ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Проектирование механизмов и машин»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.12.02 – Сопротивление материалов

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 – Техносферная безопасность

Профиль подготовки Безопасность жизнедеятельности в техносфере

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Нормативный срок обучения 5 лет

Форма обучения заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Введение в курс дисциплины «Сопротивление материалов»».

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Задачи курса «Сопротивле-ние материалов».

2. Объекты, изучаемые в «Сопротивлении материалов».

3. Краткая история развития науки «Сопротивление материалов».

4. Основные допущения, применяемые в курсе «Сопротивление материалов»

1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Первую задачу курса сопротивления материалов составляет изложение методов расчета элементов конструкций на прочность. Под прочностью мы будем понимать способность нагруженной конструкций сопротивляться разру- шению. Вторую задачу курса сопротивления материалов составляет изложение методов расчета элементов конструкций на жесткость, т. е. способность элемента конструкции сопротивляться деформациям. И, наконец, изложение методов расчета элемента конструкции на устой-чивость составляет третью задачу курса. Понятие устойчивости может быть сформулировано следующим образом: равновесие элемента устойчиво, если малому изменению нагрузки соответствует малое изменение деформаций, и2 равновесие неустойчивое, если ограниченный рост нагрузки сопровождается неограниченным ростом деформаций. При выполнении указанных видов расчета необходимо стремиться к максимальной экономии материала, т. е. к достаточным, но не завышенным раз- мерам деталей машин и механизмов. Таким образом, сопротивление материалов имеет целью создать практи- чески приемлемые, простые приемы расчета типичных, наиболее часто встреча- ющихся элементов конструкций.

2. **Прочность** – способность конструкций и ее элементов выдерживать заданную нагрузку, не разрушаясь.

Жесткость – способность конструкций и ее элементов противостоять внешним нагрузкам в отношении деформации.

Устойчивость – способность конструкции и ее элементов сохранять определенную форму упругого равновесия.

3. Начало науки о сопротивлении материалов обычно связывают с именем знаменитого физика, математика и астронома Галилео Галилея. В 1660 году Р. Гук сформулировал закон, устанавливающий связь между нагрузкой и дефор- мацией. В XVIII веке необходимо отметить работы Л. Эйлера по устойчивости конструкций. XIX и XX века являются временем наиболее интенсивного развития науки в связи с общим бурным ростом строительства и промышлен- ного производства при безусловно огромном вкладе ученых – механиков России.

4. **Допущения о свойствах материалов**

Материалы *однородные* — в любой точке материалы имеют одинаковые физико-механические свойства.

Материалы представляют *сплошную среду* — кристаллическое строение и микроскопические дефекты не учитываются.

Материалы *изотропны* — механические свойства не зависят от направления нагружения.

Материалы обладают *идеальной упругостью* — полностью восстанавливают форму и размеры после снятия нагрузки.

В реальных материалах эти допущения выполняются лишь отчасти, но принятие таких допущений упрощает расчет. Все упрощения принято компенсировать, введя запас прочности.

Допущения о характере деформации

Все материалы под нагрузкой деформируются, т. е. меняют форму и размеры.

Характер деформации легко проследить при испытании материалов на растяжение.

Перед испытаниями цилиндрический образец закрепляется в захватах разрывной машины, растягивается и доводится до разрушения. При этом записывается зависимость между приложенным усилием и деформацией. Получают график, называемый диаграммой растяжения. Для примера на рис. 18.1 представлена диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.

На диаграмме отмечают особые точки:

— от точки 0 до точки 1 — прямая линия (деформация прямо пропорциональна нагрузке);

— от точки 2 до точки 5 деформации быстро нарастают, и образец разрушается, разрушению предшествует появлениеутончения (шейки) в точке 4.

Если прервать испытания до точки 2, образец вернется к исходным размерам; эта область называется областью упругих деформаций. Упругие деформации полностью исчезают после снятия нагрузки.

При продолжении испытаний после точки 2 образец уже не возвращается к исходным размерам, деформации начинают накапливаться.

При выключении машины в точке А образец несколько сжимается по линии АВ, параллельной линии 01. Деформации после точки 2 называютсяпластическими, они полностью не исчезают; сохранившиеся деформации называются остаточными.

На участке 01 выполняется закон Гука:

В пределах упругости деформации прямо пропорциональны нагрузке.

Считают, что все материалы подчиняются закону Гука.

Поскольку упругие деформации малы по сравнению с геометрическими размерами детали, при расчетах считают, что размеры под нагрузкой не изменяются.

1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Общие понятия».

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Силы внешние и их классификация.
2. Определение усилий, действующих на элементы конструкции.
3. Деформации и перемещение.
4. Влияние температуры и времени на механические характеристики материала.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Непосредственной причиной деформаций твёрдых тел являются *внешние силы*. Различают *поверхностные* и *объёмные*внешние силы. Поверхностные силы обусловлены взаимодействием с другими твёрдыми, жидкими и газообразными телами и средами. Если поверхностные силы распределены на значительной части поверхности, то их называют *распределёнными*. Для учёта распределённых поверхностных сил должен быть задан закон их распределения по поверхности формулой, таблицей или графиком (эпюрой). Если нагрузка распределена на относительно малой площадке, то в силу принципа Сен-Венана может оказаться, что в данной задаче для учёта нагрузки достаточно определить лишь её главный вектор R0 и главный момент M0. Такие нагрузки называют сосредоточенными силами и моментами. Их изображают векторами, приложенными в точках приведения (рис.1. 2).

Рис. 1.2 а) – сложные распределённые нагрузки (пунктир) заменены более простыми статически эквивалентными;

б)- локальные нагрузки заменены равнодействующими или главным моментом.

Нужно помнить, что сосредоточенный силовой фактор является абстракцией. В действительности внешние силы всегда распределены на конечных поверхностях.

Объёмные силы приложены к каждой частице внутри объёма занимаемого телом. Это силы гравитации (веса), инерции, силы, вызываемые электромагнитными полями.

Согласно третьему закону Ньютона.

2. Классификация нагрузок

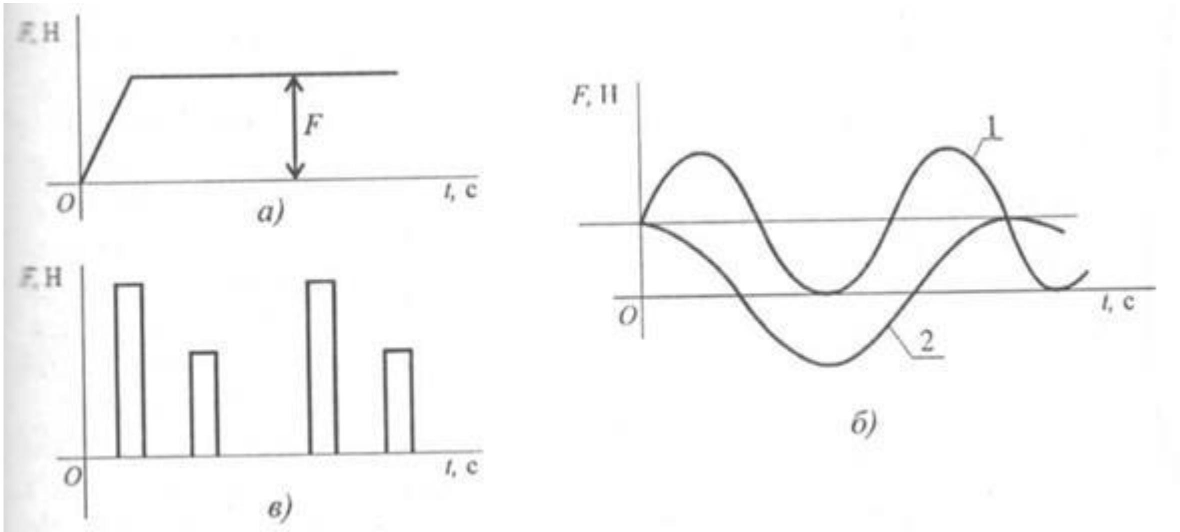

Рис. 18.2

Статистические нагрузки (рис. 18.2а) не меняются со временем или меняются очень медленно. При действии статистических нагрузок проводится расчет на прочность.

Повторно-переменные нагрузки (рис. 18.26) многократно меняют значение или значение и знак. Действие таких нагрузок вызывает усталость металла.

Динамические нагрузки (рис. 18.2в) меняют свое значение в короткий промежуток времени, они вызывают большие ускорения и силы инерции и могут привести к внезапному разрушению конструкции.

Из теоретической механики известно, что по способу приложения нагрузки могут быть сосредоточенными или распределенными по поверхности.

Реально передача нагрузки между деталями происходит не точке, а на некоторой площадке, т. е. нагрузка является распреюленной.

Однако если площадка контакта пренебрежительно мала по сравнению с размерами детали, силу считают сосредоточенной.

При расчетах реальных деформируемых тел в сопротивлении материалов заменять распределенную нагрузку сосредоточенной е следует.

Аксиомы теоретической механики в сопротивлении материале используются ограниченно.

Нельзя переносить пару сил в другую точку детали, перемещать сосредоточенную силу вдоль линии действия, нельзя систему сил заменять равнодействующей при определении перемещений. Все вышеперечисленное меняет распределение внутренних сил конструкции.

В статически неопределимых стержневых системах уравнений статического равновесия недостаточно для определения внутренних усилий в стержнях. Чтобы решить статически неопределимую задачу необходимо рассмотреть (и составить соответствующие уравнения) три стороны задачи: статическую (составить уравнения статического равновесия), геометрическую (уравнения совместности деформаций) и физическую (привлечь уравнения закона Гука)

3. Деформации. Для того чтобы характеризовать интенсивность изменения формы и размеров вводится понятие деформации. Через точку М в направлениях осей x , и y проведем бесконечно малые отрезки длиной dx и dy . После приложения нагрузки к телу точка М переместится в положение М1 , а длины этих отрезков и угол между ними изменятся на Δdx , Δdy и xy γ соответственно (рис. 2.7). Рис. 2.7 Отношение dx Δdx приращения длины отрезка Δdx к его начальной длине dx будем называть линейной деформацией (эпсилон) в точке М вдоль оси x , т. е. dx dx x Δ ε = . Если рассматривать деформации в направлении других координат- ных осей, то имеем dy dy y Δ ε = и dz dz z Δ ε = . Изменение первоначально прямого угла между отрезками длиной dx и dy после приложения нагрузки к телу, выраженное в радианах, будем называть угловой деформацией xy γ (гамма) в точке М в плоскости xy . Аналогично yz γ и zx γ будем называть угловыми деформациями в плоскостях yz и zx . Линейные и угловые деформации – величины безразмерные. Деформа- цию x ε часто называют относительной линейной деформацией, а xy γ – относительным сдвигом. Совокупность линейных деформаций по различным направления и угловых деформаций по различным плоскостям, проходящим через рассматри- ваемую точку, представляет собой деформированное состояние в этой точке. xy π 2 − γ dx + Δdx dy + Δdy dx o y dy x F M M1 π 28 Следует подчеркнуть, что в сопротивлении материалов слово деформа- ция имеет данное выше строгое определение и выступает как количественная мера изменения геометрических размеров в окрестностях точки.

Перемещения. При действии внешних сил наряду с возникновением напряжений проис- ходит изменение объема тела и его формы, т. е. тело деформируется. При этом различают начальное (недеформированное) и конечное (деформированное) сос- тояния тела. Отнесем недеформированное тело к декартовой системе координат oxyz (рис. 2.6). Пусть положение некоторой точки М определено. Под действием внешних сил она меняет положение в пространстве (точка М1). Вектор, имеющий начало в точке недеформированного тела, а конец в той же точке деформированного тела, называется вектором полного перемеще- ния точки (ММ1). Его проекции на оси носят название перемещений по осям. Они обозначаются через u , v и w соответственно осям x , y и z. Аналогично вводится понятие углового перемещения. Если рассмотреть отрезок прямой между двумя близкими точками до и после изменения формы тела, то легко установить, что этот отрезок поворачивается в пространстве на некоторый угол. Этот угол поворота также характеризуется вектором, который может быть разложен по осям x , y и z. Рис. 2.6 Допущение, при котором считается, что перемещения u , v и w любой точки являются малыми по сравнению с общими геометрическими размерами тела, носит название принципа начальных размеров. o y z w u x F М1 М v7 Согласно этому принципу при составлении уравнений статики (уравнений равновесия) тело рассматривают как недеформированное, имеющее те же геометрические размеры, какое оно имело до нагружения внешними силами.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Осевое растяжение-сжатие. »

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Определение напряжения. Условие прочности. Три рода задач.
3. Закон Гука. Модуль продольной упругости.
4. Поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.
5. Потенциальная энергия упругой деформации.

1.3.2 Краткое содержание вопросов

Рассмотрим деформацию бруса под действием продольной силы F (рис. 21.1).

В сопротивлении материалов принято рассчитывать деформации в относительных единицах:

Между продольной и поперечной деформациями существует зависимость

где μ— коэффициент поперечной деформации, или коэффициент Пуассона, — характеристика пластичности материала.

В пределах упругих деформаций деформации прямо пропорциональны нагрузке:

где F — действующая нагрузка; κ — коэффициент. В современной форме:

Получим зависимость

где E — модуль упругости, характеризует жесткость материала.

В пределах упругости нормальные напряжения пропорциональны относительному удлинению.

Значение E для сталей в пределах (2 – 2,1) • 10^5МПа. При прочих равных условиях, чем жестче материал, тем меньше он деформируется:

4. Под действием силы брус длиной удлиняется на величину , которую называют полным или абсолютнымудлинением (при сжатии – укорочением) (рис.4.5).

Рис. 4.5

Из рассмотрения рисунка видим

[м].

При растяжении >0, при сжатии < 0.

Так как согласно гипотезе плоских сечений Бернулли по всей длине в любой точке поперечного сечения бруса возникают одинаковые удлинения то и линейные деформации будут одинаковы и равны

или .

При растяжении (или сжатии) бруса меняются и его поперечные размеры. Из рис. 4.5, б абсолютное сужение бруса:

[м].

Причем, при растяжении бруса < 0, а при сжатии - >0. Тогда относительная поперечная деформация:

или .

Опыт показывает, что в пределах применимости закона Гука при растяжении (сжатии) поперечная деформация прямо пропорциональна продольной деформации , но имеет обратный знак:

.

Коэффициент называется коэффициентом Пуассона. На основании формулы принимают:

.

Коэффициент Пуассона изменяется в пределах 0 0,5 и для каждого материала является постоянной величиной, характеризующей упругие свойства материала. Например: для пробки = 0; для сталей = 0,25 ÷ 0,30; для резины и парафина = 0,5.

В 1660 г. английский ученый Р. Гук вывел закон, который в настоящее время формулируется так: деформация прямо пропорциональна вызвавшему ее напряжению, т.е.

или ; .

Величину называют модулем продольной упругости (модулем Юнга). Это физическая величина постоянная материала, характеризующая его упругость. Чем больше значение , тем меньше, при прочих равных условиях (нагрузке, длине, площади), продольная деформация бруса, т.е. тем материал жестче.

1.4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Статически неопределимые стержневые системы».
1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие понятия.
2. Расчет статически неопределимых систем при растяжении-сжатии, при изгибе. Метод сил.
3. Влияние неточности изготовления на усилия в элементах статически неопределимых конструкций. Пример решения задач.
4. Температурные напряжения. Пример решения задач.

1.4.2 Краткое содержание вопросов

1.

Система, изображенная на рисунке 6.1, считается статически неопределимой, так как можно составить для этой системы только три уравнения статики, а неизвестных реакций связи четыре.

Статически неопределимой системой называется система, в которой число неизвестных усилий (например, реакций связи) превышает число уравнений статики.

Степень статически неопределимой системы представляет собой разность между числом неизвестных усилий и числом уравнений статики.

6.1)*

Для случая, приведенного на рисунке 6.1,

$C = 4 - 3 = 1$.

В статически неопределимой системе существуют так называемые «лишние» связи, устранение которых не нарушает геометрической неизменяемости всей системы, то есть не превращает систему в механизм.

Степень статически неопределимой системы характеризует число «лишних» связей системы, и тем самым обуславливает количество дополнительных уравнений, необходимых для раскрытия статической неопределимости системы.

Статически неопределимые системы являются более прочными, жесткими и устойчивыми, однако обладают рядом особенностей, которые принято представлять в виде трех основных свойств статически неопределимых систем.

3. Статически неопределимые системы характеризуются *степенью статической неопределимости,* которая равна числу «лишних» связей и может быть вычислена как разность между числом неизвестных сил и числом независимых уравнений равновесия. По числу единиц этой разности системы бывают 1,2,3….n раз статически неопределимыми.

Для расчетов составляется силовая схема заданной системы, на которой указываются все известные и неизвестные силовые факторы.

При составлении силовой схемы в случае определения внутренних силовых факторов применяется метод сечений, согласно которому каждое звено системы разделяется на две части в произвольном сечении, затем отбрасываются части, примыкающие к опорным элементам, а их действие на оставшиеся части заменяется продольными силами. После этого на схеме показываются все заданные внешние силы и реакции опор.

Затем по этой схеме устанавливается возможное число независимых уравнений равновесия. Степень статической неопределимости подсчитывается, как разность между числом неизвестных сил и числом независимых уравнений равновесия.

На рис.2.38, *а* изображен кронштейн, состоящий из двух стержней, шарнирно скрепленных между собой. В связи с тем, что на конструкцию действует лишь вертикальное усилие P, а система является плоской (т.е. все элементы конструкции и вектор внешних сил лежат в одной плоскости), получается, что усилия в стержнях легко определяются из условий равновесия узла , т.е.

, . (2.37)

Раскрывая эти уравнения, получаем замкнутую систему линейных уравнений относительно неизвестных усилий N_1 и N_2 в которой количество уравнений равно количеству неизвестных:

; .

Если конструкцию кронштейна усложнить, добавив еще один стержень (рис.2.38, *б*), то усилия в стержнях N_1, N_2 и N_3 прежним способом определить уже не удастся, т.к. при тех же двух уравнениях равновесия (2.37) имеются уже три неизвестных усилия в стержнях. В таких случаях говорят, что система один раз статически неопределима.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.1 Лабораторная работа №1.

Тема: «Испытание образца из малоуглеродистой стали на растяжение».

2.1.1 Цель работы: подвергнуть образец из малоуглеродистой стали на растяжение до полного разрушения.

2.1.2 Задачи работы:

1. Получить диаграмму растяжения стального образца.
2. Определить для материала образца основные механические характеристики прочности, пластичности и вязкости.

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Испытательная машина УМ-5.
2. Планиметр.
3. Штангенциркуль.

2.1.4 Описание (ход) работы:

1. Подготовить образец для проведения опыта: измерить его диаметр, отметить первоначальную длину.
2. Установить на барабан пишущего устройства миллиметровую бумагу.
3. Включить привод машины и разорвать образец.
4. Провести замеры образца после разрушения: диаметр шейки, конечную длину образца.
5. Снять показание со шкалы машины значение максимальной нагрузки, которую выдержал образец.
6. Измерить планиметром площадь диаграммы растяжения.
7. Определить основные механические характеристики материала образца и заполнить журнал.

2.2 Лабораторная работа №2

Тема: Определение прогибов и углов поворота в балке на двух опорах.

2.2.1 Цель работы: Экспериментальная проверка величины прогибов и углов поворота в балке на двух опорах, определенных теоретическим подсчетом.

2.2.2 Содержание работы: Величина прогиба и угол поворота сечения при изгибе балок определяется в результате интегрирования дифференциального уравнения упругой линии балки

$$EI\cdot V = M(z)$$

Так как величина изгибающего момента является линейной функцией нагрузки, а интегрирование ведется по абсциссе центра тяжести, сечения зависят от нагрузки, а, следовательно, и от величины изгибающего момента.

Другими словами, если мы определим величину прогибов (углов поворота сечения) для различных нагрузок, а следовательно и для различных изгибающих моментов, и по найденным величинам построим график изменения прогиба) угла поворота) в зависимости от величины нагрузки, то получим прямую линию (рис.1).

Теоретический подсчет величины прогибов и углов поворота сечений производится на основании методов решения приведенного дифференциального уравнения.

Для нашего случая нагружения балки (сосредоточенная сила по середине пролета) угол поворота торцевого сечения на левой (неподвижной) опоре и прогиб по середине пролета определяется по следующим формулам:

$$Q = -\frac{\Delta F_{cp}\cdot \ell^{2}}{16E\cdot I_{x}}\cdot\cdot\ рад$$

$$V = -\frac{\Delta F_{cp}\cdot \ell^{3}}{48E\cdot I_{x}};\cdot\cdot\ мм$$

Знаки минус в формулах указывают, что поворот сечения происходит по часовой стрелке, а прогиб – вниз (сечение смещается вниз). Экспериментально величины прогибов и углов поворота торцевого сечения определяется при помощи индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Прогиб в середине пролета определяется непосредственным отсчетом по индикатору, а для замера угла поворота к опорному сечению балки жестко закреплен рычаг – удлинитель, в который упирается ножка индикатора. При повороте опорного сечения вместе с ним поворачивается и рычаг – удлинитель, перемещение нижнего конца которого фиксируется индикатором (рис.2).

Таким образом, угол поворота опорного сечения определяется по следующей формуле:

$$tg\theta \approx \theta = \frac{nm}{L};\ \text{рад}$$

(так как тангенс малых углов примерно равен самому углу).

Здесь n – число делений индикатора,

m – цена деления индикатора,

L = 150 мм – расчетная длина рычага – удлинителя, измеренная от продольной оси балки до оси индикатора.

2.2.3 Указание к работе

Определение величины прогибов и углов поворота опорного сечения производить в следующей последовательности:

1. Согласно указанной преподавателем схеме нагружения подготовить установку для выполнения опыта.

2. Произвести измерения поперечного сечения балки.

3. Установить стрелки индикаторов на нуль. Для правильного получения отсчетов по индикаторам необходимо установить их так, чтобы ножка каждого индикатора была немного приподнята, а маленькая стрелка указывала целую цифру (напр.2 или 3).

4. Записать показания индикаторов при отсутствии нагрузки в графу таблицы (см. форму отсчета).

5. Нагрузить балку первоначальной нагрузкой массой 2 кг. Необходимо учесть, что масса гиревого подвеса равна 0,5 кг.

6. Записать абсолютные показания индикаторов в соответствующую графу таблицы.

7. Добавить груз массой 2 кг (всего 4 кг) и записать показания индикаторов.

8. Затем добавить еще груз массой 2 кг (всего 6 кг) и произвести последний отсчет показаний индикаторов.

9. По окончании опыта балку разгрузить и сравнить показания индикаторов с первоначальными (при отсутствии нагрузки). Показания индикаторов должны совпадать.

10. Подсчитать среднее арифметическое приращение прогиба, соответствующего приращению нагрузки 20 нХ (2 кг).

11. Подсчитать среднее арифметическое приращение показаний индикатора, измеряющего угол поворота сечения, и по вышеприведенной формуле определить опытный угол поворота опорного сечения для приращения нагрузки $\Delta F = 20$ н

12. Определить теоретические значения величин прогибов и углов поворота опорного сечения при нагрузке $\Delta F = 20$ н

13. Сравнить теоретические и опытные величины прогибов и углов поворота.

2.2.4 Порядок выполнения

Работа оформляется в лабораторной тетради по прилагаемой ниже форме отчета. Все вычисления, чертежи, и схемы должны быть выполнены тщательно и аккуратно.

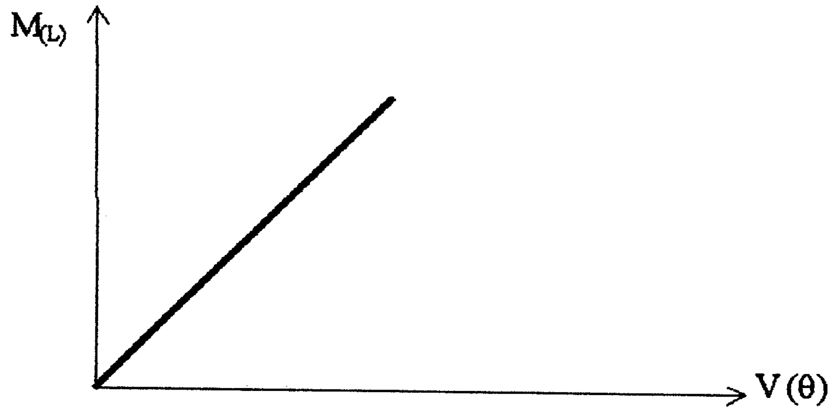

Рис. 1

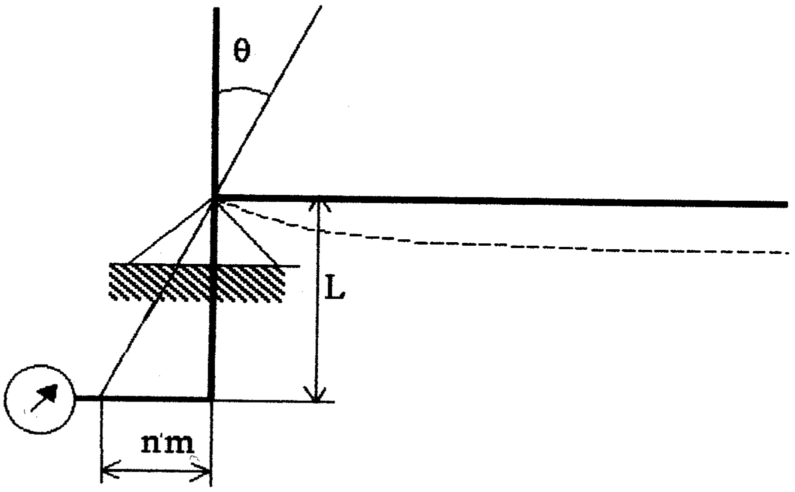

Рис.2

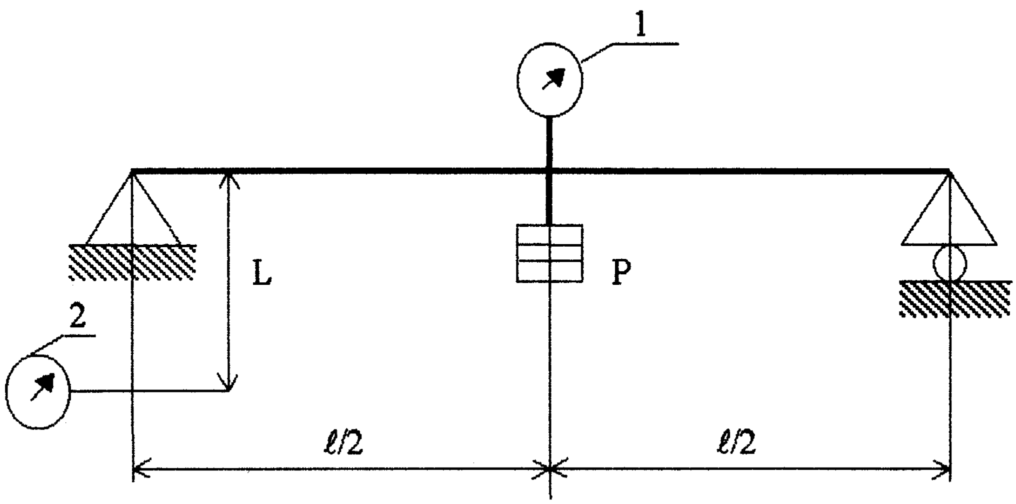

Схема нагружения балки и расположения измерительных приборов

2.3 Лабораторная работа №3.

Тема: «Определение перемещений в балке при косом изгибе».

2.3.1 Цель работы: Освоить методику определения величины и направления прогиба консольной балки при косом изгибе опытным и расчетным путем.

2.3.2 Задачи работы:

1. Для консольной балки определить величину и направления прогиба опытным путем.
2. Для консольной балки определить величину и направления прогиба расчетным путем.

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Лабораторная установка СМ -11.
2. Миллиметровая бумага.
3. Пакет программ APM Win Machine, модуль APM Beam.
4. Набор грузов.
5. Линейка и транспортир.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Настроить лабораторную установку на проведение опыта.

2. Нагрузить балку грузами 5Н, 10Н, 15Н и зафиксировать след, по которому она перемещается.

3. Определить опытным путем прогиб и направление перемещения, замерив их линейкой и транспортиром.

4. Определить величину и направления прогиба расчетным путем.

5. Сравнить результаты, полученные опытным и расчетным путем.

6. Определить величину полного прогиба балки с помощью модуля APM Beam и сравнить с результатами, которые получены ранее и проанализировать их.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

3.1 Практическое занятие №1.

Тема: «Основные понятия. Метод сечений».

3.1.1 Задание для работы:

1. Определение внутренних сил.
2. Сущность метода сечений.

3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Метод сечений позволяет определить величину внутреннего силового фактора в сечении, но не дает возможности установить закон распределения внутренних сил по сечению. Для оценки прочности необходимо определить величину силы, приходящуюся на любую точку поперечного сечения.

Величину интенсивности внутренних сил в точке поперечного сечения называют *механическим напряжением.* Напряжение характеризует величину внутренней силы, приходящейся на единицу площади поперечного сечения.

Рассмотрим брус, к которому приложена внешняя нагрузка (рис. 19.2). С помощью *метода сечений* рассечем брус поперечной плоскостью, отбросим левую часть и рассмотрим равновесие оставшейся правой части. Выделим на секущей плоскости малую площадку *ΔА.* На этой площадке действует равнодействующая внутренних сил упругости.

Направление напряжения p_{cp} совпадает с направлением внутренней силы в этом сечении.

Вектор p_{cp} называют *полным напряжением.* Его принято раскладывать на два вектора (рис. 19.3): τ — лежащий в площадке сечения и σ — направленный перпендикулярно площадке.

Если вектор ρ — пространственный, то его раскладывают на три составляющие:

Метод сечений заключается в мысленном рассечении тела плоскостью и рассмотрении равновесия любой из отсеченных частей.

Если все тело находится в равновесии, то и каждая его часть находится в равновесии под действием внешних и внутренних сил. *Внутренние силы определяются из уравнений равновесия, составленных для рассматриваемой части тела.*

Рассекаем тело поперек плоскостью (рис. 19.1). Рассматриваем правую часть. На нее действуют внешние силы$F4; F5; F6$ и внутренние силы упругости q_K, распределенные по сечению. Систему распределенных сил можно заменить главным вектором Ro, помещенным в центр тяжести сечения, и суммарным моментом сил.

Разложив главный вектор Ro по осям, получим три составляющие:

гдеN_Z — продольная сила;

Q_X — поперечная сила по оси x;

Q_Y — поперечная сила по оси y.

Главный момент тоже принято представлять в виде моментов пар сил в трех плоскостях проекции:

M_X — момент сил относительно O_X; M_Y — момент сил относительно O_Y, M_Z — момент сил относительно O_Z.

Полученные составляющие сил упругости носят название *внутренних силовых факторов.* Каждый из внутренних силовых факторов вызывает определенную деформацию детали. Внутренние силовые факторы уравновешивают приложенные к этому элементу детали внешние силы. Используя шесть уравнений равновесия, можно получить величину внутренних силовых факторов:

Из приведенных уравнений следует, что:

N_Z — *продольная сила,* равная алгебраической сумме проекций на ось Oz внешних сил, действующих на отсеченную часть бруса; вызывает растяжение или сжатие;

Q_X — *поперечная сила,* равная алгебраической сумме проекций на ось Ox внешних сил, действующих на отсеченную часть;

Q_Y — *поперечная сила,* равная алгебраической сумме проекций на ось Oy внешних сил, действующих на отсеченную часть;

силы Q_x и Q_y вызывают сдвиг сечения;

M_z — крутящийся момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно продольной оси Oz-, вызывает скручивание бруса;

M_x — изгибающий момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Ож;

M_y — изгибающий момент, равный алгебраической сумме моментов внешних сил относительно оси Оу.

Моменты M_x и M_y вызывают изгиб бруса в соответствующей плоскости

3.2 Практическое занятие №2.

Тема: «Осевое растяжение-сжатие».

3.2.1 Задание для работы:

1. Расчеты на прочность.
2. Определение деформаций.

3.2.2 Краткое описание проводимого задания:

Рассмотрим деформацию бруса под действием продольной силы F (рис. 21.1).

В сопротивлении материалов принято рассчитывать деформации в относительных единицах:

Между продольной и поперечной деформациями существует зависимость

где μ— коэффициент поперечной деформации, или коэффициент Пуассона, — характеристика пластичности материала.

В пределах упругих деформаций деформации прямо пропорциональны нагрузке:

где *F* — действующая нагрузка; *к* — коэффициент. В современной форме:

Получим зависимость

где *E* — модуль упругости, характеризует жесткость материала.

В пределах упругости нормальные напряжения пропорциональны относительному удлинению.

Значение *E* для сталей в пределах (2 – 2,1) • 10^5МПа. При прочих равных условиях, чем жестче материал, тем меньше он деформируется:

3.3 Практическое занятие №3.

Тема: «Сложное сопротивление. Расчеты на прочность».

3.3.1 Задание для работы:

1. Практические расчеты на прочность при сложном сопротивлении конструкций.

3.3.2 Краткое описание проводимого занятия:

К сложному сопротивлению относятся такие виды нагружения бруса, при которых в поперечных сечениях возникают одновременно не менее двух внутренних силовых факторов. Исключением является поперечный изгиб, который не принято рассматривать как случай сложного сопротивления, хотя в сечениях возникает изгибающий момент и поперечная сила. Это связано с тем, что в большинстве случаях расчёты на прочность и жесткость проводятся без учета влияние поперечной силы.

Случаи сложного сопротивления можно словно разделить на две группы.

К первой группе относятся такие случаи сложного сопротивления, когда в опасных точках бруса напряженное состояние является одноосным. В эту группу относят косой изгиб (рис. 27,а), изгиб с растяжением (рис. 27,б), внецентренное растяжение-сжатие (рис. 27,в) и др.

При косом изгибе условие прочности имеет вид:

Условие прочности при изгибе с растяжением, пренебрегая действием поперечных сил, имеет вид:

Рис. 27

Ко второй группе относятся такие случаи сложного сопротивления, когда напряженное состояние является плоским. К примеру, изгиб с кручением (рис. 28).