что у вас лучше всего развита *моторная память*.

Работайте всегда с карандашом в руках. На лабораторных работах по сопротивлению материалов старайтесь все делать своими руками.

Больше конспектируйте. Заучивая определения, понятия, законы и многое другое, обязательно несколько раз воспроизводите их на бумаге.

При отсутствии выраженного преобладания одного из трех описанных способов запоминания можно утверждать, что у вас *смешанный тип памяти*. При самостоятельной работе вы одинаково успешно можете пользоваться преимуществами всех типов памяти.

Что изучать, как изучать, чтобы наиболее эффективно использовать особенности памяти мы выяснили. Однако все это еще не гарантирует вам успешного освоения сопротивления материалов. Важен психологический настрой, с которым вы приступаете к работе. С первого дня занятий настройте себе на трудную и продолжительную работу. Сознательное овладение знаниями, умениями¹ возможно только при условии, что студент имеет большое желание и прилагает для этого усилия, ибо знания и умения – это не физические вещи, которые можно передавать из рук в руки или «переливать» из головы в голову. Знания и умения – это результат деятельности мозга человека и могут возникнуть только в результате собственной деятельности.

Успехи и трудности в изучении сопротивления материалов в значительной степени зависят от волевых и эмоциональных качеств студента, его желаний, потребностей и интересов, а затем уже определяются и задатками, и способностями. Если задатки – нечто данное от бога, они либо есть, либо их нет. Способности же развиваются под влиянием деятельности личности. При этом огромное значение для их формирования имеет общая направленность личности и ее стремление к овладению предметом. Однако определенный уровень способностей может быть сформирован практически у любого человека. Потому приступая к изучению сопротивления материалов, вы должны быть полны

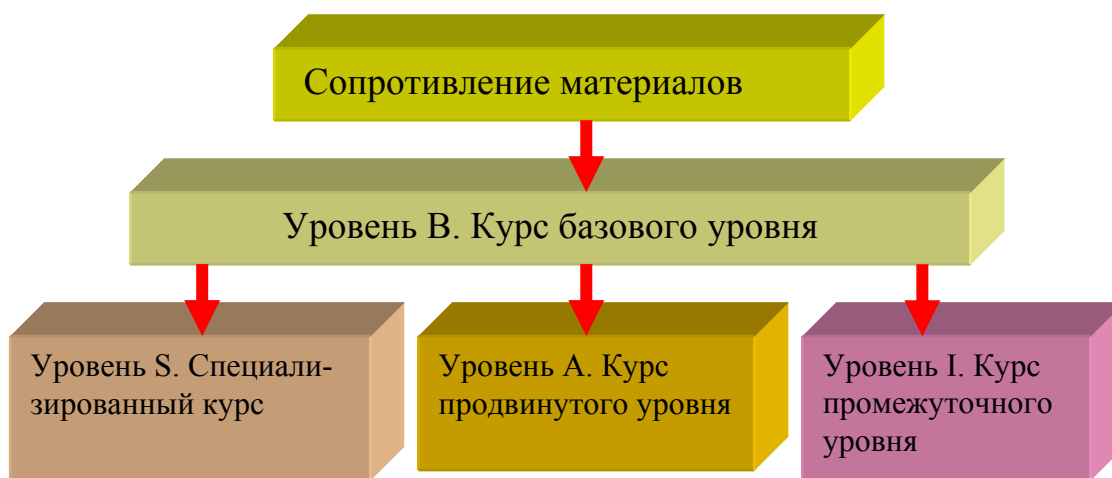
¹ Знание – совокупность идей человека, в которых выражается теоретическое овладение этим предметом.
Умения – овладение способами (приемами, действиями) применения усвоенных знаний на практике.
Навыки – умения, доведенные до автоматизма, высокой степени совершенства.

творческого оптимизма, желания преодолеть все трудности, иметь стойкий познавательный интерес к дисциплине.

Как показывает опыт вузовского преподавания сопротивления материалов, на первое место в учебе по СМ выходят студенты, обладающие волевыми качествами, трудолюбием, умением преодолевать трудности и заставлять себя работать.

В соответствии с принятой концепцией двух уровневой системы высшего образования по системе описания курса сопротивление материалов делится на несколько уровней (см. схему 6).

Схема 6 . Система описаний курсов по типам



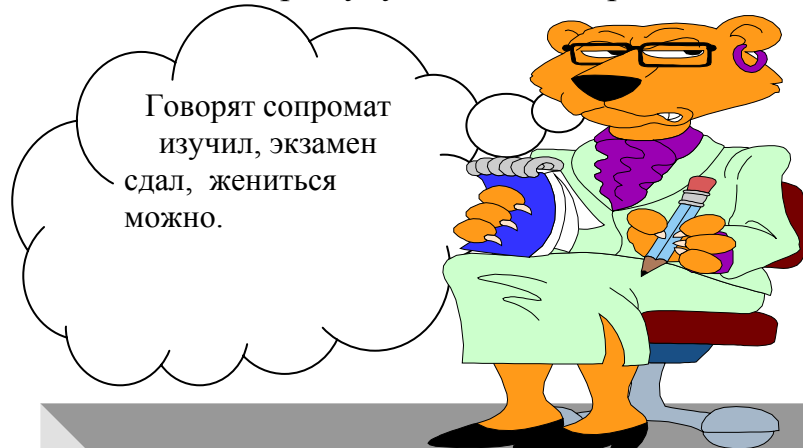
Курс базового уровня – введение в СМ, являющееся основой для изучения курсов промежуточного, специализированного, продвинутого уровней.

Курс промежуточного уровня – предназначен для углубления базового знания (уровня).

В ИрГТУ курс базового уровня состоит из 11 модулей (см. схему 7).

В настоящее время аудиторные занятия студентов-очников занимают значительную часть времени, отведенного на изучение сопротивления материалов. Однако, с введением нового федерального образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) доля аудиторных занятий в общем объеме затрат времени на изучение сопротивления материалов значительно сократится. Потому уже сейчас необходимо ориентироваться в большей степени на самостоятельную работу над дисциплиной.

Схема 7. Курс базового уровня - надежная
опора будущего инженера



СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Модуль А. Введение

Теоретическая механика, математика

Модуль В. Сдвиг. Кручение

Теоретическая механика, математика,
информатика

Модуль Д. Изгиб

Теоретическая механика, математика

Модуль Ж. Устой- чивость

Теоретическая механика, математика

Модуль И. Удар

Теоретическая механика, математика

Модуль Б. Растяжение, сжатие

Теоретическая механика, математика

Модуль Г. Геометрические характеристики плоских сечений

Теоретическая механика, математика

Модуль Е. Сложное сопротивление

Теоретическая механика, математика

Модуль З. Усталость

Теоретическая механика, математика

Модуль К. Теории пре- дельных состояний (теории прочности)

Теоретическая механика, математика

Модуль Л. Напряженно-деформированное состояние в точке

Глава 2. Общие методические указания по изучению сопротивления материалов

2.1. Как слушать лекции и писать конспект

При изучении сопротивления материалов лекция служит важным источником знаний и указателем основного направления учебной деятельности студента по изучаемой теме (модулю). Практические занятия, лабораторный практикум и самостоятельная работа студентов «накладываются» на лекционный курс как на основу дисциплины.

Надо помнить всегда, что преподаватель излагает только наиболее важные, фундаментальные, устоявшиеся знания. Другую часть информации, необходимую для изучения сопротивления материалов и других учебных дисциплин студент должен добыть самостоятельно, используя учебные пособия, рекомендованные рабочей программой или лектором.

Самое сложное и в то же время самое важное - в начале лекции усилием воли сосредоточить свое внимание на том, что говорит преподаватель. «Внимание² – резец памяти, - гласит русская пословица. – Чем оно острее, тем глубже следы». Внимание – это «пржектор психики». Благодаря ему, в каждый определенный момент у человека «освещена» одна, наиболее важная, форма сознательной деятельности. Сознание занимает процесс восприятия только «освещенного» предмета. Чем внимательнее вы слушаете, тем лучше запоминаете. Отвлечение внимания не только ухудшает память, но и расстраивает нервную систему. Усердная работа дает больше, чем пассивное восприятие лекции.

Серьезную помощь в концентрации внимания и запоминании может оказать запись основного содержания лекции. Ведение конспекта помогает сосредоточиться и поддерживать на высоком уровне внимание и работоспособность мысли. Услышанное и записанное легче запоминается, так как в этом процессе принимают участие все виды памяти – слуховая, зрительная и моторная. Успех запоминания во многом зависит от целенаправленности и осмысленности усилий на запоминание. Перевод новых сведений на язык собственных мыслей, сравнение, проведение аналогий, анализ ускоряют запоминание, увеличивают объем памяти. Записывать необходимо кратко и своими словами. Бессмысленно записывать информацию, которую вы не понимаете.

Работа на лекции – это активный мыслительный труд, включающий слушание, понимание, осмысление и преобразование излагаемых лектором сведений в форму краткой записи.

Особенность сопротивления материалов состоит в том, что для получения более простых формул и методик расчета принимается значительное количество гипотез, упрощений, предположений, ограничений, принципов. Полученные результаты справедливы лишь в пределах этих упрощений.

² **Внимание** – это направленность и сосредоточенность психической деятельности на одном объекте.

Обязательно записывайте, отмечайте информацию, на которую обращает внимание преподаватель, на принимаемые при выводе расчетных формул исходные предпосылки, гипотезы, определяющие область применения полученных зависимостей, на анализ результатов. При изучении данной темы по учебнику не так-то просто будет самостоятельно сделать это.

Начиная какой-то вывод, преподаватель всегда подробно рассказывает о расчетной схеме, положенной в его основу. Предлагаемые сопротивлением материалов методики расчетов построены на некотором упрощенном представлении реального объекта расчетной схемой, которая только в основном, в главном для данной ситуации представляет реальную деталь или элемент конструкции. Слушая лекцию или изучая и дополняя свой конспект при чтении учебной литературы, вы должны четко представлять, какая расчетная модель положена в основу того или иного вывода, доказательства, какими реальными физическими, геометрическими свойствами она обладает.

Вести записи следует в отдельной тетради, оставляя поля для заметок, дополнений, уточнений и исправлений, которые вносятся при чтении учебников и пособий, на консультациях.

На лекциях материал излагается в соответствии с принятой кафедрой системой взглядов, которая может не совпадать в точности с каким-либо учебником. При наличии же хорошего конспекта за основу может быть принят один учебник с учетом коррективов, на которые обращается внимание на лекциях.

Конспект лекций не заменяет учебник по сопротивлению материалов и служит студенту лишь опорой, облегчающей самостоятельную работу по учебному пособию – основному источнику знаний. Тема каждой лекции должна прорабатываться по различным учебным пособиям с дополнением лекционного конспекта. Только в этом случае вы получите полноценное образование (получите знания, освоите умения и компетенции) по СМ.

К каждой новой лекции необходимо готовиться. Для этого просмотрите конспект предыдущей лекции, прочитайте по пособию теоретический материал предстоящей лекции. О содержании будущей лекции информирует преподаватель или можно посмотреть рабочую программу на сайте кафедры, в учебной библиотеке.

При написании собственного конспекта следует придерживаться следующих правил:

- 1) записывайте своими словами и, лишь после того, как излагаемый материал будет предельно ясен (механическое переписывание не имеет никакого смысла);
- 2) основой составления конспекта служат учебники (лучше несколько, книги подсказки, справочная литература) и конспект лекций;
- 3) лучше придерживаться плана читаемого курса сопротивления материалов (рабочая программа по специальности);
- 4) при описании отдельного вопроса не обязательно придерживаться порядка изложения в основном источнике (книге или конспекте);

- 5) при составлении конспекта надо задавать себе вопросы, помогающие осмыслению материала, и отвечать на них;
- 6) приводя доказательство, описание рассуждений, не оставляйте в них ничего непонятного, записанного формально;
- 7) писать конспект надо так, чтобы им удобно было пользоваться.

2.2. Зачем нужны практические занятия

Главной целью практических занятий, и это должен понимать каждый студент, изучающий сопротивление материалов, является развитие способностей к самостоятельному мышлению, творческой работе, системному анализу процессов деформации и разрушения элементов простейших конструкций. Решая задачи различной трудности, студент закрепляет и углубляет знания, развивает умения и навыки применения их к расчету простейших элементов конструкций – стержней – на прочность, жесткость, устойчивость.

Поиск необходимой для решения задач информации развивает навыки работы со справочной и технической литературой. Приобретаются навыки оформления технических расчетов, формируются и развиваются инструментальные и системные компетенции (см. схему 2). Теоретические знания, не подкрепленные умением их применения, неглубоки и непрочны. По большинству тем курса каждым студентом должны быть решены самостоятельно несколько задач проверочного, проектировочного и другого типа.

Практические занятия, темы и порядок прохождения которых по каждой инженерной специальности определены рабочей программой изучения СМ идут параллельно с лекционным курсом. Преподаватель, ведущий практику, указывает студентам тему следующего занятия, а так же параграфы и примеры из учебника, с которыми они должны познакомиться. Теоретический материал для предстоящего занятия должен быть проработан, освоен студентами по учебнику и конспекту. Качество подготовки в начале занятия контролирует преподаватель.

После этого решается типовая задача, с подробным изложением плана и особенностей решения. Закончив решение, преподаватель выдает каждому студенту 2 задачи, одну из которых он обязан решить в классе, другую дома. Решенные домашние задачи сдаются на проверку преподавателю на следующем практическом занятии.

При решении задач следует придерживаться определенной последовательности решения, анализа промежуточных и окончательных результатов расчетов.

Решение любой задачи начинается с анализа ее условия. Выясните значение терминов, условные обозначения, единицы измерения, что известно и что необходимо найти, Если вам все понятно и вы без затруднений воспроизведете условие задачи, приступайте к ее решению.

Чертеж к задаче выполняйте четко, аккуратно, грамотно, в крупном масштабе.

Если в условии задачи указан материал, то тем самым заданы его механические свойства, числовые значения всех физических величин, характеризующих этот материал. Вы должны выбрать те из них, которые в данной задаче являются существенными, важными. Затем по справочной литературе находятся числовые значения этих величин.

Прочитав условие задачи, выделив основные части условия, выполнив чертеж, подумайте, хорошо ли вы знаете теорию, соответствующую содержанию задачи. Если вы не уверены в своих знаниях, изучите или повторите теоретический материал и только после этого переходите к следующему этапу решения задачи. Бесполезно решать задачи по сопротивлению материалов без знания теории.

При записи каждой решаемой задачи обязательно должны фиксироваться: исходные данные, расчетная схема, что требуется найти, решение, ответ. Все вычисления необходимо выполнять самостоятельно каждому студенту с предельной аккуратностью. Всякое пренебрежение аккуратностью и методичностью записи в надежде сэкономить время, напротив, ведет к значительной потере времени и в большинстве случаев к повторению всех расчетов.

Задача сначала должна быть решена «качественно». Под качественным решением понимается анализ физической сущности задачи (определение вида нагружения и деформации, тип расчета: проверочный, проектировочный, определение допускаемой нагрузки из условия прочности, жесткости и т.п.) и словесное изложение хода решения, а формулы должны явиться математическим выражением высказанных мыслей и привести после соответствующих вычислений к количественному решению. После того как задача в общих чертах решена, можно переходить к математическим вычислениям. При этом рекомендуется соблюдать следующие правила: вести решение по пунктам, указывая, что именно в данном пункте определяется. Каждый пункт должен содержать расчетную формулу, записанную в общем виде. Решение задачи по возможности следует вести в общем виде в алгебраической форме до конца. Только после этого следует подставить численные значения, не забывая о размерности подставляемых величин. Проверка размерности величины, полученной в общем виде, позволяет найти ошибки в аналитических преобразованиях.

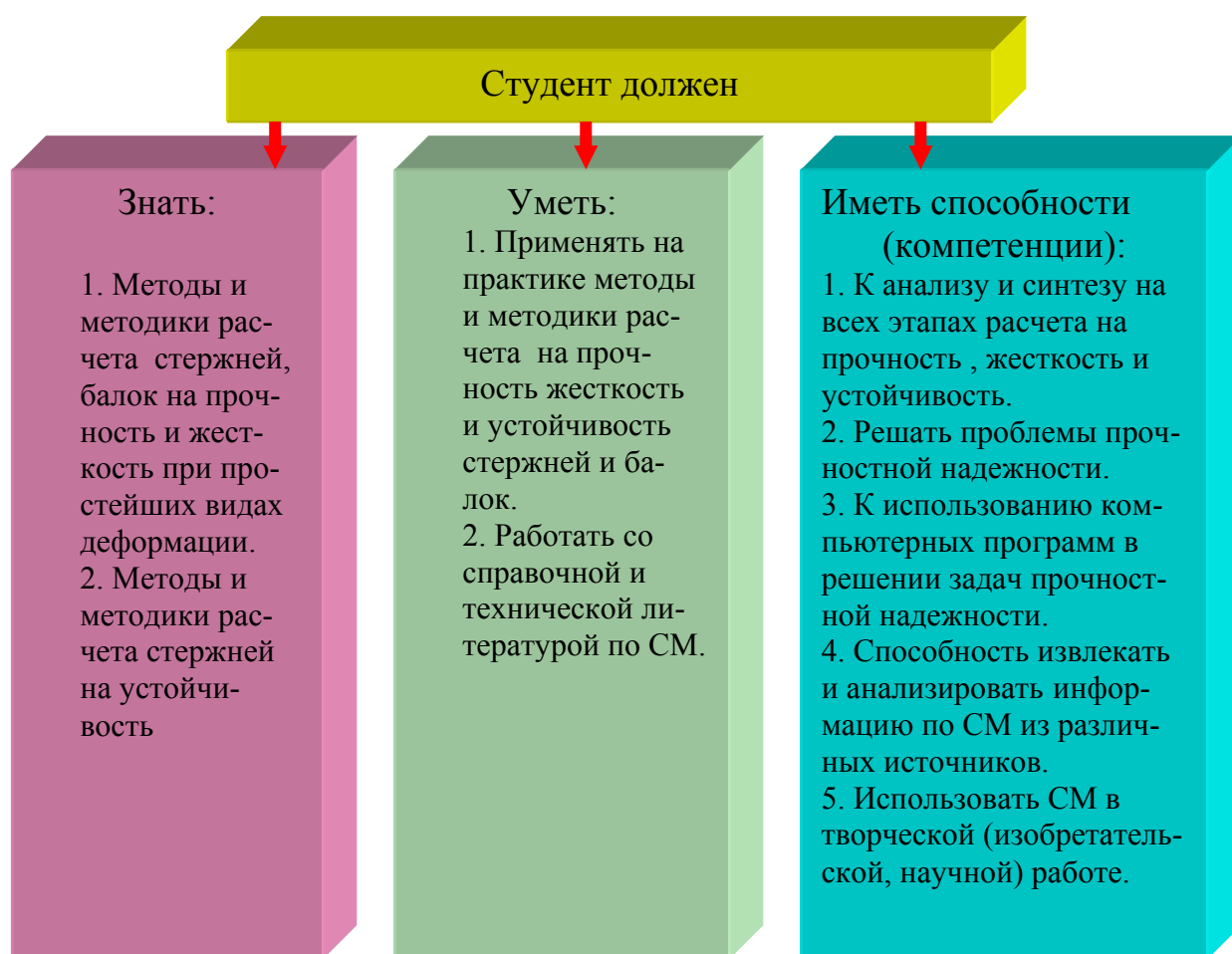
Решение задачи, все вычисления выполняйте в системе СИ. Следите, чтобы все величины в расчетной формуле были выражены в единицах СИ. Проверяйте размерность полученного результата.

После получения численного решения задачи, как правило, следует третий, заключительный этап – анализ результатов, включая проверку решения. Анализ решения, полученного в общем виде, позволяет получить дополнительную информацию по влиянию конструктивных размеров, механических свойств на определяемую величину. Проанализируйте, как изменится расчетная величина при изменении величин, через которые она рассчитывается. Попытайтесь оценить правильность решения по правдоподобию числового резуль-

тата, рациональность принятого конструктивного решения (например, выбор формы поперечного сечения). Это развивает критическое мышление, приучает к здоровой технической оценке числовых результатов.

Практические занятия требуют от студента высокой активности и самостоятельности в работе. Пассивная запись решения с доски или по подсказкам товарищей не вырабатывает необходимого навыка в решении задач. Такое присутствие на практическом занятии не приносит должной пользы. Поэтому студенты, уклоняющиеся от самостоятельного решения задач, получают дополнительные, индивидуальные домашние задачи сверх обычно выдаваемой нормы.

Схема 8. Знания, умения, компетенции по практическому курсу СМ



Одной из форм контроля знаний студентов являются контрольные работы. Каждая контрольная состоит из одной-двух типовых задач по отработанной на занятиях теме. Проводятся контрольные работы в часы практических занятий в соответствии с рабочей программой. Выполнение контрольной работы нужно сопровождать аккуратными схемами, четким решением в общем виде, с последующей подстановкой чисел. В случае неудовлетворительной оценки контрольная работа переписывается не более двух раз. Переписыванию предшествует соответствующая подготовка. Во-первых, должна быть предъявлена исправленная контрольная работа, во-вторых, по заданию преподавателя долж-

ны быть решены три-четыре дополнительных домашних задачи по теме контрольной.

Работая в аудитории, выполняя домашние задачи, каждый студент должен закрепить знания, выработать умения и способности, указанные на схеме 8.

2.3. Эксперимент – критерий истины

Сопротивление материалов – наука экспериментально–теоретическая. Ряд гипотез, используемых в построении теории, формулируются на основании экспериментальных данных. Опыт служит и для оценки соответствия фактических и теоретических данных о напряженном и деформированном состоянии элемента конструкции или его поведении в тех или иных условиях нагружения, что позволяет в случае необходимости внести уточнения в теорию. Наконец, многие механические и физические характеристики материалов в различных условиях нагружения, необходимые для проведения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций, также определяются только экспериментально. Поэтому лабораторные занятия – неотъемлемый и важный элемент в процессе изучения курса сопротивления материалов. Для проведения лабораторных работ на кафедре «Сопротивления материалов и строительной механики» ИрГТУ разработан лабораторный практикум [1-6], в котором указаны темы всех работ, цель отдельных опытов, приведены необходимые схемы установок и приборов, используемых при проведении опытов. К выполнению каждой лабораторной работы необходимо готовиться заблаговременно. Необходимо прочитать соответствующие разделы учебника, лекционных записей, теоретическую и экспериментальную часть лабораторного практикума, ознакомиться с порядком выполнения работы, с устройством используемых машин и приборов. В процессе подготовки должны быть четко выявлены цель и ожидаемые результаты лабораторной работы, некоторые теоретические решения должны быть выполнены в общем виде. При хорошей предварительной подготовке лабораторное занятие пройдет эффективно, и будет сэкономлено время на обработку опыта и анализ результатов.

С научной точки зрения закон или формула, исследуемые в лабораторной работе, действительно не нуждаются в проверке, так как они давно прошли ее. Но студент, приступая к лабораторной работе, ставит себя в положение исследователя, который первым должен принять или отвергнуть предлагаемое в виде закона утверждение или формулу, полученную на основе тех или иных допущений, гипотез, то есть в этом случае необходимо справедливость закона или формулы поставить под сомнение. Эксперимент, который ставится на лабораторной работе, должен доказать справедливость или установить границы справедливости проверяемого положения, дать оценку расхождений опытных и теоретических данных, на основании чего можно сделать вывод о применимости или неприменимости тех или иных гипотез. Это очень важно, так как теория никогда точно не отражает реальность. Кроме того, при выполнении лабораторных работ приобретает навык проведения экспериментальных исследо-

Схема 9. Лабораторные работы по сопротивлению материалов



ваний, которые в будущей практической деятельности будут посвящены еще не изученным объектам.

При проведении лабораторной работы группа делится на две или более подгрупп. Перед началом опытов и во время их выполнения преподаватель производит беглый опрос студентов, что позволяет выяснить их подготовленность к работе.

Процесс подготовки и выполнения лабораторной работы распадается на несколько этапов (см. схему 9). Эксперимент проводится в три этапа:

- 1) проведение эксперимента, сопровождающееся записью показаний приборов;
- 2) аналитическая и графическая обработка результатов;
- 3) анализ результатов и выводы.

Работа выполняется бригадным методом, так как при проведении опытов, как правило, приходится пользоваться весьма сложным оборудованием (прессы, разрывные машины и т.д.) и рядом измерительных приборов, что требует наблюдателей в нескольких местах. Случается, что активные члены бригады берут на себя инициативу в проведении эксперимента, а пассивные – ограничиваются записыванием полученных результатов. Они, естественно, получают меньше пользы от лабораторных занятий. Каждому студенту необходимо стремиться принять активное участие в лабораторной работе и получить от нее все ценное, что она может дать.

Показания приборов, полученные при проведении экспериментов, записываются в специальные таблицы. Для облегчения их анализа они, как правило, переносятся на графики. На этом же графике целесообразно показать и ожидаемые в соответствии с теорией результаты. Разумеется, все построения необходимо выполнять в масштабе. Сопоставление этих графиков позволяет сделать обоснованные, хорошо аргументированные выводы. В заключительной части отчета следует дать анализ выполненной работы – указать, какие закономерности подтвердились, с какой точностью, что было причиной неточности, если получились отклонения от теоретических данных.

Отчет о лабораторной работе должен быть по возможности закончен в лаборатории или, в крайнем случае, дома в тот же день, когда она выполнялась. Чем скорее будет составлен отчет после проведения работы, тем меньше труда и времени затратит на него студент.

Защита лабораторных работ производится студентами по каждой работе в отдельности в часы консультации преподавателя группы, но не позднее, чем к следующему лабораторному занятию. Студент, не защитивший предыдущую лабораторную работу, к следующему лабораторному занятию не допускается.

При защите лабораторной работы студент должен показать хорошее знание соответствующего раздела теории, цели работы, методики проводившихся опытов, уметь подробно описывать технику эксперимента и обработку его результатов, грамотно провести анализ полученных результатов и сделать выводы.

Пройдя полный курс лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой обучения СМ студент должен иметь знания, умения и компетенции представленные на схеме 10.

Схема 10. Знания, умения и компетенции, которые должен освоить студент при прохождении курса лабораторных работ



Глава 3. Учись работать самостоятельно

3.1. Учись планировать и рационально организовывать свою работу

Самостоятельная работа студентов (СРС) по сопротивлению материалов включает в себя не только познавательную деятельность во внеаудиторное время, но и самостоятельную мыслительную деятельность на лекциях, практических и лабораторных занятиях, экзаменах и зачетах, при индивидуальных собеседованиях. Самостоятельная работа является внутренней основой связи всех методов и форм обучения между собой. При отсутствии самостоятельной работы студента никакие формы и методы обучения, применяемые преподавателем, не дают положительного результата при освоении сопротивления материалов.

В зависимости от места и времени проведения, характера работы и способов контроля результатов работы самостоятельная работа студентов по сопротивлению материалов подразделяется на виды (см. схему 11).

Работа по СМ требует определенных затрат времени и должна быть согласована с изучением других дисциплин. Это невозможно сделать без планирования

Схема 11. Самостоятельная работа студентов по СМ



своей работы. Исходными данными для этого являются рабочий учебный план, рабочая программа изучения СМ и др. дисциплин, а также примерные затраты времени (табл.1) на выполнение предусмотренных рабочей программой работ.

На самостоятельную работу отводится 50% и более времени, отведенного на изучение сопротивления материалов. По каждой инженерной специальности в рабочей программе по сопротивлению материалов предусмотрены различные виды самостоятельной работы и график их выполнения, формы отчетности. Общая трудоемкость самостоятельной работы студентов (СРС) не должна превышать трудоемкость, установленную государственным образовательным стандартом (ГОС).

Рабочий день студента ограничен и составляет 9 академических часов: 6 часов аудиторной работы и 3 внеаудиторной. Нарушать эти нормы категорически запрещено.

Таблица 1

Нормы для планирования СРС по сопротивлению материалов

Виды самостоятельной работы	Время, затрачиваемое студентом
Проработка лекционного материала	1 час на одну лекцию продолжительностью 2 часа
Подготовка к практическим занятиям	2 часа на одно практическое занятие
Подготовка к лабораторным работам и написание отчета	2 часа на одну лабораторную работу
Работа над курсовой работой: а) изучение литературы; б) черновые расчеты; в) оформление пояснительной записки. <i>Всего не более</i>	2 часа 10 часов 8 часов 20 часов
Расчетно-проектировочные работы (РПР): а) изучение литературы и методических материалов; б) черновые расчеты; в) оформление чертежей и записки. <i>Всего не более</i>	2 часа 2 часа 1 час 5 часов на 1 РПР
Решение задач	1 час на одну задачу
Изучение литературы по СМ с составлением конспекта	1,5 часа на 16 страниц печатного текста

Приведенные нормативы являются основой для планирования самостоятельной работы по СМ как преподавателями, так и студентами. Делать это нужно каждому студенту.

Выработка знаний, умений и компетенций по СМ предполагает переработку, осмысление, запоминание большого объема информации, выполнение работ определенного вида за короткий промежуток времени. Успешность обучения существенно зависит от рациональной организации самостоятельной работы.

Опыт показывает, что непрерывная умственная работа малопродуктивна. Для умственной работы важен ее ритм, чередование периодов деятельности мозга и его отдыха. Продолжительность занятий должна быть 40-50 минут с перерывами 10-15 минут. Отдыхом может служить чередование рода занятий, поскольку в это время включаются другие участки мозга. Так, от работы с книгой можно перейти к построению графиков, к чтению и т.п. Наилучшим отдыхом является физическая нагрузка, особенно такая, которая совершается с удовольствием.

Интенсивная умственная работа не утомляет, а развивает и память, и мышление, если она ведется в определенных условиях.

Для рациональной организации труда необходимо учитывать объективные свойства памяти³.

Каждый из нас обладает двумя видами памяти: непроизвольной и произвольной. В первом случае информация запоминается сама собой без специального заучивания, а в ходе выполнения деятельности, в ходе работы над информацией. Сильно развита в детстве, у взрослых ослабевает. Во втором случае информация запоминается целенаправленно с помощью специальных приемов. Эффективность произвольной памяти зависит от целей запоминания (насколько прочно, долго человек хочет запомнить) и приемов заучивания. Если цель - выучить и сдать успешно экзамен, то вскоре после экзамена многое забудется, если цель – выучить надолго, для будущей профессиональной деятельности, то информация мало забывается.

Как показывает опыт, у большинства студентов непроизвольная память недостаточно развита, и в освоение сопротивления материалов следует полагаться прежде всего на произвольную память. Следовательно, надо освоить эффективные приемы заучивания.

При многократном повторении работает механическая память. Механическая память – это память, основанная на повторении материала без его осмысливания; Тратится много сил и времени, а результаты изучения СМ ничтожные. Информация забывается быстро и почти полностью. Выучить СМ зубрежкой невозможно!

При логическом пересказе работает логическая (смысловая память) основанная на установлении в запоминаемом материале смысловых связей.

Эффективность логической памяти в 20 раз выше, лучше, чем у механической памяти.

Логический пересказ является основным приемом заучивания при изучении сопротивления материалов.

Образный прием запоминания сводится к переводу информации в образы, графики, схемы, картинки.

Мнемотехнические – это специальные приемы для облегчения запоминания.

То, что мы стараемся запомнить, почему-то со временем забывается. Для уменьшения забывания необходимо: 1) понимание, осмысление информации; 2) повторение информации. Первое повторение нужно через 40 минут после заучивания, так как через час в памяти остается только 50% заученной информации. Максимальные потери от забывания имеют место в первые дни после заучивания. В эти дни необходимо чаще повторять. В первый день - 2-3 повторе-

³ Память – форма психического отражения, заключающаяся в закреплении, сохранении и последующем воспроизведении опыта, делающая возможным его повторное использование в деятельности или возвращение в сферу сознания. Память связывает прошлое субъекта с его настоящим и будущим и является важнейшей познавательной функцией, лежащей в основе развития и обучения.

ния, во-второй - 1-2 повторения, в третий-седьмой день по 1 повторению, затем 1 повторение с интервалом в 7-10 дней. Помните, что 30 повторений в течение месяца эффективнее, чем 100 повторений за день.

Схема 12. Приемы заучивания



Поэтому систематическая, без перегрузки, учеба, заучивание маленькими порциями в течение семестра с периодическими повторениями через 10 дней намного эффективнее, чем концентрированное заучивание большого объема информации в сжатые сроки сессии, вызывающее умственную и психическую перегрузку и почти полное забывание информации через неделю после сессии.

3.2. Как читать литературу по сопротивлению материалов

Особенность литературы по сопротивлению материалов в первую очередь заключается в том, что в ней информация подается в очень сжатой форме, часто в виде символов и математических формул, специальных технических и математических терминов, которые почти или вовсе не расшифровываются. Как правило, они должны быть известны студенту из предшествующих предметов (теоретической механики, физики, высшей математики, материаловедения и др.). Некоторые доказательства и аргументации опускаются, так как это уже было сделано в курсах теоретической механики, высшей математики, физики и их нужно восстанавливать по памяти читателю самостоятельно. При этом во многих случаях восстановление проделывается обязательно, так как без этого не будут понятными дальнейшие рассуждения. Если окажется, что термины не-

ясны, необходимо постараться их вспомнить. Когда это не удастся, приходится обращаться к соответствующей учебной или справочной литературе, где об этом может быть написано. Одна краткая фраза может потребовать длительных размышлений, и ни о каком скорочтении не может быть речи. Чтение литературы по сопротивлению материалов невозможно без обдумывания материала (выполнения промежуточных вычислений, вычерчивания схем, графиков, воспроизведения в памяти законов и формул, приспособления их к данному частному случаю и т.д.). Умение читать литературу по сопротивлению материалов – это в первую очередь умение добиваться понимания того, о чем говорится в книге. Лишь немногие, особенно эрудированные специалисты (и то далеко не всегда) могут читать текст «с листа», т.е. просматривая его глазами. Обычно же все преобразования, доказательства, которые описаны в книге, нужно не только просматривать, а и самостоятельно их проделывать. При этом, конечно, удобнее всего писать. Если вы обратились к книге не как к справочнику (с целью, допустим, проверки в конспекте лекции правильности записи формулы или определения и т.д.), а хотите разобрать в ней некоторый материал, возникает необходимость и зафиксировать его, т.е. законспектировать.

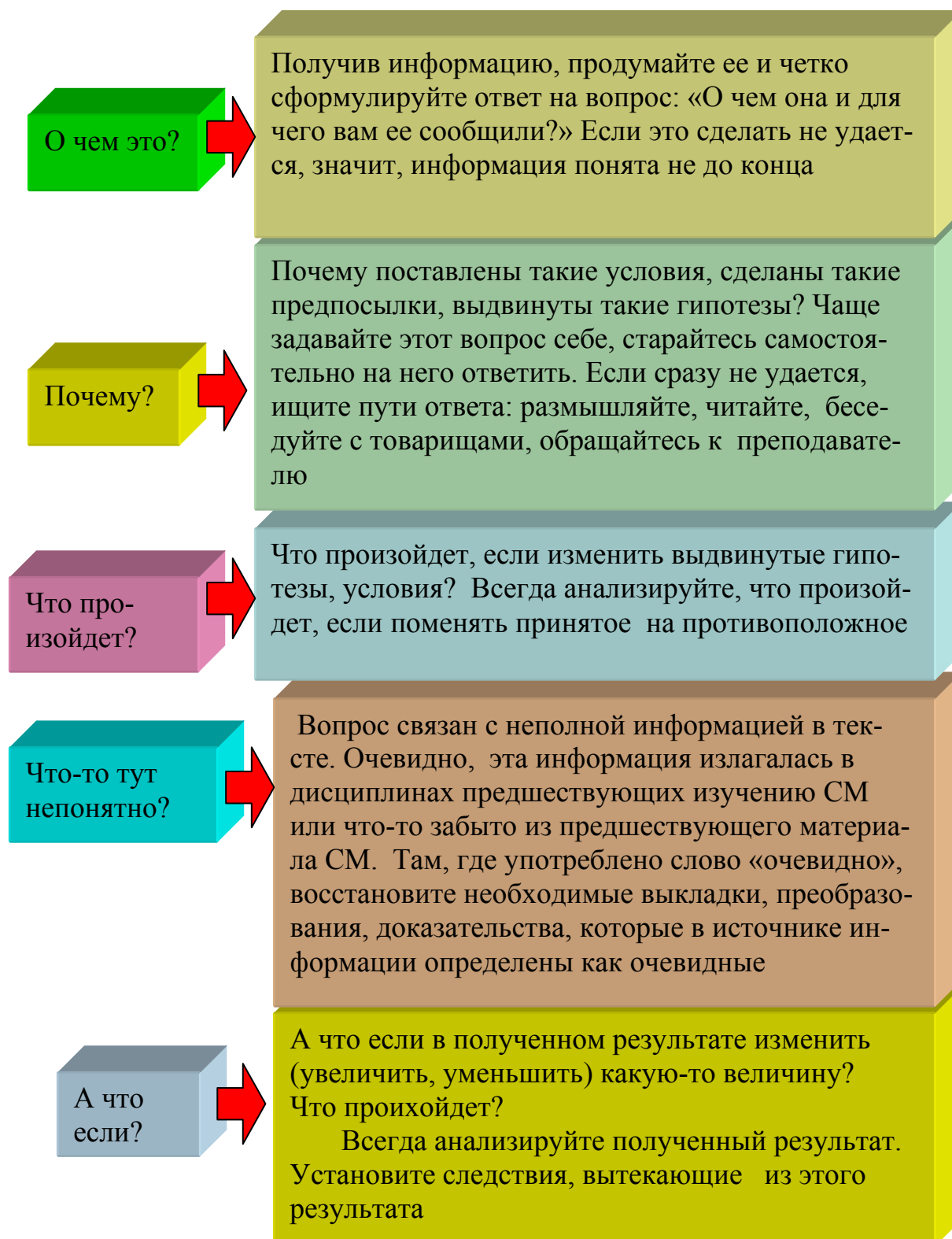
Многое из того, что можно сказать по данному вопросу, в учебнике и книге по сопротивлению материалов подразумевается, но явно в тексте не присутствует. Поэтому при чтении у студента должна возникать потребность размышления, попытка самостоятельного решения изученных проблем, восполнения пропущенных рассуждений и т.д. Лишь при серьезной работе над текстом книга будет давать не только информацию для запоминания, но и развивать ум, сообразительность, умение самостоятельно решать задачи и т.д. Творческая работа с книгой – чрезвычайно полезный способ получения информации.

Начиная изучать какую-либо тему по учебнику, обязательно уточните, какой смысл вкладывается в тот или иной термин, в то или иное понятие. Обязательно обратите внимание на буквенные обозначения физических и математических величин, используемых в учебнике. Сравните их с теми обозначениями, к которым вы привыкли.

Изучая сопротивления материалов, студенты с самого начала должны понимать, что большая часть наших знаний о деформации и разрушении тел являются истинами относительными. Это такие знания, которые в основном верно отражая действительность, справедливы только в пределах исходных расчетных моделей. При дальнейшем развитии науки эти знания уточняются, дополняются, конкретизируются. При чтении книг, учебников надо критически осмысливать исходные предпосылки, гипотезы, методы доказательств и прочее. Ни в коем случае не следует принимать на веру все, что написано в книгах. Каждое положение автора книги должно просматриваться и оцениваться в свете собственного практического опыта.

Читая учебник, конспект лекций или другую литературу, постоянно задавайте вопросы и ищите на них ответ (см. схему 13), всегда имейте под рукой курс теоретической механики, инженерный курс высшей математики, курс материаловедения или соответствующие справочники.

Схема 13. Вопросник студента-«почемучки» для себя
и преподавателя



3.3. Курсовые и расчетно-проектировочные работы

При выполнении курсовых и расчетно-проектировочных работ (РПР) студенты должны научиться использовать уже существующую методику расчета для решения конкретной задачи и научиться технике ведения расчетов, связанных с изучаемой дисциплиной.

Курсовые и РПР разработаны кафедрой в большом числе вариантов для всех инженерных специальностей ИрГТУ [37-44], что позволяет выдать каждому студенту индивидуальные исходные данные и расчетные схемы в соответствии с номером варианта, указанным преподавателем.

Перед началом расчета следует хорошо вникнуть в задачу, выявить для себя сведения о том объекте, который предстоит рассчитать. Осмыслив задание и общий ход работы, можно составить план расчета и выписать по разделам плана необходимые формулы.

При выполнении домашних заданий студенты должны придерживаться следующих правил:

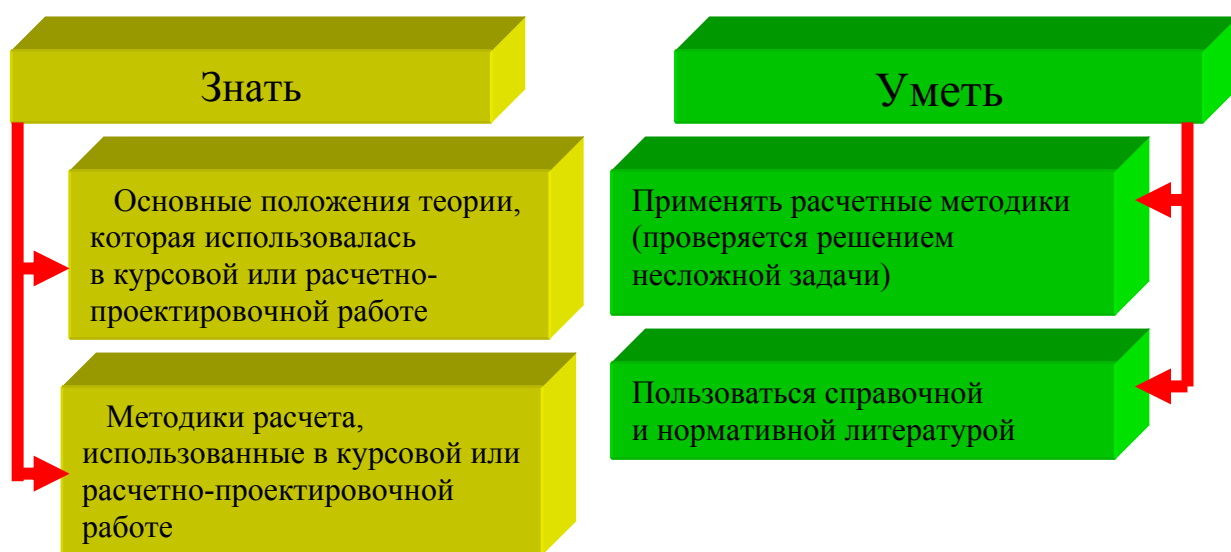
- 1) не следует приступать к расчету, пока не разобрались досконально по учебнику и конспекту лекций в теории, связанной с выполнением домашнего задания, пока не будет полной ясности, что надо сделать в задании и как это сделать;
- 2) все расчеты, в том числе и черновые записи, вести очень аккуратно, с предельной внимательностью, сначала в общем виде, затем в числах. Лучше вести записи на одной стороне листа бумаги, чтобы можно было сравнивать или обозревать одновременно любые две или большее число частей информации.
- 3) использовать все средства для самоконтроля правильности выполненной части работы. Такие возможности, как правило, имеются на каждом этапе расчета;
- 4) сопровождать расчет на всех этапах необходимыми схемами и построением эпюр, выполненным с обязательным соблюдением масштаба. Графическое оформление не только помогает произвести расчет, но и облегчает чтение выполненного расчета и может быть использовано, если это, например эпюры усилий, для контроля правильности выполненного этапа работы;
- 5) проверяя формулу, выполняя преобразования, решая задачу и т.д. проделывайте математические преобразования, операции постепенно, не торопясь, подробно записывая все промежуточные выкладки. Ничего не считайте в уме: слишком велика вероятность сделать случайную, пустяковую ошибку.

За несоблюдение указанных правил обычно приходится расплачиваться большой дополнительной затратой времени на перерасчеты, и часто неоднократные.

Оформление курсовой работы производится в соответствии со стандартом ИрГТУ [92].

Выполненную курсовую работу, студент должен защитить в специально отведенное для этого преподавателем время. Проверяется знание теории и методики расчетов, использованных при выполнении курсовой работы. Проверяются наличие умений путем решения не сложной задачи с применением тех же методов, что и в курсовой работе. При защите курсовой работы студент должен показать знания и умения, указанный в схеме 14. Проверяется наличие инструментальных, межличностных и системных компетенций.

Схема 14. Знания и умения, которые должен показать студент при защите курсовой и расчетно-проектировочной работы



Выполнение и защита курсовой работы оцениваются, исходя из следующих требований:

«Отлично» - теоретический материал, необходимый для выполнения курсовой работы, освоен **полностью**, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, оформление курсовой работы соответствует стандарту ИрГТУ.

«Хорошо» - теоретический материал, необходимый для выполнения курсовой работы, освоен **полностью**, без пробелов, **некоторые** практические навыки работы с освоенным материалом сформированы **недостаточно**, оформление курсовой работы соответствует стандарту ИрГТУ.

«Удовлетворительно» - теоретический материал, необходимый для выполнения курсовой работы, освоен **частично**, необходимые практические навыки работы не сформированы, часть своих ошибок студент способен исправить самостоятельно, оформление курсовой работы соответствует стандарту ИрГТУ.

«Неудовлетворительно» - теоретический материал, необходимый для выполнения курсовой работы освоен **частично**, необходимые практические навыки работы **не сформированы**, курсовая оформлена не по стандарту Ир-

ГТУ, работа содержит методические и др. ошибки, которые студент не способен исправить самостоятельно.

Защита расчетно-проектировочной работы оценивается по двухбалльной системе «зачтено», «не зачтено». Работа засчитывается, если оценка за защиту не ниже «удовлетворительно».

3.4. Зачет по сопротивлению материалов

Зачет по курсу сопротивления материалов имеет две разновидности:

- зачет без последующего экзамена;
- допуск к экзамену, когда учебным планом не предусмотрен официальный зачет.

Зачет без последующего экзамена проводится на зачетной неделе в часы, установленные для занятий или по договоренности преподавателя со студентами. К зачету допускаются студенты, написавшие контрольные работы, защитившие лабораторные работы и сдавшие домашние задания и задачи. Зачет принимает преподаватель, проводивший практические и лабораторные занятия, *по билетам*, составленным лектором потока и содержащим два вопроса из соответствующих разделов курса. Для подготовки к ответу по билетам разрешается пользоваться личными конспектами. Зачет получают студенты, выполнившие все требования учебного плана и успешно ответившие на вопросы по билету. Повторные зачеты проводятся преподавателем группы по графику, согласованному с кафедрой.

Допуск к экзамену при отсутствии зачета проводится преподавателем группы на зачетной неделе в часы, установленные расписанием для занятий, или по договоренности преподавателя со студентами. Допуск к экзамену получают студенты, выполнившие все требования учебного плана, то есть решившие домашние задачи, сдавшие домашние задания, успешно написавшие контрольные работы, выполнившие и защитившие все лабораторные работы.

3.5. Экзамен по сопротивлению материалов

К экзамену допускаются студенты, предварительно сдавшие домашние задания, написавшие контрольные и защитившие лабораторные работы и получившие в необходимых случаях зачет по практическим занятиям. Экзамен принимается только у студентов, включенных в экзаменационные ведомости или у имеющих экзаменационные листы. Прием экзамена проводится преподавателем, читавшим курс лекций с возможным участием преподавателя по практическим и лабораторным занятиям (ассистента). Экзамен проводится по заранее составленным билетам, утвержденным заведующим кафедрой. Замена выданного билета другим не разрешается.

Сначала для сдачи экзамена в аудиторию одновременно вызываются 5-6 студентов на одного экзаменатора. Для подготовки к ответу по билетам студен-

там предоставляется 1,5 часа. По истечении указанного времени экзаменаторы приступают к опросу студентов по вопросам билета. В процессе подготовки ответа по билету студентам не разрешается покидать аудиторию.

Экзамен – это неотъемлемый компонент учебного процесса, его завершающий этап. Поэтому вопрос об экзамене нельзя отделять от вопроса об остальных составляющих учебного процесса, а нужно рассматривать только в неразрывной связи с ними. Во время, отведенное на подготовку к экзамену, студент должен осмыслить все приобретенные в течение семестра знания по сопротивлению материалов, выделить в них главное, систематизировать и обобщить их, понять взаимосвязь между отдельными темами. При этом знания одновременно совершенствуются, пополняются и уточняются.

В процессе подготовки к сдаче экзамена у студента возникает эмоционально-оценочное отношение к сопротивлению материалов. Глубже осознается значение изучаемых в курсе фактов, закономерностей, законов и теорий, уясняется логика рассуждений и доказательств. Все это способствует общему и специальному развитию. И еще, что тоже очень важно, выявляются природные *возможности* будущего специалиста *работать в напряженной обстановке*, накапливается опыт умственной работы в ограниченные сроки и в стрессовой ситуации.

Экзамены позволяют показать необходимость повседневной работы по усвоению и усовершенствованию знаний, освоению более рациональных приемов учебного труда, перенять опыт лучших студентов.

Наконец экзамен дает возможность студенту проверить соответствие уровня своих знаний требованиям, предъявляемым программой курса. На экзамене проверяется умение мыслить, применять полученные знания для объяснения различных явлений и, особенно, для решения задач практического характера.

Экзамен приучает к дисциплинированности, ответственности, целеустремленности. Хорошо организованная подготовка к экзаменам закрепляет и развивает навыки самоконтроля, самовоспитания и самообразования, вырабатывает умение отыскать нужный материал, нужную книгу, расширяя тем самым и круг знаний.

В процессе подготовки к экзаменам у студентов формируются рациональные приемы систематизации и запоминания изучаемого материала, развивается умение излагать свои мысли в письменной и устной форме.

Успех на экзамене в решающей мере зависит от подготовленности к нему. Основная работа по усвоению знаний проходит в течение семестра. Вы уже осмыслили основной материал курса, знаете основные методики расчетов, формулы, понятия, законы и др., овладели методами решения задач. Это первый и основной этап подготовки к будущему экзамену. Осталось только подготовиться к итоговому испытанию. При отсутствии систематической работы в течение семестра подготовиться за 3-4 дня и успешно сдать экзамен по сопротивлению материалов невозможно. Различные методики подготовки к экзамену могут помочь только при наличии этих условий.

Часто бывает так, что студенту на подготовку по сопротивлению материалов не хватает одного дня. Связано это с неумением правильно распределить время. Наиболее распространенной ошибкой является то, что студент, прежде всего, добросовестно анализирует самые сложные для него вопросы. Это могут быть те, которые освещались на пропущенной по болезни лекции или практическом занятии. Затратив много времени и усилий на подготовку таких вопросов, студент под давлением дефицита времени слабо готовит относительно простые вопросы, а иногда просто не успевает приступить к их подготовке.

Потому рекомендуем перед началом подготовки экзамена по сопротивлению материалов разбить экзаменационные вопросы на три части.

1. Первая часть должна включать наиболее легкие вопросы, не требующие тщательного, трудоемкого изучения. Таких вопросов, как показывает практика, может оказаться около 50%.
2. Вторая часть должна состоять из сравнительно знакомых вопросов, в которых, однако, остались не совсем ясными студенту стороны и аспекты. Они требуют более углубленной работы, более значительных трудозатрат. По объему эта часть составляет около 35%.
3. Третья часть включает в себя слабо изученные или сложные в теоретическом отношении вопросы. Их изучение требует наибольших усилий, а в ряде случаев консультации преподавателя.

Подготовку начинайте с первой группы вопросов, затем переходите ко второй и лишь в конце подготовки к экзамену изучайте наиболее сложные вопросы. При этом просматривается и читается соответствующий материал по лекциям или книге. Для проверки усвоения материала самостоятельно выведите формулы. Ни в коем случае не следует стараться запомнить вывод формулы, не понимая его сущность. Необходимо уяснить постановку задачи, принятые в ней гипотезы, идею и схему вывода формулы, место и способ использования гипотез, границы применимости формулы, анализ полученных результатов. Необходимо параллельно просматривать решенные в семестре задачи и для контроля решить небольшое число задач.

Необходимо вспомнить содержание всех выполнявшихся в семестре заданий, лабораторных работ, относящихся к изучаемой теме. Возникшие трудности, неясности можно разрешить на консультации, которую перед экзаменом дает преподаватель. К консультации нужно тщательно готовиться. Эта подготовка состоит в том, что заблаговременно на листе бумаги выписываются вопросы, относящиеся к непонятным местам курса.

После возвращения с консультации нужно проверить, усвоены ли части курса, остававшиеся до консультации неясными. И в случае необходимости, нужно прочесть еще раз соответствующие места конспекта и (или) в книге. В последний день подготовки нужно просмотреть весь курс по конспекту и (или) книге, но уже значительно быстрее, чем в предыдущие дни.

В день экзамена утром на свежую голову полезно еще раз, теперь уже бегло, в течение получаса, просмотреть опять весь курс по конспекту.

Получив экзаменационный билет и задачу, студент должен внимательно познакомиться с вопросами и уяснить, понятны ли они ему. В случае если они не совсем ясны студенту, обязательно нужно задать соответствующий вопрос преподавателю в самом начале экзамена. После того как экзаменационные вопросы уяснены, необходимо сосредоточиться и составить план ответа, затем уже в развернутой форме написать необходимые формальные выкладки, изобразить чертежи. Текст ответа лучше не записывать. Устный ответ должен быть четким, систематичным. Студент должен знать, что экзаменационный билет – это лишь основа для беседы преподавателя со студентом, что преподаватель имеет право даже при правильном ответе на вопросы задать дополнительные вопросы для большей полноты картины.

При решении задач нужно помнить, что все детали этого решения одинаково существенны: и выбор метода, и правильная запись формул или уравнений, и правильность вычислений.

Оценка, выставляемая студенту на экзамене, зависит от выполнения учебных заданий, объема знаний, освоенных умений и компетенций.

«Отлично» - теоретическое содержание курса освоено **полностью**, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в **основном** сформированы, **все** предусмотренные программой обучения учебные задания **выполнены**, качество выполнения **большинства** из них оценено числом баллов, близким к **максимальному**.

«Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено **полностью**, без пробелов, **некоторые** практические навыки работы с освоенным материалом сформированы **недостаточно**, **все** предусмотренные программой обучения учебные задания **выполнены**, качество выполнения **ни одного** из них **не оценено минимальным** числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с **ошибками**.

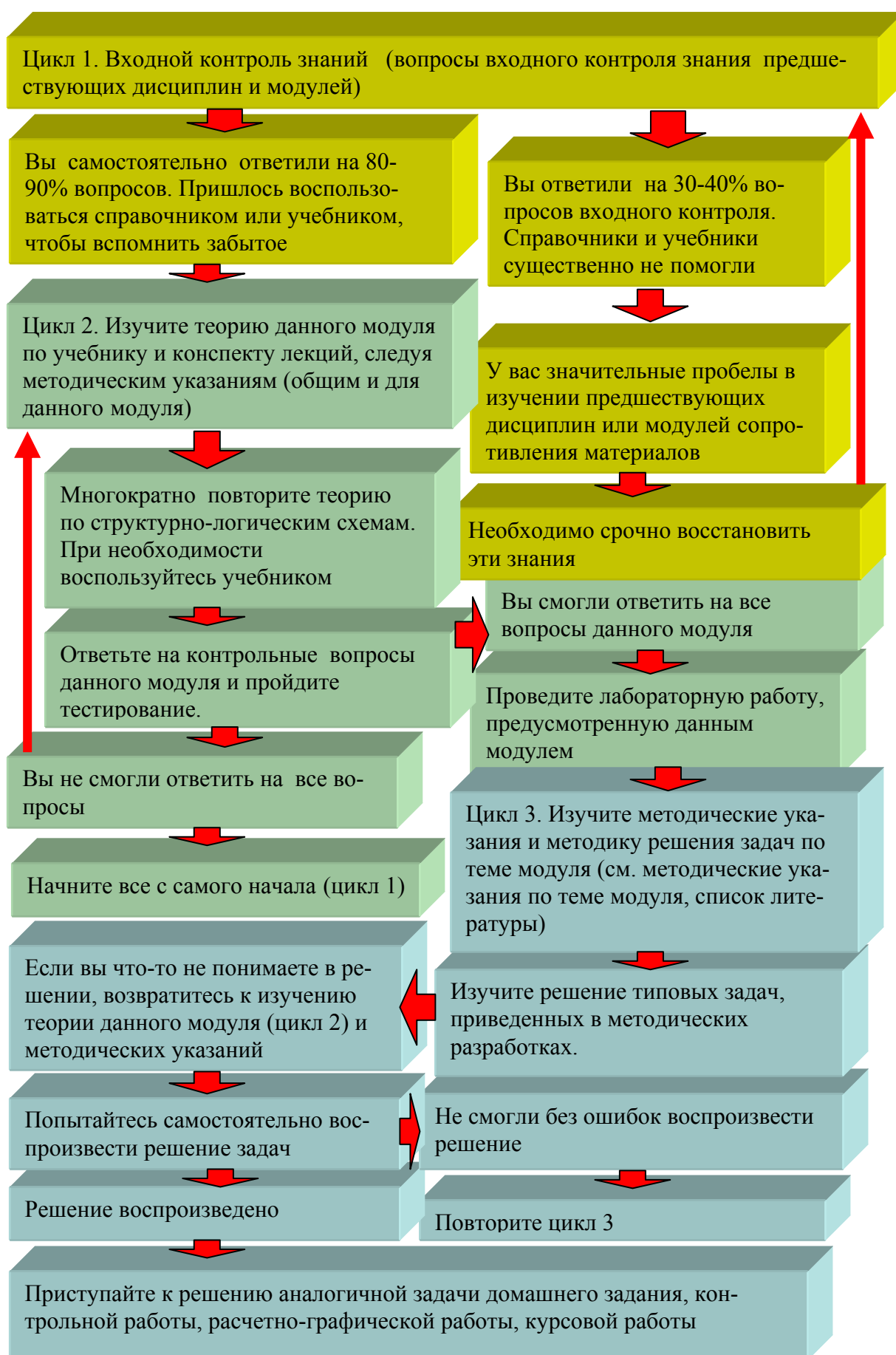
«Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено **частично**, **некоторые** практические навыки работы **не сформированы**, **многие** предусмотренные программой обучения учебные задания **не выполнены**, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к **минимальному**.

Глава 4. Краткий курс сопротивления материалов в структурно-логических схемах с методическими указаниями и технологией изучения

4.1. Технологическая карта изучения сопротивления материалов

Для того чтобы добиться хорошего и отличного успеха в изучении сопротивления материалов необходимо, и теоретический, и практический курс изучать строго по технологической карте приведенной на схеме 15.

Схема.15. Технология изучения сопротивления материалов





Основные цели данного модуля:

- 1) определить предмет изучения сопротивления материалов и описать модель, положенную в основу расчетов на прочность, жесткость и устойчивость деталей машин и элементов конструкций;
- 2) изучить метод сечений и научиться применять его на практике для определения внутренних сил, классификации видов нагружения и деформаций.

Схема 16. Взаимосвязь модуля «Введение»
с другими дисциплинами и модулями



4.2.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Нарисуйте вектор силы и разложите его на составляющие по двум произвольно выбранным направлениям.
2. Выберите пространственную систему координат и вектор, произвольно расположенный в пространстве. Разложите вектор на составляющие, направленные параллельно осям выбранной системы координат.
3. Чему равна проекция силы на ось?
4. Нарисуйте два вектора и сложите их по правилу параллелограмма и векторного треугольника.
5. Нарисуйте 4 вектора, произвольно расположенных на плоскости, и сложите их по правилу векторного многоугольника.
6. Чему равна проекция результирующего вектора на произвольно выбранную ось координат?
7. Чему равен косинус острого угла в прямоугольном треугольнике?
8. Чему равен синус острого угла в прямоугольном треугольнике?
9. Чему равен тангенс острого угла в прямоугольном треугольнике?
10. Что называется пределом функции?
11. Поясните геометрический смысл определенного интеграла.
12. Поясните определенный интеграл по поверхности и его вычисление.

Теоретическая механика

1. Что называется связью? В чем заключается сущность принципа освобожденности от связей?
2. Перечислите основные типы опор, для которых линия действия реакций известны.
3. Как направлена реакция опорного шарнира, если твердое тело соединено с опорой с помощью стержня, имеющего на концах шарниры?
4. Как принято изображать реакцию связи, линия действия которой неизвестна?
5. Перечислите типы опор, линия действия реакций которых неизвестны.
6. Что называется векторным моментом силы, пары сил?
7. Как связаны между собой проекция векторного момента силы на ось и момент силы относительно этой оси?
8. Чему равен момент силы относительно оси?
9. Запишите уравнения равновесия системы сил, произвольно расположенной в пространстве.
10. Запишите уравнения равновесия системы сил, произвольно расположенной на плоскости.

Материаловедение

1. Опишите атомно-кристаллическое строение металлов и сплавов.
2. Какие дефекты кристаллического строения вы знаете?

Схема 17. Предмет, методы и задачи сопротивления материалов



Для повторения ранее пройденного материала и поиска ответов на поставленные вопросы воспользуйтесь учебниками [82-85] или справочниками [86-91].

4.2.2. Изучение теории

Приступая ко второму циклу изучения, ознакомьтесь сначала с информационно-логической схемой 17. Она указывает на то, что необходимо изучить. Затем по конспекту лекций и учебникам проработайте эту информацию, учитывая методические указания второй главы данного пособия.

Рекомендуем прочитать

[52], Глава 1. Основные понятия	[54], Введение. §1-§7
[59], Глава 1. Введение	[60], Глава 1. Основные положения

Особое внимание при изучении темы обратите на схематизацию свойств материала и формы детали, также на метод сечений. Поразмышляйте над гипотезами, используя вопросы студента почемучки (см. схему 15). В методе сечений обратите особое внимание на этап приложения к оставленной части тела внутренних сил. Почему именно сил? Существуют еще и пары сил, которые могут возникать в каждой точке сечения от взаимодействия с отброшенной частью. А если в результате действия внешних сил в сечении возникла уравновешенная система распределенных сил вдобавок к той, что обычно прилагается в сечении и определяется. Сможем ли мы ее определить?

Постарайтесь запомнить последовательность применения метода сечений (правило РОЗУ: разрезаем, отбрасываем, заменяем, уравнения равновесия записываем).

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что является предметом изучения в СМ?
2. Какие задачи решаются в СМ?
3. Назовите основные гипотезы СМ о материале детали.
4. Какие силы называются внутренними?
5. Каким методом можно определить внутренние силовые факторы?
6. В чем состоит метод сечений?
7. Что вы понимаете под деформацией? Какие бывают деформации?
8. Чем отличаются внутренние силовые факторы от полного напряжения в точках поперечного сечения?

Пройдите тестовый контроль на компьютере [45], выйдя на сайт кафедры.

Схема 18. Модели объектов сопротивления материалов
(расчетные схемы)

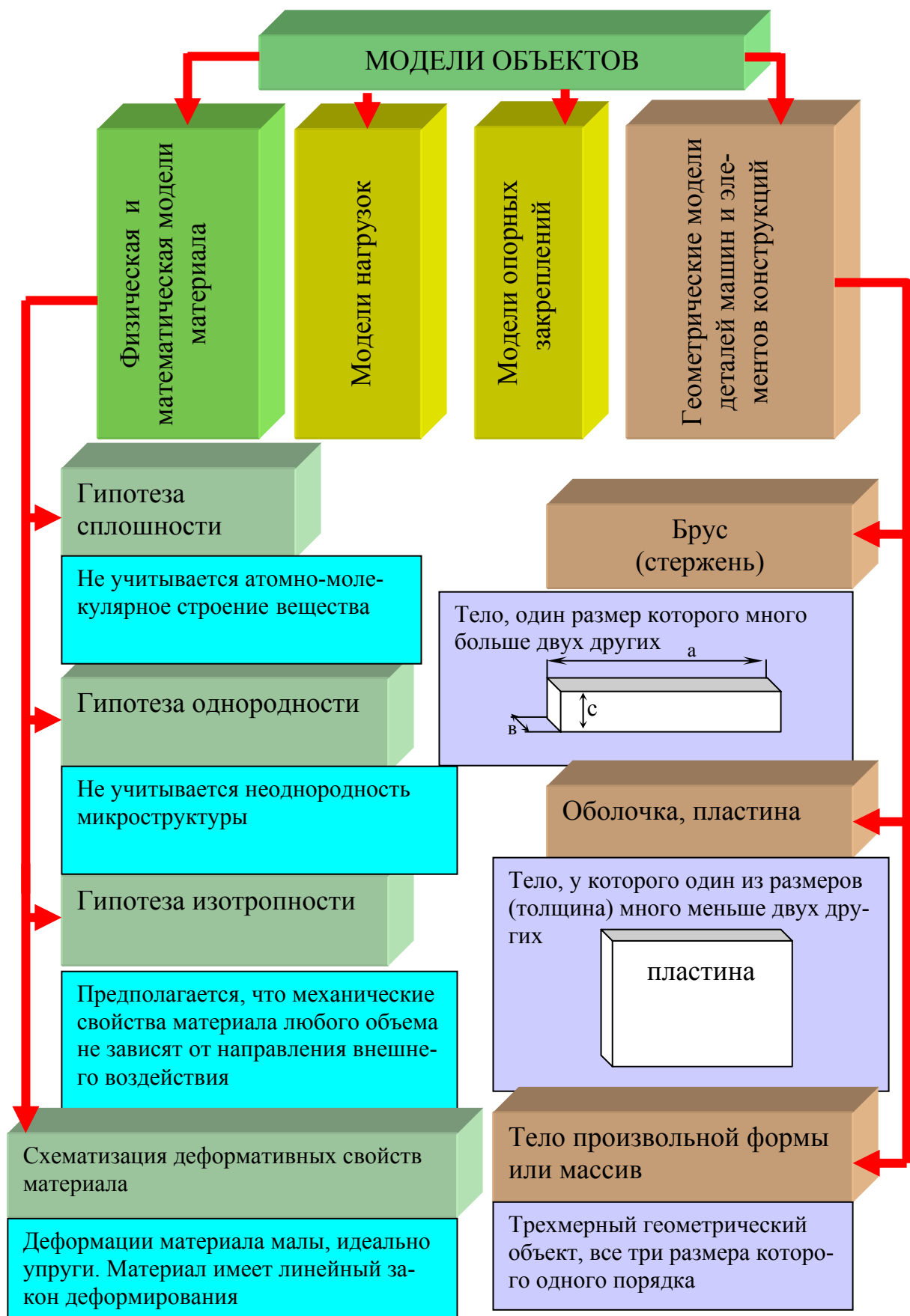


Схема 19. Модели опорных закреплений и нагрузок

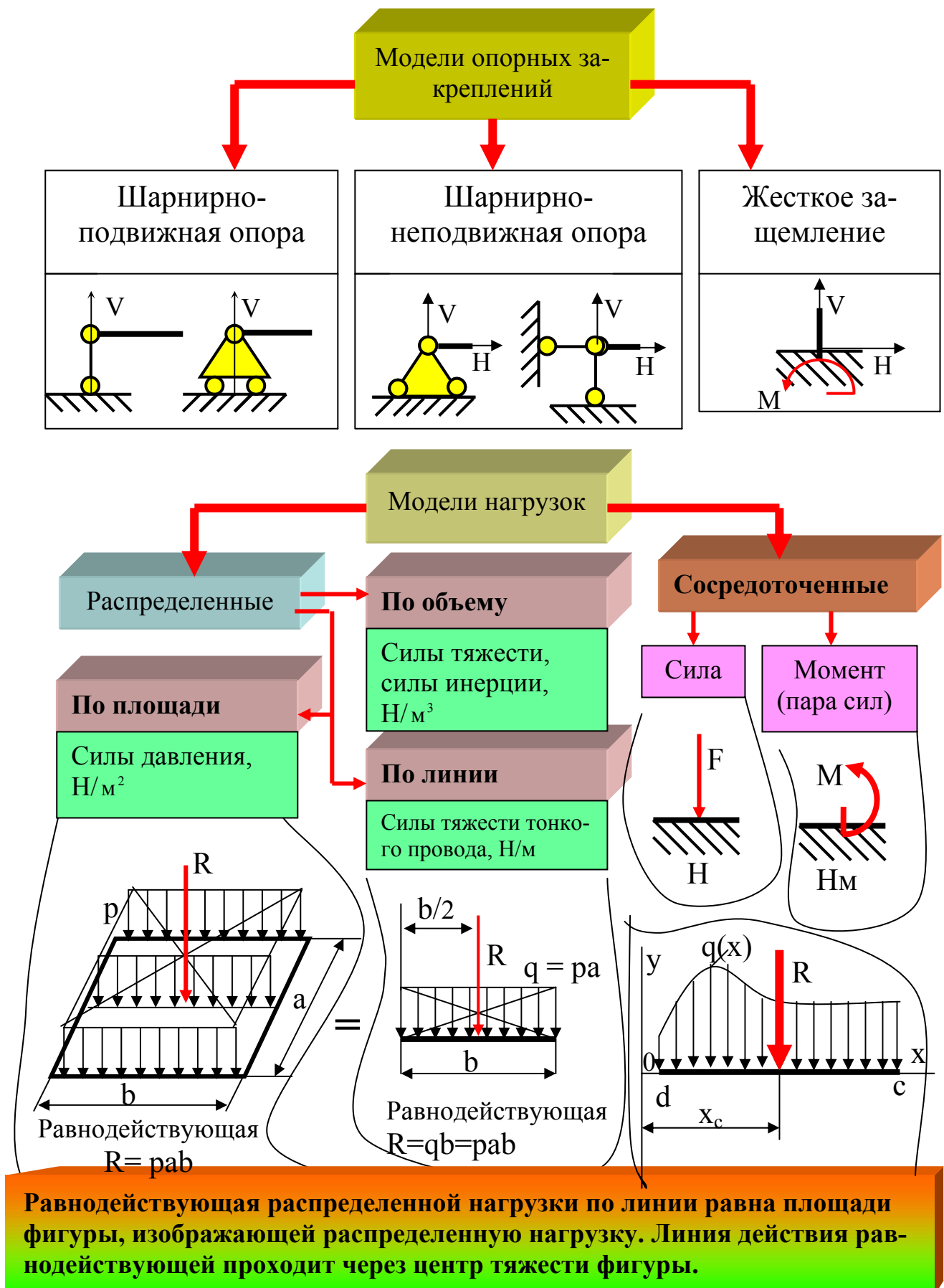


Схема 20. Методы сопротивления материалов

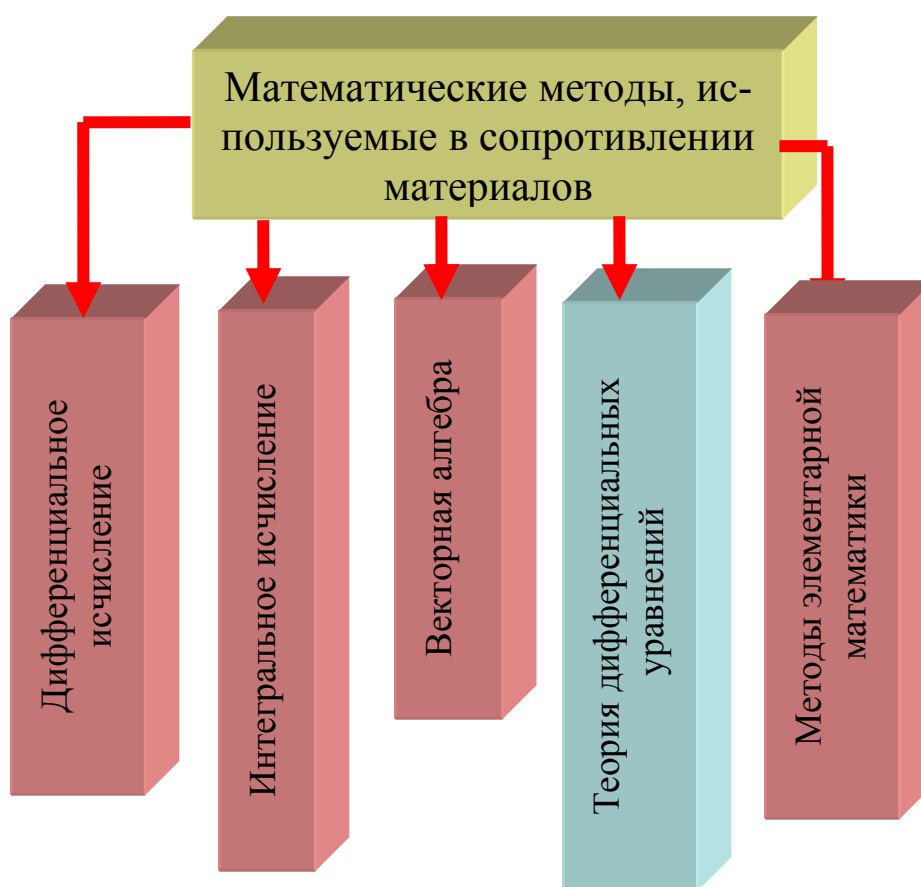


Схема 21. Назначение метода сечений

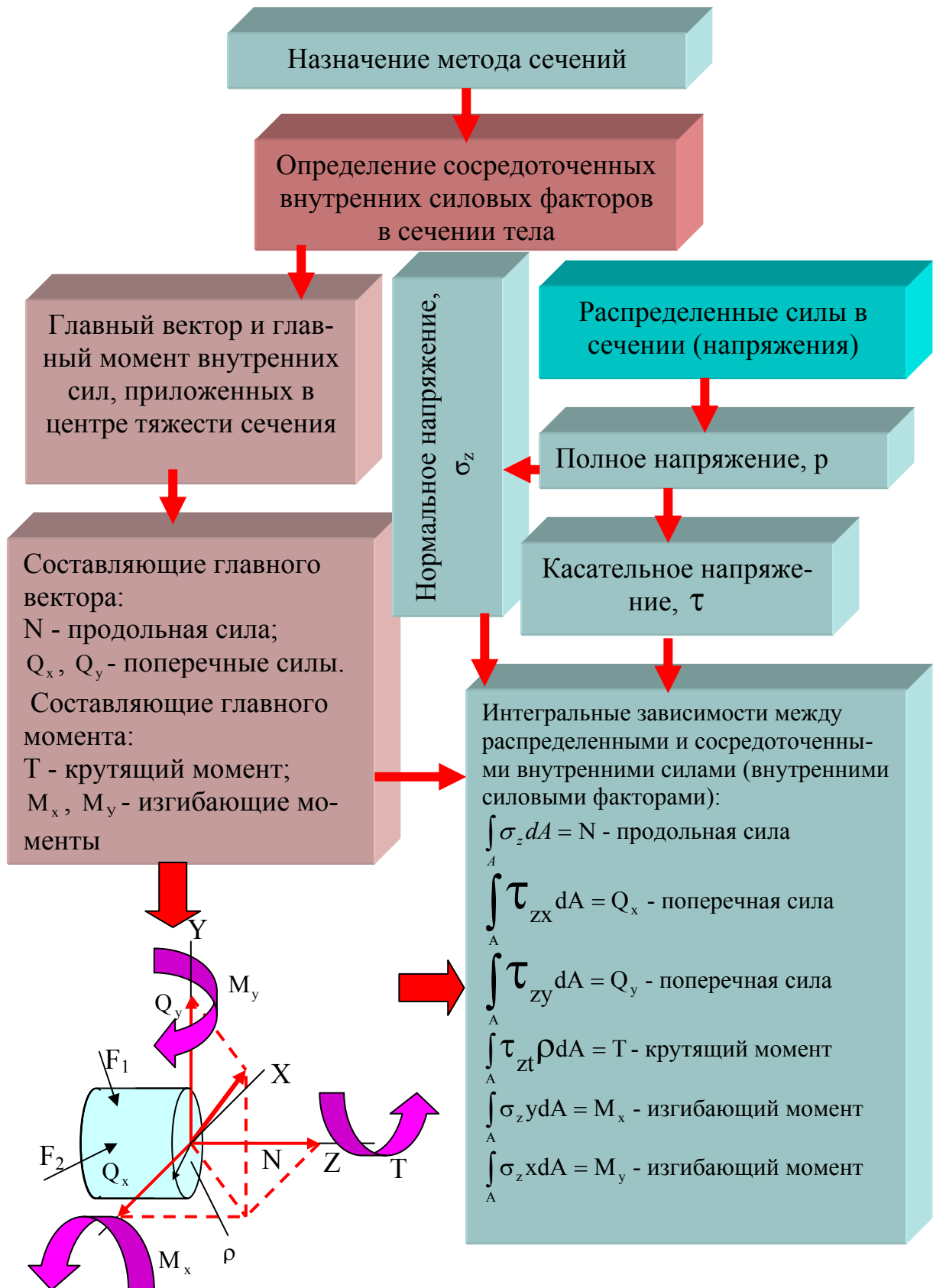


Схема 22. Алгоритм применения метода сечений
(правило РОЗУ)

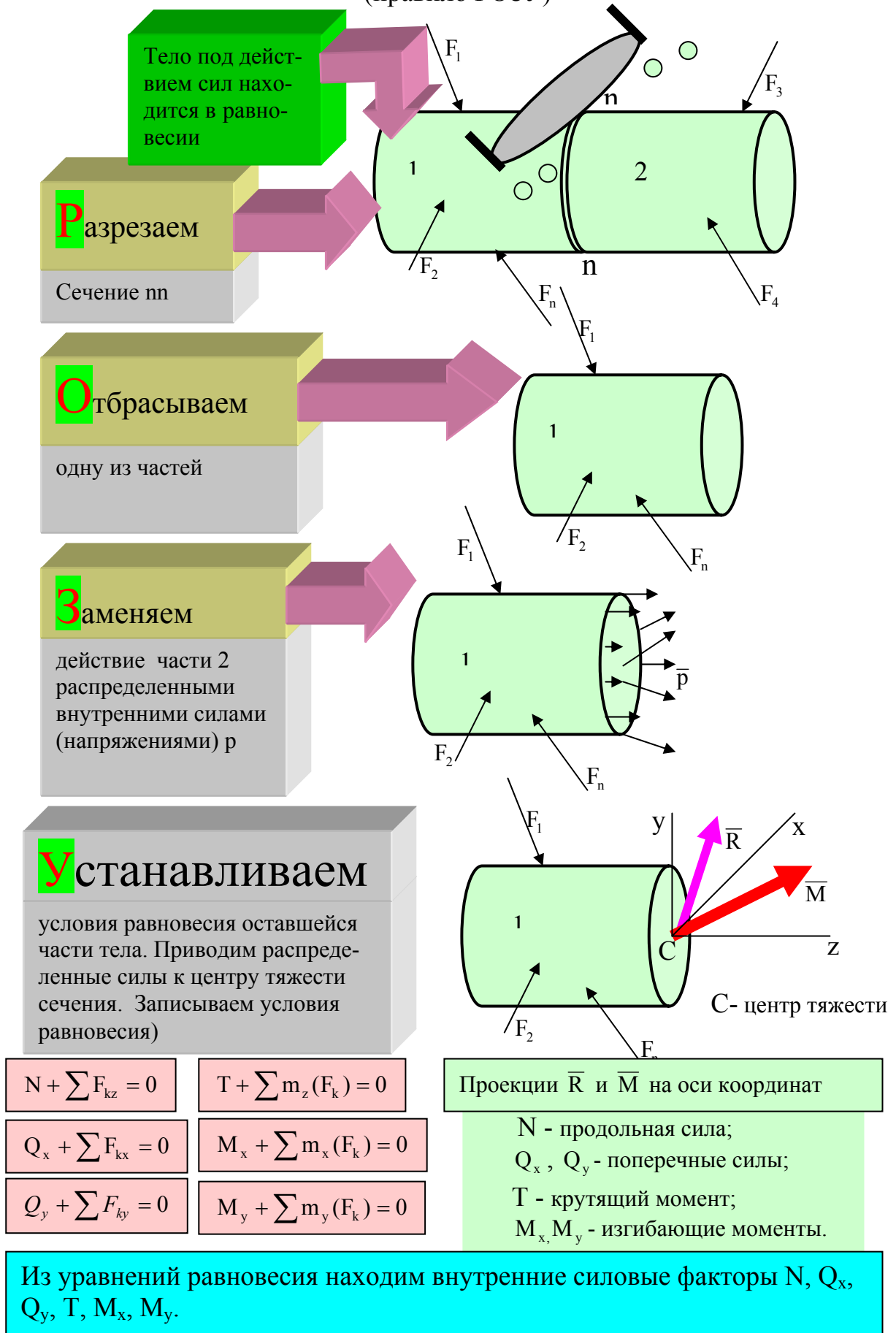


Схема 23. Виды деформаций

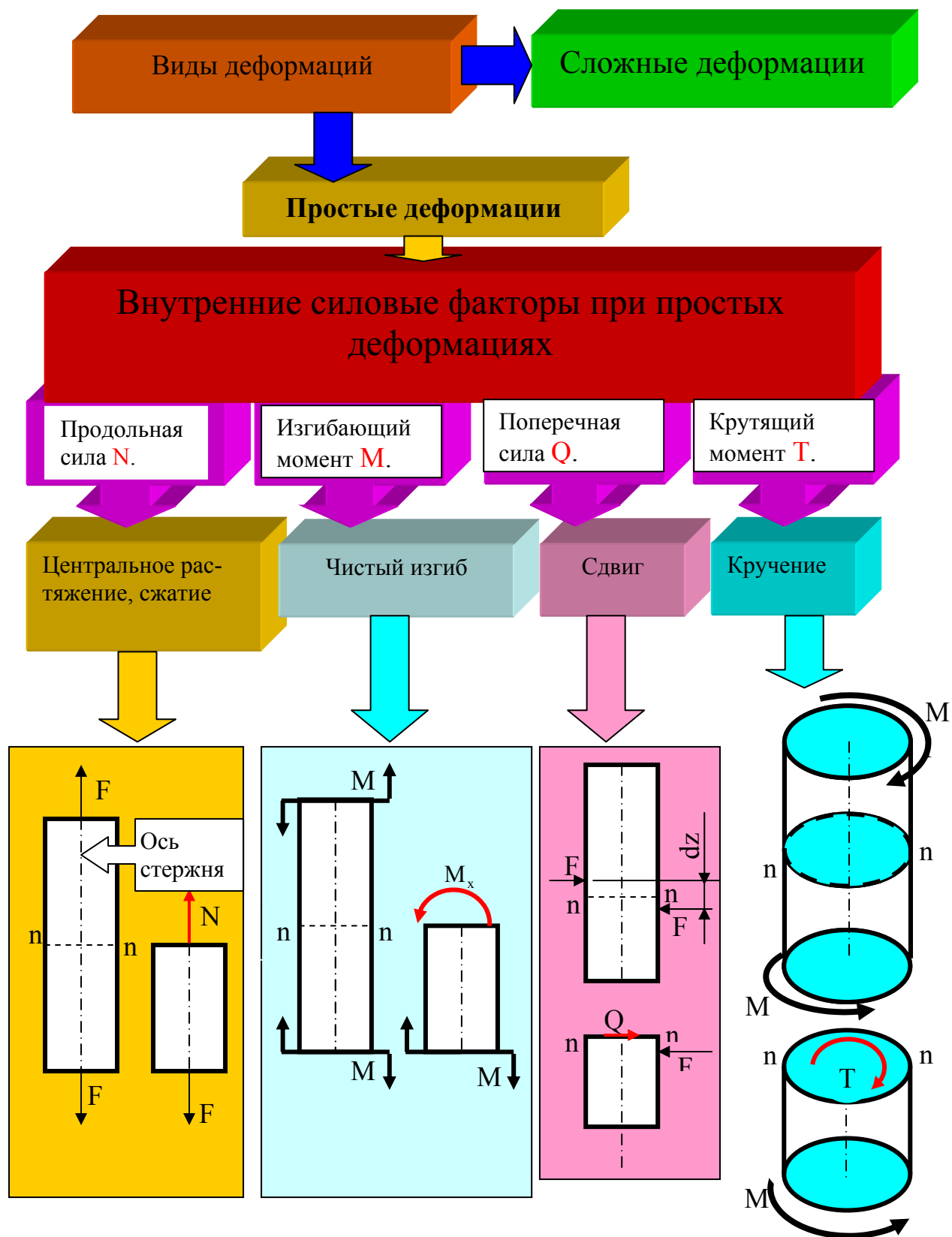


Схема 24. Принцип суперпозиции
(принцип независимости действия сил)

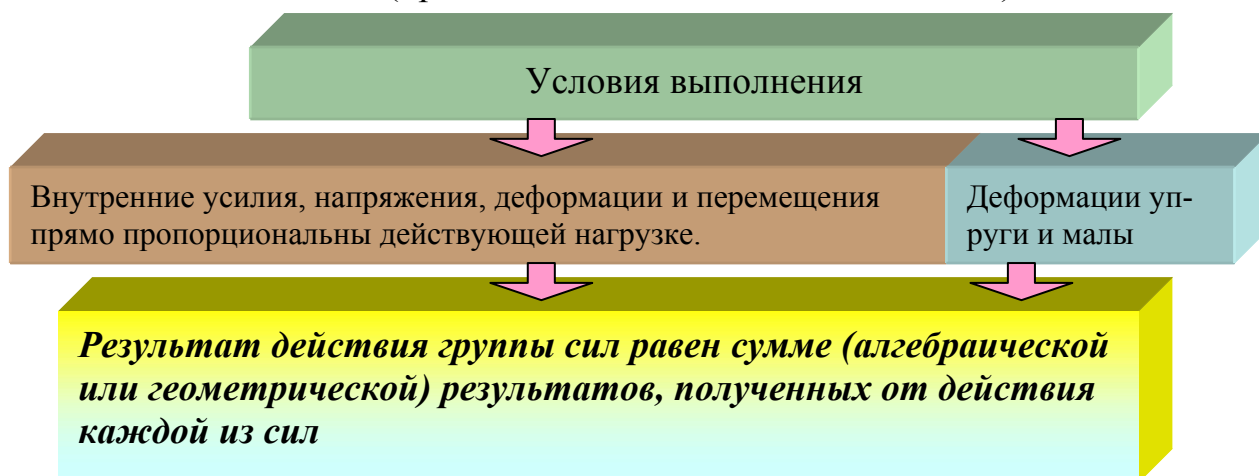
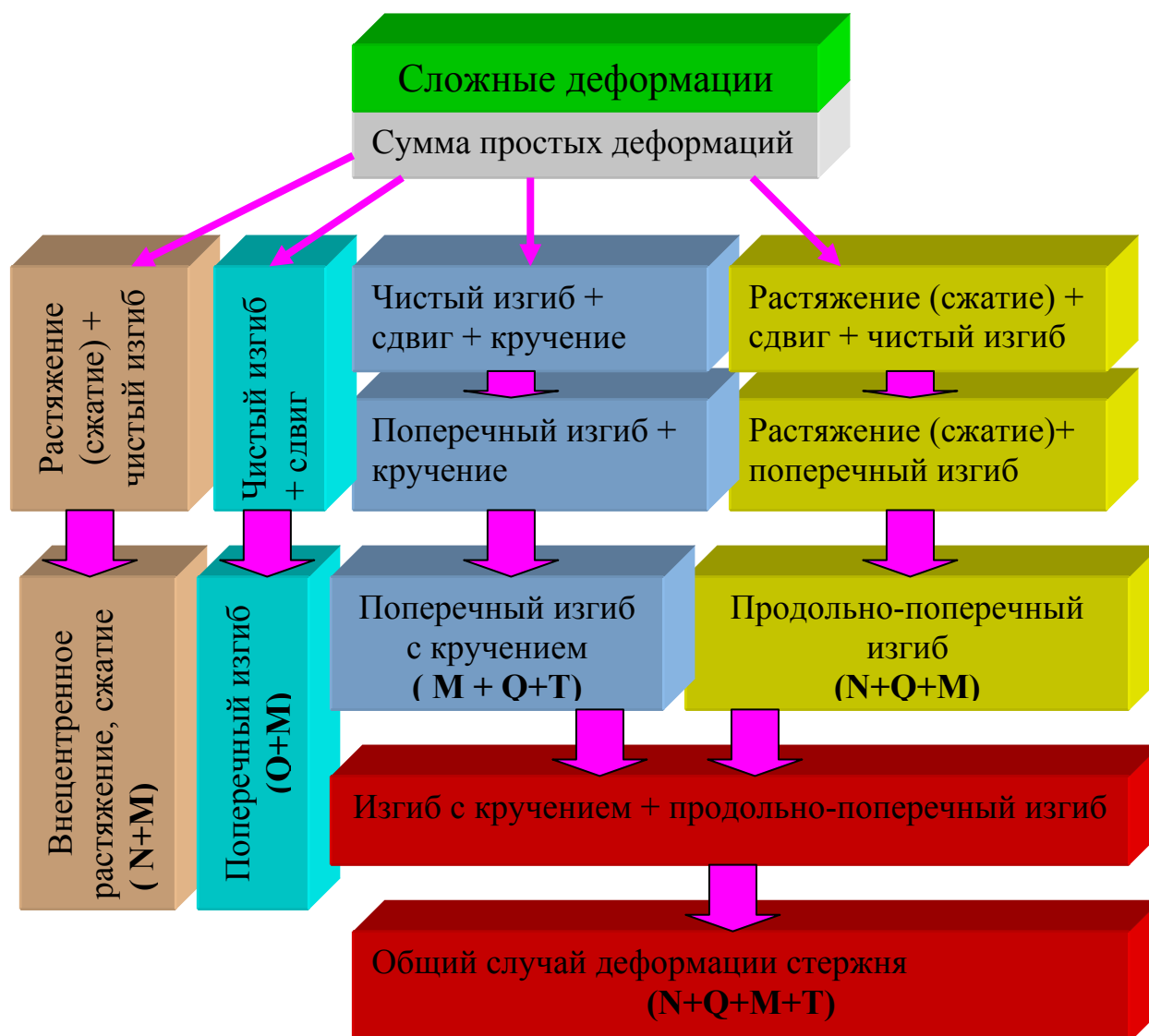
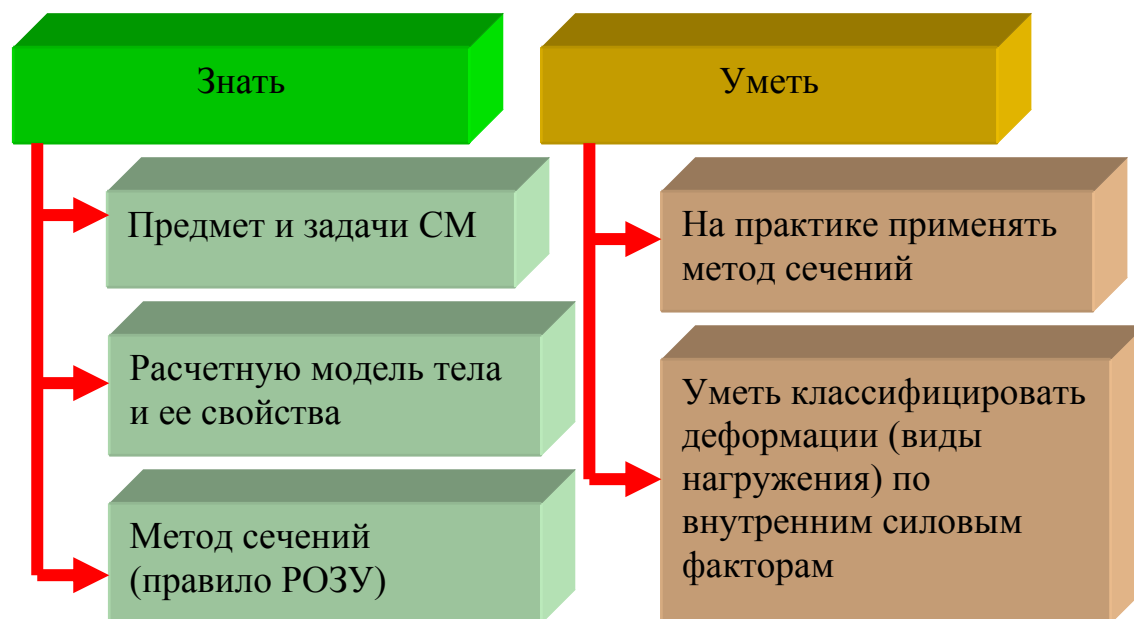


Схема 25. Сложение деформаций



Изучите методические указания [7-9], обращая внимание на методику применения метода сечений при построении эпюр внутренних силовых факторов.

Схема 26. Результаты изучения модуля А. Введение

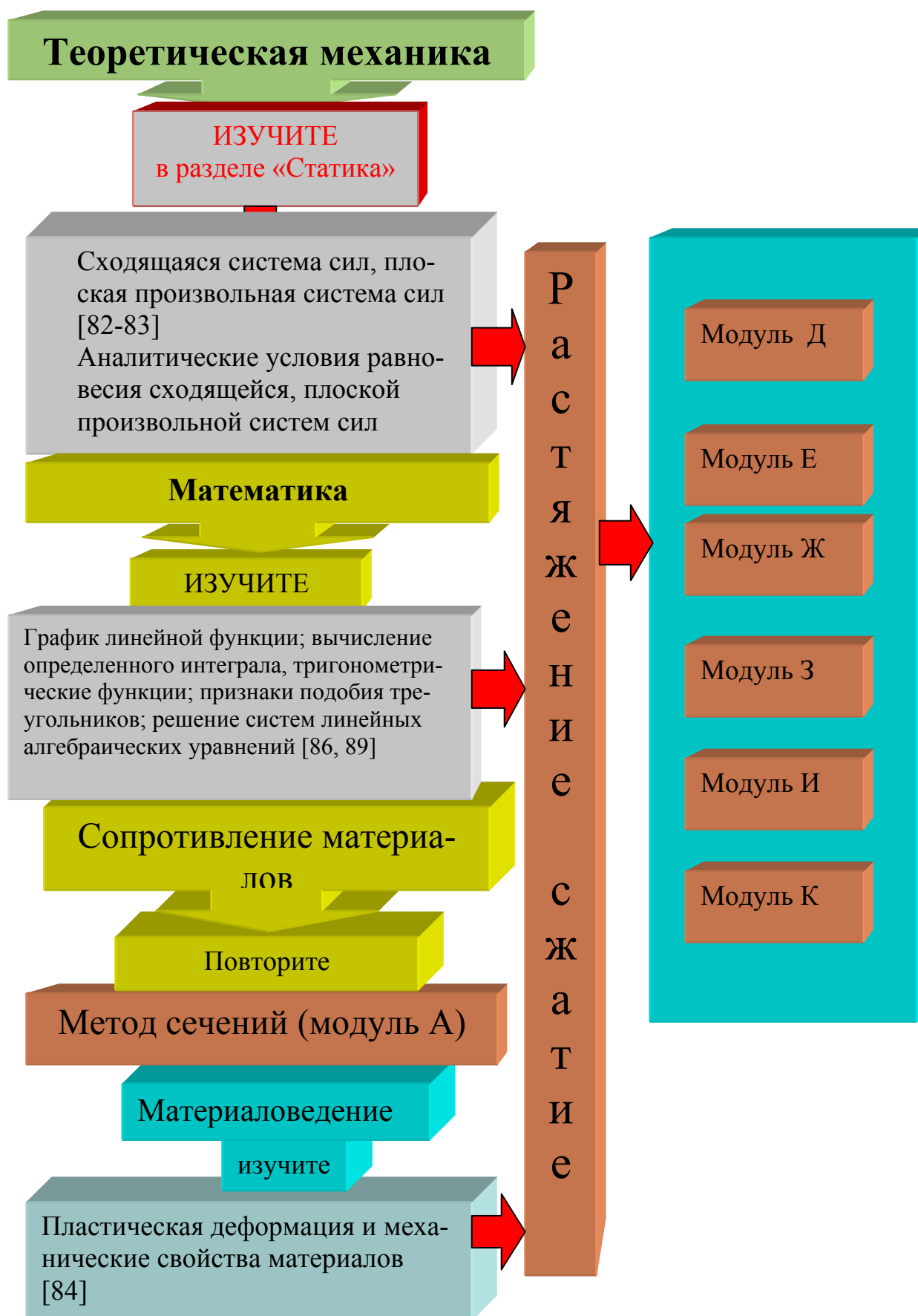




Основные цели данного модуля:

- 1) научить определять деформацию растяжения из совокупности других простых деформаций;
- 2) освоить методики проверочного, проектировочного и эксплуатационного (определение допустимой нагрузки) расчетов статически определимых и простейших статически неопределимых стержневых систем из условий прочности и жесткости.

Схема 27. Взаимосвязь модуля «Растяжение, сжатие» с другими дисциплинами и модулями



4.3.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Нарисуйте график линейной функции.
2. Чему равен синус, косинус острого угла в прямоугольном треугольнике?
3. Чему равен синус, косинус двойного угла?
4. Назовите признаки подобия (конгруэнтности) треугольников.
5. Пропорции и их свойства.
6. Как решаются алгебраические уравнения первой и второй степени?
7. Как решаются системы линейных алгебраических уравнений?
8. Определенный интеграл по поверхности.
9. Как найти экстремальные значения функции?
10. Запишите производные для всех элементарных функций.

Теоретическая механика

1. Какая система сил называется сходящейся?
2. Нарисуйте плоскую сходящуюся систему сил.
3. Какая система сил называется плоской произвольной системой сил?
4. Запишите уравнения равновесия плоской сходящейся системы сил.
5. Запишите условия равновесия плоской произвольной системы сил во всех трех формах.

Ответьте на контрольные вопросы входного контроля по теоретической механике модуля А.

Материаловедение

1. Какие дефекты внутреннего строения металла определяют пластическую деформацию?
2. Опишите механизм пластической деформации металла.
3. Опишите процесс разрушения металлов.
4. Какие механические свойства определяются при статических испытаниях металлов и их сплавов?
5. Назовите основные критерии, определяющие надежность материала.
6. Назовите наиболее перспективные пути повышения прочности материалов.
7. Что такое наноматериалы и каковы их свойства?

Сопротивление материалов

Пройдите тестовый контроль остаточных знаний по тестам модуля А [43] и ответьте на вопросы самоконтроля на с. 41.

Для восстановления знаний воспользуйтесь учебниками и справочниками [82-85, 86-91].

4.3.2. Изучение теории

Ознакомьтесь с информационно-логической схемой 28. По конспекту лекций и учебникам проработайте информацию, указанную в ней.

Рекомендуем прочитать

[52], Глава 3, параграфы 3.1-3.12	[54], Глава 1
[59], Глава 2	[60], Глава 2

Особое внимание при изучении модуля обратите на упрощающие гипотезы (например гипотеза плоских сечений). Используя вопросы студента почему (см. схему 13), поразмышляйте. Каковы последствия отказа от этой гипотезы? Занимаясь построением эпюр внутренних сил, заметьте, что в сечениях, где приложены сосредоточенные силы, мы имеем два значения продольной силы. Попробуйте объяснить причину этого.

При анализе напряженного состояния (напряжений на наклонных площадках) постарайтесь запомнить положение сечений с наибольшими по величине нормальными и касательными напряжениями. Обратите внимание на то, что нормальные напряжения в поперечном сечении стержня при растяжении, сжатии зависят только от величины продольной силы и площади поперечного сечения и не зависят от формы сечения. Величина этого напряжения прямо пропорциональна относительной деформации и модулю продольной упругости материала стержня (закон Гука).

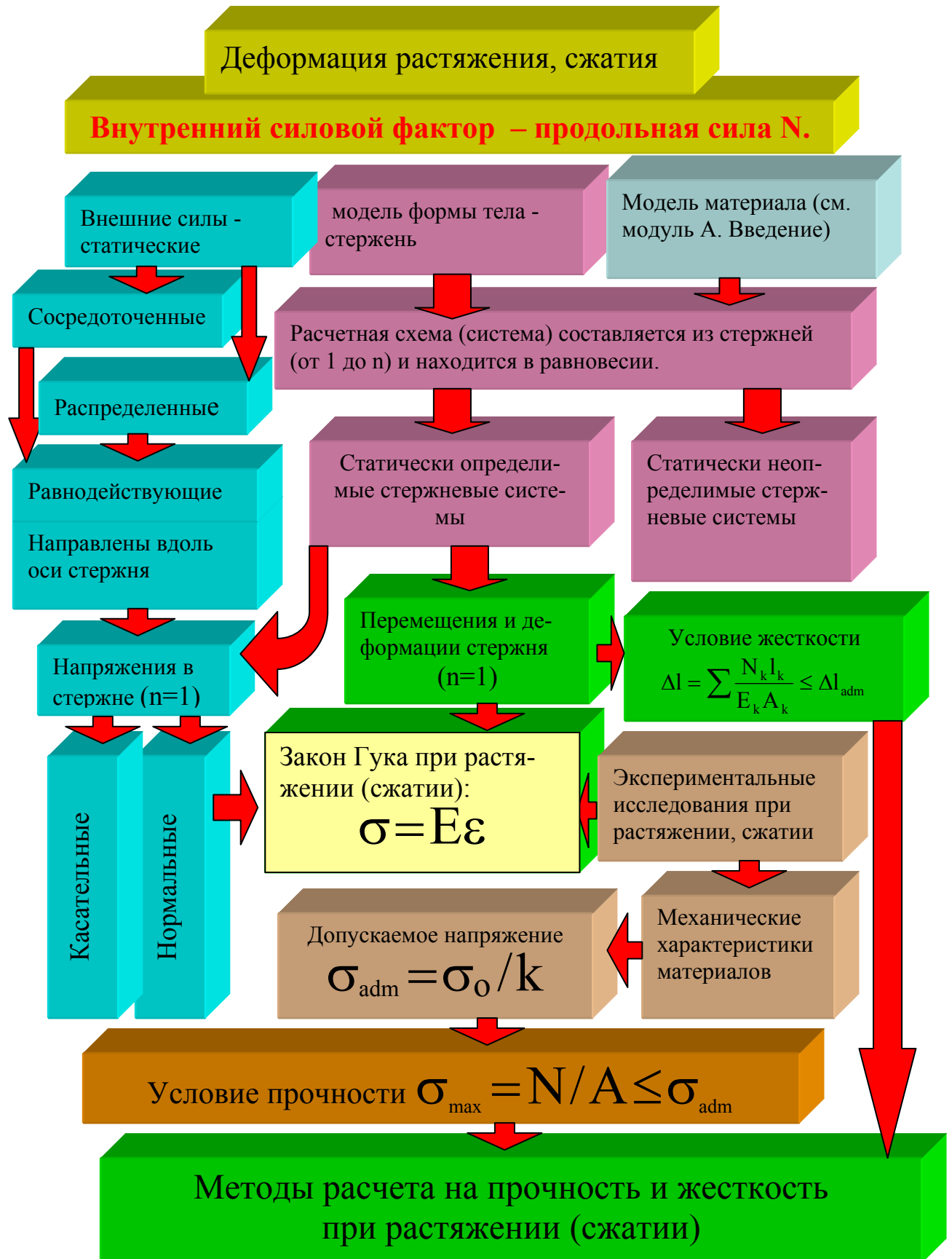
Изучая механические испытания пластичных и хрупких материалов на растяжение, обратите особое внимание на прочностные характеристики, определяющие предельное состояние материала: σ_y , $\sigma_{0,2}$, σ_u и их зависимость от скорости испытаний, температуры, термической обработки и др.

Постарайтесь хорошо разобраться с понятием опасного сечения. Если продольная сила и площадь сечения меняются по длине стержня, меняется и величина напряжений. В этом случае необходимо найти опасное сечение. Надо отчетливо себе представлять, что положение опасного сечения определяется не только величиной нормального напряжения в поперечном сечении, но и предельными механическими свойствами материала в данной конструкции при определенных внешних условиях (температура, наличие агрессивных сред и др.).

Напряжение, которое определяется по формуле $\sigma = \frac{N}{A}$, называется расчетным (рассчитаны на основе расчетной схемы) и отличается от напряжения реально действующего в данном сечении детали. Их нельзя отождествлять. Прочность расчетной схемы и прочность реальной детали машин это не одно и то же.

Изучая проблему прочности, обратите внимание на неоднозначность решения этой проблемы. Прочность можно оценивать методами допускаемых напряжений, разрушающих нагрузок, предельных состояний (разновидность метода допускаемых напряжений), возможны другие методы.

Схема 28. Деформация растяжения, сжатия



Попытайтесь сравнительным анализом оценить их принципиальное отличие, достоинства и недостатки при расчете статически определимых и статически неопределимых стержневых систем. Научитесь определять допускаемое напряжение для любого конструкционного материала расчетным и табличным способами. Необходимо запомнить условие прочности и жесткости при растяжении и сжатии.

Научитесь ставить и решать проектировочную, проверочную и эксплуатационную задачи с использованием условия прочности и жесткости стержня при растяжении, сжатии.

При переходе к изучению особенностей расчета элементов конструкций в стержневых системах обратите внимание на то, от чего зависит распределение внешних сил между стержнями статически определимой стержневой системы. Важно понять, что в статически неопределимых системах усилия в стержнях могут возникнуть в результате несилового воздействия (температура, неточности размеров). Величина их в каждом стержне зависит от его жесткости (при одинаковой длине от жесткости поперечного сечения).

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем состоит гипотеза плоских сечений?
2. Как вычисляются нормальные напряжения в поперечном сечении растянутого стержня?
3. Что называется абсолютной продольной, поперечной деформациями? Как определяется относительная продольная и поперечная деформации? Какова их размерность?
4. Запишите закон Гука.
5. В каких сечениях стержня возникают наибольшие по величине нормальные и касательные напряжения?
6. Какие механические характеристики прочностных свойств пластичных и хрупких материалов вы знаете?
7. Что называется физическим и условным пределом текучести?
8. Что называется пределом прочности?
9. Что такое наклеп?
10. Что такое потенциальная энергия упругой деформации?
11. Как изменяются механические свойства стали при повышении и понижении температуры?
12. В чем заключается метод допускаемых напряжений?
13. В чем заключается метод разрушающих нагрузок?
14. В чем разница между методом допускаемых напряжений и разрушающих нагрузок?
15. Запишите условие прочности при растяжении, сжатии.
16. Запишите условие жесткости при растяжении, сжатии.
17. Каковы принципиальные различия в распределении внутренних сил в стержнях статически определимой и статически неопределимой стержневой системы?

Пройдите тестовый самоконтроль [49, с. 12-24].

Лабораторные работы

По деформации растяжение, сжатие рабочими программами по сопротивлению материалов многих инженерных специальностей предусмотрены лабораторные работы по испытаниям различных материалов на растяжение, сжатие:

- 1) работа 11. Испытание на растяжение;
- 2) работа 12. Испытание на сжатие;
- 3) работа 13. Определение упругих постоянных.

Повторите теорию механических испытаний, изучите методику и технику проведения экспериментов на растяжение, сжатие по лабораторному практикуму [1, 2, 6]. Подготовьте отчет по лабораторной работе. В составе группы под руководством преподавателя и инженера - испытателя проведите экспериментальные исследования. Обработайте результаты.

Проведите сравнительный анализ диаграмм растяжения малоуглеродистой стали, меди, алюминия с диаграммой сжатия чугуна. Сравните характер разрушения образцов и объясните причину различий. Сравните участок деформационного упрочнения стали и алюминия. Чем они отличаются? Ответьте на вопросы лабораторного практикума по проделанной работе.

4.3.3. Самостоятельное решение задач

Построение эпюр продольных сил изучите по достаточно подробным методическим указаниям с многочисленными примерами [7-9].

Вначале изучите рекомендации по построению эпюр, затем 3-4 примера на построение эпюр. Самостоятельно воспроизведите каждый из них. После этого можете приступить к решению домашних заданий на построение эпюр продольных сил (расчетно-проектировочных и курсовых работ).

Прежде чем приступить к решению проектировочной, проверочной или эксплуатационной задач, изучите примеры решения в учебниках, в методических пособиях [11, 28, 32-36, 39].

Решение задач по расчету статически неопределимых систем подробно изложено в методических указаниях [10]. Сначала изучите 2-3 решенных примера. Воспроизведите их решение. Если все получилось, можно приступать к решению собственной задачи.

При решении используйте персональный компьютер и специальные программы, облегчающие расчеты, например Mathcad 2000 [85].

Схема 29. Внутренние силы при растяжении, сжатии. Эпюры продольных сил

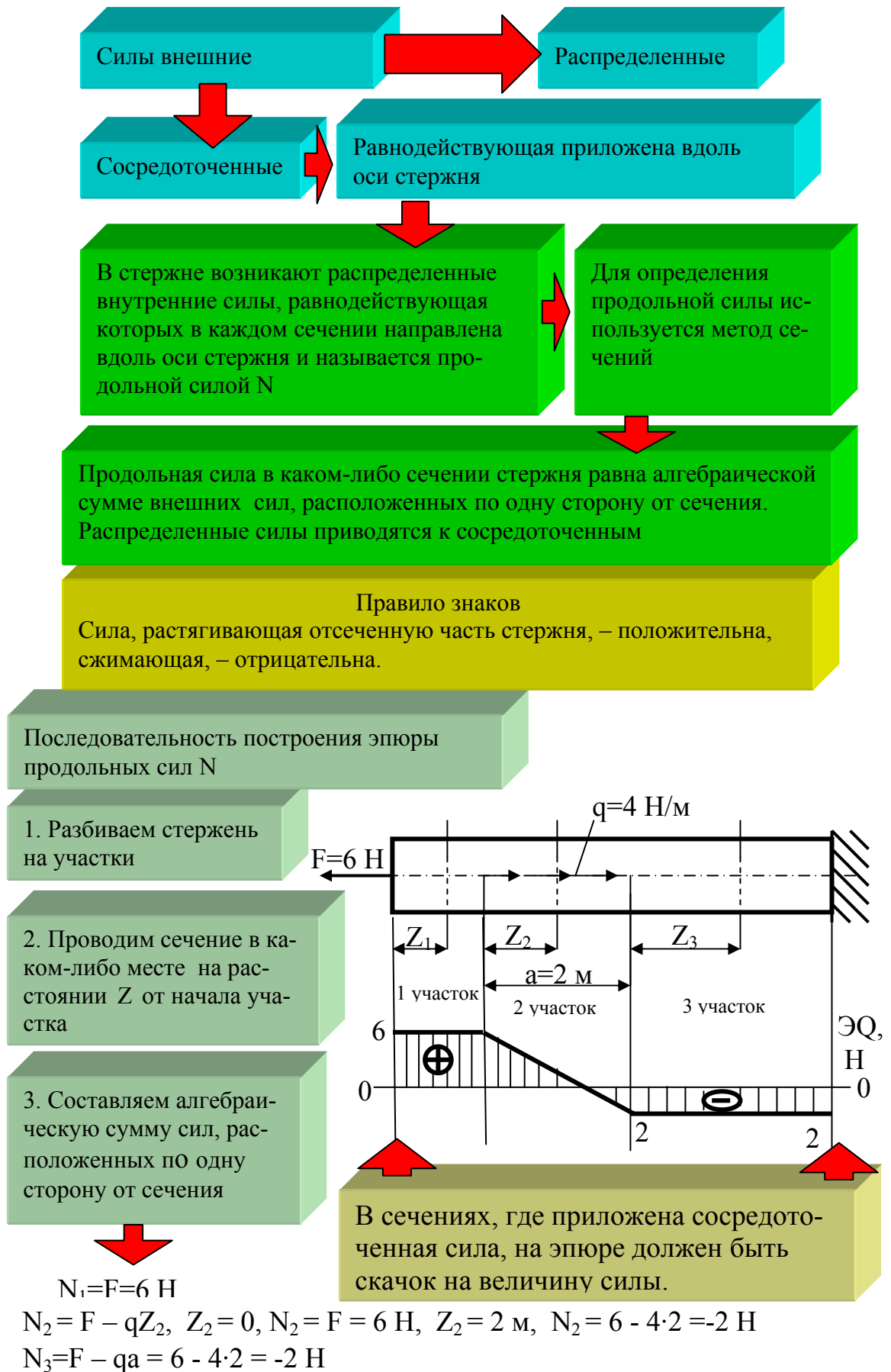
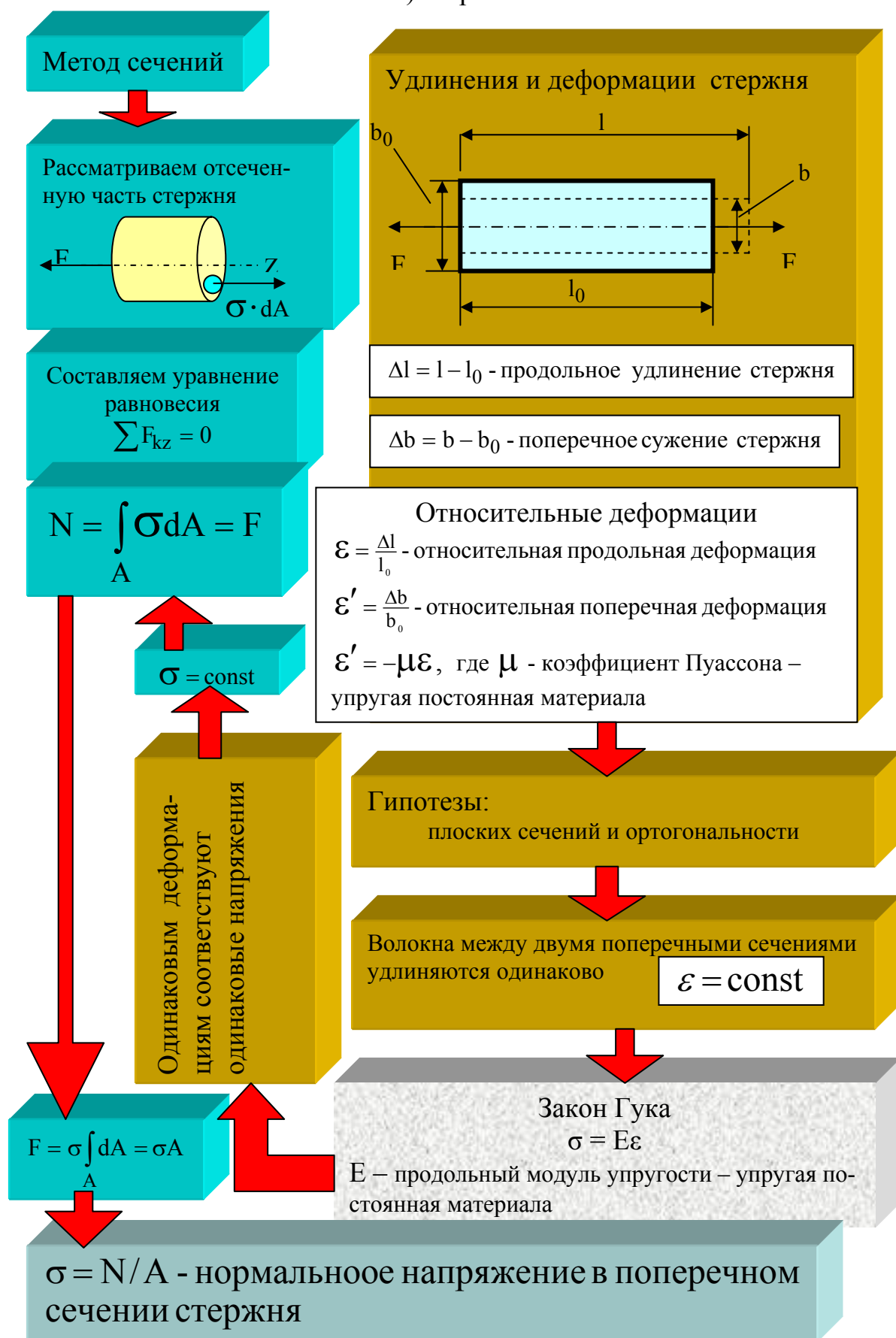


Схема 30. Напряжения и деформации при растяжении (сжатии) стержня



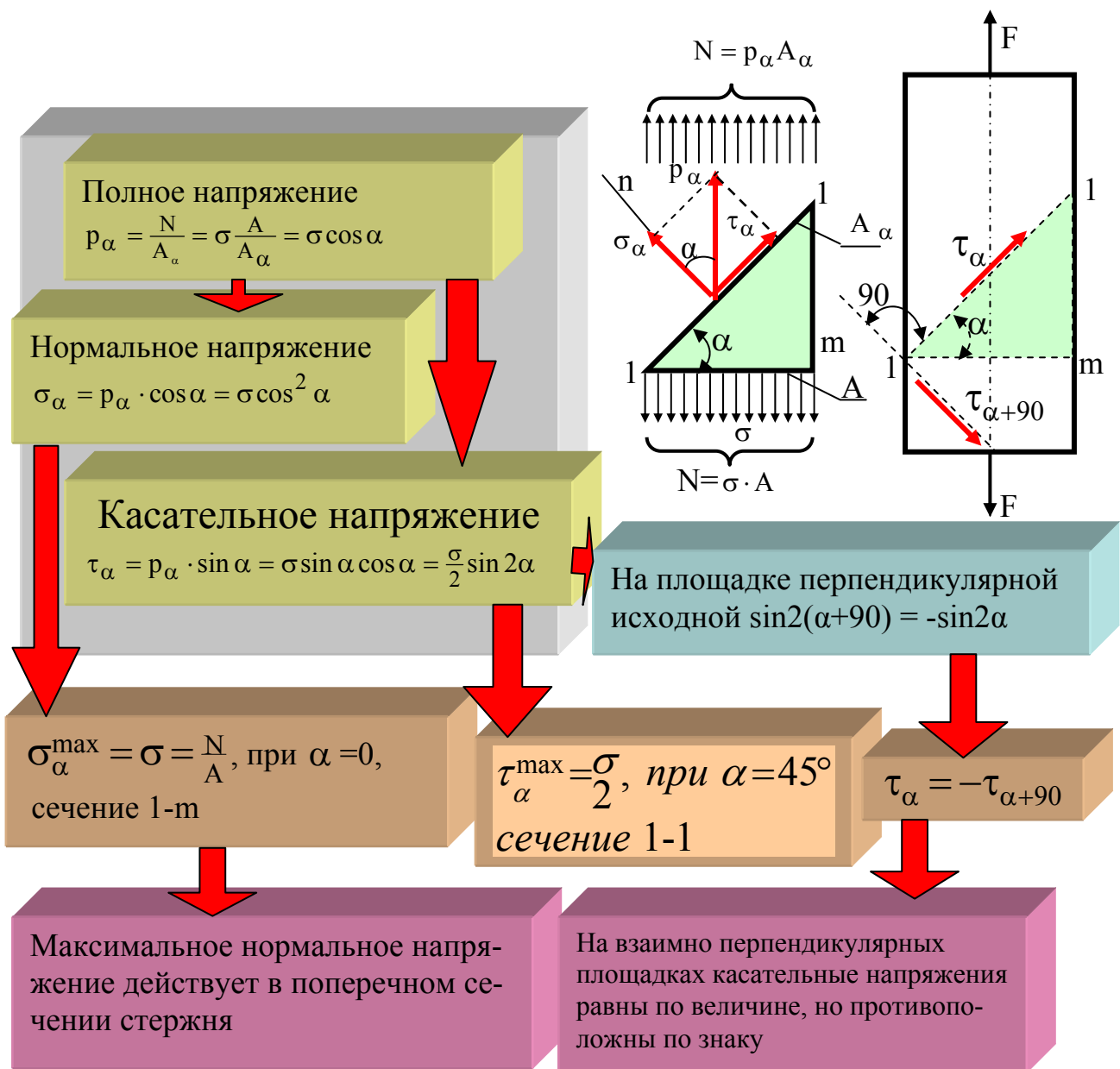


Схема 31. Напряжения в различных сечениях при растяжении (сжатии)

В статически неопределимых стержневых системах неизвестные силы невозможно найти, используя уравнения равновесия статики, так как их больше, чем число уравнений равновесия. Количество лишних неизвестных определяет степень статической неопределимости решаемой задачи.

Дополнительные уравнения записываются из условий геометрической совместности деформаций стержней (зависимость абсолютной деформации одного стержня от абсолютной деформации другого стержня). Число дополнительных уравнений должно быть равно числу лишних неизвестных.

Абсолютные деформации стержней определяются законом Гука.

Схема 32. Статически определимые и статически неопределимые стержневые системы

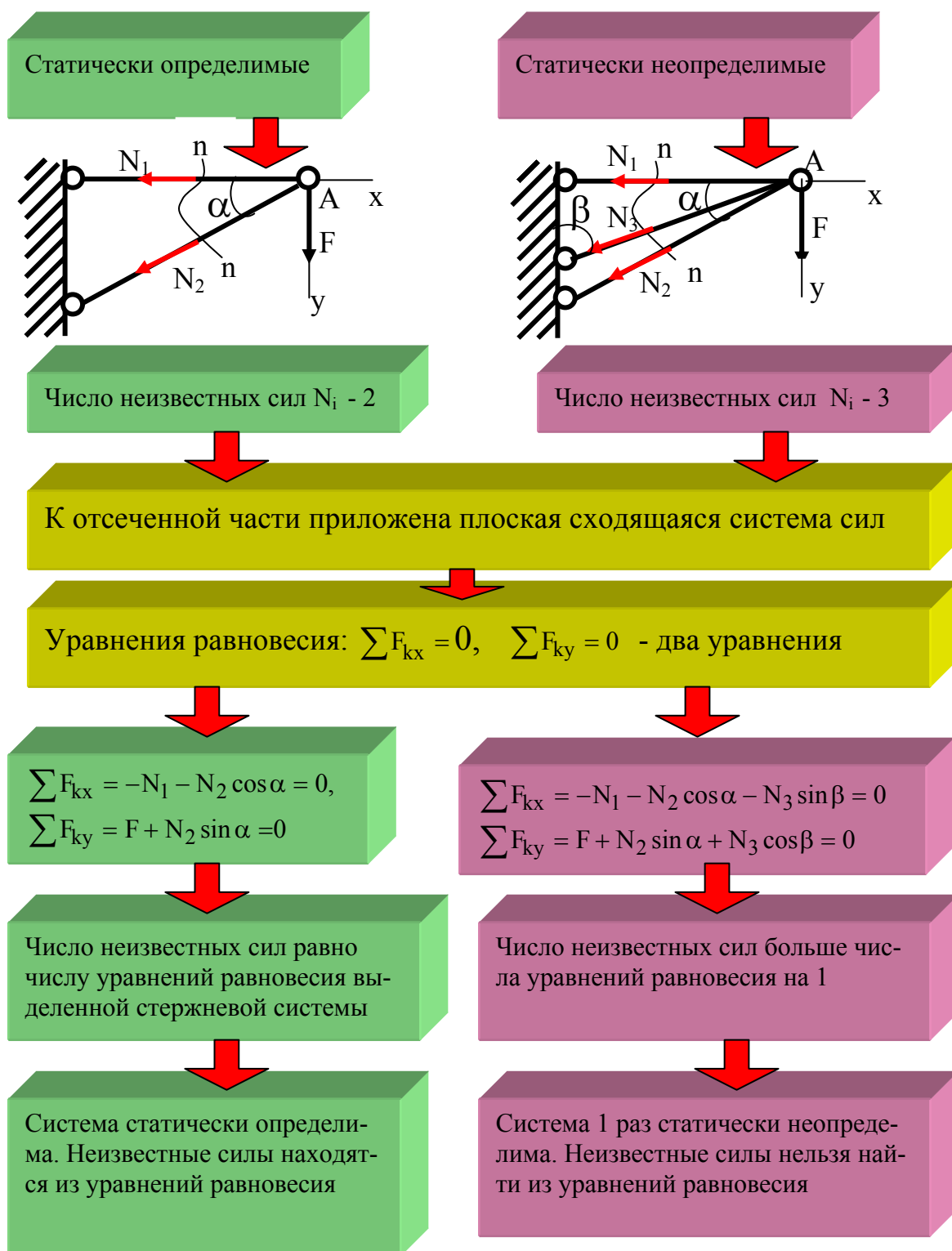


Схема 33. Раскрытие статической неопределимости



Схема 34. Свойства статически определимых и статически неопределимых конструкций



Схема 35. Методы расчета на прочность. Расчет на прочность по допускаемым напряжениям

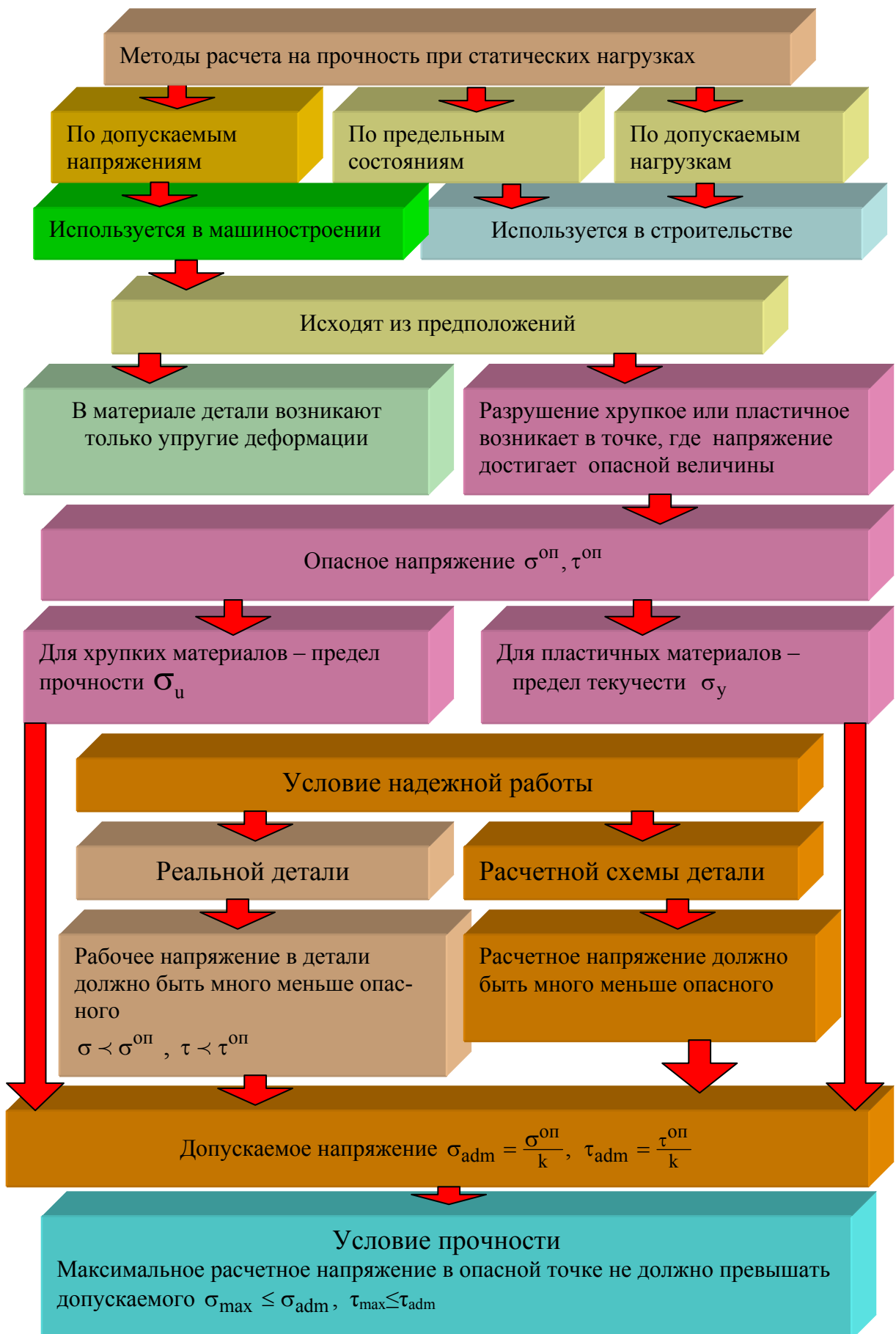


Схема 36. Условие прочности при растяжении. Виды расчетов



После изучения модуля «Растяжение, сжатие» студент должен знать и уметь все, что указано на схеме 37.

Схема 37. Результаты изучения модуля «Растяжение, сжатие»

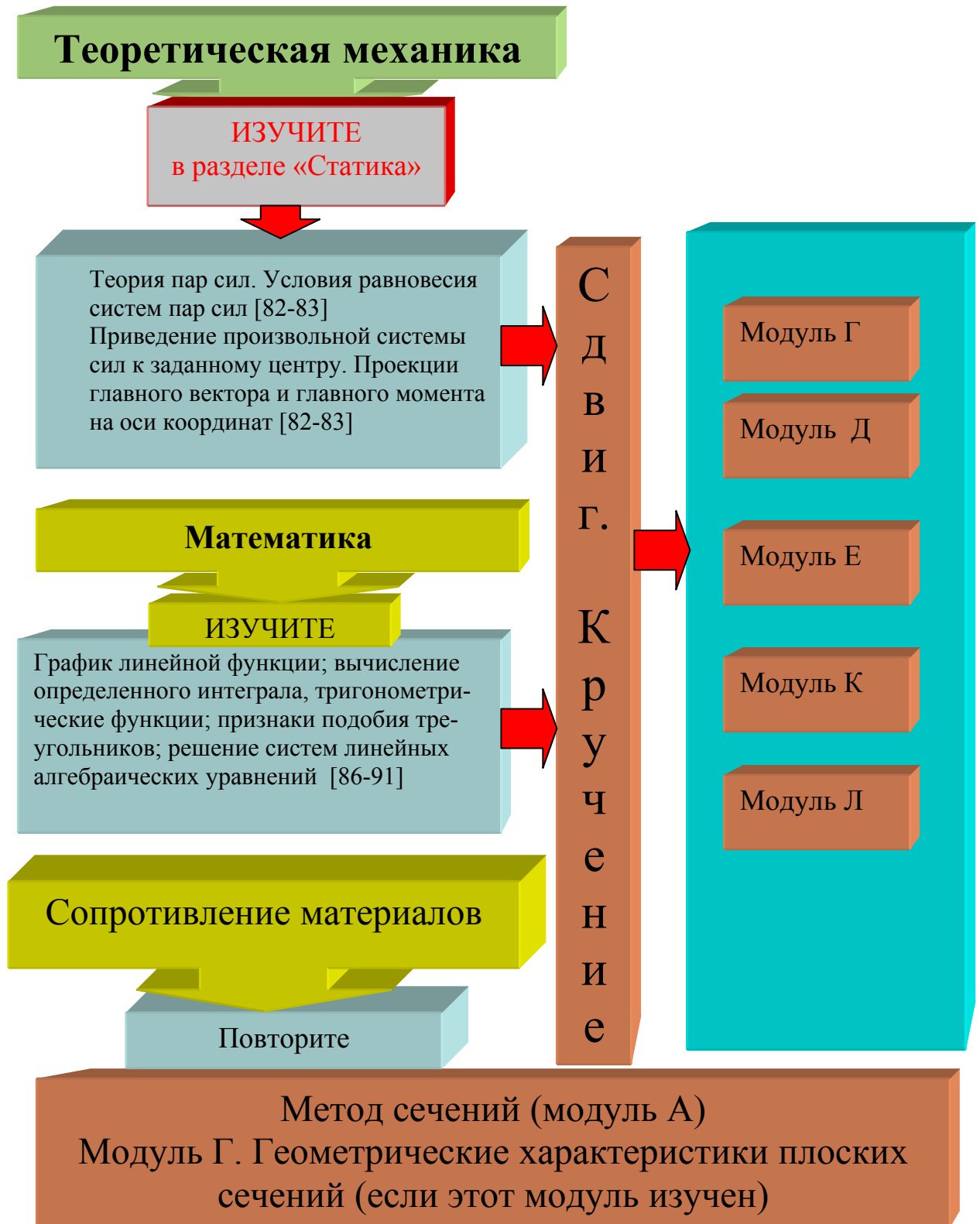




Основные цели данного модуля:

- 1) научить определять деформацию чистого сдвига (кручение, срез) из совокупности других простых деформаций;
- 2) освоить методики проверочного, проектировочного и эксплуатационного расчетов круглых стержней из условий прочности и жесткости.

Схема 38. Взаимосвязь модуля «Сдвиг. Кручение» с другими дисциплинами и модулями



4.4.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Нарисуйте график линейной функции.
2. Нарисуйте график синуса и косинуса угла.
3. Назовите признаки подобия треугольников.
4. Как вычислить длину дуги окружности?
5. Какая система координат называется полярной? Нарисуйте эту систему координат.
6. Чему равна площадь треугольника, круга, прямоугольника?
7. Как решается система алгебраических линейных уравнений?
8. Что называется производной функции?
9. Как вычислить определенный интеграл по поверхности?

Теоретическая механика

1. Чему равен момент силы относительно оси?
2. Чему равен момент силы относительно точки?
3. Запишите условия равновесия произвольной пространственной системы сил.
4. Запишите условия равновесия произвольной плоской системы сил.
5. Что называется парой сил? Как она изображается на расчетных схемах?
6. Чем определяется действие пары сил на тело?
7. Сформулируйте и запишите условия равновесия системы пар сил на плоскости.
8. Что называется главным моментом системы сил?

Сопротивление материалов

1. Ответьте на вопросы самоконтроля модулей А и Б и пройдите тестовый контроль по тестам модуля А [43] и программным вопросам [49].
Для восстановления знаний воспользуйтесь учебниками и справочниками [82-91].

4.4.2. Изучение теории

Ознакомьтесь с информационно-логической схемой 39.

Информационные блоки схемы показывают, какие понятия, системы понятий, расчетные методы и др. необходимо изучить в данном модуле.

Рекомендуем прочитать

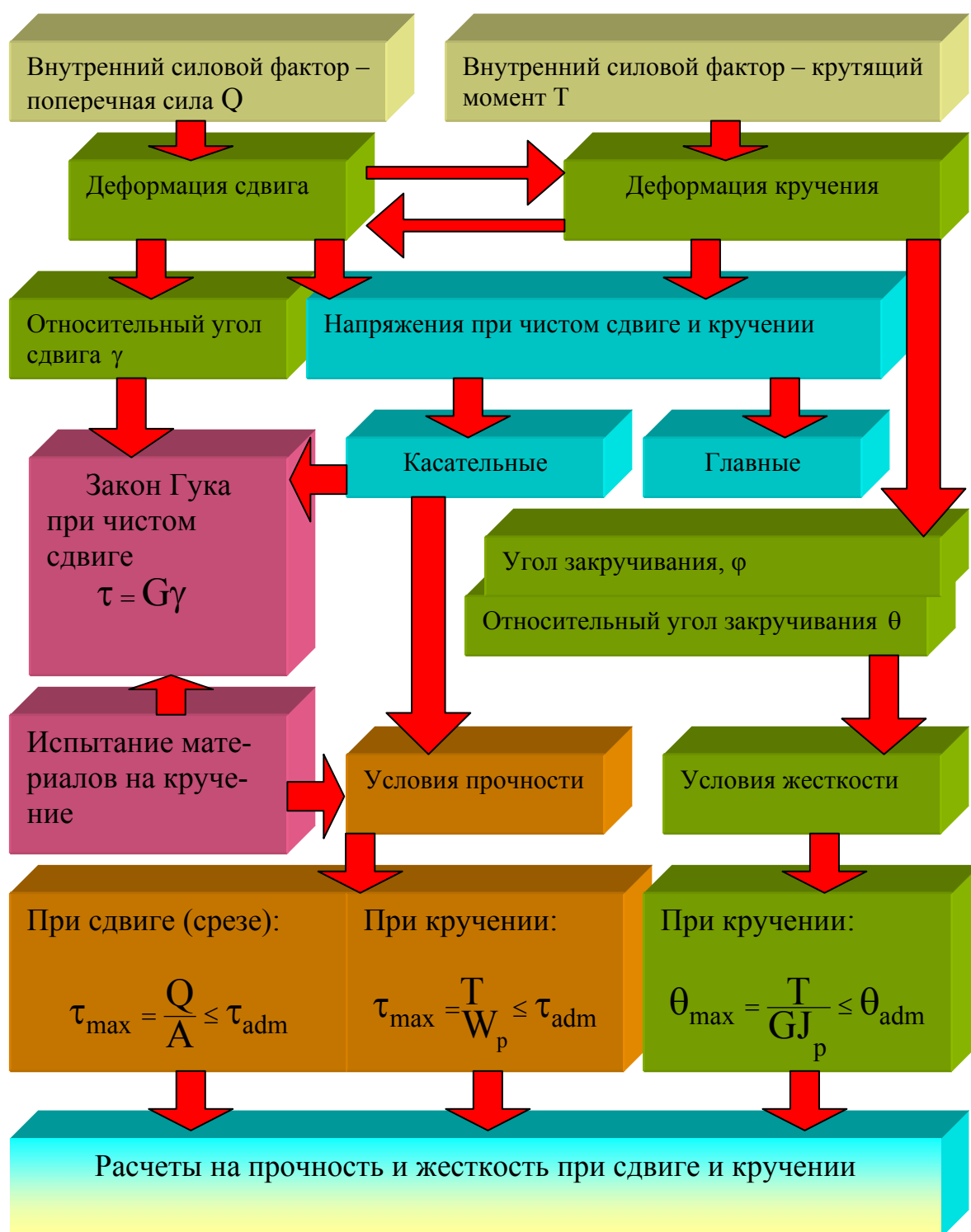
[52], Глава 5

[54], Глава 2

[59], Глава 3

[60], Глава 5

Схема 39. Чистый сдвиг, кручение



Методические указания к изучению модуля

Изложение теории начинается с введением дополнительных гипотез к тем, что приняты при моделировании свойств материала детали. Обратите внимание, в чем суть дополнительных гипотез и попытайтесь оценить последствия непринятия этих гипотез.

Научитесь выделять из сложного нагружения (сложного сопротивления)

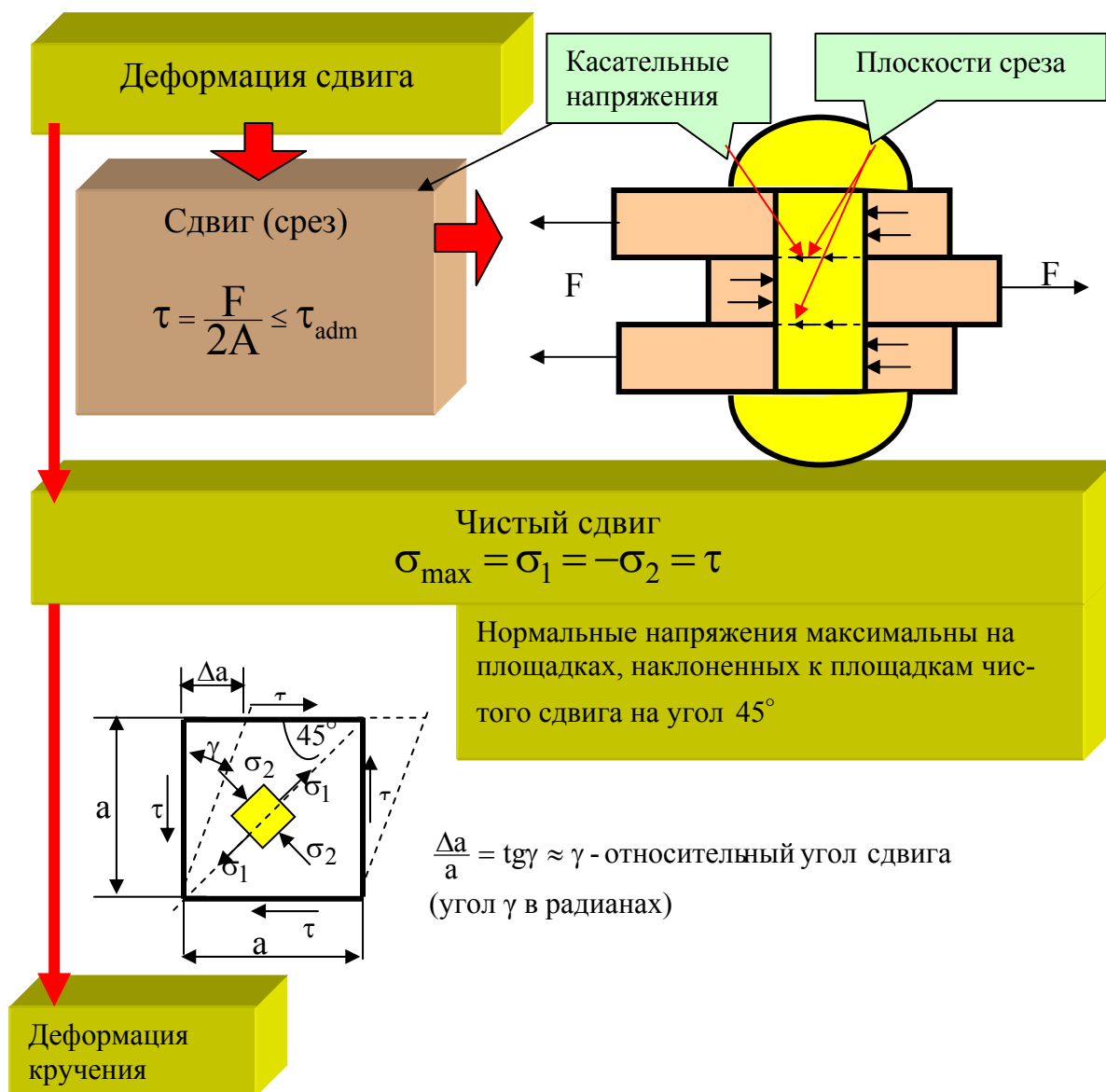


Схема 40. Срез, чистый сдвиг

деформацию кручения. Обратите внимание на то, что в сечении, где приложен сосредоточенный момент, мы имеем два значения крутящего момента: один принадлежит сечению предыдущего участка, другой – последующего. Попробуйте объяснить причину этого явления.

Постарайтесь запомнить условия прочности при срезе и кручении, а также условие жесткости при кручении. Обратите внимание на то, как распределены касательные напряжения по плоскостям поперечных и продольных сечений круглого вала. Полученные формулы при изучении деформации кручения могут быть применены только к круглым валам.

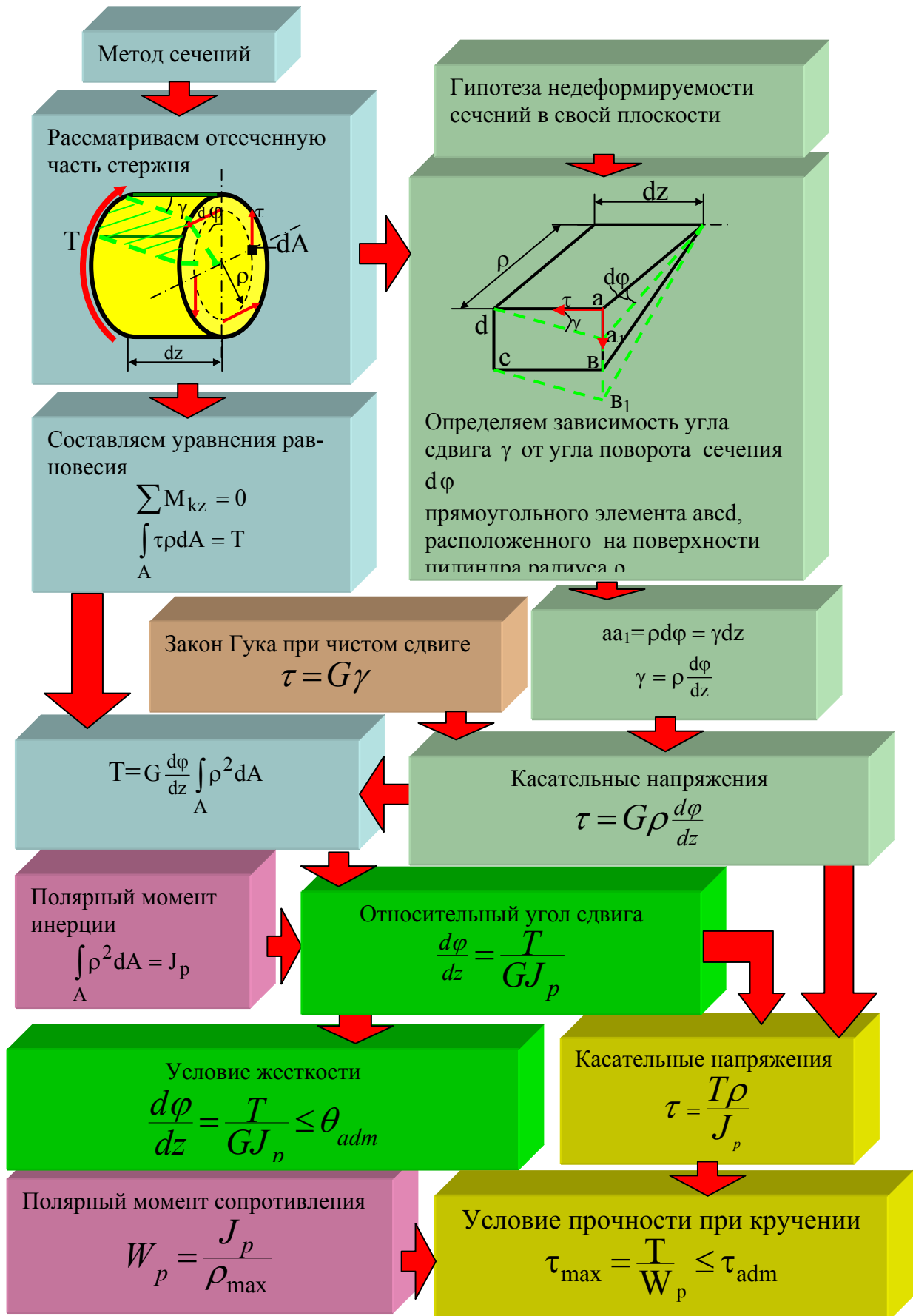
Обратите внимание на то, что в статически неопределимых задачах крутящий момент в ступенчатом валу распределяется в зависимости от жесткости участков вала GJ_p/l_i .

После изучения учебников многократно периодически повторяйте теоретический материал по структурно-логическим схемам 40-42.

Схема 41. Алгоритм и пример построения эпюры крутящих моментов



Схема 42. Определение касательных напряжений в поперечном сечении вала при кручении. Условия прочности и жесткости



Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое сдвиг, закон парности касательных напряжений?
2. Напишите закон Гука при чистом сдвиге.
3. Что называется крутящим моментом? Как он определяется, его размерность?
4. Как найти касательное напряжение в произвольной точке вала круглого поперечного сечения?
5. Нарисуйте закон распределения касательных напряжений по плоскости поперечного сечения круглого вала.
6. Что такое полярный момент инерции сечения, полярный момент сопротивления сечения?
7. Как определяется относительный угол закручивания вала?
8. Запишите условия проектировочного и проверочного расчетов круглого вала.
9. Какие три задачи можно решить из условий прочности и жесткости при кручении круглого вала?
10. Назовите исходные данные для проектировочного расчета из условия прочности круглого вала при кручении.
11. Назовите исходные данные для проверочного расчета из условия прочности круглого вала при кручении.
12. Назовите исходные данные для проверочного расчета из условия жесткости круглого вала при кручении.

Пройдите тестирование [49].

Лабораторные работы

Для большинства инженерных специальностей ИрГТУ рабочими программами предусмотрена лабораторная работа по испытанию материалов на кручение:

- 1) работа 15. Испытание на кручение;
- 2) работа 16. Определение модуля сдвига.

По лабораторному практикуму [1, 2] и учебнику [52-63] изучите механические испытания на кручение: теорию, методику и технику проведения лабораторного испытания. Подготовьте отчет по лабораторной работе. В составе группы под руководством преподавателя проведите экспериментальные исследования.

Ответьте на вопросы лабораторного практикума. При испытаниях обратите внимание на характер разрушения образцов и вид диаграммы кручения. Установите зависимость предела текучести при кручении с пределом текучести при растяжении.

4.4.3. Самостоятельное решение задач

Освоение методики решения задач начните с освоения техники построения эпюр крутящих моментов [7-8]. Для этого изучите методические

указания к построению эпюр и примеры решения задач в пособиях [7]. Самостоятельно воспроизведите решение разобранных задач. Только после освоения методики построения эпюр переходите к решению задач трех типов: проверочной, проектировочной и эксплуатационной (определение допускаемого крутящего момента).

Найдите в пособии для решения задач [64-69] тему «Чистый сдвиг, кручение» и самостоятельно выберите проверочную, проектировочную и эксплуатационную задачи. Изучите их решение, затем самостоятельно воспроизведите. Старайтесь не запомнить решение, а понять его, опираясь на знание теории. Решение по дальнейшей работе принимайте, исходя из технологической карты (см. схему 15).

К решению собственной домашней задачи (курсовой работы) приступайте только после успешного воспроизведения с пониманием задач из методических пособий.

Какие знания, умения должен получить студент, изучив модуль «Сдвиг, кручение» указаны на схеме 38.

Схема 43. Результаты изучения модуля «Сдвиг, кручение»





Основная цель данного модуля – научить рассчитывать геометрические характеристики плоского сечения, положение главных центральных осей и моментов инерции сечения относительно этих осей.

Схема 44. Взаимосвязь модуля Г (геометрические характеристики плоских сечений) с другими дисциплинами и модулями



4.5.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Чему равна площадь прямоугольника, треугольника, круга?
2. Признаки подобия треугольников.
3. Признаки равенства углов.
4. Прямоугольная декартова и полярная система координат. Связь между ними.
5. Преобразование координат точки при параллельном переносе координатных осей.
6. Преобразование координат точки при повороте координатных осей.
7. Геометрический смысл определенного интеграла.
8. Вычисление определенного интеграла по поверхности.
9. Дифференциал функции.

Теоретическая механика

1. Координаты центра тяжести простейших фигур.
2. Назовите основные способы определения координат центра тяжести плоской фигуры.
3. Какова методика определения координат центра тяжести сложной плоской фигуры?
4. Чему равен статический момент плоской фигуры относительно оси?

4.5.2. Изучение теории

Ознакомьтесь с информационно-логической схемой 45. В схеме отражена информация, которую необходимо изучить.

Рекомендуем прочитать

[52], Глава 4	[54], Глава 3
[59], Глава 4	[60], Глава 4

Методические указания к изучению модуля

При изучении теории обратите внимание на взаимосвязь осевых моментов инерции с полярным моментом инерции. Постарайтесь запомнить понятия геометрических характеристик плоских сечений. Важно знать, относительно каких координатных осей осевые моменты инерции имеют минимальное значение, какие оси являются главными и центральными.

Для запоминания повторяйте регулярно теорию по структурно-логическим схемам 46-48.

Схема 45. Геометрические характеристики плоских сечений

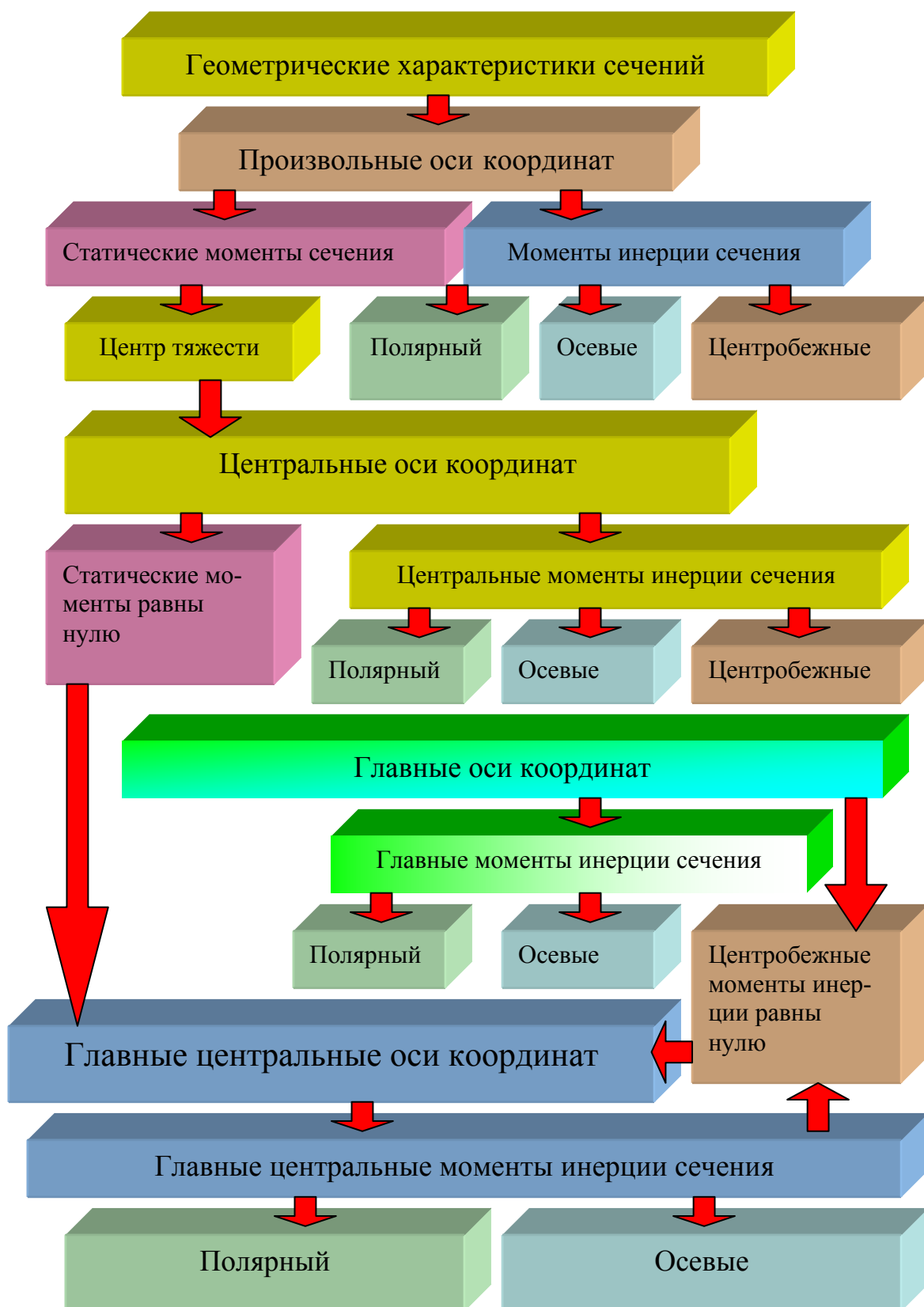
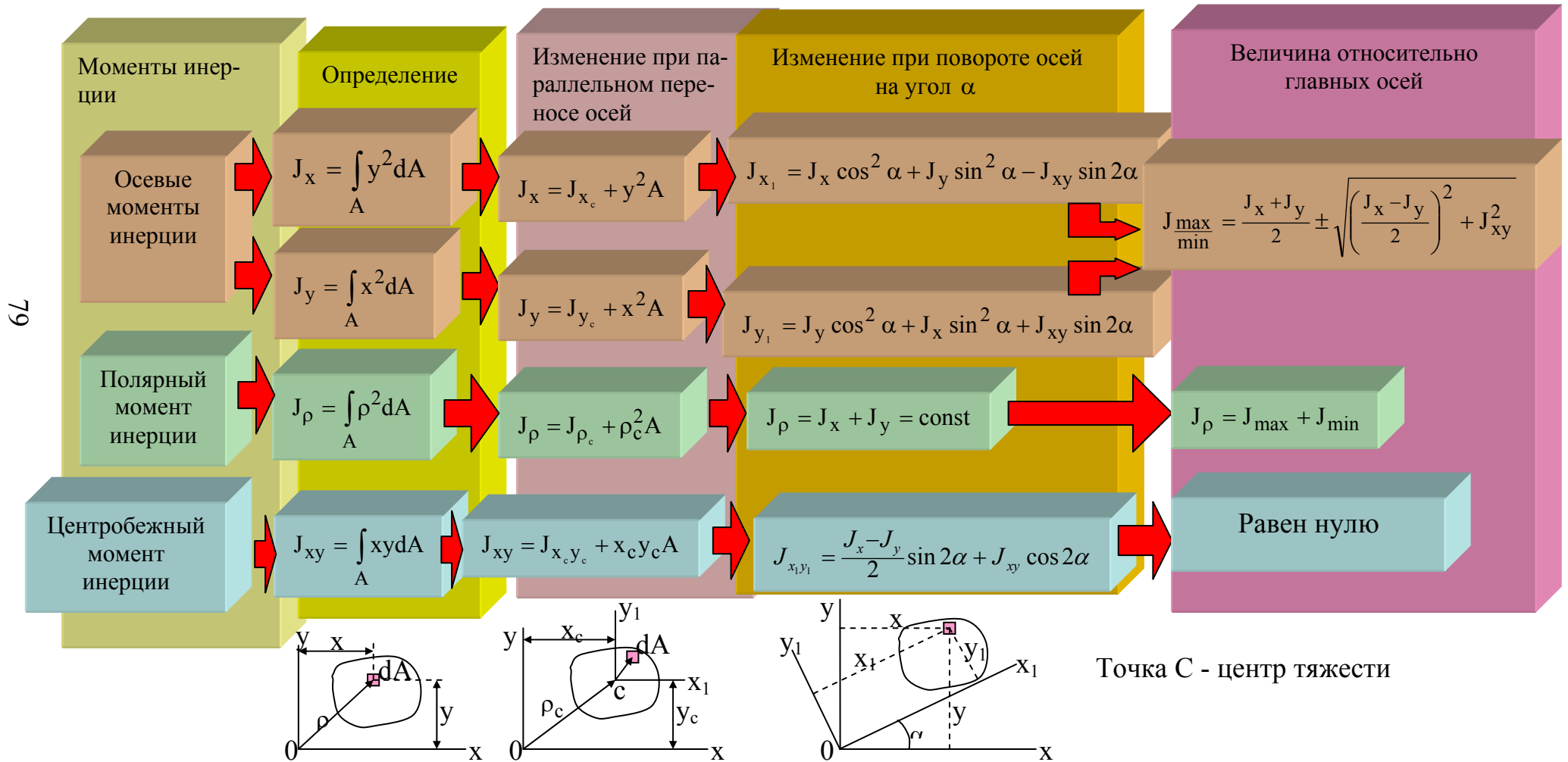


Схема 46. Геометрические характеристики плоских сечений



Контрольные вопросы для самоконтроля

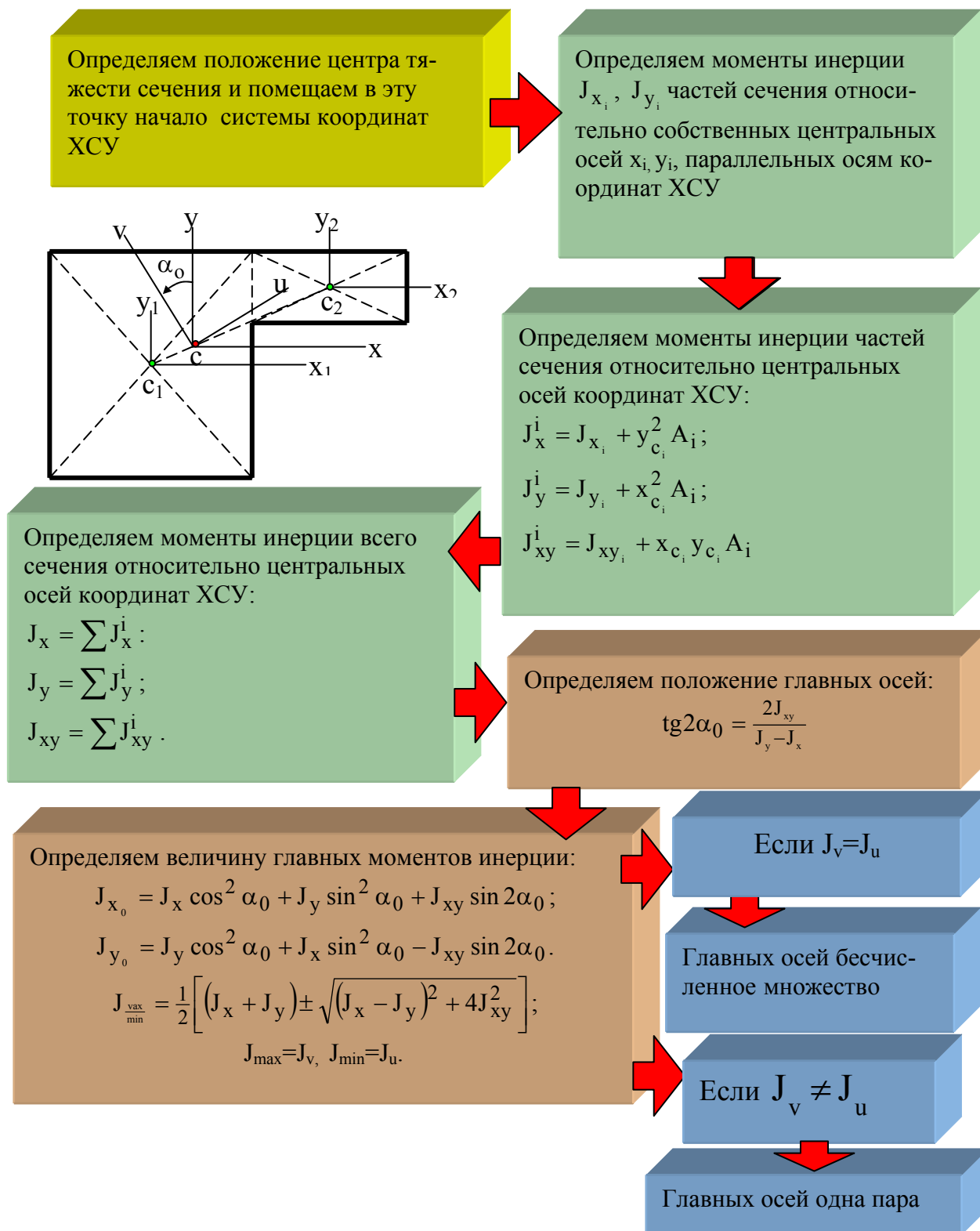
1. Что называется статическим моментом плоского сечения относительно какой-либо оси?
2. Чему равен статический момент плоского сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения?
3. Как определить координаты центра тяжести сложного сечения?
4. Что называется осевым, полярным моментом инерции? Какая между ними существует взаимосвязь?
5. Как определяются моменты инерции сложных сечений?
6. Относительно каких координатных осей осевые моменты инерции имеют минимальную величину?

Схема 47. Определение координат центра тяжести плоского сечения



7. Какие оси называются главными центральными осями инерции?
Пройдите тестирование [50].

Схема 48. Определение положения главных центральных осей сечения



4.5.3. Самостоятельное решение задач

Начните работу с изучения методических указаний [18] и примеров решения в них. Хорошо разберитесь с решением одной задачи по определению положения главных центральных осей сложного поперечного сечения балки. Воспроизведите его самостоятельно. Если нет никаких затруднений, можно приступать к решению собственной домашней задачи или части курсовой работы.



Схема 49. Результаты изучения модуля «Геометрические характеристики плоских сечений»



Основные цели данного модуля:

- 1) научить выделять деформацию плоского изгиба из совокупности простых деформаций;
- 2) освоить методики проверочного, проектировочного и эксплуатационного расчетов балок на изгиб из условий прочности и жесткости.

Схема 50. Взаимосвязь модуля Д с другими дисциплинами и модулями



4.6.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Изобразите графики элементарных функций: прямой, параболы, кубической параболы.
2. Чему равна длина дуги окружности?
3. Как найти экстремальные значения функции?
4. Производная функции на данном участке положительна. Что можно сказать о самой функции?
5. Производная функции на некотором участке отрицательна. Что можно сказать о самой функции?
6. Функция на данном участке возрастает. Какой знак имеет ее производная на этом участке?
7. Производная функции в данной точке равна нулю. Что можно сказать о самой функции?
8. Что такое радиус кривизны?
9. Что называют кривизной кривой? Чему она равна?
10. Дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами. Как они решаются?
11. Определенный интеграл и его вычисление.
12. Определенный интеграл по поверхности.
13. Методы решения системы линейных алгебраических уравнений.

Теоретическая механика

1. Проекция силы на ось.
2. Момент силы относительно точки.
3. Момент силы относительно оси.
4. Что называется парой сил? Чему равен момент пары сил?
5. Чему равна сумма моментов сил, образующих пару, относительно любой точки, лежащей в плоскости действия пары?
6. Распределенные силы по линии. Чему равна равнодействующая распределенных сил по линии? Как проходит линия действия равнодействующей?
7. Связи и их реакции.
8. Запишите условия равновесия плоской произвольной системы сил.

Сопротивление материалов

1. Ответьте на вопросы самоконтроля модулей А, Б, В, Г (см. с. 41, 55, 73, 80).

Схема 51. Плоский изгиб



4.6.2. Изучение теории

Ознакомьтесь с информационно-логической схемой 51. По учебникам конспектам лекций изучите информацию, отраженную в схеме.

Рекомендуем прочитать

[52], глава 7, глава 8

[54], глава 4, глава 5

[59], глава 5

[60], глава 6, глава 7

Не забывайте при изучении теории пользоваться вопросником студента-почемучки (схема 13).

Деформация плоского изгиба - один из наиболее важных разделов сопротивления материалов. Огромное множество деталей машин и элементов конструкций подвержены этому виду деформации.

Изучение деформации изгиба начинается с изучения чистого изгиба. В поперечном сечении балки возникает только один внутренний силовой фактор – изгибающий момент. Непременное условие возникновения чистого изгиба состоит в том, чтобы внешние пары сил лежали в плоскости проходящей через одну из главных осей поперечного сечения балки. В этой же плоскости лежит внутренний силовой фактор – изгибающий момент. Используя простейшие формы поперечных сечений балки (прямоугольник, равнобедренный треугольник, круг, полукруг), потренируйтесь прилагать к расчетной схеме консольной балки пары сил так, чтобы возникала деформация чистого изгиба.

Обратите внимание на то, что при выводе формулы нормальных напряжений в поперечном сечении балки при чистом изгибе к гипотезам расчетной схемы сопротивления материалов (см. модуль «Введение») добавляется еще две – гипотеза плоских сечений и гипотеза отсутствия взаимного давления волокон в направлении перпендикулярном оси балки. Это дает основание утверждать, что волокна балки испытывают одноосное растяжение, сжатие, что существенно упрощает конечную формулу. Подумайте, к чему может привести отказ хотя бы от одной из этих гипотез.

Важно понять, что для балки постоянного поперечного сечения кривизна любого волокна зависит только от изгибающего момента. Кривизна нейтрального слоя $\frac{1}{\rho} = \frac{M_x}{EJ_x}$. Если эпюра изгибающего момента постоянна на ка-

ком-то участке, то любое волокно этого участка изогнуто по дуге окружности (кривизна постоянна). Радиус волокон увеличивается при переходе от сжатых волокон к растянутым. Когда балка имеет несколько участков чистого изгиба, ось ее состоит из дуг окружностей, переходящих одна в другую. Дуги в точках перехода (перегиба) имеют общую касательную, производные равны.

Постарайтесь представить закон распределения нормальных напряжений по поперечному сечению, т.е. как они изменяются в направлении параллельном нейтральной оси и в перпендикулярном направлении.

С особым вниманием и тщательностью проанализируйте формулу определения максимальной величины нормальных напряжений в поперечном сечении балки при чистом изгибе и постарайтесь ее запомнить. С увеличением осевого момента сопротивления напряжения в заданном сечении уменьшаются, т. к. изгибающий момент постоянен. Для сечения, крайние точки которого в растянутой и сжатой зоне не одинаково удалены от нейтральной линии (оси), возможно вычисление двух моментов сопротивления (для растянутой и сжатой частей сечения). Это необходимо для материалов, имеющих неодинаковое сопротивление растяжению и сжатию. В балках, изготовленных из таких мате-

риалов, наибольшие по величине растягивающие напряжения (именно они наиболее опасны для хрупких материалов) могут возникнуть в сечениях с меньшим по абсолютной величине изгибающим моментом. При этом момент сопротивления сечения для растянутой зоны может быть много меньше, чем для сжатой. Дополнительно прочитайте [40, с. 80].

Из условия прочности при чистом изгибе ставятся и решаются проектировочная, проверочная и эксплуатационная задачи расчета на прочность. Необходимо подробно разобраться в сущности этих задач и запомнить расчетные формулы.

При поперечном плоском изгибе в поперечных сечениях балки возникает два внутренних силовых фактора – поперечная сила Q и изгибающий момент M_x . Необходимо тщательно и всесторонне разобраться с методикой построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Постарайтесь понять и запомнить правила контроля эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Обратите внимание на дифференциальные зависимости между поперечной силой и распределенной внешней нагрузкой, между поперечной силой и изгибающим моментом и использование их при контроле правильности построения эпюр.

От действия изгибающего момента в поперечном сечении изгибаемого бруса возникают нормальные напряжения, а от поперечной силы – касательные. Из-за действия касательных напряжений поперечные сечения перестают быть плоскими (гипотеза Бернулли теряет силу). Кроме того, при поперечном изгибе возникают напряжения в продольных сечениях балки. Имеет место надавливание волокон друг на друга. Картина деформации существенно отличается от наблюдаемой при чистом изгибе. Однако при расчете нормальных напряжений при плоском поперечном изгибе этими отличиями пренебрегают. Как показала практика, использование формулы расчета нормальных напряжений для чистого изгиба при плоском поперечном изгибе дает вполне надежные результаты. Тем не менее, надо помнить, что для плоского поперечного изгиба эта формула приближенная. Распределение нормальных напряжений по поперечному сечению имеет более сложный характер.

Касательные напряжения в поперечном сечении балки при плоском поперечном изгибе определяются по формуле Журавского. При выводе ее использована дополнительная гипотеза о равномерном распределении касательных напряжений по ширине поперечного сечения. Во многих случаях это не соответствует действительности. Расчеты методами теории упругости показывают, что закон распределения касательных напряжений более сложен, и об этом надо не забывать. Формула Журавского позволяет, по сути, вычислить более или менее точно только вертикальную составляющую суммарного касательного напряжения в каждой точке поперечного сечения.

Величина касательных напряжений в заданном поперечном сечении балки и определяемых формулой Журавского существенно зависит от ширины b . Лишь при весьма малых значениях b касательные напряжения имеют величину, сравнимую с нормальными напряжениями. Вертикальные стенки поперечных сечений балок, изготовленных из профилей прокатного сортамента, достаточно

толстые. Потому максимальная величина касательных напряжений много меньше нормальных. При расчетах таких балок на прочность касательными напряжениями, как правило, пренебрегают.

Обязательно необходимо рассчитывать величину касательных напряжений в балках, изготовленных из гнутых профилей тонколистового проката. При этом надо помнить, что для исключения явления закручивания балки под действием внешних сил, необходимо, чтобы в каждом сечении линия действия силы проходила через центр изгиба.

Важно понять, что проектировочный расчет балки при плоском поперечном изгибе и при чистом изгибе производится из одного и того же условия прочности по нормальным напряжениям. Соотношение между величинами, входящими в это условие, определяет условия оптимального проектирования. При проектировании более рациональной конструкции необходимо изменением положения опор добиваться минимальной величины изгибающего момента в опасном сечении с одновременным увеличением момента сопротивления для растянутой или сжатой зоны (путем выбора более рационального поперечного сечения балки). Наиболее выгодным сечением балок с точки зрения затрат материала являются такие, у которых наибольшая доля материала размещена в верхней и нижней частях сечения, где наибольшие напряжения σ .

Условия прочности по касательным и эквивалентным напряжениям используются при проверочном расчете.

Обратите внимание на то, что определение перемещений при изгибе, как чистом, так и поперечном, производится с использованием формул, полученных для чистого изгиба. Тем самым мы пренебрегаем влиянием на перемещения напряжений, искривляющих поперечные сечения (явление депланации) и напряжений взаимного сдавливания волокон балки.

Дифференциальное уравнение упругой линии балки при поперечном плоском изгибе записывается также с использованием формулы кривизны балки при ее чистом изгибе $y'' \approx \frac{1}{\rho} = M/EJ$. Чтобы не допускать ошибок при записи дифференциального уравнения упругой линии балки, разберитесь, как необходимо размещать систему координат (начало отсчета, направление осей координат) на расчетной схеме балки.

Схема 52. Определение внутренних силовых факторов при плоском изгибе

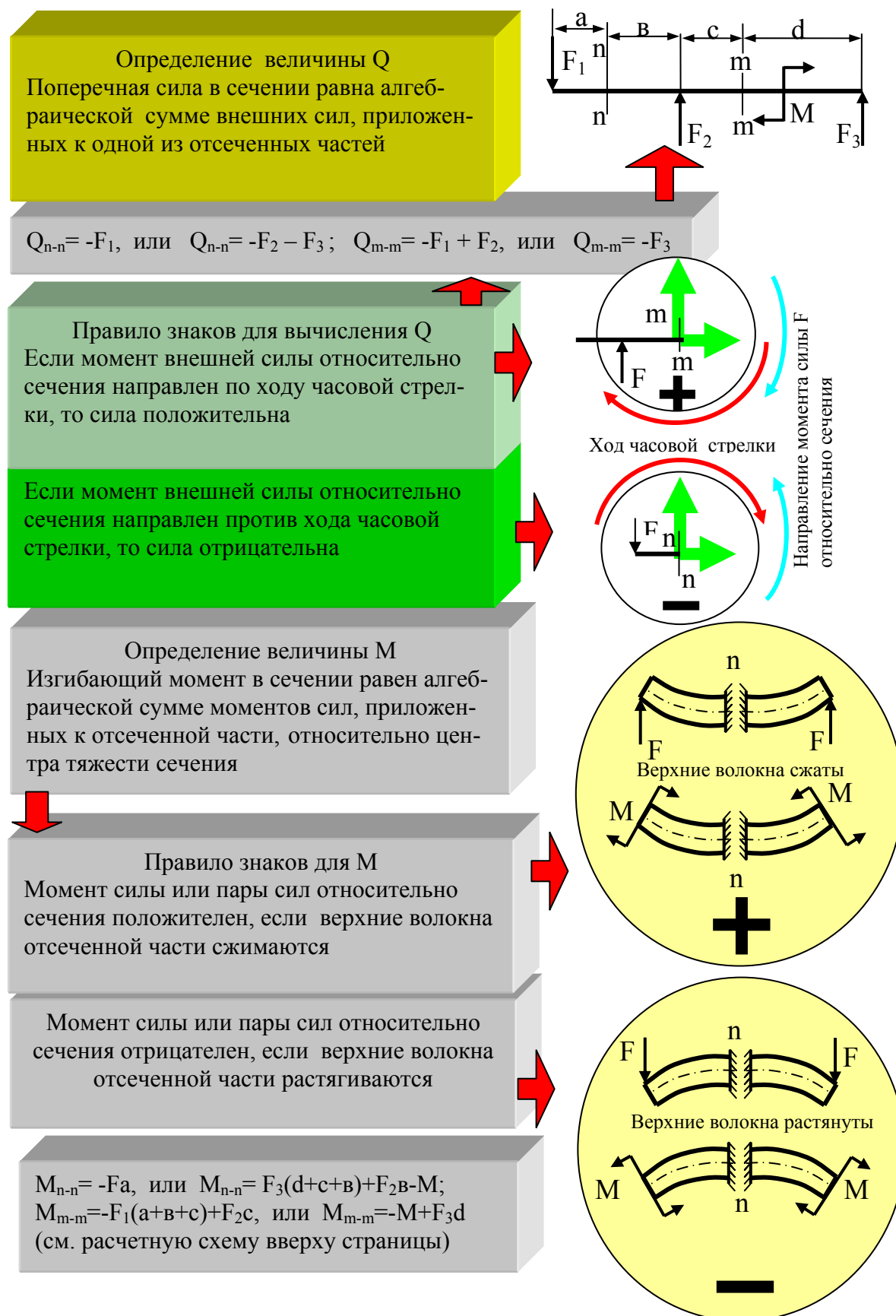


Схема 53. Алгоритм построения эпюр изгибающих моментов и поперечных сил (основан на правиле РОЗУ)

Определяем (если нужно) реакции связей

Ось балки разбиваем на участки.

За границы участков принимают:
 - начало, конец балки;
 - сечения, где приложены сосредоточенные силы, моменты;
 - начало, конец участка распределенной нагрузки

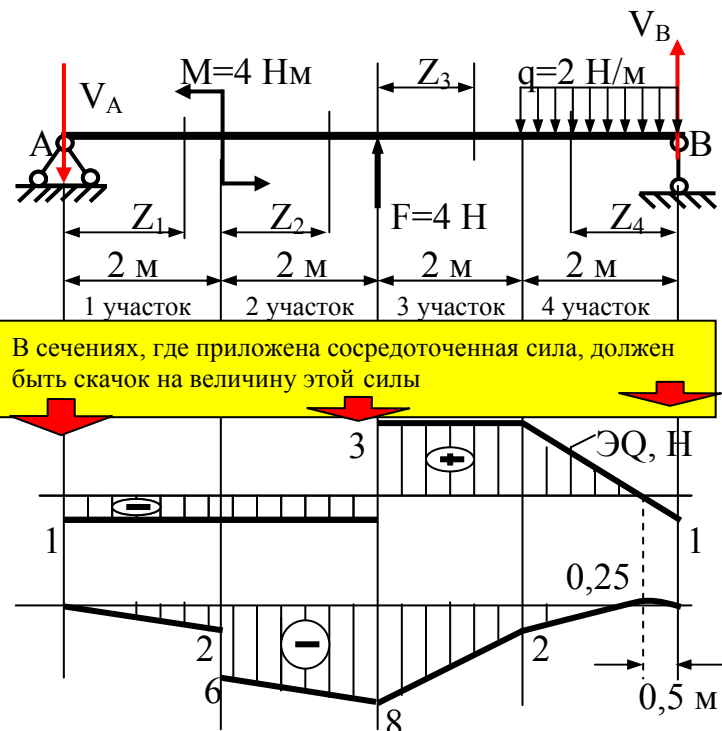
Для каждого участка составляем уравнение внутреннего усилия:

- на некотором расстоянии Z_i от начала участка проводим сечение

- отбрасываем одну из отсеченных частей

- записываем чему равно внутреннее усилие в проведенном сечении

Полученное уравнение на каждом участке изображаем графически (строим эпюру)



Уравнения равновесия балки:

$$\sum m_A(F_k) = 0; V_B \cdot 8 - 2 \cdot 2 \cdot 7 + 4 \cdot 4 + 4 = 0; V_B = 1 \text{ H};$$

$$\sum m_B(F_k) = 0; V_A \cdot 8 + 4 - 4 \cdot 4 + 2 \cdot 2 \cdot 1 = 0; V_A = 1 \text{ H}$$

Записываем уравнения для Q и M. Вычисляем.

Участок 1. $Q_{z_1} = -V_A = -1 \text{ H};$

$$M_{z_1} = -V_A Z_1; 0 \leq Z_1 \leq 2 \text{ м}; M_{(z_1=0)} = 0;$$

$$M_{(z_1=2)} = -2 \text{ Hм}.$$

Участок 2. $Q_{z_2} = -V_A = -1 \text{ H};$

$$M_{z_2} = -V_A (2 + Z_2) - M; 0 \leq Z_2 \leq 2 \text{ м};$$

$$M_{(z_2=0)} = -6 \text{ Hм}; M_{(z_2=2)} = -1(2 + 2) - 4 = -8 \text{ Hм}.$$

Участок 3. $Q_{z_3} = -V_A + F = -1 + 4 = 3 \text{ H};$

$$M_{z_3} = -V_A (4 + Z_3) - M + FZ_3; 0 \leq Z_3 \leq 2 \text{ м};$$

$$M_{(z_3=0)} = -1 \cdot 4 - 4 = -8 \text{ Hм};$$

$$M_{(z_3=2)} = -1(4 + 2) - 4 + 4 \cdot 2 = -2 \text{ Hм}.$$

Участок 4. $Q_{z_4} = -V_B + qZ_4; 0 \leq Z_4 \leq 2 \text{ м};$

$$Q_{(z_4=0)} = -1 \text{ H}; Q_{(z_4=2)} = -1 + 2 \cdot 2 = 3 \text{ H};$$

$$M_{z_4} = V_B Z_4 - q \frac{Z_4^2}{2}; 0 \leq Z_4 \leq 2 \text{ м}; M_{(z_4=0)} = 0;$$

$$M_{(z_4=2)} = 1 \cdot 2 - 2 \frac{2^2}{2} = -2 \text{ Hм}.$$

Схема 54. Правила контроля эпюр

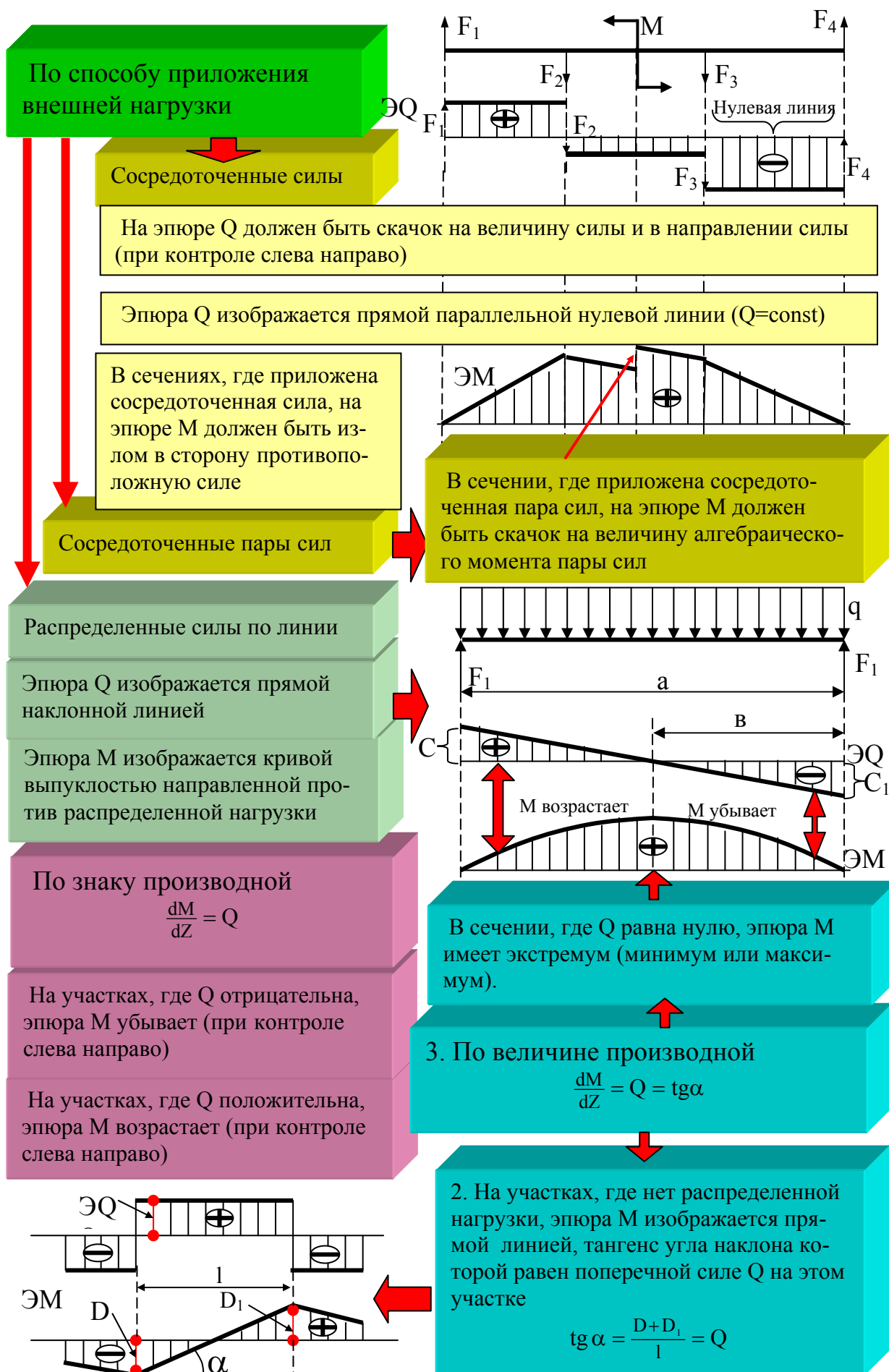


Схема 55. Вывод формулы нормальных напряжений при чистом плоском изгибе

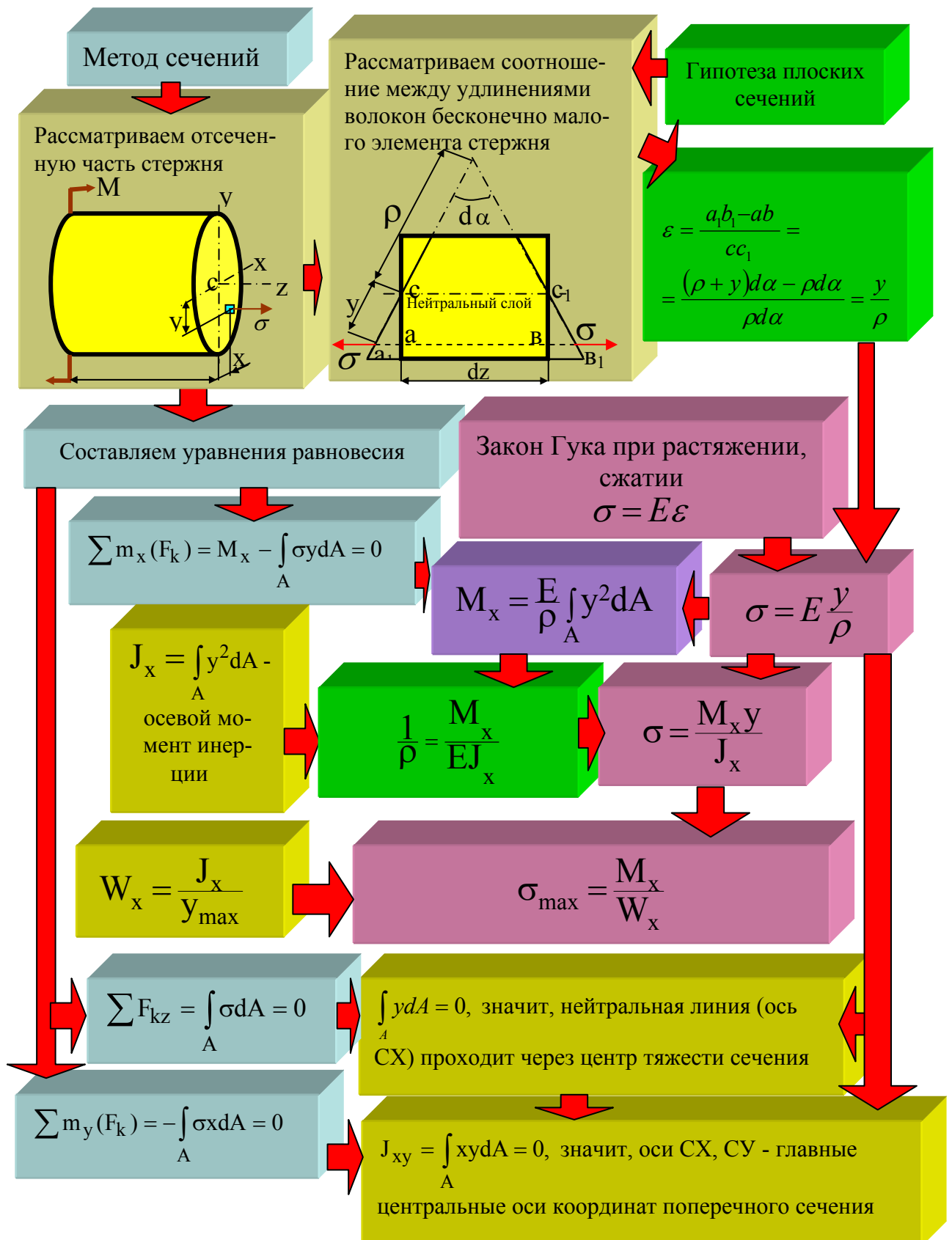


Схема 56. Напряжения при плоском поперечном изгибе

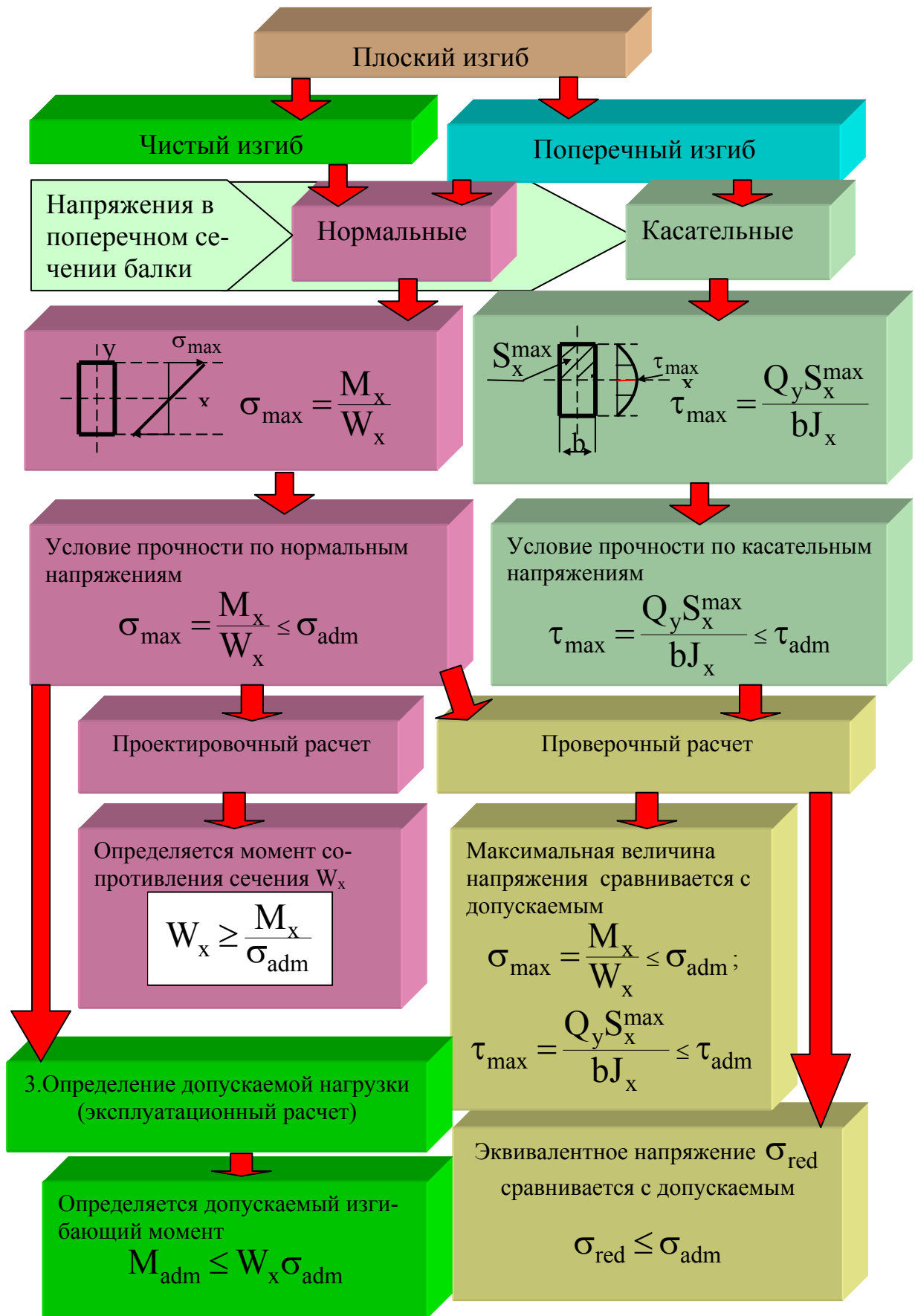


Схема 57. Линейные и угловые деформации при плоском изгибе

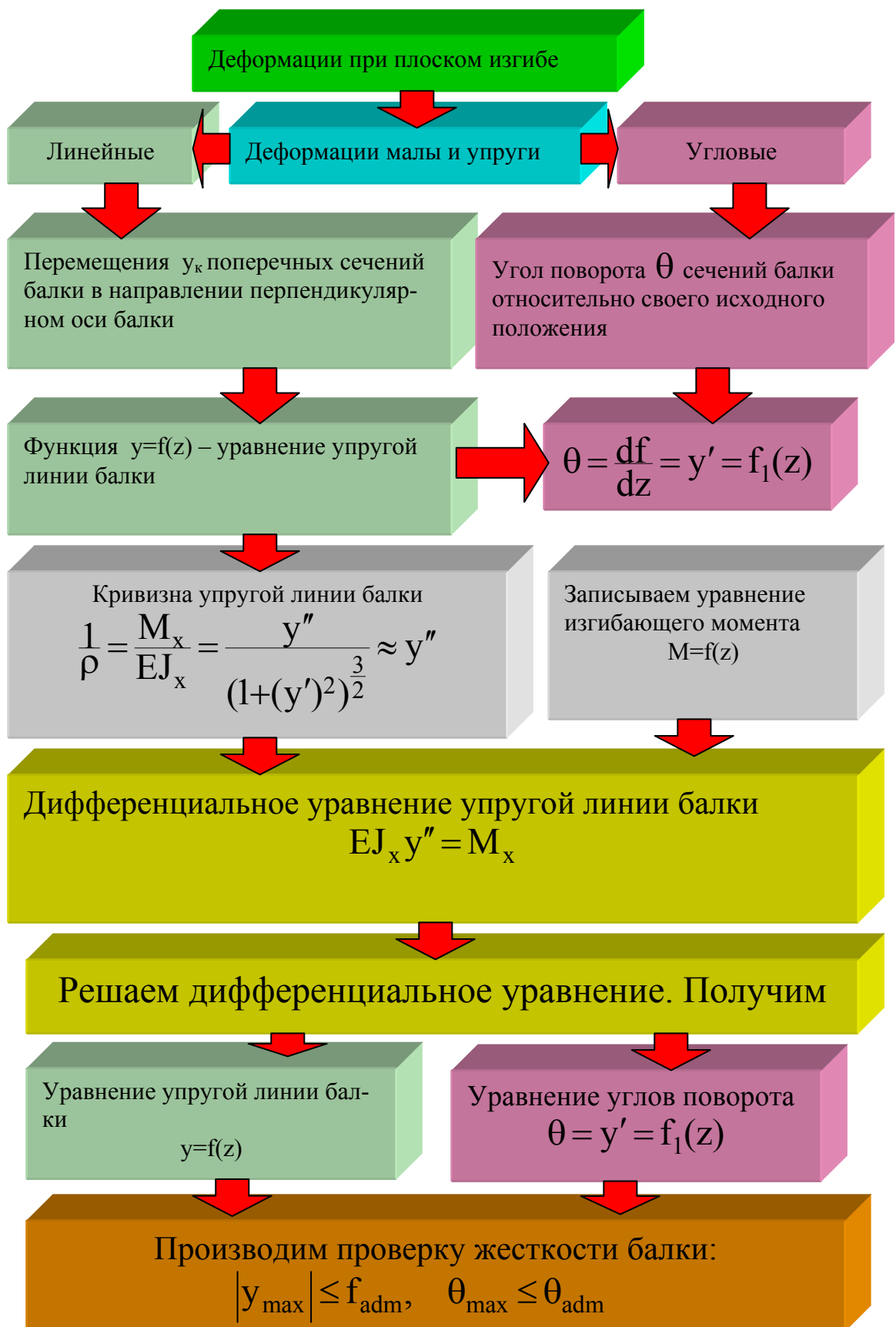
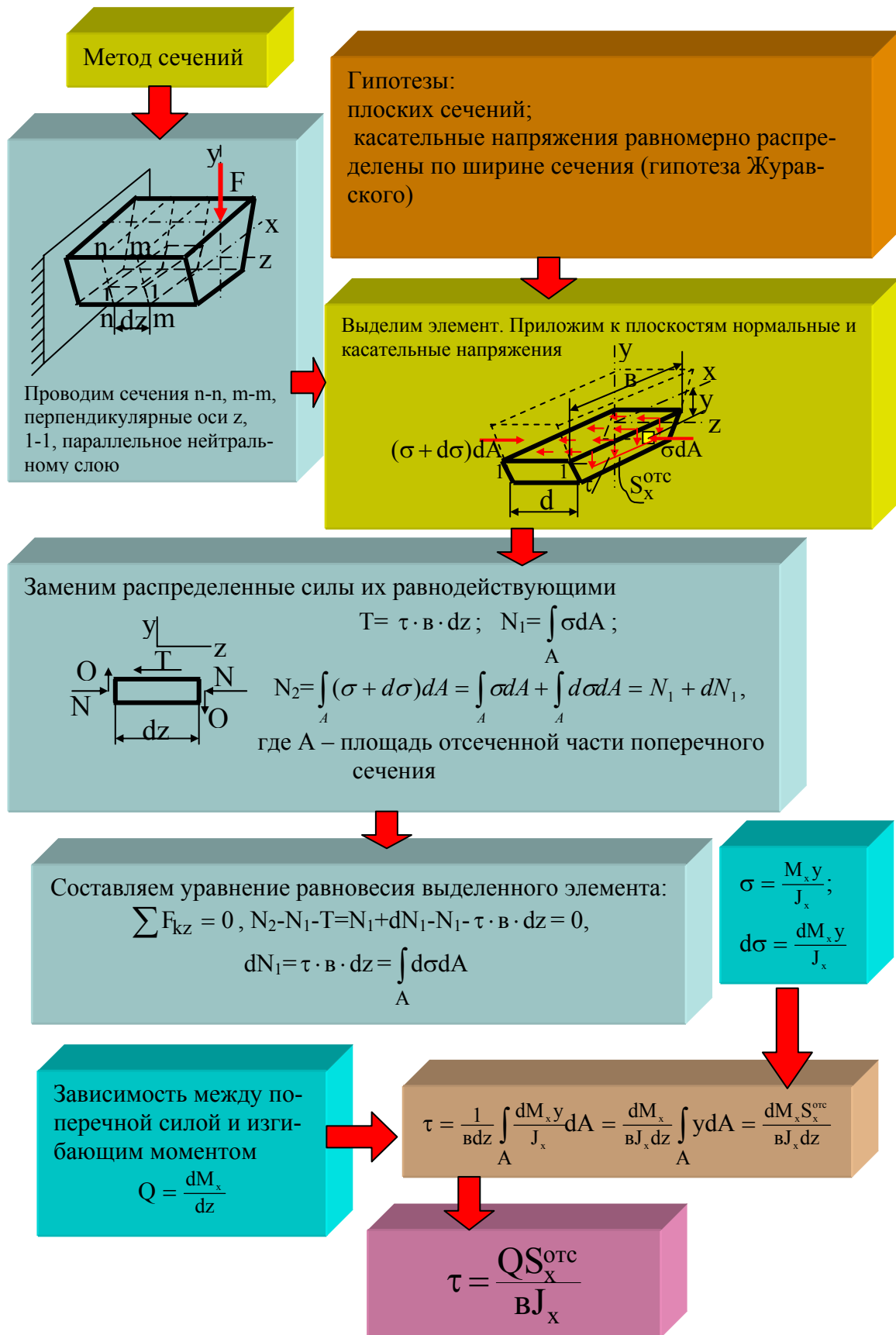


Схема 58. Касательные напряжения при плоском поперечном изгибе



Лабораторные работы

Рабочими программами предусматривается несколько лабораторных работ на плоский изгиб:

- 1) работа 19. Чистый изгиб;
- 2) работа 20. Прямой изгиб;
- 3) работа №5. Перемещения в балке при прямом изгибе.

Теория и практика их проведения описана в лабораторном практикуме [1, 4]. После теоретической подготовки по учебникам [52-63] и лабораторному практикуму проведите лабораторную работу. Напишите и защитите отчет по лабораторной работе.

Вопросы для самопроверки

1. Какой изгиб называется прямым чистым изгибом?
2. Какой изгиб называется плоским поперечным изгибом?
3. Какие внутренние силовые факторы возникают при чистом изгибе?
4. Какие внутренние силовые факторы возникают при плоском поперечном изгибе?
5. Чему равен изгибающий момент в каком-либо сечении балки?
6. Чему равна поперечная сила в каком-либо сечении балки?
7. Какие правила знаков используются при составлении уравнений изгибающих моментов и поперечных сил на каком-либо участке?
8. Что такое нейтральный слой, силовая плоскость, нейтральная линия (нейтральная ось), силовая линия?
9. Как взаимно расположены силовая и нейтральная линии при прямом изгибе?
10. Какие гипотезы использованы при выводе формулы нормальных напряжений при изгибе?
11. Как изменяются нормальные напряжения по поперечному сечению балки при плоском поперечном изгибе?
12. В каких точках поперечного сечения балки при плоском поперечном изгибе возникают наибольшие нормальные напряжения?
13. В каких точках поперечного сечения балки возникают наибольшие по величине касательные напряжения?
14. Какие гипотезы использованы при выводе формулы для расчета касательных напряжений в поперечном сечении балки при плоском изгибе?
15. Какие деформации возникают при чистом и поперечном изгибе?
16. Запишите дифференциальное уравнение упругой линии балки.

Для проверки своих знаний пройдите тестовый контроль [47, 51]. Если вы справились с большинством вопросов самостоятельно, то можно приступить к решению задач.

4.6.3. Самостоятельное решение задач

Прежде всего необходимо научиться строить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Необходимая для этого теория и методические указания изложены в пособиях [7-9]. Изучите их в части, касающейся поперечного плоского изгиба. Еще раз внимательно изучите правило РОЗУ.

Изучите 5-6 задач, решенных в пособиях, и попытайтесь самостоятельно произвести расчеты, построить эпюры. Если у вас все получается, то решайте свои задачи на построение эпюр.

Необходимо освоить методику расчета балки на прочность и жесткость. Для этого выберите в методических указаниях 2-3 задачи проектировочного, проверочного и, возможно, эксплуатационного расчета.

Изучите их, добейтесь самостоятельного воспроизведения решения. Решение надо понять, а не запомнить. Если все понятно, приступайте к решению задач домашнего задания.



Схема 59. Результаты изучения модуля «Изгиб»



Основная цель данного модуля – дать представление о напряженном и деформированном состояниях в окрестности некоторой точки и способах их описания.

Схема 60. Взаимосвязь модуля «Напряженно-деформированное состояние в точке» с другими дисциплинами и модулями

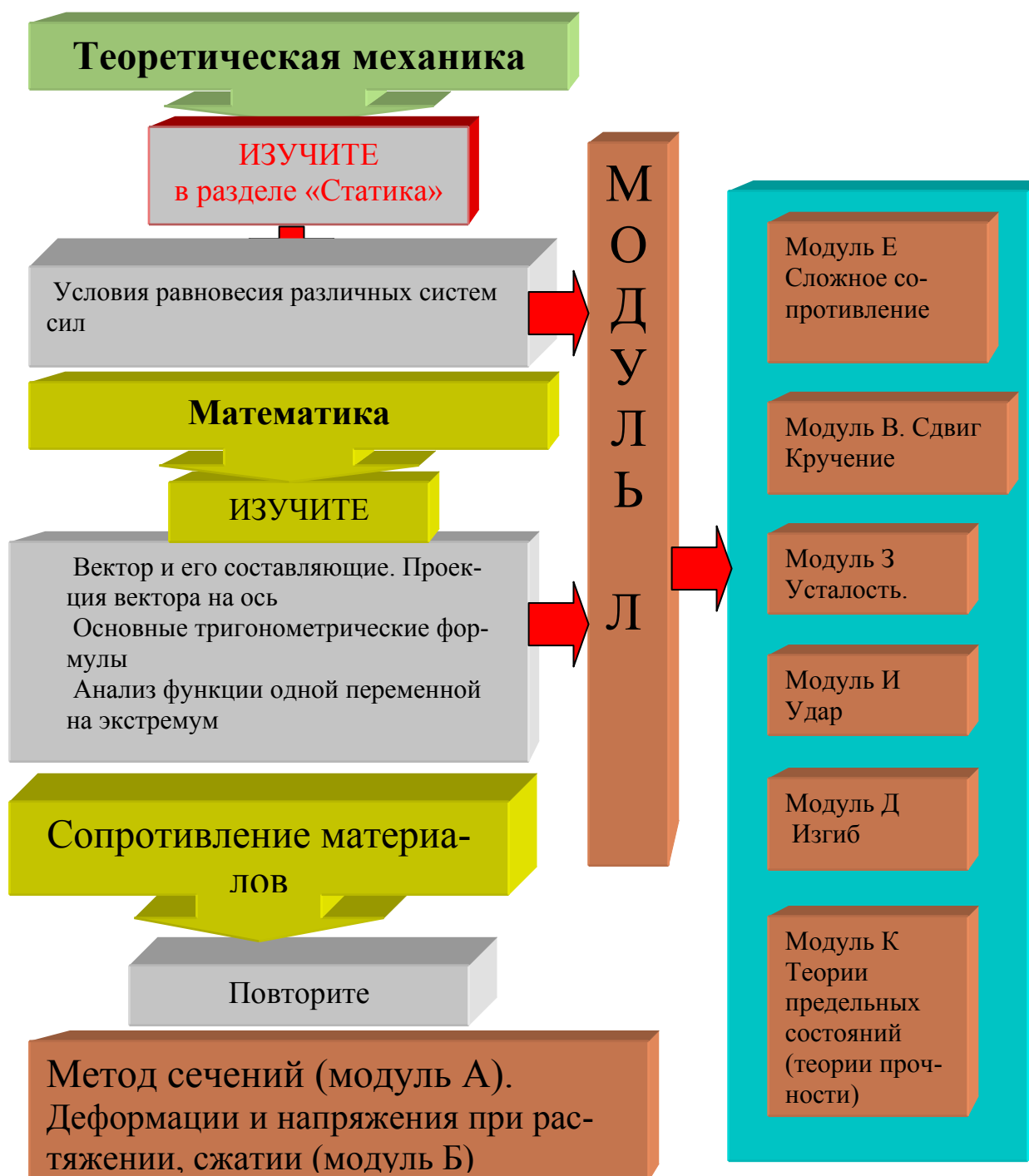
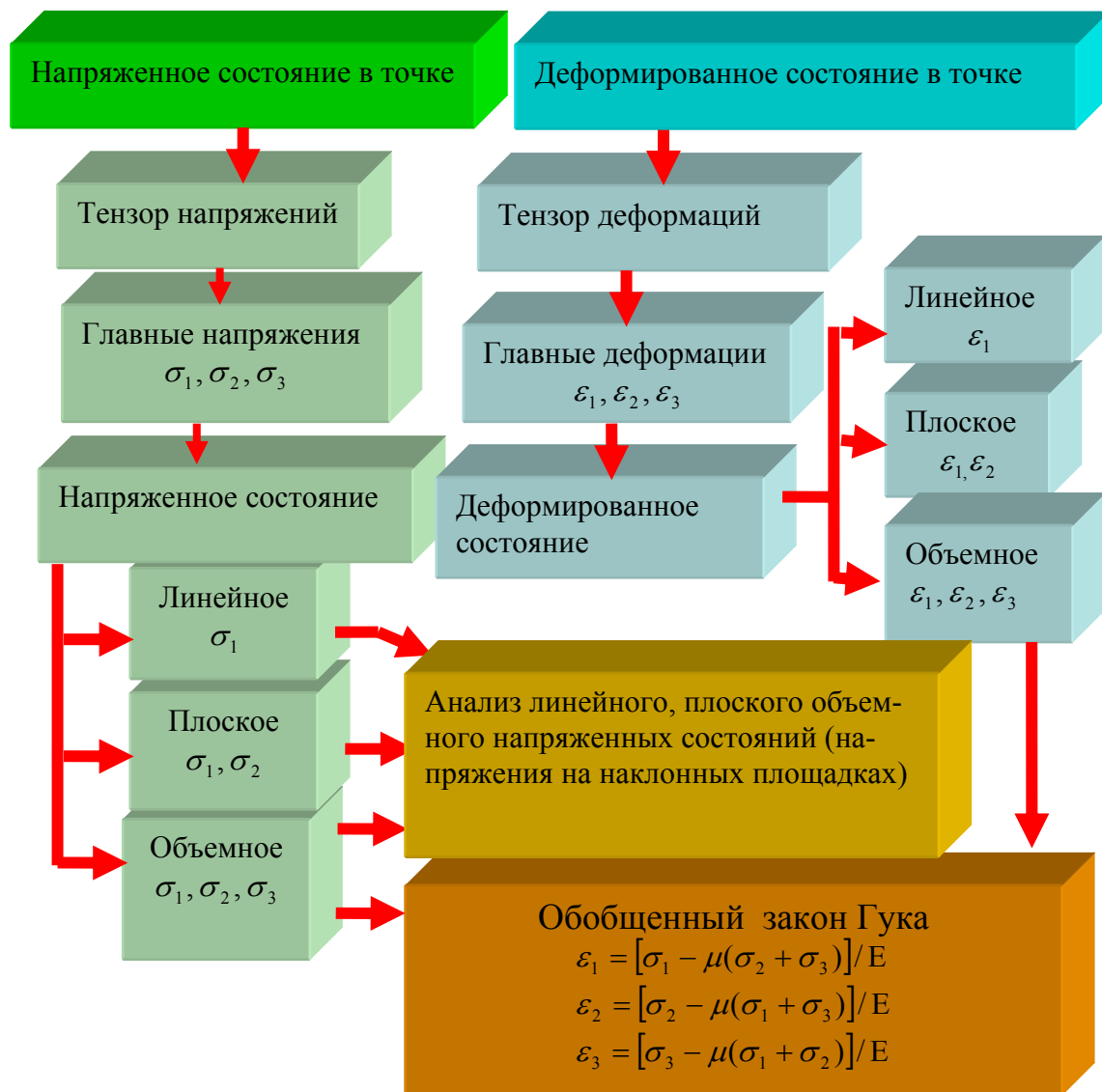


Схема 61. Напряженное и деформированное состояние в точке



Входной контроль знаний

Математика

1. Как разложить вектор на составляющие по двум, трем заданным направлениям?
2. Чему равна проекция вектора на ось?
3. Чему равен синус, косинус двойного угла? Чему равна тригонометрическая единица?
4. Чему равна производная функции в точке, где она имеет максимум или минимум? Как вычислить экстремальные значения функции?
5. Что называется параллелепипедом?
6. Что понимается под определителем системы линейных уравнений?

Теоретическая механика

1. Чему равен алгебраический момент силы относительно точки?
2. Запишите условия равновесия пространственной и плоской системы сходящейся сил.
3. Запишите условия равновесия произвольной плоской системы сил.

Сопротивление материалов

Ответьте на вопросы самоконтроля модулей А, Б (см. с. 41, 55).

Изучение теории

Опираясь на информационно-логическую схему 61 как на путеводитель, изучите по учебнику и лекциям теоретический материал данного модуля.

Рекомендуем прочитать

[52], глава 13	[54], глава 7
[59], глава 8	[60], глава 2, параграфы 13-17

Методические указания

Изучая модуль, обратите внимание на понятия напряженного и деформированного состояния в точке, главные напряжения и главные деформации, на классификацию напряженных и деформированных состояний. Между ними существует взаимосвязь в виде обобщенного закона Гука. Из него следует, что линейному напряженному состоянию соответствует плоское деформированное состояние, а линейному деформированному соответствует объемное напряженное состояние.

Любое напряженное и деформированное состояние можно проанализировать, то есть изучить, как меняются главные напряжения и главные деформации при изменении углов наклона площадки по отношению к координатным осям. Этот анализ дает информацию необходимую для практики расчетов на прочность и жесткость:

- закон парности касательных напряжений,
- взаимосвязь нормальных напряжений на двух взаимно перпендикулярных площадках.

Важную роль в процессах пластического течения и разрушения играют касательные напряжения. При всех видах напряженного состояния надо знать

положение площадок, на которых касательные напряжения максимальны, и формулы для расчета их величины.

Вопросы самоконтроля

1. Что называется напряженным, деформированным состоянием в точке?
 2. Какие виды напряженного состояния вам известны?
 3. Какие виды деформированного состояния вам известны?
 4. В чем заключается закон парности касательных напряжений?
 5. Чему равна сумма нормальных напряжений на двух взаимно перпендикулярных плоскостях?
 6. Как расположена площадка с максимальной величиной касательных напряжений при линейном, плоском и объемном напряженном состоянии?
 7. На каких площадках возникают наибольшие и наименьшие нормальные напряжения?
 8. Запишите обобщенный закон Гука.
- Пройдите тестирование [49].



Схема 62. Результаты изучения модуля «Напряженно-деформированное состояние в точке»

Самостоятельное решение задач

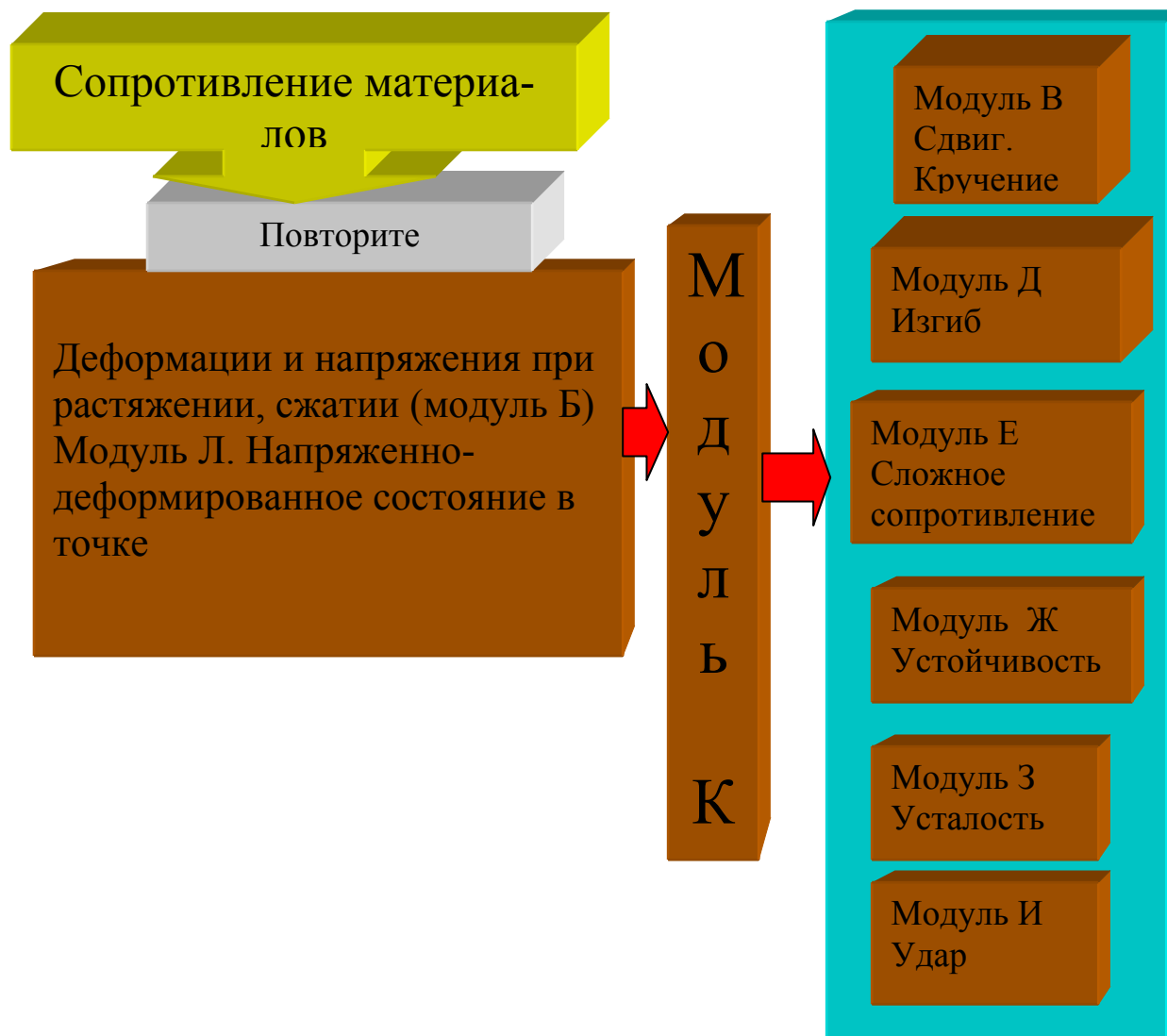
Основная цель работы над решением задач – научиться определять величину главных напряжений и положение главных площадок по величине компонент тензора напряжений с использованием аналитических выражений и кругов Мора.

В методическом пособии [68] изучите пример 10 на с. 34, а затем решите одну - две задачи из номеров 108-119. Если вы успешно справились с задачами, то приступайте к решению домашних задач, РПР, курсовых работ.



Основная цель данного модуля: дать основы теории и методов оценки прочности при сложном напряженном состоянии.

Схема 63. Взаимосвязь модуля К «Теории предельных состояний» с другими дисциплинами и модулями



4.8.1. Входной контроль знаний

Для того чтобы проверить достаточность ваших знаний для освоения данного модуля ответьте на вопросы самоконтроля модулей Б и Л (см. с. 55, 103).

4.8.2. Изучение теории

Изучите информационно логическую схему 64. Затем, по конспектам лекций и учебникам (см. таблицу) подробно изучите каждый блок информации.

Схема 64. Теории предельных состояний (теории прочности)

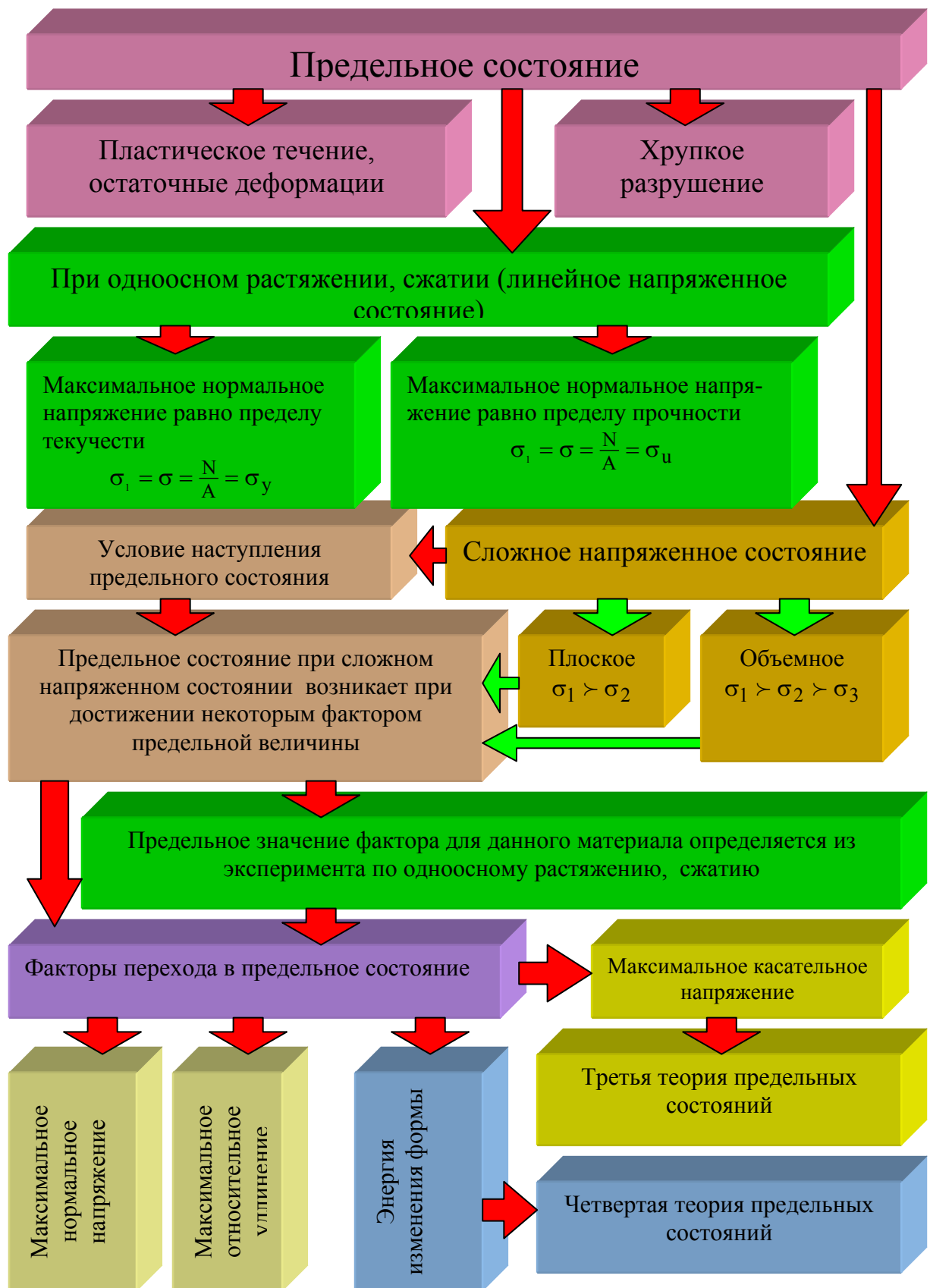
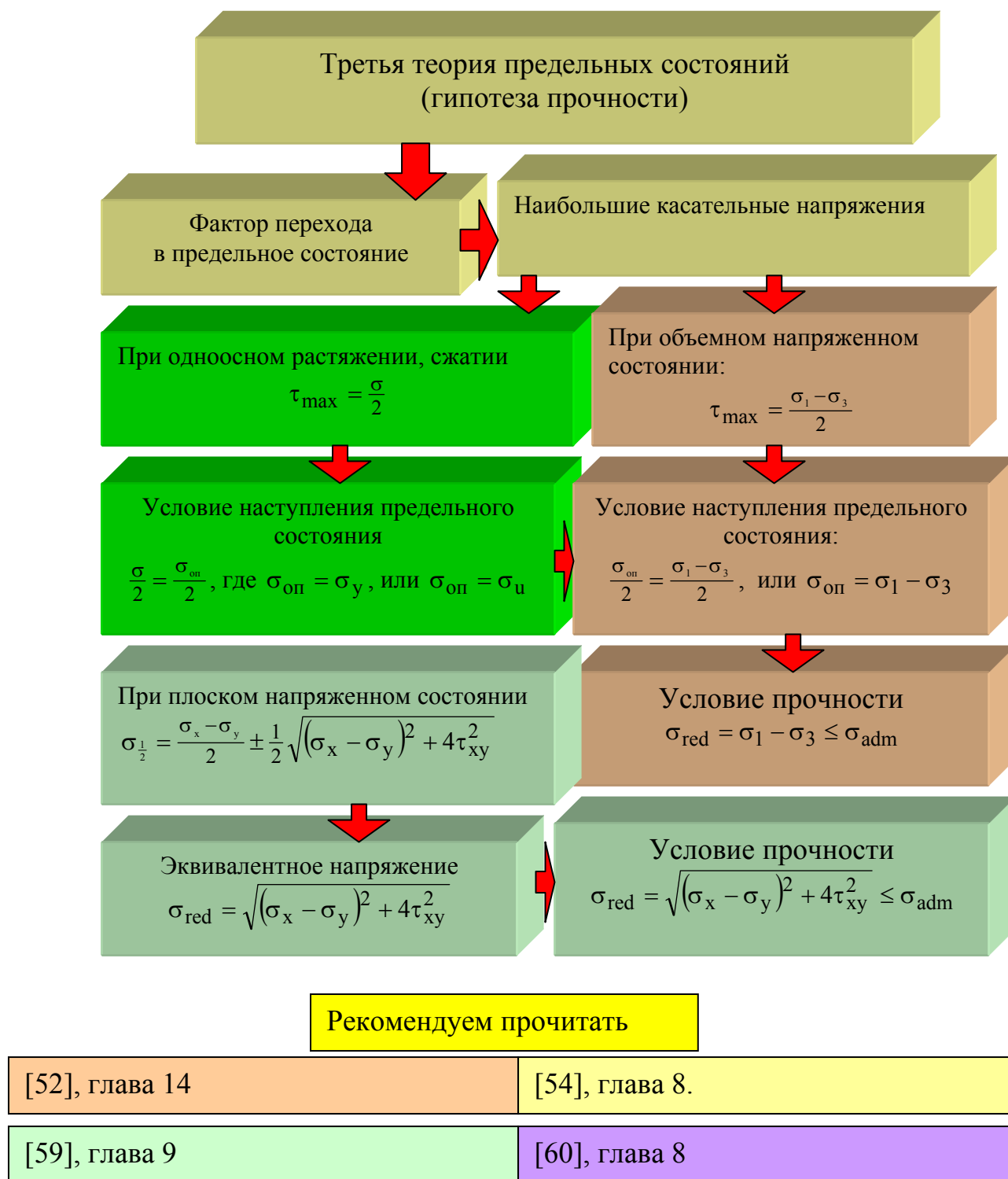


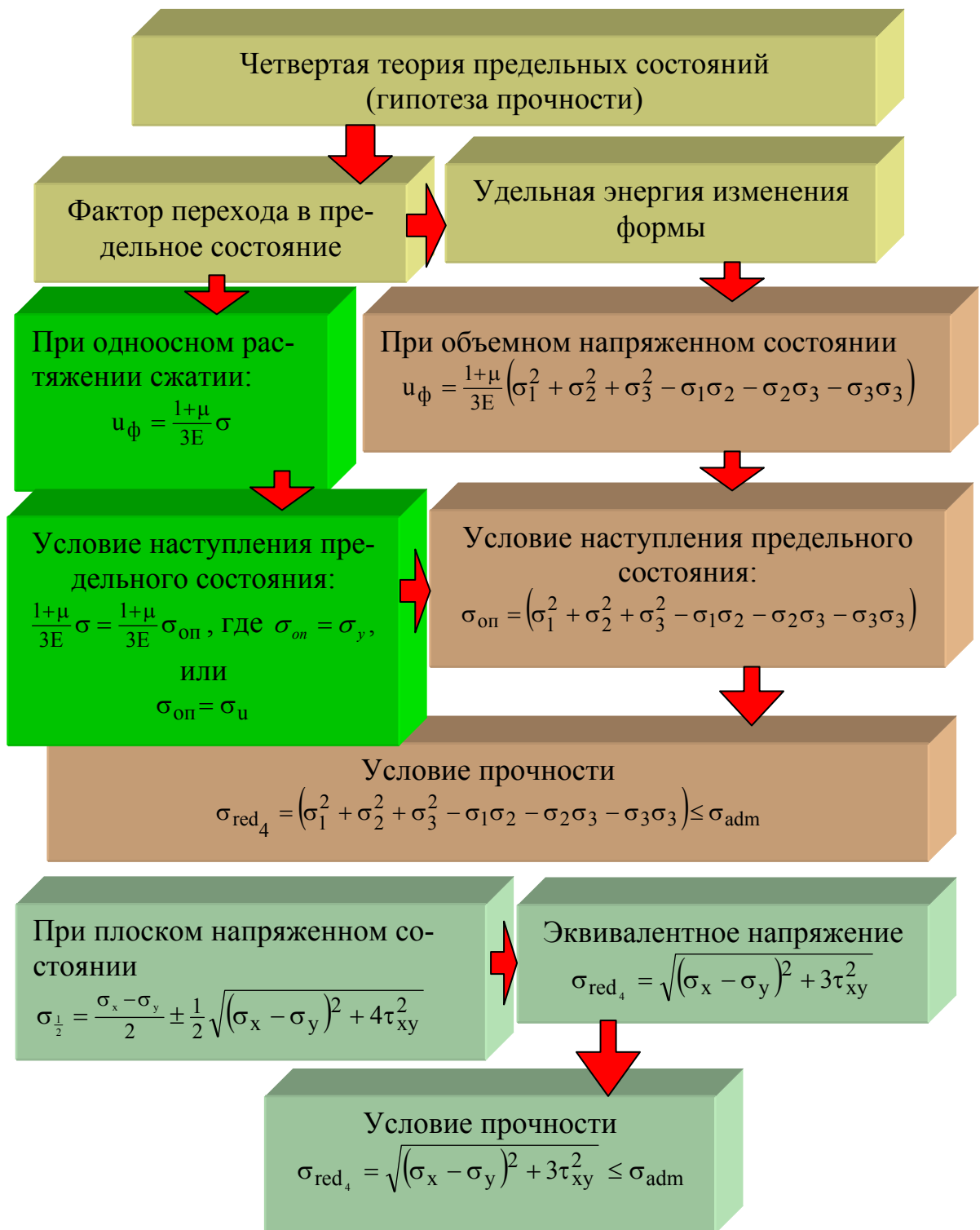
Схема 65. Третья теория прочности



Методические указания

Следует хорошо уяснить идею существования фактора предельного состояния независящего от вида напряженного состояния. Если этот фактор определен при линейном напряженном состоянии (при растяжении, сжатии), то

Схема 66. Четвертая теория прочности



такую же величину он будет иметь и при любом другом напряженном состоянии.

Обратите особое внимание на третью и четвертую теории предельных состояний. Следует провести сравнительный анализ формул расчета эквивалентных напряжений по третьей и четвертой теориям.

Изучив теорию, ответьте на вопросы самоконтроля.

Вопросы самоконтроля

1. Какой инвариантный⁴ фактор положен в основу третьей теории предельных состояний?
2. Какой инвариантный фактор положен в основу четвертой теории предельных состояний?
3. Чему равно эквивалентное напряжение по третьей теории прочности для случая плоского напряженного состояния?
4. Чему равно эквивалентное напряжение по четвертой теории прочности для случая плоского напряженного состояния?



Схема 67. Знания и умения после изучения модуля «Теории предельных состояний (теории прочности)»

⁴ Инвариант – величина независящая от вида напряженного состояния.



Основная цель данного модуля: изучить теорию и методику расчетов деталей машин и элементов конструкций при сложном нагружении (в поперечных сечениях бруса возникают от двух до шести внутренних силовых факторов).

Схема 68. Взаимосвязь модуля «Сложное сопротивление» с другими дисциплинами и модулями



Схема 69. Сложное сопротивление

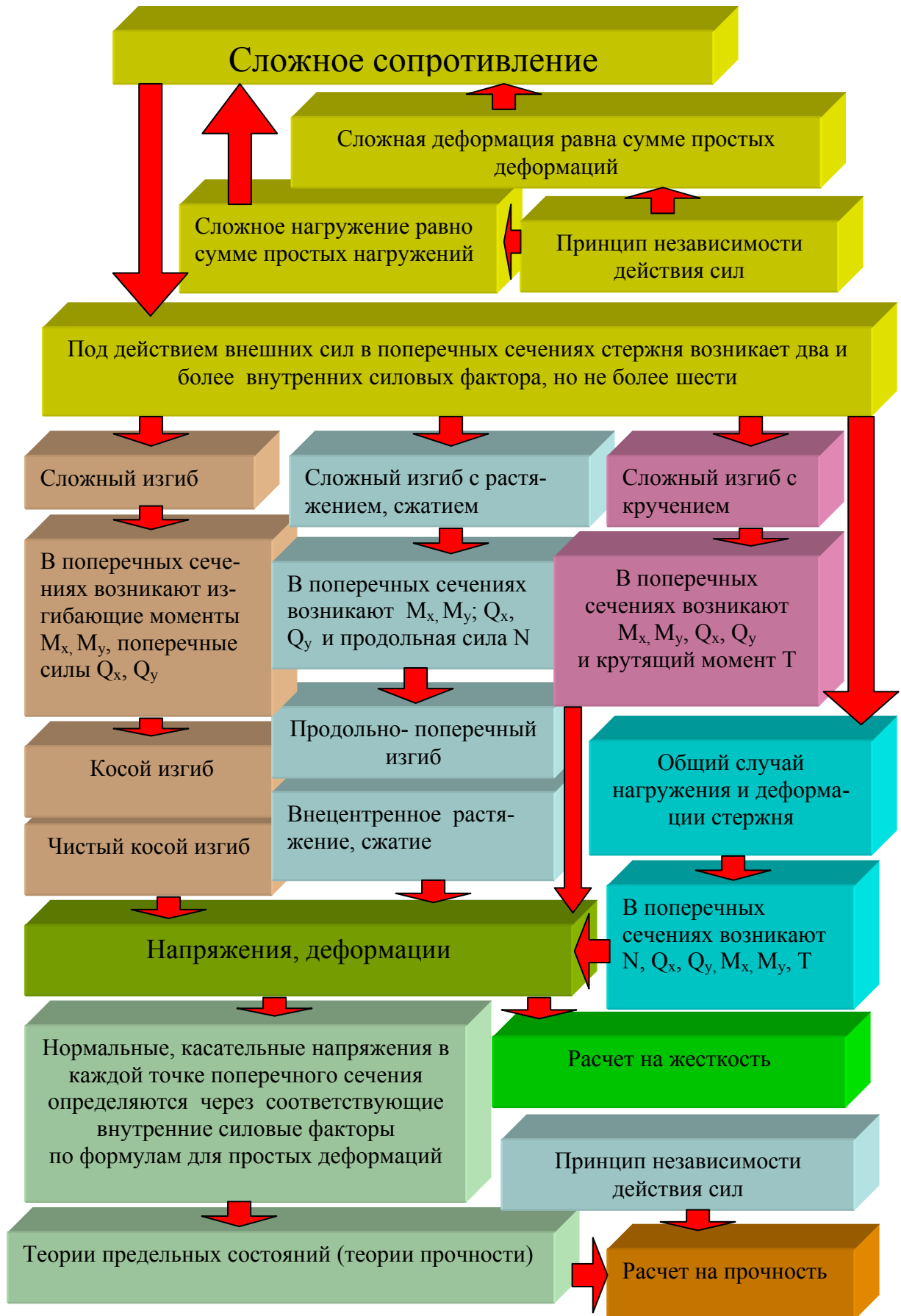


Схема 70. Алгоритм расчета на прочность при изгибе с кручением круглого вала

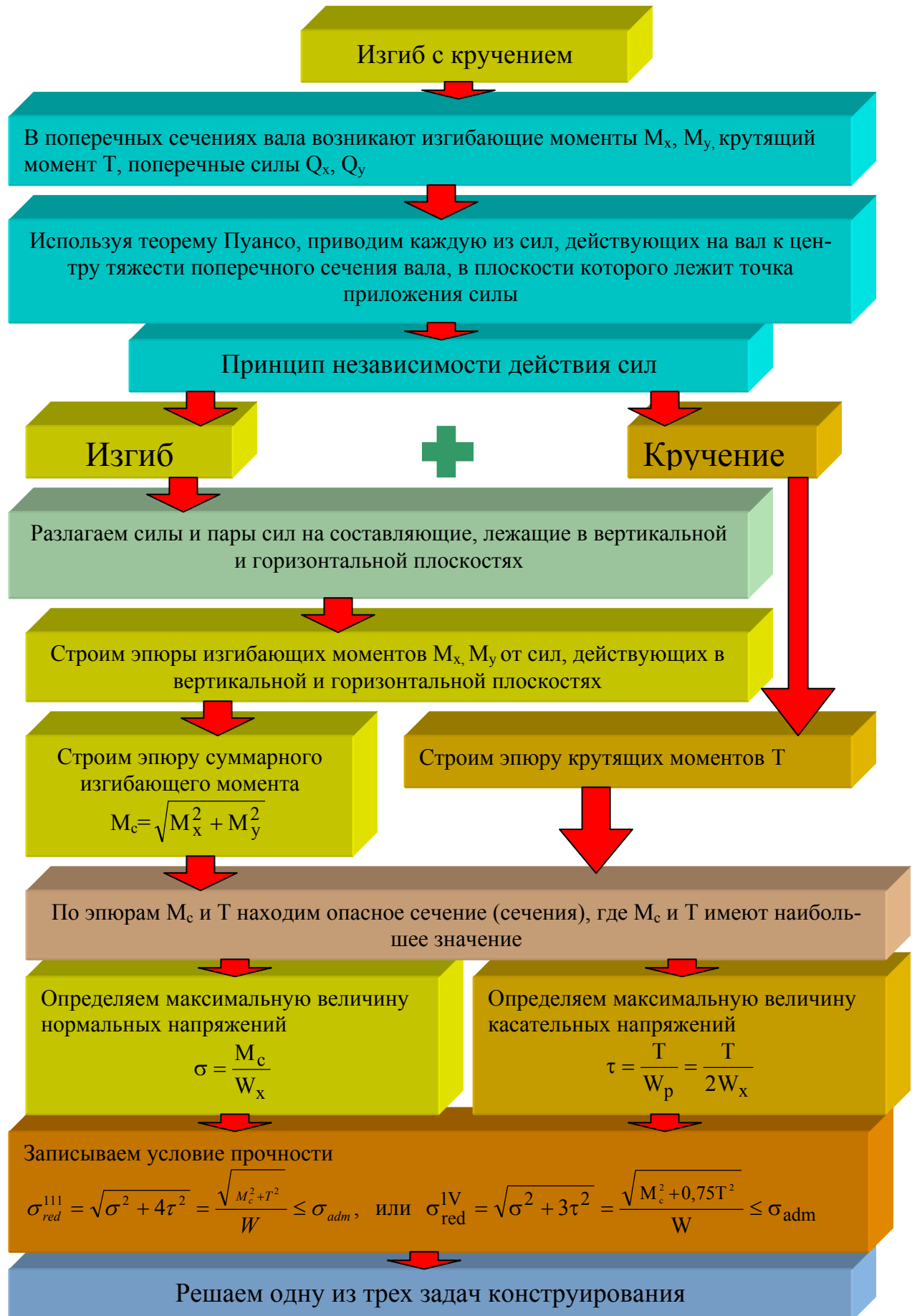


Схема 71. Алгоритм расчета на прочность при общем случае деформации и нагружения



4.9.1. Входной контроль знаний

Теоретическая механика

1. Сформулируйте теорему о параллельном переносе силы (теорему Пуансо).
2. К чему приводится произвольная пространственная система сил?
3. Чему равен главный вектор произвольной пространственной системы сил?
4. Чему равен главный момент произвольной пространственной системы сил?
5. Что называется векторным моментом пары сил?
6. Чему равна проекция главного вектора на какую-либо ось?
7. Чему равна проекция главного момента на какую-либо ось?

Ответьте на вопросы самоконтроля модулей А, Б, В, Г, Д, К, Л (см. с. 41, 55, 73, 80, 97, 103, 110).

Изучение теории

Изучение теории начните с информационно-логической схемы 69. Используя схему как путеводитель по теории, изучите по учебникам и конспектам тему «Сложное сопротивление». Не забывайте при этом использовать вопросник студента - почемушки.

Рекомендуем прочитать

[54], параграфы 34, 35, 100

[59], параграфы V17, V18

[60], глава 9

Методические указания

Сложное сопротивление вы должны представлять как сумму простых деформаций: растяжения, сжатия, кручения, плоского изгиба. На основе принципа независимости действия сил напряжения в каждой точке поперечного сечения бруса рассчитываются как алгебраическая сумма напряжений, возникших в этой точке от каждой простой деформации в отдельности. Затем решается проблема прочности при простом или сложном напряженном состоянии с использованием одной из теорий предельных состояний. Для решения задач сложного сопротивления вполне достаточно знаний, полученных при изучении простых деформаций.

После изучения материала по учебникам многократно повторите его по структурно-логическим схемам.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется сложным сопротивлением?
2. Приведите примеры сложного сопротивления.
3. Что называется сложным изгибом? Какие внутренние силовые факторы возникают при этом в поперечных сечениях балки?
4. Запишите формулу расчета нормальных напряжений при сложном изгибе.
5. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях балки при сложном изгибе с растяжением, сжатием? Запишите формулу для расчета нормальных напряжений в любой точке поперечного сечения балки при сложном изгибе с растяжением, сжатием.
6. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечном сечении вала при сложном изгибе с кручением?
7. Какие напряжения возникают в поперечном сечении вала при сложном изгибе с кручением?
8. Запишите формулу расчета нормальных напряжений в точках поперечного сечения вала при сложном изгибе с кручением.
9. Запишите формулу расчета касательных напряжений в поперечном сечении вала при сложном изгибе с кручением.
10. Запишите формулы расчета эквивалентных напряжений по третьей и четвертой теориям предельных состояний при сложном изгибе с кручением.
11. Запишите условие прочности при сложном изгибе с кручением.

Пройдите тестовый самоконтроль [45].

Лабораторные работы

На сложное сопротивление рабочими программами по сопротивлению материалов многих инженерных специальностей предусмотрены лабораторные работы по экспериментальной проверке теоретических положений курса.

1. Изгиб с кручением круглого бруса.
2. Косой изгиб.
3. Перемещения в балке при косом изгибе.
4. Продольно-поперечный изгиб.
5. Нормальные напряжения в плоских рамах.

По лабораторным практикумам [1, 3] изучите методику и технику проведения экспериментальных исследований по лабораторным работам, предусмотренным рабочей программой по вашей специальности. Под руководством преподавателя проведите эксперименты и обработайте их результаты. Подготовьте ответы на вопросы лабораторного практикума. Напишите и защитите отчеты по лабораторным работам.

4.9.3. Самостоятельное решение задач

Изучите методические указания по сложному сопротивлению [21-27]. Подробно рассмотрите один - два примера. Попробуйте самостоятельно воспроизвести решение. Если это удалось, то можно приступать к решению домашних задач, выполнению РПР, курсовой работы. Для более быстрого достижения положительных результатов в изучении практических вопросов, не забывайте пользоваться технологической картой (см. схему 15).

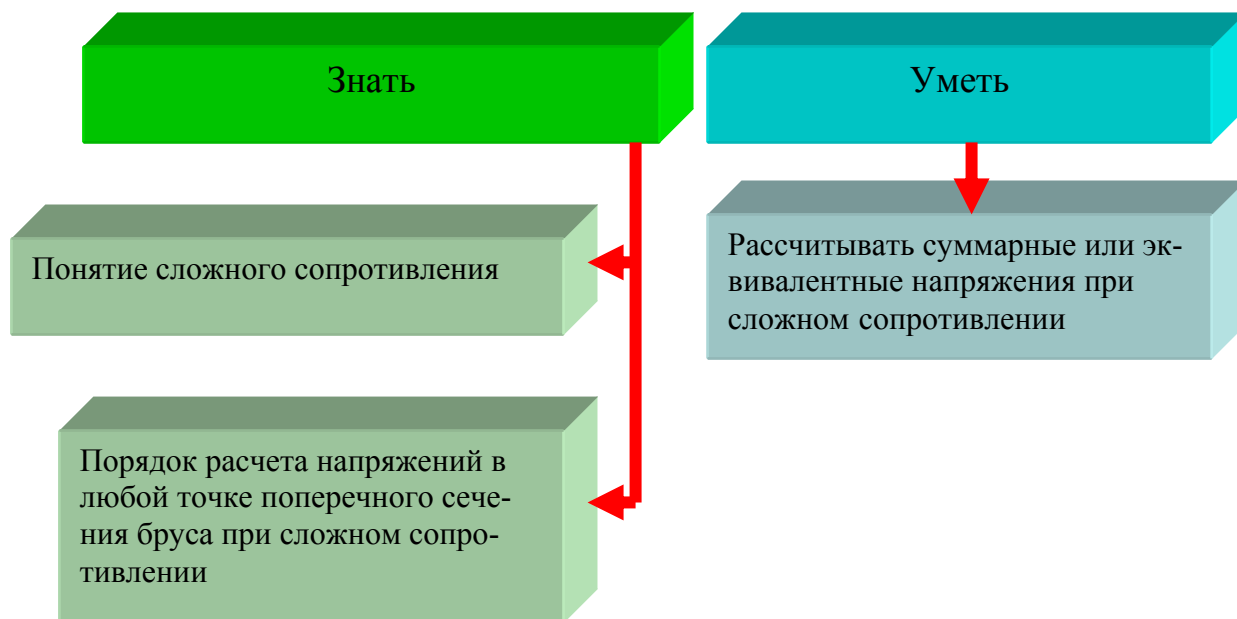


Схема 72. Результаты изучения модуля «Сложное сопротивление»



Основные цели данного модуля:

- 1) дать представление о явлении потери устойчивости;
- 2) освоить теорию и методику расчета сжатых стержней на устойчивость.

Схема 73. Взаимосвязь модуля «Устойчивость» с другими дисциплинами и модулями



4.10.1. Входной контроль знаний

Чтобы проверить, готовы ли вы к освоению данного модуля, ответьте на вопросы.

Математика

1. Какое уравнение называется линейным однородным уравнением второго порядка?
2. Как решается линейное однородное уравнение второго порядка?

Схема 74. Устойчивость сжатых стержней



3. Нарисуйте графики функций $y = \sin x$, $y = \cos x$. Чему равен период этих функций?
4. Чему равны производные от функций $y = \sin x$, $y = \cos x$?

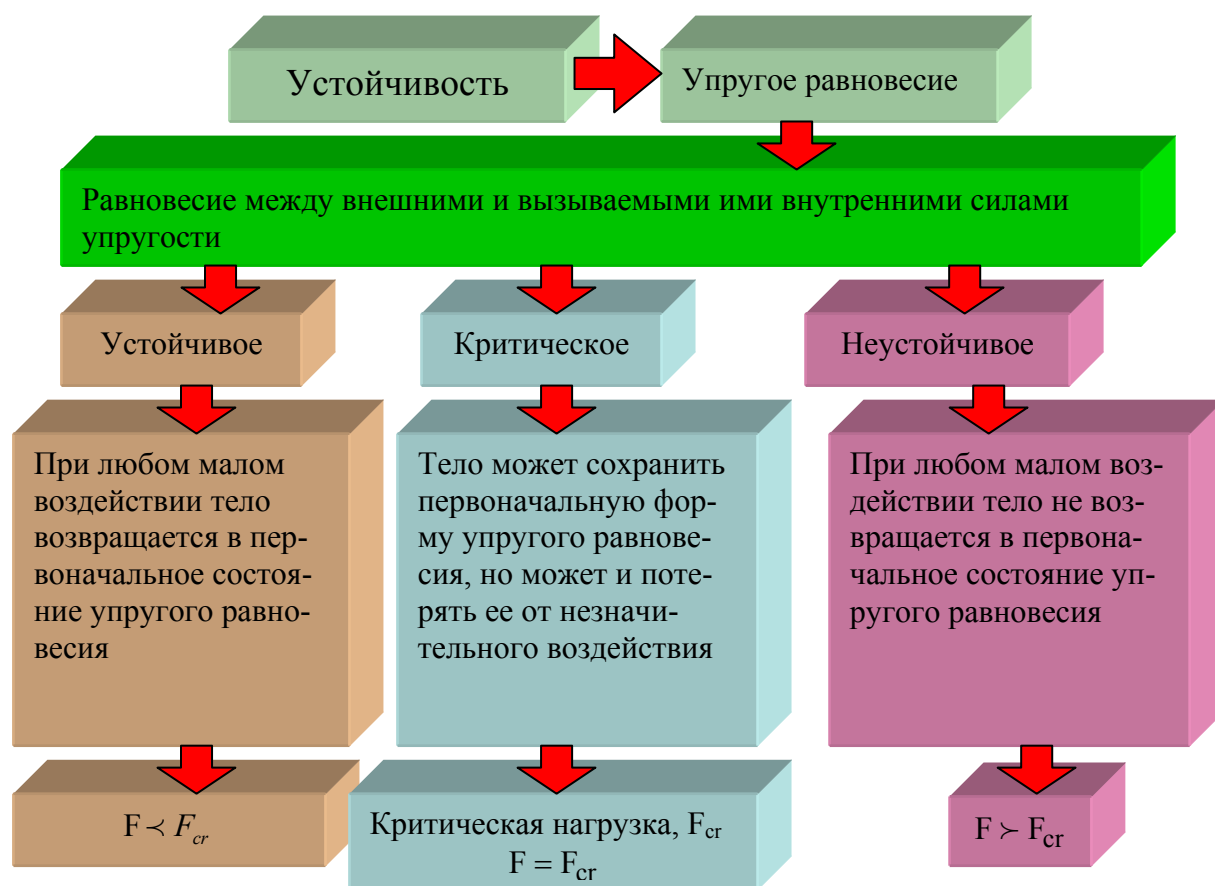
Теоретическая механика

1. Чему равен момент силы относительно точки?
2. Запишите условия равновесия плоской произвольной системы сил.

Сопротивление материалов

Ответьте на вопросы самоконтроля модулей «Введение», «Растяжение, сжатие», «Геометрические характеристики плоских сечений», «Изгиб» (см. с. 41 55, 80, 97).

Схема 75. Понятие устойчивости (упругого равновесия)



4.10.2. Изучение теории

Перед тем как изучать материал данного модуля по учебникам и конспектам лекций, внимательно рассмотрите информационно – логическую схему 74. Используя ее как путеводитель по теории, изучите проблему устойчивости.

Рекомендуем прочитать

[52], глава 15	[54], глава 14
[59], глава 12	[60], глава 10

Для повторения материала используйте структурно-логические схемы 75-78. Не забывайте использовать технологическую схему 15.

Схема 76. Формула Эйлера для определения критической силы

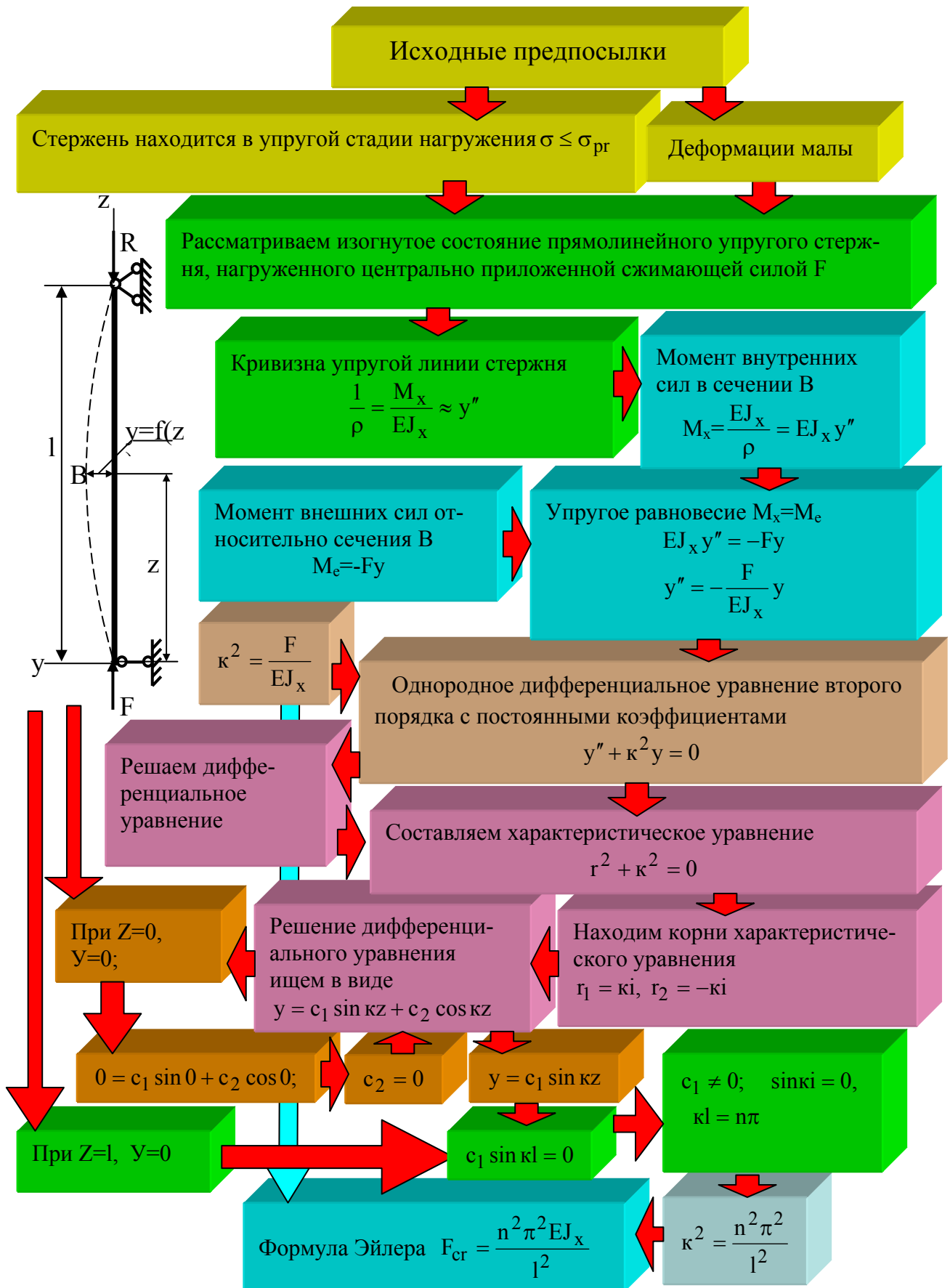


Схема 77. Пределы применимости формулы Эйлера

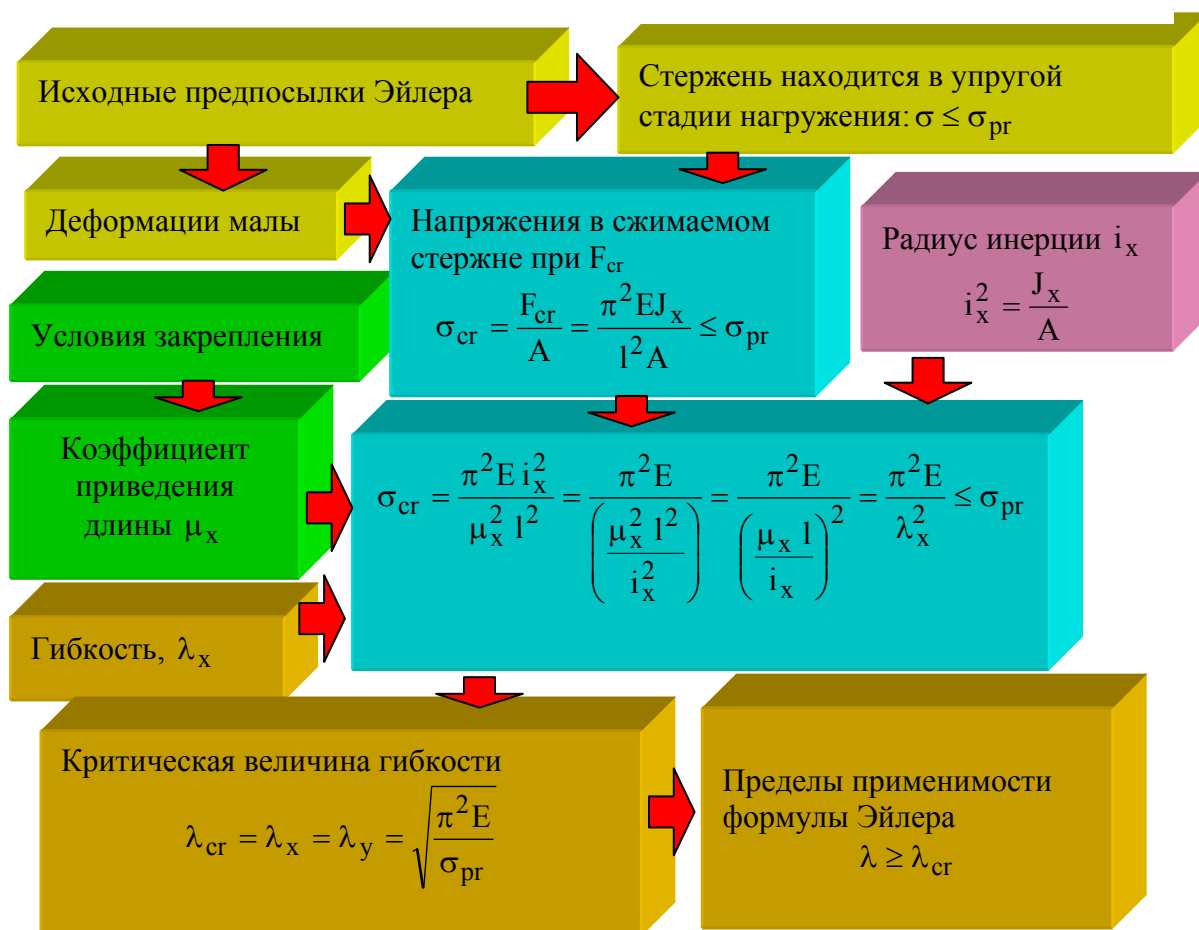


Схема 78. Критическое напряжение при сжатии и гибкость стержня

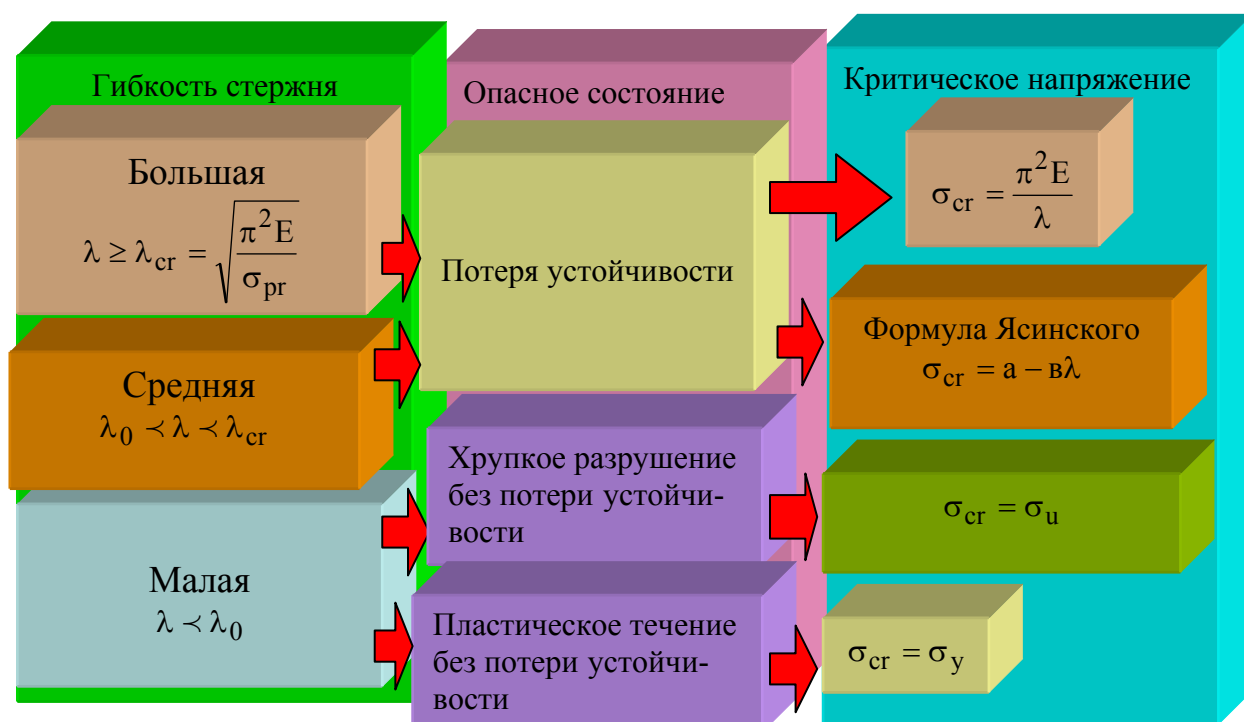
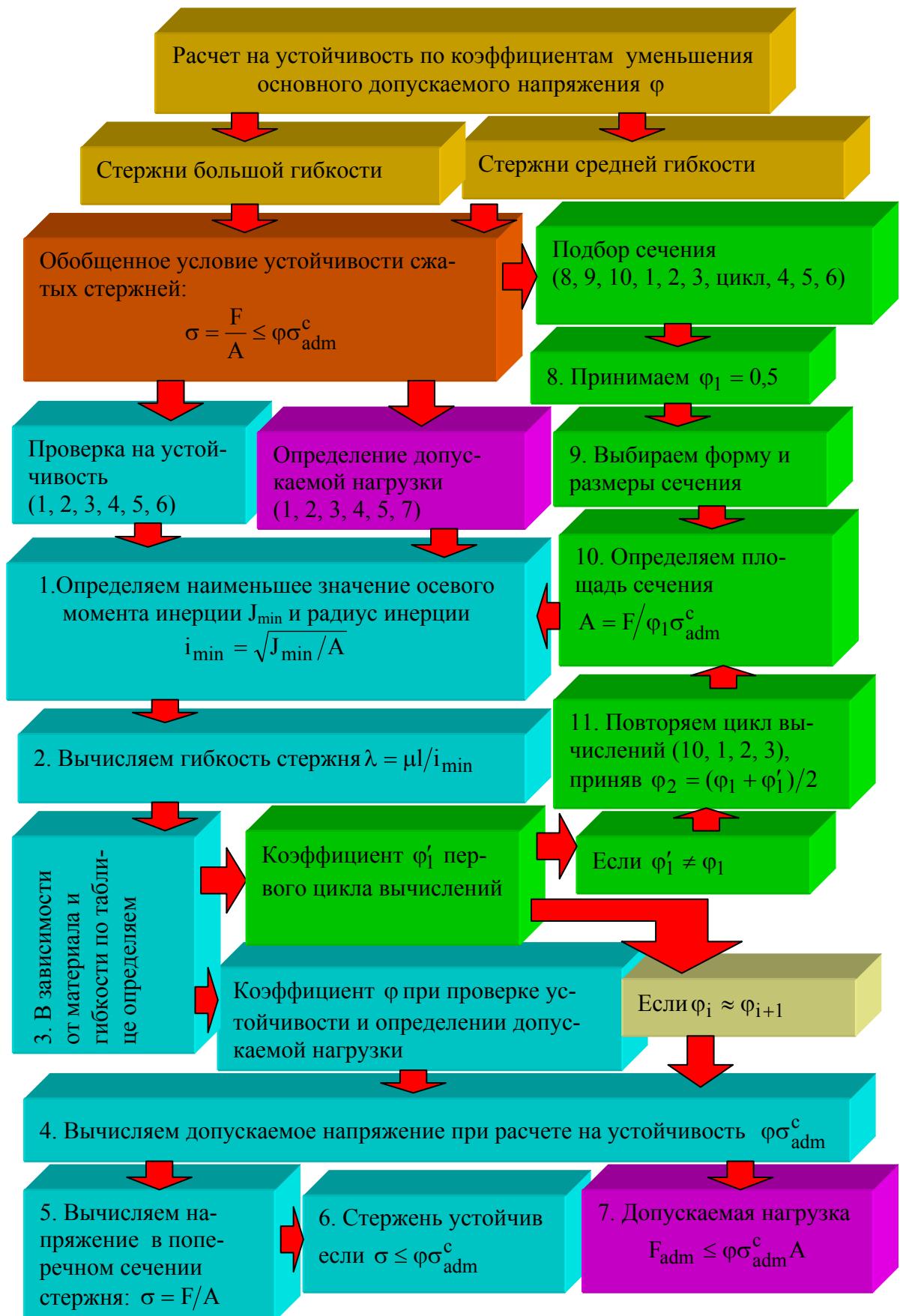


Схема 78. Обобщенное условие устойчивости. Основные типы задач



Методические указания

Обратите внимание на то, что явление потери устойчивости наблюдается уже при напряжении, не превышающем предела пропорциональности, при котором невозможно разрушение от потери прочности. Однако детали машин и элементы конструкций при этом напряжении могут мгновенно потерять устойчивость и разрушиться. В этом основная опасность потери устойчивости. Наступление этого состояния существенно зависит от гибкости стержня. При большой гибкости для расчета критических напряжений используется формула Эйлера, для средней гибкости – эмпирическое уравнение Ясинского.

Решение проектировочной задачи (подбор сечения) производится методом последовательных приближений.

Чтобы оценить уровень знаний, ответьте на вопросы самоконтроля.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается явление потери устойчивости сжатого стержня?
2. Какая сила называется критической?
3. По какой формуле рассчитывается критическая сила для стержня большой гибкости?
4. Что произойдет с величиной критической силы, если длину стержня увеличить в три раза?
5. Что называется гибкостью стержня?
6. Каковы пределы применимости формулы Эйлера?
7. Зависит ли величина критической силы от условий закрепления стержня? Как это учитывается в расчетах?
8. По какой формуле рассчитывается критическое напряжение для стержней малой и средней гибкости?
9. Запишите условие устойчивости сжатого стержня.
10. Расскажите последовательность решения проектировочной задачи (подбор поперечного сечения) из условия устойчивости.

Лабораторные работы

Теория устойчивости сжатых стержней проверяется студентами при выполнении лабораторной работы «Продольный изгиб». По лабораторному практикуму [1] изучите теорию и технику проведения экспериментальных исследований, подготовьте ответы на вопросы лабораторного практикума.

Под руководством преподавателя или лаборанта проведите экспериментальные исследования, обработайте результаты и напишите отчет.

При подготовке и проведении лабораторной работы не забывайте задавать самому себе и преподавателю любимые вопросы студента-почемучки (см. схему 13).

Самостоятельное решение задач

Начните с изучения методических указаний по расчету на устойчивость [19-20]. Подробно разберитесь с одним - двумя примерами. Постарайтесь самостоятельно воспроизвести решение этих задач. Непременно пользуйтесь технологической картой (см. схему 15).

Если вы без затруднений воспроизвели решение, то можете приступить к решению домашних задач, РПР, курсовой работы.



Схема 79. Результаты изучения модуля «Устойчивость»



Основные цели данного модуля:

- 1) дать общие представления об усталости материалов;
- 2) освоить теорию и простейшие методики детерминированных (не статистических) методов расчета на выносливость.

Схема 80. Взаимосвязь модуля «Усталость» с другими дисциплинами и модулями

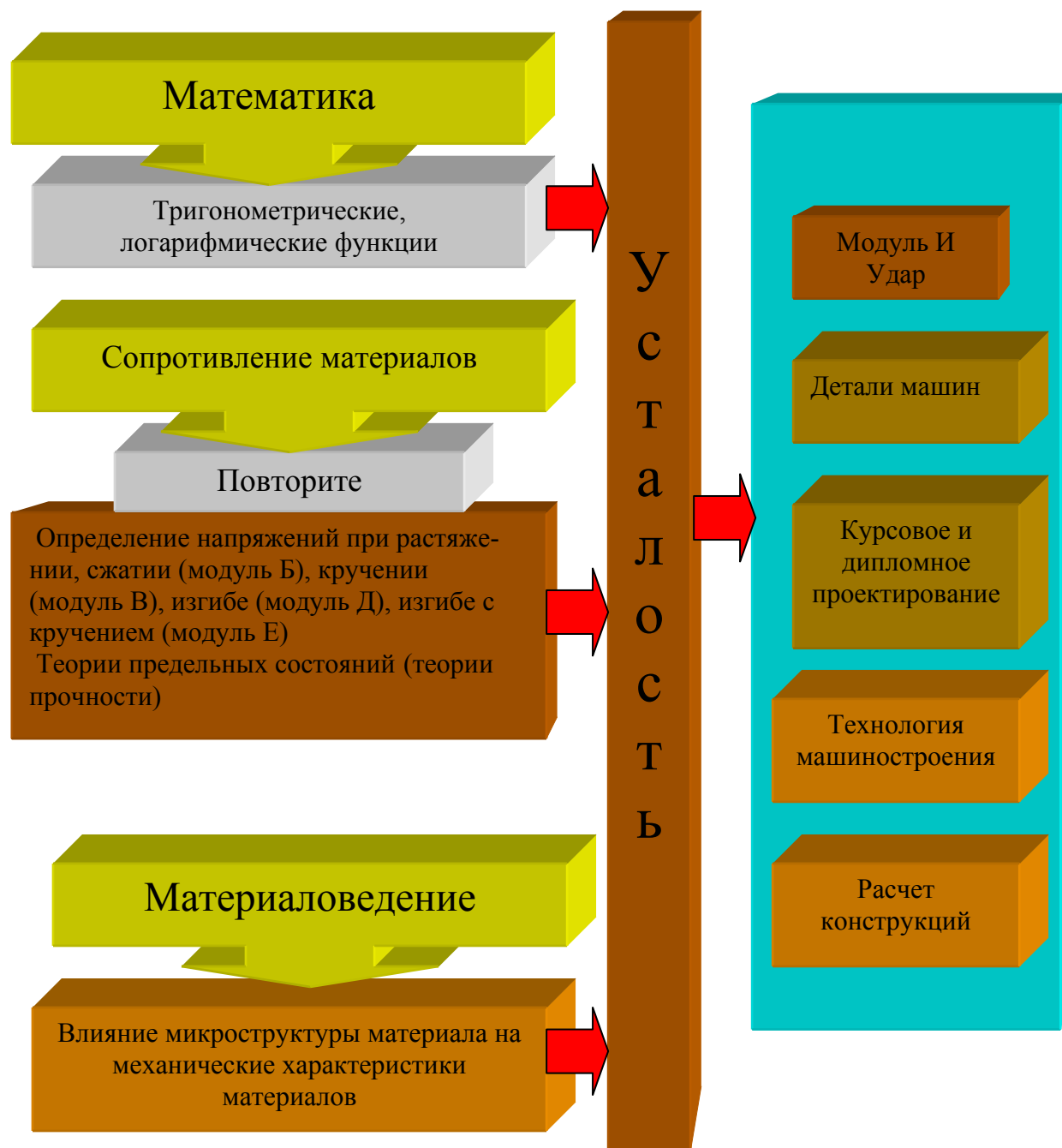


Схема 81. Сопротивление материалов действию повторно-переменных напряжений



4.11.1. Входной контроль знаний

Прежде чем приступить к изучению модуля, необходимо проверить минимальный уровень знаний, необходимый для его изучения и понимания.

Математика

1. Нарисуйте графики функций $y = \sin x$, $y = \cos x$.
2. Нарисуйте графики функций $y = \sin x + a$, $y = \cos x + c$.
3. Нарисуйте график функции $y = \ln x$.

Сопротивление материалов

4. Ответьте на вопросы самоконтроля модулей «Растяжение, сжатие», «Сдвиг. Кручение», «Изгиб», «Сложное сопротивление», «Теории предельных состояний» (см. с. 55, 73, 97, 110, 117).

Материаловедение

5. Как влияет содержание углерода в стали на предел прочности, предел текучести углеродистых сталей?
6. Как влияет размер зерна (структурной составляющей) на предел текучести и предел прочности материалов?

4.11.2. Изучение теории

Путеводителем по теории модуля «Усталость» является информационно логическая схема 81. Используя ее, изучите каждый термин, каждое определение, формулу, методику по учебникам и конспектам лекций.

Рекомендуем прочитать

[52], глава 19	[54], глава 13
[59], глава 11	[60], глава 12

Методические указания

Усталостное разрушение одно из самых распространенных. Происходит в большинстве случаев при напряжениях много меньше предела упругости (малоцикловая усталость). В этом состоит главная опасность усталостного разрушения. Из-за сложности явления процесс усталостного разрушения еще до конца не понят и не имеет аналитического описания. Методики расчетов построены на основе экспериментальных исследований ограниченного круга металлов и дают удовлетворительные результаты только для этих материалов в пределах установленных в эксперименте ограничений и принятых гипотез.

Следует хорошо разобраться с терминологией, уяснить понятие предела выносливости для симметричного и несимметричного циклов нагружения. Особое внимание обратите на практические меры повышения выносливости реальных деталей машин и элементов конструкций. Влияние какого-либо фактора на предел выносливости неразрывно связано с условиями эксплуатации, величиной и состоянием зеренной, фазовой структуры металла. Чтобы использовать в расчете на выносливость экспериментальные данные, необходимо точно знать условия их получения. Изменение условий работы может привести к инверсии влияния фактора на предел выносливости.

Многократно повторите теорию по структурно-логическим схемам 82-.

По окончании изучения теории проверьте свои знания по вопросам самоконтроля.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется усталостью?
2. Что называется сопротивлением усталости?
3. Какое разрушение называется усталостным?
4. Что называется пределом выносливости?
5. Как определяется предел выносливости при несимметричном цикле?
6. Каково влияние абсолютных размеров детали на выносливость?
7. Как влияет на предел выносливости концентрация напряжений?
8. Как влияет на предел выносливости состояние поверхности и приповерхностного объема детали?
9. Как определяется коэффициент запаса прочности при симметричном цикле нагружения?
10. Как определяется коэффициент запаса прочности при несимметричном цикле нагружения?
11. Как определяется коэффициент запаса прочности при изгибе с кручением круглого вала?

Схема 82. Особенности разрушения при повторно-переменном нагружении



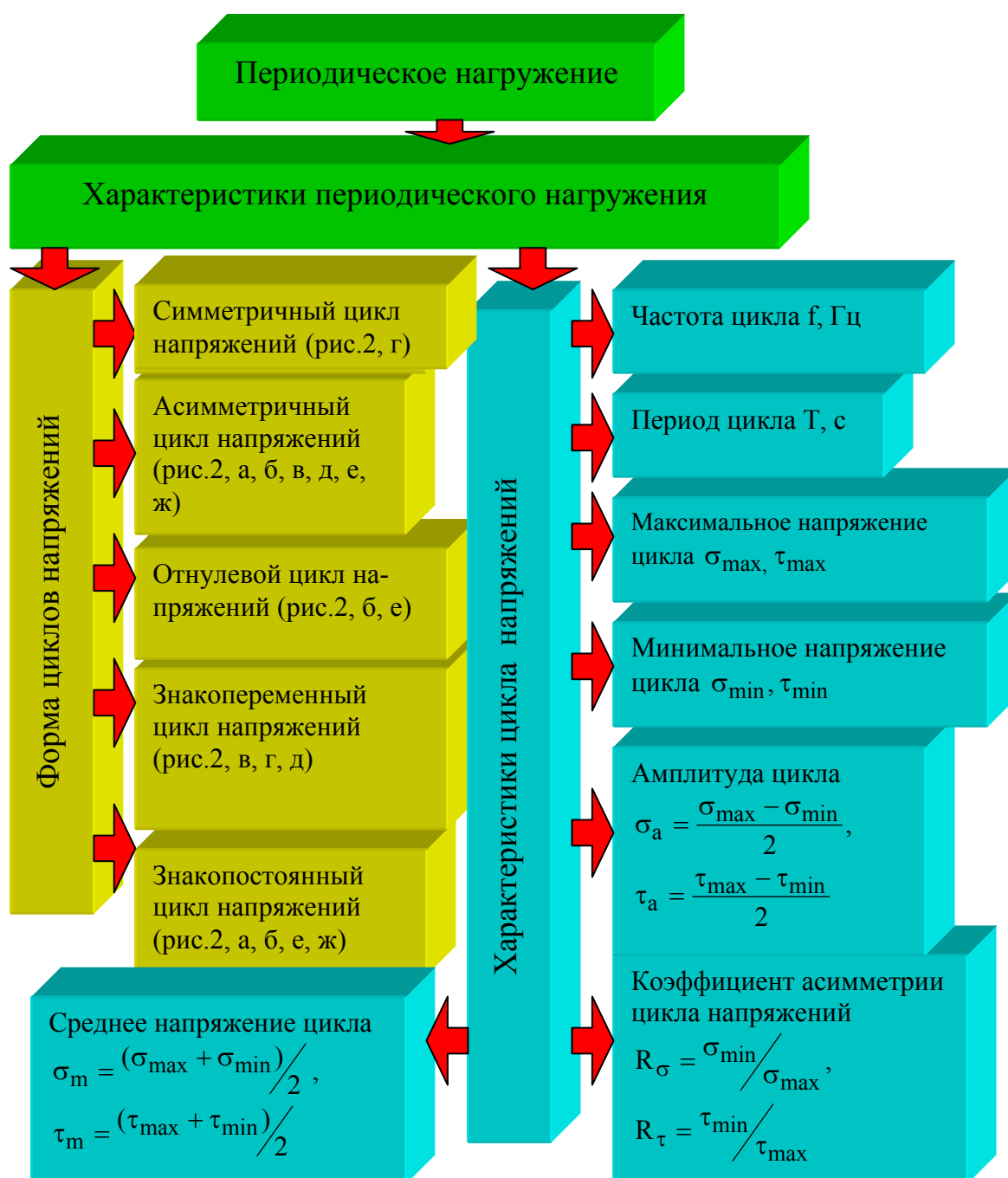
Усталость – процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений, приводящих к изменению его свойств, образованию и развитию трещин и разрушению.

Сопротивление усталости – свойство материала противостоять усталости.

Усталостное повреждение – необратимое изменение физико-механических свойств материала объекта под действием переменных напряжений.

Усталостное разрушение – разрушение материала нагружаемого объекта до полной потери прочности или работоспособности вследствие распространения усталостной трещины.

Схема 83. Основные характеристики периодического нагружения



Усталостная трещина – частичное разделение материала под действием переменных напряжений

Усталостный излом – поверхность раздела, возникающая при усталостном разрушении.

Долом – часть усталостного излома, возникающая в завершающей стадии разрушения из-за недостатка прочности сечения по трещине.

Малоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит при упругопластическом деформировании.

Многоцикловая усталость – усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит в основном при упругом деформировании.

Регулярное нагружение – нагружение характеризующееся периодическим законом изменения нагрузок с одним максимумом и одним минимумом в течение одного периода при постоянстве параметров цикла напряжений в течении всего времени испытаний или эксплуатации.

Периодическое нагружение – нагружение, характеризующееся периодическим изменением нагрузок.

Закон нагружения – функция, характеризующая изменение нагрузок во времени.

Цикл напряжений – совокупность последовательных значений напряжений за один период их изменения (рис. 1) при регулярном нагружении.

Частота циклов – отношение числа циклов напряжений к интервалу времени их действия.

Период цикла – продолжительность одного цикла напряжений.

Максимальное напряжение цикла – наибольшее по алгебраическому значению напряжение цикла.

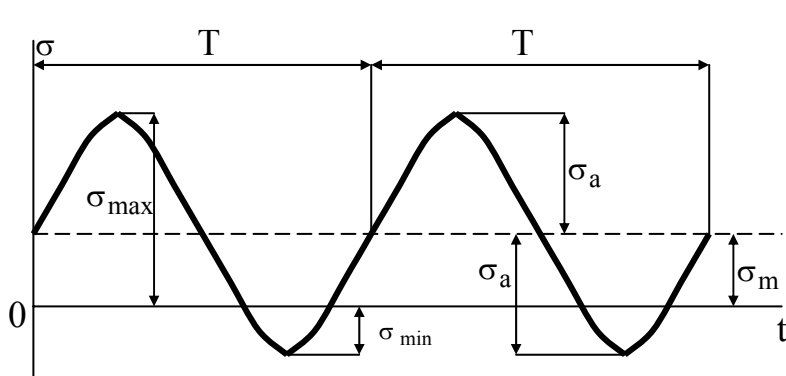


Рис. 1. Схема цикла напряжений и его характеристики

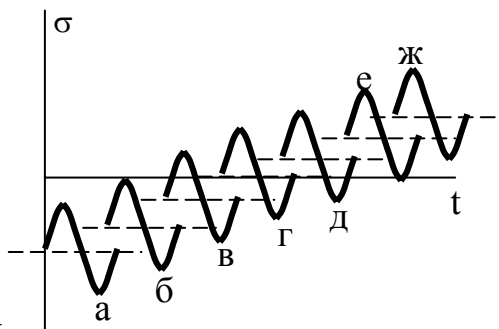


Рис. 2. Циклы напряжений

Минимальное напряжение цикла – наименьшее по алгебраическому значению напряжение цикла.

Подобные циклы – циклы, у которых коэффициенты асимметрии одинаковы.

Основные характеристики сопротивления усталости

Циклическая долговечность, N – число циклов напряжений, выдержанных нагруженным объектом до образования усталостной трещины определенной протяженности или до усталостного разрушения.

Кривая усталости – график, характеризующий зависимость между максимальными напряжениями или амплитудами цикла и циклической долговечностью одинаковых образцов, построенный по параметру среднего напряжения или по параметру коэффициента асимметрии цикла.

Базовое число циклов, N_0 – максимальное число циклов напряжений, ограничивающее продолжительность испытаний образцов без разрушения.

Схема 84. Характеристики сопротивления усталости



Рис. 3. Кривая усталости

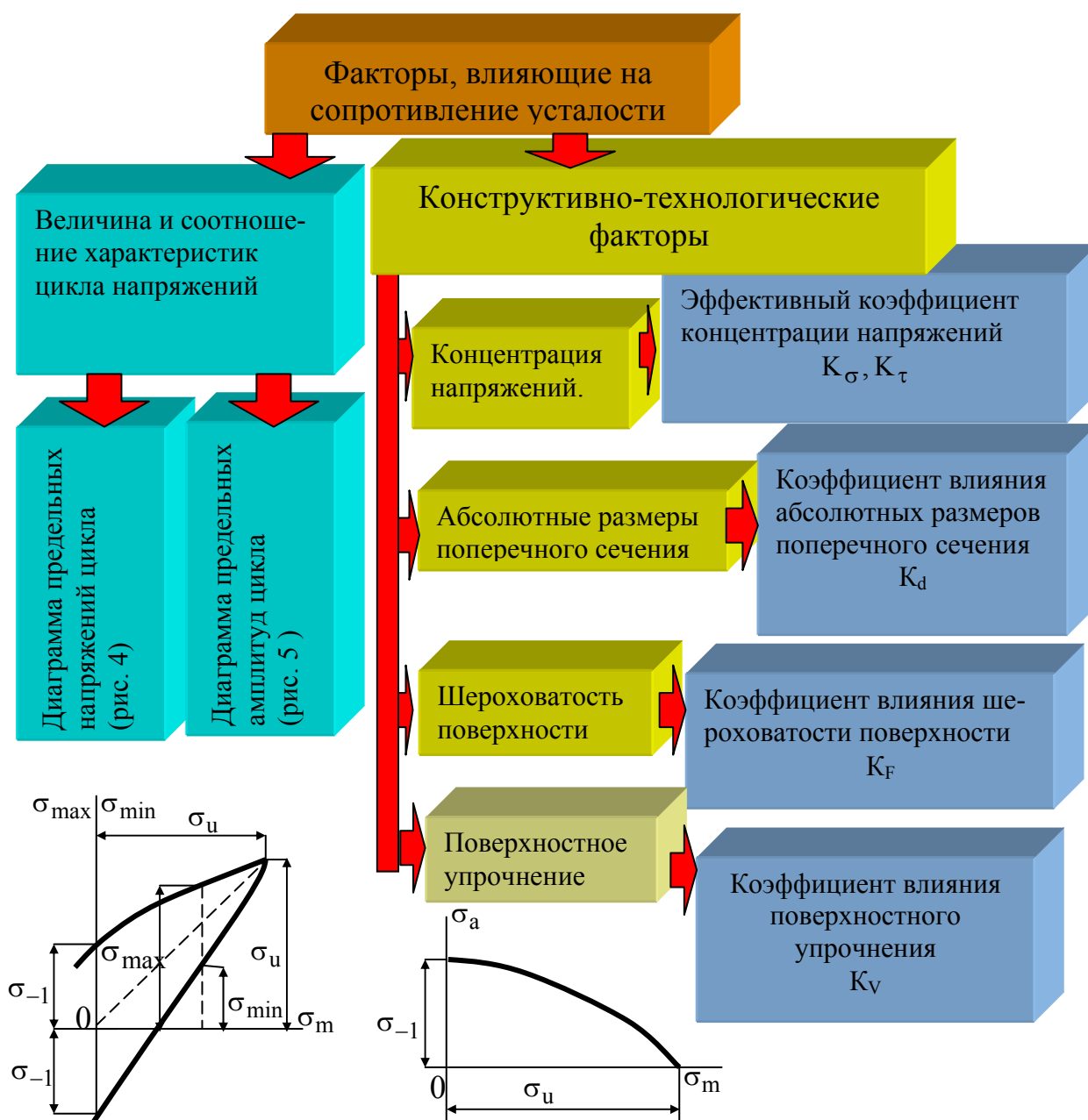
Предел выносливости, σ_R, τ_R – при коэффициенте асимметрии цикла R максимальная амплитуда напряжений, при которой еще не происходит усталостное разрушение до базы испытаний.

Предел ограниченной выносливости σ_{RN} , τ_{RN} - максимальная амплитуда напряжений, соответствующая задаваемой циклической долговечности.

Предел выносливости при симметричном цикле ($R=-1$) σ_{-1} , τ_{-1} - предел выносливости, определенный по результатам испытаний на усталость при симметричном цикле напряжений.

Предел выносливости при отнулевом цикле напряжений ($R=0$) - предел выносливости, определенный по результатам испытаний на усталость при отнулевом цикле напряжений.

Схема 85. Основные факторы, влияющие на сопротивление усталости



Предельная амплитуда цикла – амплитуда напряжения, соответствующая пределу выносливости.

Предельные напряжения цикла – максимальное и минимальное напряжения цикла, соответствующие пределу выносливости.

Диаграмма предельных напряжений цикла – график, характеризующий зависимость между значениями предельных напряжений и значениями средних напряжений цикла для заданной долговечности (рис. 4).

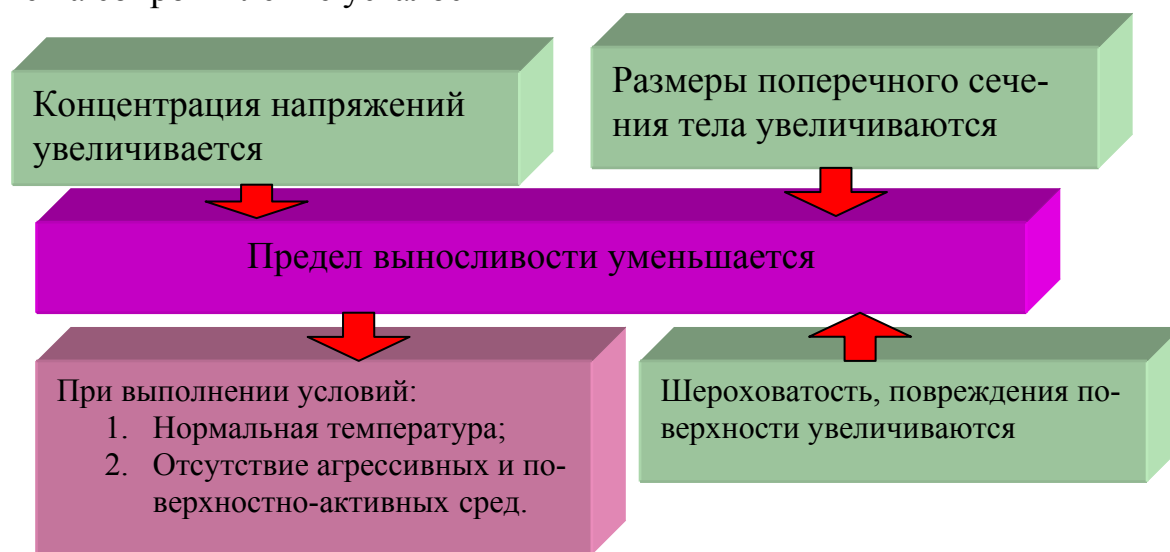
Диаграмма предельных амплитуд цикла – график, характеризующий зависимость между значениями предельных амплитуд и значениями средних напряжений цикла для заданной долговечности (рис. 5).

Эффективный коэффициент концентрации напряжений K_σ, K_τ – это отношение пределов выносливости стандартных лабораторных образцов к пределу выносливости образцов с концентрацией напряжений, имеющих такие же абсолютные размеры сечения, как и гладкие образцы:

$$K_\sigma = \frac{\sigma_R}{\sigma_{R_H}}, \quad K_\tau = \frac{\tau_R}{\tau_{R_H}},$$

где σ_{R_H}, τ_{R_H} – предел выносливости образцов с надрезом.

Схема 86. Изменения конструктивно-технологических факторов и их влияние на сопротивление усталости



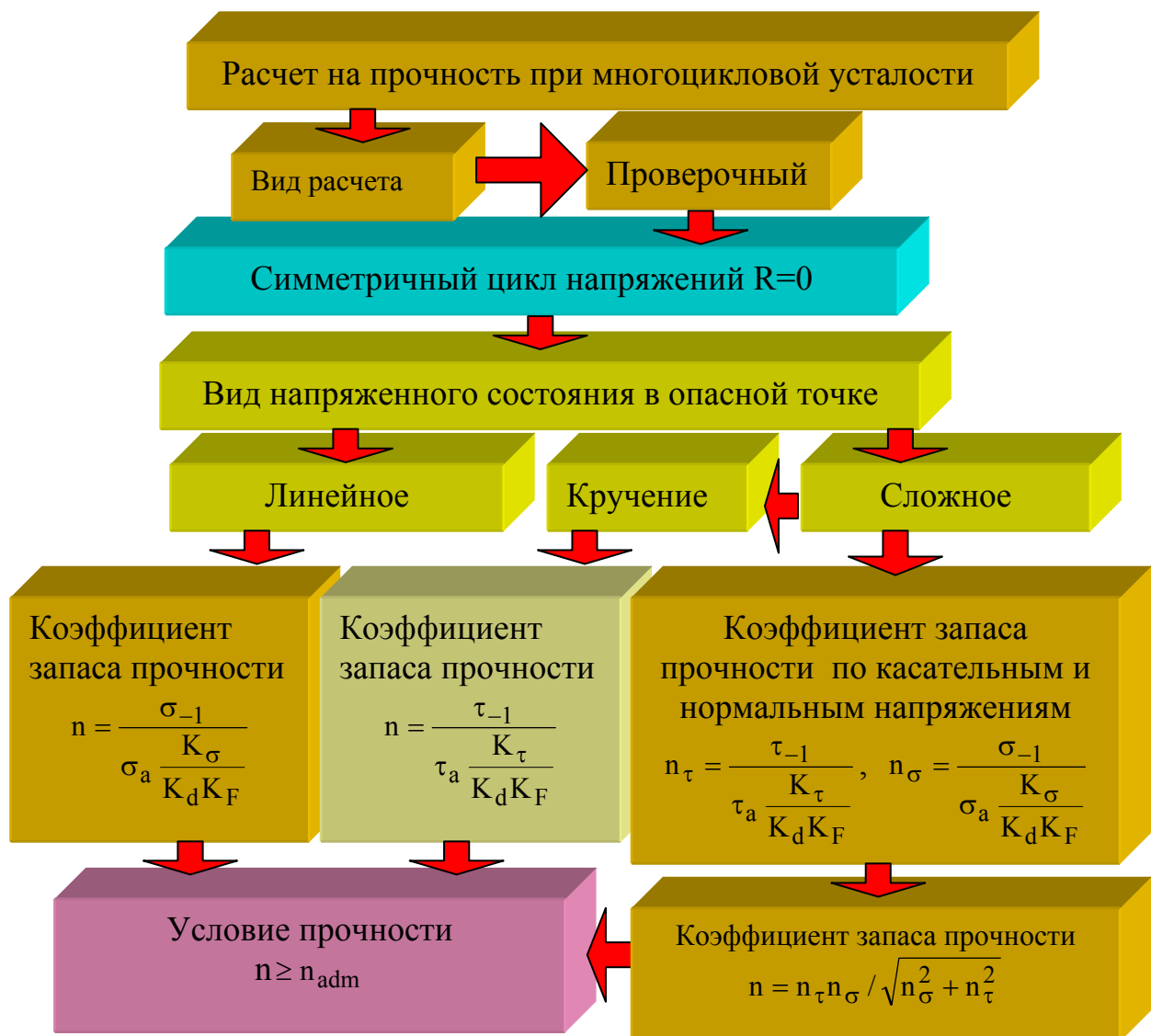
Коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения K_d – отношение предела выносливости σ_{Rd} гладких образцов диаметром d к пределу выносливости σ_R стандартных образцов

$$K_d = \frac{\sigma_{Rd}}{\sigma_R}.$$

Коэффициент влияния шероховатости поверхности K_F – отношение предела выносливости образцов с данной шероховатостью поверхности к пределу выносливости образцов с поверхностью не грубее Ra 0,32 по ГОСТу 2789-73:

$$K_F = \frac{\sigma_{RF}}{\sigma_R}.$$

Схема 87. Расчет на прочность при симметричном цикле напряжений



Коэффициент влияния поверхностного упрочнения K_V – отношение предела выносливости упрочненных образцов к пределу выносливости не упрочненных образцов:

$$K_V = \frac{\sigma_{Rv}}{\sigma_R}.$$

Поверхностное упрочнение может приводить как к увеличению предела выносливости, так и к его уменьшению.

4.11.3. Самостоятельное решение задач

Подготовку к самостоятельному решению задач начните с изучения методического пособия [1]. Расчет на выносливость является проверочным расчетом. Посмотрите пример решения задачи проверочного расчета вала на выносливость при совместном изгибе с кручением. Воспроизведите расчеты самостоятельно. Если вы легко повторили решение, то можно приступать к решению домашней задачи, РПР, курсовой работы.

Схема 88. Расчет на прочность при несимметричном цикле напряжений

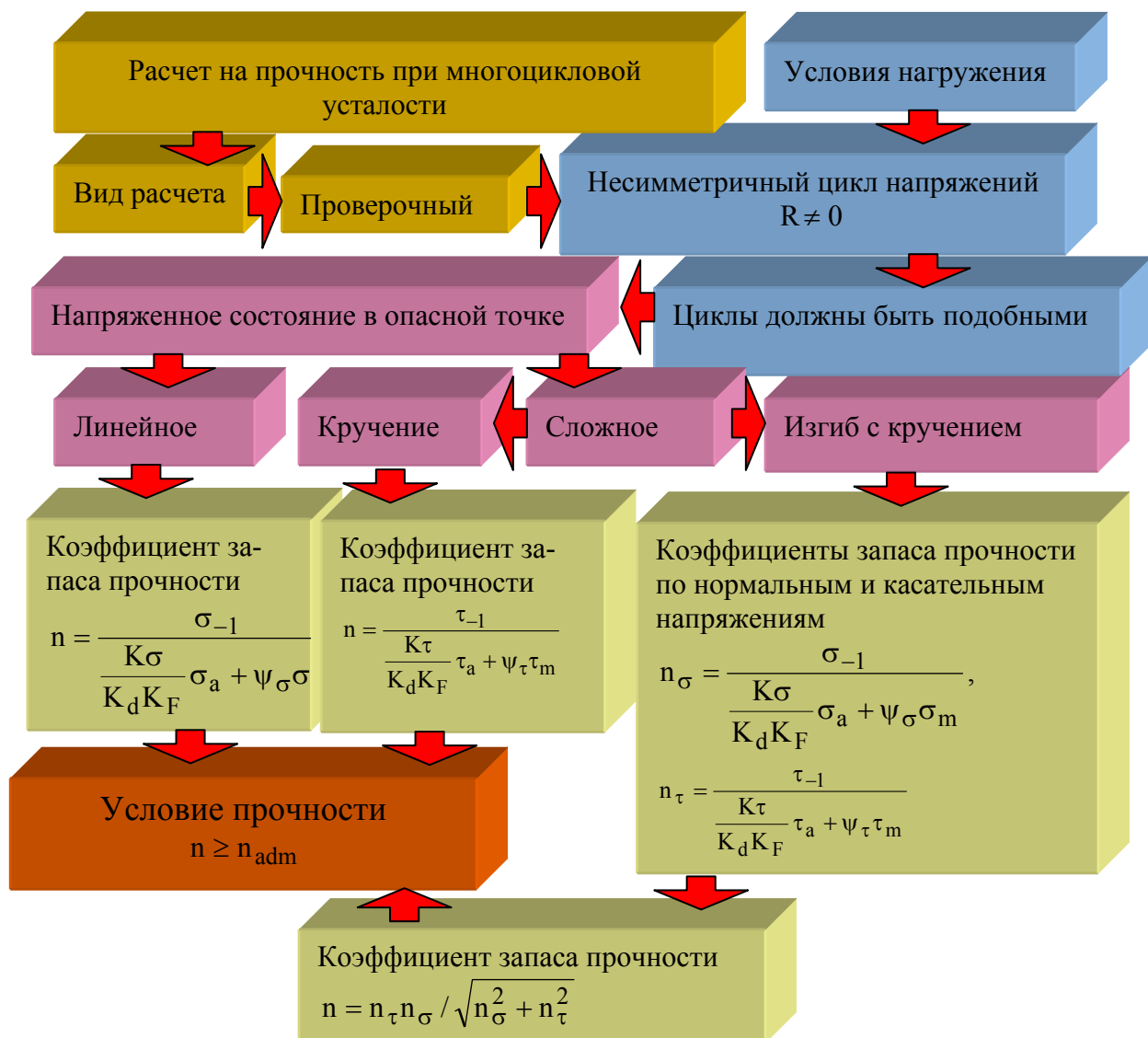
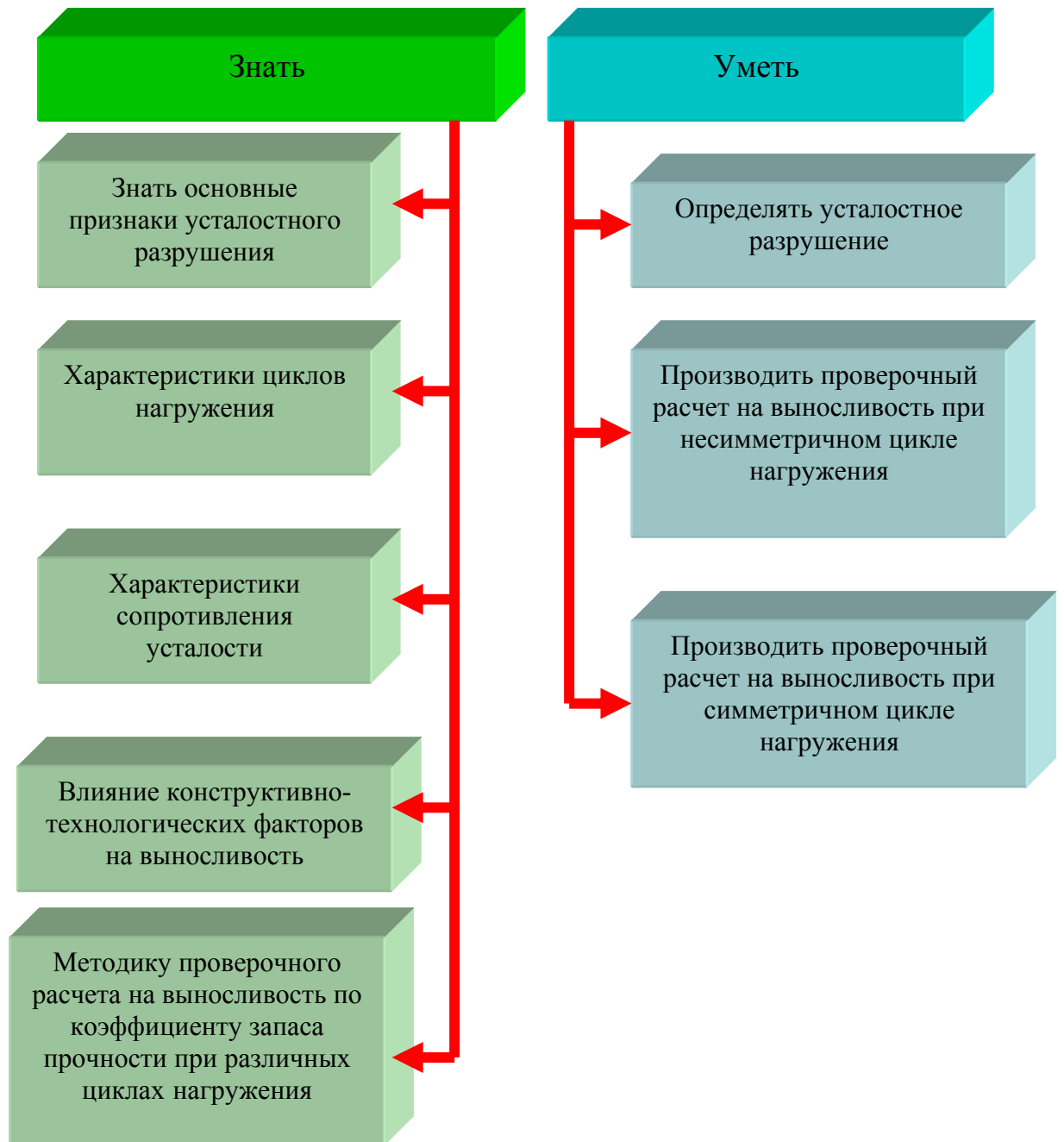


Схема 89. Результаты изучения модуля «Усталость»





Основная цель данного модуля: дать элементарные представления об ударе и расчете простейших элементов конструкций на прочность при ударных воздействиях.

Схема 90. Взаимосвязь модуля «Удар» с другими дисциплинами



Схема 91. Динамические нагрузки. Удар





Схема 92. Колебания системы с одной степенью свободы

4.12.1. Входной контроль знаний

Математика

1. Чему равны корни квадратного уравнения?
2. Запишите общий вид однородного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.
3. Как решается однородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами?
4. Какой вид имеет неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами?
5. Как решается неоднородное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами?

Теоретическая механика

1. Запишите условия равновесия плоской произвольной системы сил.
2. Запишите теорему об изменении количества движения точки.
3. Запишите теорему об изменении кинетической энергии точки и системы.
4. Чему равны силы инерции при поступательном неравномерном движении тела?
5. Чему равны силы инерции при неравномерном вращении твердого тела?
6. Чему равны силы инерции тела при плоском его движении?
7. Сформулируйте принцип Даламбера.
8. Чему равна потенциальная энергия тела?
9. Чему равна кинетическая энергия тела при поступательном движении?
10. Какие колебания точки называются собственными?
11. Какие колебания точки называются вынужденными?
12. Что такое резонанс?

Для восстановления знаний воспользуйтесь учебниками и справочниками [82-83, 90-91].

Сопротивление материалов

Ответьте на вопросы самоконтроля модулей «Растяжение, сжатие», «Сдвиг. Кручение», «Изгиб».

4.12.2. Изучение теории

Внимательно просмотрите информационно - логические схемы 91-92. Используя их как логические путеводителем по теории, изучите модуль «Удар» по учебникам и конспектам лекций. Не забывайте использовать вопросник студента - почемучки.

Рекомендуем прочитать

[52], глава 17	[54], глава 15
[59], глава 15	[60], глава 11

Методические указания

Переход от состояния равновесия к неравномерному криволинейному движению точек тела приводит к появлению сил инерции, которые в совокупности с внешними активными силами увеличивают внутренние силы (напряжения). Увеличение может быть очень значительным. Иногда действие только сил инерции может привести к разрушению тела.

Следует понимать, что теория ударного взаимодействия может быть построена на основе модели конструкции в виде невесомой (безмассовой) пружины.

ны с присоединенной к ней точечной массой ударяемого тела и на модели с непрерывным распределением массы по упругой конструкции. Первая модель позволяет исключить из рассмотрения волны упругих деформаций, которые распространяются вдоль стержня или балки с момента контакта тел.

Обратите внимание, что напряжения в стержне при продольном ударе зависят от статического укорочения. А статическое укорочение зависит не только от площади поперечного сечения, но и от длины и модуля упругости материала стержня. Чем больше модуль упругости и чем меньше длина стержня, тем больше напряжения при ударе такого стержня.

Напряжения при поперечном ударном изгибе зависят от статического прогиба в месте удара. Статический прогиб зависит от модуля упругости и момента инерции поперечного сечения балки. Чем больше модуль упругости материала балки, тем больше динамические напряжения.

Опасность колебаний под действием вынуждающей силы состоит в возможности возникновения резонанса, при котором происходит разрушение из-за неограниченного роста амплитуды колебаний, а значит и напряжений.

Следует хорошо освоить методы регулирования частоты собственных колебаний стержней балок, валов при простейших видах деформации.

Изучив теорию, ответьте на вопросы самоконтроля.

Вопросы самоконтроля

1. Какие нагрузки называются динамическими?
2. Какое явление называется ударом?
3. Что называется динамическим коэффициентом?
4. Чему равен динамический коэффициент при равноускоренном движении?
5. От чего зависит динамический коэффициент при продольном ударе?
6. Как изменятся напряжения при продольном ударе в случае увеличения площади поперечного сечения в 3 раза?
7. От чего зависит динамический коэффициент при поперечном изгибающем ударе?
8. Что такое волны деформации и с какой скоростью они распространяются в стержне при растяжении, сжатии?
9. От чего зависит частота собственных продольных колебаний стержня?
10. От чего зависит собственная частота изгибных колебаний балки?
11. При каком условии возникает резонанс?
12. Как уменьшить динамические нагрузки при вынужденных колебаниях?

Лабораторные работы

Для изучения прочности материалов при динамических нагрузках предусматривается лабораторная работа «Испытание на ударный изгиб» [1, 5]. Изучите теорию и технику проведения испытаний на ударный изгиб. Ответьте на вопросы лабораторного практикума. Под руководством преподавателя или лаборанта проведите экспериментальные исследования. Самостоятельно обра-

ботайте результаты эксперимента, напишите и защитите отчет по лабораторной работе.

4.12.3. Самостоятельное решение задач

Изучите теорию и методические указания по решению задач по пособию [68]. Рассмотрите примеры решения задач при действии динамических нагрузок: при ускоренном движении, колебаниях, ударе. Самостоятельно воспроизведите решение просмотренных примеров. В каждом из параграфов 45-47 пособия [68] самостоятельно выберите две-три задачи и решите их. Если вы смогли это сделать, то можно приступать к решению домашних задач и выполнению РПР, курсовой работы.

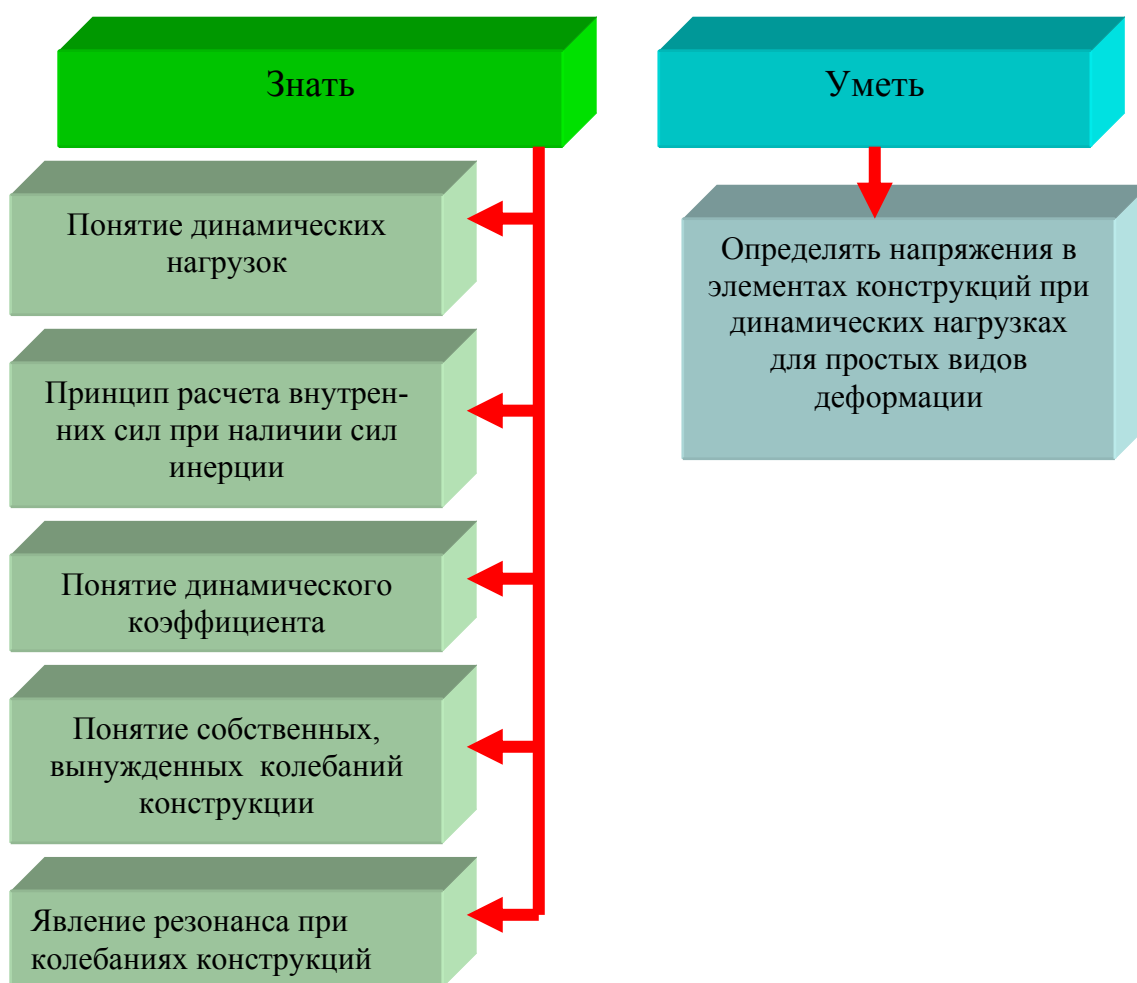


Схема 93. Результаты изучения модуля «Удар»

4.13. Кредитная система контроля и оценки знаний

Интеграция российского высшего образования в общеевропейскую систему подготовки кадров высшей квалификации требует принятия в вузах системы оценок, позволяющей в совокупности с другими критериями сравнивать уровень подготовки выпускников вузов разных стран. В качестве инструмента сравнения европейскими университетами предлагается кредитная система (европейская система перезачета зачетных единиц – ECTS), обеспечивающая соизмеримость и сопоставимость результатов обучения при наличии различных типов квалификаций, программ, методов и средств обучения.

Кредиты – это численный показатель, отражающий вклад дисциплины в общую учебную нагрузку студента за все время обучения в университете.

Кредиты привязаны к уровням подготовки и обеспечивают достоверную информацию относительно сложности и глубины курса. В приложении к диплому – вкладыше - они дополняются информацией о вузе, полученной степени, уровне, содержании, качестве работы выпускника (в виде оценок) и др. Чтобы придать системе кредитов реальный статус общеевропейской «валюты» и обеспечить адекватную работу системы, кредиты увязаны с механизмами обеспечения качества и критериями оценки результатов обучения. Под результатами понимаются наборы компетенций, включающие знания, понимание и навыки обучаемого по конкретной специальности, определяемые как для каждого модуля программы, так и для программы в целом.

Количество кредитов в годовой программе - не более 60. При подготовке к степени бакалавра за весь период обучения (4 года) – не более 240, магистра – не более 120.

В ИрГТУ одна кредитная единица равна 36 часам трудоемкости отводимой на изучение дисциплины государственным образовательным стандартом, что соответствует 36 баллам рейтинговой системы оценки знаний.

По сопротивлению материалов в зависимости от специальности количество кредитов изменяется от 2 до 7. Количество баллов, которые может набрать студент, изменяется от 72 до 288 (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Кредиты и рейтинговые баллы по сопротивлению материалов для различных специальностей ИрГТУ

Специальность	Трудоемкость по учебному плану	Всего кредитов	Всего баллов
1	2	3	4
АД	300	8	288
ВВ	240	7	252
ГСХ	240	7	252
ПЗ	240	7	252

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4
СТ	240	7	252
ПГС	240	7	252
ТВ	240	7	252
МАП	235	7	252
ЭУН	240	7	252
СМ	230	7	252
ЭЛ	200	5	180
АС	170	5	180
АТ	170	5	180
ГМ	187	5	180
СП	187	5	180
СДМ	200	5	180
АТУ	170	5	180
РТС	170	5	180
ММ	187	5	180
А	136	4	144
ООС	154	4	144
ТЭ	136	4	144
ХТП	136	4	144
РРАН	136	4	144
ХТО	136	4	144
ХТТ	136	4	144
НБ	100	3	108
АМ	102	3	108
ГГ	100	3	108
ОП	100	3	108
ГО	100	3	108
ГП	100	3	108
РТ	100	3	108
РФ	100	3	108
ЭС	105	3	108
ТПП	72	2	72
ТХК	72	2	72
АТП	75	2	72
ОБД	51	2	72
ОАП	51	2	72

Количество баллов мало отличается от общей трудоемкости на изучение дисциплины. При составлении нового учебного плана можно добиться полного совпадения.

Рабочей программой по сопротивлению материалов по каждой специальности определено время на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных занятий и самостоятельной работы студента. После прохождения контрольного мероприятия студент набирает какое-то количество баллов по определенному модулю дисциплины. Принцип прост. Выполнил работу, получи определенное количество баллов, соответствующее приобретенным знаниям, умениям, компетенциям (табл. 4.2) , но не более часов трудоемкости отводимых на это рабочей программой.

Таблица 4.2

Таблица для оценки знаний, умений и компетенций

Оценка знаний, умений, компетенций (по четырех балльной системе)	Коэффициент освоения знаний, умений и компетенций
«Неудовлетворительно»	Менее 0,6
«Удовлетворительно»	От 0,6 до 0,73
«Хорошо»	Свыше 0,73 до 0,87
«Отлично»	Свыше 0,87 до 1

Ставя оценку по четырехбалльной системе, преподаватель определяет заработанное студентом количество баллов умножением общей трудоемкости модуля на выбранный коэффициент. Оценки становятся более дифференцированными в пределах каждой отметки. Например, за оценку «неудовлетворительно» можно дать от нуля до 60% баллов, предусмотренных для данного вида работ. При простановке оценки следует руководствоваться требованиями общеевропейского стандарта.

Оценка **“отлично”** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **полностью**, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, **все** предусмотренные программой обучения учебные задания **выполнены**, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к **максимальному**.

Оценка **“очень хорошо”** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **полностью**, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в **основном** сформированы, **все** предусмотренные программой обучения учебные задания **выполнены**, качество выполнения **большинства** из них оценено числом баллов, близким к **максимальному**.

Оценка **“хорошо”** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **полностью**, без пробелов, **некоторые** практические навыки работы с освоенным материалом сформированы **недостаточно**, **все** предусмотренные программой обучения учебные задания **выполнены**, качество выполнения **ни одного** из них **не оценено минимальным** числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с **ошибками**.

Оценка **“удовлетворительно”** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **частично**, но **пробелы не носят существенного** характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в **основном**

сформированы, **большинство** предусмотренных программой обучения учебных заданий **выполнено**, **некоторые** из выполненных заданий, возможно, содержат **ошибки**.

Оценка **“посредственно”** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **частично**, **некоторые** практические навыки работы **не сформированы**, **многие** предусмотренные программой обучения учебные задания **не выполнены**, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к **минимальному**.

Оценка **«условно неудовлетворительно»** ставится, если теоретическое содержание курса освоено **частично**, необходимые практические навыки работы **не сформированы**, **большинство** предусмотренных программой обучения учебных заданий **не выполнено**, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к **минимальному**; при **дополнительной самостоятельной** работе над материалом курса **возможно повышение качества** выполнения учебных заданий.

Таблица 4.3.

Кредитно-рейтинговая система оценки знаний

Кредит	Эквивалентное число баллов (часов)	Существующая система оценок в РФ						
		«неудов.»		«удов.»		«хорошо»	«отлично»	
		Европейская система оценок по ECTS						
		F	FX	E	D	C	B	A
		2	2+	3	3+	4	5	5+
		«безусловно неуд.»	«условно неуд.»	«посредствено»	удовлетворительно	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»
1	36	Менее 14	14-19	21-23	24-26	26-30	31-33	34-36
2	72	Менее 26	26-38	41-46	47-52	51-61	61-66	67-72
3	108	Менее 38	38-55	61-69	70-78	76-92	91-99	100-108
4	144	Менее 50	50-73	81-92	93-104	101-123	121-132	133-144
5	180	Менее 62	62-91	101-115	116-130	126-154	151-165	166-180
6	216	Менее 74	74-109	121-138	139-156	151-185	181-198	199-216
7	252	Менее 85	86-127	141-161	162-182	176-216	211-231	232-252
8	288	Менее 98	98-145	161-184	185-208	201-247	241-264	265-288
9	324	Менее 111	109-162	163-189	190-216	237-270	271-297	298-324

Оценка **“безусловно неудовлетворительно”** ставится, если теоретическое содержание курса **не освоено**, необходимые практические навыки работы **не сформированы**, **все выполненные** учебные задания содержат грубые **ошибки**, **дополнительная самостоятельная** работа над материалом курса **не приводит** к какому-либо значимому **повышению качества** выполнения учебных заданий.

Проставленная по общеевропейскому стандарту оценка по табл. 4.3 переводится в оценку по четырехбалльной системе РФ.

По окончанию изучения дисциплины студенту проставляется оценка в соответствии с набранным количеством баллов (табл. 4.3). В первом столбце таблицы указано количество кредитов, отводимых на изучение дисциплины.

Если дисциплина изучается несколько семестров, окончательная оценка ставится по суммарному количеству баллов, набранных в каждом семестре.

В тех случаях, когда семестр заканчивается зачетом (промежуточная или окончательная форма контроля знаний), преподаватель выставляет оценку по общеевропейскому стандарту и по табл. 4.3 переводит ее в российский стандарт. Затем по табл. 4.2 определяется коэффициент освоения знаний, умений и компетенций и рассчитывается рейтинговый балл (семестровая трудоемкость в баллах умножается на этот коэффициент).

Зачет ставится только в том случае, если коэффициент более 0,6. Одновременно с оценкой «зачтено» в ведомости или экзаменационном листе указывается набранное количество баллов.

Библиографический список

Методические разработки кафедры «Сопротивления материалов и строительной механики» ИрГТУ

Лабораторный практикум

1. Квактун В. Б. Сопротивление материалов: лаб. практикум: для техн. вузов / сост. В. Б. Квактун; М. Г. Мартыненко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999. – 270 с.
2. Определение механических характеристик материалов: метод. указания к лаб. работам по курсу «Сопротивление материалов» / сост. В. В. Семенов, Т. Я. Дружинина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1996. – 42 с.
3. Изгиб с кручением: метод, указания к выполнению лаб. работы по сопротивлению материалов / сост. В. Б. Квактун, М. Г. Мартыненко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1995. – 19 с.
4. Изгиб: лаб. работы № 10, 11, 13, 16 / сост. В. Б. Квактун, М. Г. Мартыненко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1996. – 38 с.
5. Сопротивление материалов: определение динамических характеристик при изгибающем ударе: метод. указ. к лаб. работе / сост. Л. М. Макеева. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1991. – 16 с.
6. Определение физико-механических характеристик материалов: метод, указания к лаб. работам по курсу «Сопротивление материалов» / под общ. ред. В. В. Семенова. – Иркутск: Изд. ИПИ, 1989. – 44 с.

Модуль А. Введение

7. Построение эпюр внутренних силовых факторов: учебное пособие к расчетно-проектировочным работам и домашним задачам по курсу сопротивления материалов для машиностр. спец. / Т.Я. Дружинина, Э.И. Фильчагина – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 94 с.
8. Построение эпюр внутренних силовых факторов: метод. указ. / Х. И. Копыловский. – Иркутск: Изд-во ИПИ. – 1988. – Ч. 1. – 44 с.
9. Построение эпюр внутренних силовых факторов: метод, указания по курсу сопротивления материалов / сост. А. Ф. Домрачев. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1984. – 30 с.

Модуль Б. Растяжение, сжатие

10. Расчет статически неопределимых систем при растяжении – сжатии: метод. указ. к расчетно-проектировочной работе по курсу сопротивления материалов для студентов строит. спец. / сост. В. В. Семенов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1994. – 39 с.

11. Расчет статически определимых элементов стержневых систем и их узлов : метод, указания по выполнению курсовой работы по сопротивлению материалов для строит. спец. / сост. И. М. Учитель. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1994. – 32 с.

Модуль Д. Изгиб

12. Расчет статически определимых балок на изгиб: метод, указания к расчетно–проектировоч. работе по курсу сопротивления материалов для машиностроит. и мех. спец. / сост. Т. Я. Дружинина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1994.-38 с.
13. Расчет на прочность и жесткость статически определимых балок: метод, указания к выполнению расчетно–проектировоч. работ по курсу сопротивления материалов / сост. В. В. Семенов, Г. Н. Бектемирова. – Иркутск, 1992. – 36 с.
14. Плоский изгиб с растяжением, сжатием: метод, указания по расчету напряжений и подбору сечений на ПЭВМ при выполнении расчетно–проектировочных работ / В. Л. Лапшин. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1992. – 34 с.
15. Определение перемещений с помощью интеграла Мора и способа Верещагина: метод, указания к выполнению практ. работ по курсу «Сопротивление материалов» / сост. Г. Н. Бектемирова, В. Н. Дудко.– Иркутск: Изд-во ИПИ, 1986. – 31 с.
16. Сопротивление материалов: метод, указ. к выполнению расчетно–графич. работы «Расчет статически определимых балок при плоском поперечном изгибе» / сост. Л. А. Дулина. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1984. – 24 с.
17. Метод, указания к выполнению задания по сопротивлению материалов «Расчет неразрезных балок с помощью уравнения трех моментов» для студентов машиностроительных, механических и строительных специальностей / сост. Э. И. Фильчагина. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1981.– 16 с.

Модуль Г. Геометрические характеристики плоских сечений

18. Определение геометрических характеристик плоского сечения: метод, указания к расчетно-проектировочной работе по сопротивлению материалов для всех спец. / сост. В.Б Распопина.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004.- 42 с.

Модуль Ж. Устойчивость

19. Расчет на устойчивость центрально-сжатых стержней: метод. указания для выполнения курсовых и расчет.– проектировоч. работ по сопротивлению материалов для мех. и машиностроит. спец. / сост. В. Л. Лапшин, В. П. Ященко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001.-26 с.
20. Расчет центрально-сжатой колонны на устойчивость : метод. указания к выполнению расчетно-проектировочной работы / сост. Ф. А. Зайдес, Т. Я. Дружинина. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1986. – 20 с.

Модуль Е. Сложное сопротивление

21. Распопина В.Б. Сопротивление материалов. Расчет вала при совместном действии изгиба и кручения: учеб. Пособие. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2005.- 99 с.
22. Семенов В.В. Деформационный расчет сжато-изгибаемых стержней: Учеб. пособие по строительным специальностям / В.В. Семенов, А.Н. Снитко. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000.-32 с.
23. Расчет вала при совместном изгибе и кручении: метод. указания по курсу «Сопротивление материалов» для всех спец. / сост. В. Б. Квактун, В. Н. Коншин. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1988. – 32 с.
24. Сложное сопротивление: метод. указания для студентов заоч. обучения / сост. А.М. Коренева.- Иркутск, 1985.- 22 с.
25. Расчет тонкостенных стержней на внецентренное растяжение: метод. указ. / сост. О. М. Налетов, В. Н. Дудко, Л. М. Макеева.– Иркутск: Изд-во ИПИ, 1982. – 20 с.
26. Метод. руководство к выполнению задания «Расчет бруса при внецентренно приложенной продольной силе» / Сост. С. А. Зайдес. –Иркутск: Изд-во ИПИ, 1982.-22 с.
27. Расчет на прочность стержней при продольно-поперечном изгибе: методические указания для выполнения контрольных, РПР по сопротивлению материалов для машиностроительных спец. / сост. В.Л.Лапшин, В.П.Ященко.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002.-24 с.

Методические указания по изучению сопротивления материалов

28. Сопротивление материалов: методические указания по выполнению самостоятельной работы для спец. 190701, 190702 / сост. Т.Я. Дружинина, Э.И. Фильчагина. – Иркутск: Из-во ИрГТУ, 2007.- 60 с.
29. Введение в сопротивление материалов (элементы теоретической механики, математики, геометрические характеристики плоских сечений: метод. указания /сост. Ягина Н.А. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- 39 с.

30. Сопротивление материалов: метод. указания при модульно–рейтинговой системе обучения / сост. И. М. Учитель. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999.- Ч. 2.– 15 с.
31. Сопротивление материалов: метод. указания для студентов при модульно–рейтинговой системе обучения / сост. В. В. Семенов, В. Б. Квактун, М. Г. Мартыненко [и др.]– Иркутск: Изд-во ИПИ, 1992. – Ч. 1.- 26 с.

Методические указания по изучению отдельных тем сопротивления материалов

32. Сопротивление материалов: метод. указания по выполнению самостоятельной работы для специальностей 190701 и 190702 / сост. Т.Я. Дружинина, Э.И. Фильчагина.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007.- 60 с.

Методические указания и контрольные задания для заочников

33. Сопротивление материалов. Методические указания к выполнению курсовой и контрольных работ для студентов не строительных специальностей заочной формы обучения / сост. Т.Я.Дружинина, В.Б. Распопина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ. – 2006. – 44 с.
34. Сопротивление материалов: метод. указания и контр. задания для студентов – заоч. механич. спец. / Иркутск, политехи, ин–т; Сост. Х. И. Копыловский, Т. Я. Дружинина. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1990. – 32 с.: ил.
35. Сопротивление материалов: метод. указания по решению типовых задач для студентов заоч. обучения / сост. Э. М. Борискина [и др.]– Иркутск, 1988. – 36 с.
36. Сопротивление материалов: метод. указания по решению типовых задач для студентов заоч. обучения / сост. Л. А. Дулина [и др.] – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1987. – 32 с.

Методические материалы по курсовым и РПР работам

37. Расчет на прочность рабочего оборудования экскаватора: учебное пособие для вузов по спец. «Подъемно-транспортные, дорожные машины и оборудование» / сост. В.Л.Лапшин, Кобзев Д.Ю. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- 92 с.
38. Определение перемещений в стержневых системах. Сопротивление материалов: метод. указания по выполнению курсовых, расчетно-проектировочных работ и домашних заданий / сост. Т.Я. Дружинина, Э.И. Фильчагина.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- 116 с.
39. Типовые задачи курсовой работы по сопротивлению материалов: методические указания для выполнения курсовых и расчетно-графических работ по сопротивлению материалов для мех. и маш. спец. / сост. В.Л. Лапшин, В.П. Яценко.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003.- 47 с.

40. Семенов В.В. Сопротивление материалов. Курсовые и расчетно-проектировочные работы: учеб. пособие.- М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004.- 128 с.
41. Определение перемещений в статически определимых системах: метод. пособие по расчету курсовых работ по дисциплинам «Сопротивление материалов» и «Строительная механика» для строительных специальностей / сост. Н.Л. Дорофеева.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002.- 48 с.
42. Расчет на прочность рабочего оборудования экскаватора: метод. указания для выполнения курсовой работы по сопротивлению материалов для студентов специальности СДМ / сост. В. Л. Лапшин; В. Л. Лапшин. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001.- Ч. 2– 22 с.
43. Расчет на прочность рабочего оборудования экскаватора: метод. указания к курсовой работе по сопротивлению материалов для студентов спец. СДМ и О / сост. В. Л. Лапшин.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. –42 с.
44. Прикладная механика: метод. указания к выполнению расчетно-графических работ по сопротивлению материалов / сост. Э. И. Фильчагина.-Иркутск: Изд-во ИПИ, 1986. – 28 с.

Тесты самоконтроля

45. Внецентренное растяжение, сжатие. Изгиб с кручением. Введение. Основные понятия и определения. Сложный изгиб [Электронный ресурс]: Тесты для машиностроит., мех. спец. по курсу «Сопротивление материалов» / сост. Э. И. Фильчагина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1999.
46. Изгиб: тесты для изучающих сокр. курс сопротивления материалов / сост. Г. Н. Бектемирова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1998. – 28 с.
47. Изгиб: тесты для изучающих сокр. курс сопротивления материалов / сост. Г. Н. Бектемирова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1997. – 28 с.
48. Построение эпюр в балках: тесты для мех. и машиностроит. специальностей / сост. Г. Н. Бектемирова. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1996.-27 с.
49. Программированные вопросы и задачи по сопротивлению материалов: метод. указ. для самост. работы студентов / сост. С. А. Зайдес. – Иркутск: Изд-во ИПИ, 1988.-36 с.
50. Геометрические характеристики: тесты для студентов машиностроительных, механических, строительных специальностей / сост. В.Л. Лапшин.– Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1994.- 27 с.
51. Тестовые вопросы и задачи по сопротивлению материалов (кручение, изгиб): метод. указания для самостоятельной работы студентов / сост. С.А.Зайдес, Л.М.Макеева.- Иркутск: Изд-во ИПИ, 1990.-30 с.

Учебники

52. Александров А. В. Сопротивление материалов: учеб. для вузов / А. В. Александров, В. Д. Потапов, Б. П. Державин; под ред. А. В. Александрова. – Изд. 4-е, испр. – М.: Высш. шк., 2004. – 559 с. : ил.
53. Варданян Г.С. Сопротивление материалов (с основами строительной механики): учеб. для вузов по направлению «Стр-во» / Г. С. Варданян, Н. М. Атаров, А. А. Горшков; под ред. Г. С. Варданяна. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 478 с.
54. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учеб. для втузов / В. И. Феодосьев. – М.: Изд-во МГТУ, 1999. – 590с.
55. Подскребко М. Д. Сопротивление материалов: Учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов / М. Д. Подскребко. – Минск: Дизайн ПРО, 1998. – 586 с.
56. Заяц В. Н. Сопротивление материалов: учеб. для строит, специальностей вузов / В. Н. Заяц, М. К. Балыкин, И. А. Голубев; под общ. ред. В. Н. Заяца; В. Н. Заяц, М. К. Балыкин, И. А. Голубев. – Минск: Выш. шк., 1998. – 366 с.
57. Дарков А. В. Сопротивление материалов: учеб. для втузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро. – М.: Высш. шк., 1989.-622с.: ил.
58. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: учебник для строительных специальностей техникумов / А.М. Михайлов.- М.: Стройиздат, 1989.- 351 с.
59. Долинский Ф. В. Краткий курс сопротивления материалов: учеб. пособие для машиностроит. спец. Вузов. / Ф.В. Долинский; М.Н. Михайлов. – М. : Высш шк., 1988.- 431 с.
60. Степин П. А. Сопротивление материалов: учеб. для машиностроит. Спец. вузов / П.А. Степин.- М.: Высш. шк., 1988.- 366 с.
61. Биргер И. А. Сопротивление материалов: учеб. пособ. для машиностроит. и авиац. вузов / И.А.Биргер; Р.Р. Мавлютов.– М.: Наука, 1986.– 560 с.
62. Беляев Н. М. Сопротивление материалов: учеб. пособие для втузов / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1976.- 607 с.
63. Сопротивление материалов: Учебник для вузов / А. Ф. Смирнов. – М.: Высш. школа, 1975.-480 с.

Учебные пособия по решению задач

64. Буланов Э. А. Решение задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие для немашиностроит. специальностей вузов / Э. А. Буланов. – 2-е изд., испр. – М.: Бином, 2005. – 206 с.
65. Ицкович Г.М. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие для втузов / Г. М. Ицкович, Л. С. Минин, А. И. Винокуров; Под ред. Л. С. Минина. – М.: Высш. шк., 1999. – 591 с.

66. Расчетные и курсовые работы по сопротивлению материалов: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. / С. И. Арсеньев, С. А. Енгальчев, Ф. З. Алмаметов. – М.: Высш. шк., 1992.-320 с.
67. Винокуров Е. Ф. Сопротивление материалов: Расчет.–проектировоч. работы: учеб. пособие для строит. спец. вузов / Е. Ф. Винокуров, А. Г. Петрович, Л. И. Шевчук. – Минск: Выш. шк., 1987. – 227с.
68. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов: Учеб. пособие для техн. вузов / И. Н. Миролубов, С. А. Енгальчев, Н. Д. Сергиевский. – М.: Высш. школа, 1985.-399 с.
69. Протопопов Н.Б. Методическое пособие к решению контрольных задач по сопротивлению материалов / Н. Б. Протопопов. – Куйбышев, Изд-во КуПИ, 1970. – 151с.

Сборники задач

70. Сборник задач по сопротивлению материалов: учеб. пособие для втузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев.- М.: Наука, 1984.- 407 с.
71. Лихарев К.К. Сборник задач по курсу «Сопротивление материалов»: для машиностроит. спец. вузов / К.К. Лихарев; Н.А. Сухова .- М.: Машиностроение, 1980.- 224 с
72. Сборник задач по сопротивлению материалов: для строит. спец. вузов / А.В. Александров, Б.П. Державин, Б.Я. Лащеников.- М.: Стройиздат, 1977.- 335 с.
73. Сборник задач по сопротивлению материалов: для втузов / А.М. Афанасьев, А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев [и др.]; под ред. А.А. Уманского.- М.: Наука, 1973.- 495 с.
74. Сборник задач по сопротивлению материалов: для втузов / Н.М. Беляев, Л.А. Белявский, Я.И. Кипнис, В.К. Качурин; под ред. В.К. Качурина.- М.: Наука, 1970.- 432 с.
75. Беляев Н. М. Сборник задач по сопротивлению материалов: для втузов / Н.М. Беляев; под ред. В.К. Качурина. – М.: Наука, 1968.- 351 с.
76. Ахметов Ч.М. Сборник задач по сопротивлению материалов / Ч.М. Ахметов.- Л.: ЛВИКА им. А.Ф. Можайского, 1968. – 530 с.

Справочники по сопротивлению материалов

77. Справочник по сопротивлению материалов / Е. Ф. Винокуров. – Минск: Наука и техника, 1988. – 463с.
78. Писаренко Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко; А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев: Наук. думка, 1988. – 734 с.
79. Гуле Ж. Сопротивление материалов: Справ. пособие. / пер. с фр. А. С. Кравчука; Ж. Гуле. – М.: Высш. шк., 1985.– 193с.

80. Рудицин М. Н. Справочное пособие по сопротивлению материалов /М.Н. Рудицин; П.Я. Артемов, М.И. Любошиц; под общ ред. И.Н. Рудицина.- Минск: Выш. школа, 1970.- 628 с.
81. Любошиц М.И. Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович.- Минск: Выш. шк., 1969.- 464 с.

Литература по предшествующим СМ дисциплинам

82. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов / С. М. Тарг. – Изд. 16-е, стер. – М.: Высш. шк., 2006.– 415 с.
83. Яблонский А. А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика: учеб. пособие для вузов по техн. специальностям / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова.– Изд. 13-е, испр.– М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 603 с.
84. Лахтин Ю.М., Леонтьев В.П. Материаловедение: учебник для машиностроительных вузов. – М.: Машиностроение, 1980.-493 с.: ил.
85. Дьяконов В., Новиков Ю, Рычков В. Компьютер для студента. Самоучитель. – СПб.: Питер, 2000.-592 с.

Справочники по математике

86. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. – М.: АСТ, 2005. – 991 с.
87. Сафрай В. М. Справочник по высшей математике с примерами решения задач / В. М. Сафрай. – М.: Элит, 2004.– 356 с.
88. Гусак А. А. Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак, Е. А. Бричикова.– 3-е изд., стер.- Минск: Тетра Системс, 2001.– 636 с.
89. Выгодский М. Я. Справочник по элементарной математике / М. Я. Выгодский – СПб.: Санкт-Петербург, 1994. – 416 с.

Универсальные справочники

90. Справочник для студентов: Высш. математика. Физика. Теорет. механика. Сопротивление материалов / А. Д. Полянин. – М.: АСТ, 2000. – 480 с.
91. Краткий справочник для инженеров и студентов / А. Д. Полянин, В. Д. Полянин, В. А. Попов [и др.]- М.: Междунар. программа образования, 1996.– 432 с.

Стандарты ИрГТУ

92. Оформление курсовых и дипломных проектов. - СТП ИрГТУ 05-04 – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005.- 41 с.
93. Учебно-методическая деятельность. Контроль успеваемости студентов. СТО ИрГТУ. 0015-2006.-Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- 29 с.
94. Учебно-методическая деятельность. Общие требования к оформлению и управлению учебно-методического комплекса дисциплины. СТО ИрГТУ. 008-2006.- Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006.- 20 с.

Учебное издание

Горбунов Владимир Федорович

ИЗУЧАЙ СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ САМОСТОЯТЕЛЬНО

Редактор Г. Н. Романова

Подписано в печать 26.02.08. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,25.

Усл.-изд. л. 10,5. Тираж 200 экз. Зак. 172. Поз. 365.

ИД №06506 от 26.12.2001

Иркутский государственный технический университет

664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83