

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Сопротивление материалов»

Практикум

для проведения лабораторных работ
на тему «Простейшие виды нагружений бруса
и их расчетные схемы. проверка основных
гипотез и принципов»
по дисциплинам

**«Сопротивление материалов»,
«Механика» и
«Теоретическая механика»**

АВТОРЫ
Маяцкая И. А.,
Языев Б. М.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Практикум содержит основные теоретические положения, необходимые для проведения учебно-исследовательской лабораторной работы «Простейшие виды нагружений бруса и их расчетные схемы. проверка основных гипотез и принципов» по дисциплинам сопротивление материалов, специальные вопросы сопротивления материалов, механика, теоретическая механика для архитекторов, строительная механика для архитекторов, дано описание испытательной установки и образца, изложен порядок проведения лабораторной работы и обработки результатов испытаний.

Практикум предназначен для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной) технических направлений подготовки (специальностей), в частности, для студентов, обучающихся по направлениям: 08.03.01 –Строительство; 07.03.01 –Архитектура; 07.03.02 –Реконструкция и реставрация архитектурного наследия; 07.03.04 –Градостроительство; 23.03.03 –Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 29.03.04 –Технология художественной обработки материалов и специальностям: 08.05.01 –Строительство уникальных зданий; 08.05.02 –Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей; 21.05.01 –Прикладная геодезия; 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства.

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Сопротивление материалов»
Маяцкая И.А;

д.т.н., профессор кафедры «Сопротивление материалов»
Языев Б.М.





Оглавление

1. ПРОСТЕЙШИЕ ВИДЫ НАГРУЖЕНИЙ БРУСА И ИХ РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ	2
1.1. Цель работы	2
1.2. Расчетные модели элементов строительных конструкций	2
1.3. Виды нагрузений и испытательное оборудование	5
1.4. Изгиб. Расчетные схемы балок и опорных закреплений	11
1.5. Статистическая обработка результатов испытания	13
2. ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ГИПОТЕЗ И ПРИНЦИПОВ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ИЗГИБ.....	14
2.1. Цель работы	14
2.2. Общие сведения	14
2.3. Основные гипотезы и принципы	15
2.4. Основные сведения из теории изгиба балок	18
2.5. Образец для испытаний на изгиб	20
2.6. Порядок проведения испытания	21
2.7. Вывод формулы для определения прогибов в точках.	21
2.8. Обработка результатов испытания. Определение жесткости	22
2.9. Измерительные приборы и инструменты.....	23
3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	25
4. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	28
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	32

1. ПРОСТЕЙШИЕ ВИДЫ НАГРУЖЕНИЙ БРУСА И ИХ РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ

1.1. Цель работы

Изучение простейших видов нагружений бруса. Изучить типы опор и для испытания бруса уметь составить расчетную схему.

1.2. Расчетные модели элементов строительных конструкций

Сопротивление материалов является наукой экспериментально - теоретической. Нельзя производить расчеты элементов конструкций или деталей машин, не зная свойств материалов, из которых они сделаны. Любой расчет заканчивается подстановкой в полученные формулы конкретных механических характеристик материала, из которого сделана деталь. Для определения механических свойств материалов и их способности сопротивляться внешним силовым воздействиям, необходимо проводить испытания образцов материалов при различных видах нагружения, в результате которого происходит деформирование элемента конструкции.

Значительное многообразие конструктивных элементов строительных сооружений сводится к небольшому числу расчетных моделей и расчетных схем. Для строительных элементов конструкций и сооружений расчетные модели представлены стержнем (брусом), пластиной, оболочкой и массивным телом (телом трех измерений). Расчетные схемы обуславливаются внешними силами, которые в сопротивлении материалов и специальных технических дисциплинах принято называть нагрузками. На рис. 1 показаны расчетная модель и расчетная схема бруса.

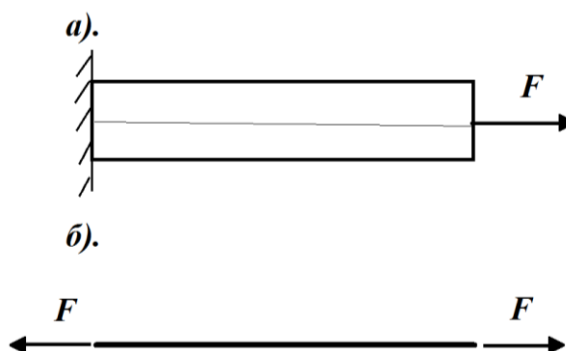


Рис. 1.

Брус, работающий на растяжение (сжатие) по расчетной схеме, приведенной на рис. 1б, называют стержнем.

Брус (рис. 2а), работающий на изгиб по расчетной схеме, представленной на рис. 2б, называют балкой.

Брус (рис. 3а), работающий на кручение по расчетной схеме, показанной на рис. 3б, называют валом.

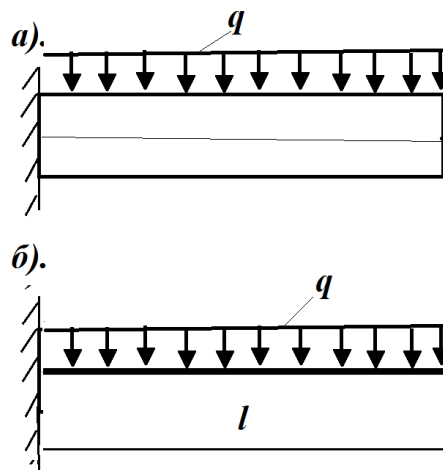


Рис. 2.

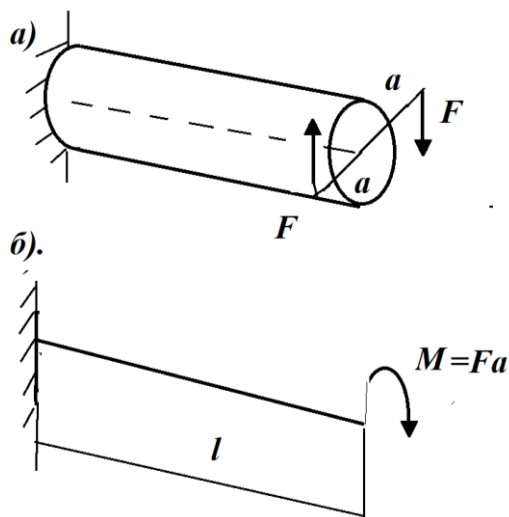


Рис. 3.

Пластиной или плитой называют элемент строительной конструкции, ограниченный двумя параллельными плоскостями, у которого два размера велики по сравнению с третьим – толщиной t : плиты перекрытий, стеновые панели, крышки люков или резервуаров (рис. 4).

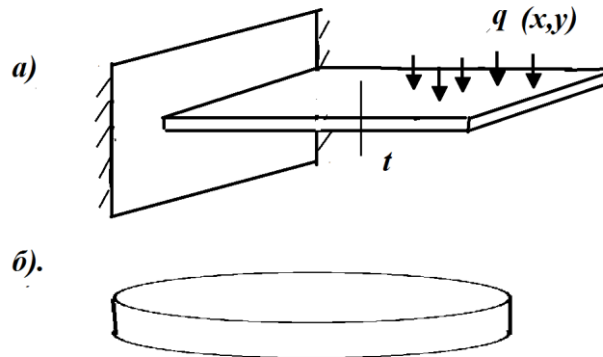


Рис. 4.

Оболочкой называют элемент строительной конструкции, ограниченный двумя параллельными поверхностями, у которого один размер (толщина t) мал по сравнению с другими: цилиндрические, сферические, конические оболочки, оболочки вращения (рис. 5).

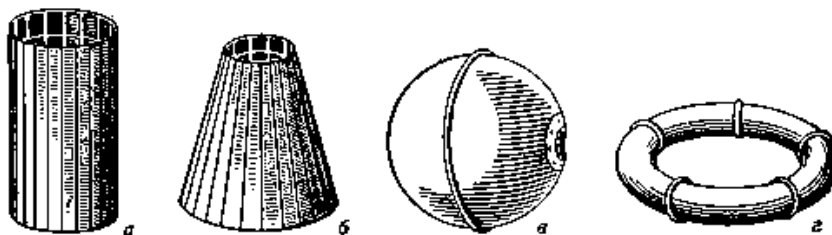


Рис. 5. Оболочки:

а – цилиндрическая, б – коническая, в – сферическая, г – тороидальная.

Массивом называют элемент строительной конструкции (фундаментный блок, фундаменты мостовых опор, колонн и т.д.), у которого все три размера одного порядка (рис. 6).

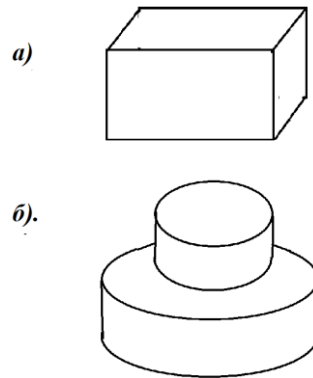


Рис. 6.

1.3. Виды нагружений и испытательное оборудование

По характеру действия различают *статические нагрузки*, когда пренебрегают ускорениями, возникающими от этих сил, и *динамические нагрузки*, когда наряду со статическими нагрузками учитываются и силы инерции.

Испытания проводятся с целью определения упругих и прочностных свойств материалов при простых видах деформирования: растяжении, сжатии, сдвиге, кручении и изгибе. Для этого проводят лабораторные работы, Описание которых включает: цель работы, необходимые теоретические предпосылки, протокол испытаний, порядок проведения опыта, необходимые пояснения к пользованию аппаратурой, способы обработки результатов и стандарты, в соответствии с которыми проводятся эксперименты.

Испытания проводятся с целью определения механических свойств материалов. Информацию необходимую для проведения испытаний получаем из технических условий на материал и стандартов на испытания.

Механические испытания имеют много особенностей. Для изотропных материалов изменение напряженного состояния вызваны креплением образцов и зависит от направления наибольшей жесткости. Это необходимо учитывать при выборе размеров образцов и нужно уменьшать влияние краевого эффект.

Необходимо обращать внимание на технологические дефекты, которые влияют на результат испытаний.

Классификация методов механических испытаний материалов представлена в табл. 1.

Машины и приборы для механических испытаний:

I Машины для статических испытаний: 1. Машины разрывные и универсальные машины для кратковременных испытаний (рис.2). 2. Машины для испытаний на длительную прочность, ползучесть и релаксацию. 3. приборы для определения твердости.

II Машины для динамических испытаний: 1 Приборы для испытания на удар (маятниковые). 2.Машины и приборы для испытания на усталость. 3. Приборы для определения динамического модуля и коэффициента динамических потерь.

III Приборы для термомеханических испытаний: 1. Приборы для испытания на теплостойкость. 2.Приборы для определения температуры хрупкости. 3. Приборы для определения КОП, КГ.

IV Приборы и устройства для измерения нагрузок деформации и температуры: 1. Динамометры. 2. Тензометры. 3. Термостаты.

Таблица 1.

Методы механических испытаний			
Статические		Динамические	
Кратковременные	Долговременные	Кратковременные	Долговременные
Испытание на растяжение	Испытание на ползучесть и релаксацию	Испытание на ударный изгиб	Испытание на усталость
Испытание на сжатие	Испытание на длительную прочность	Определение динамического модуля упругости и коэффициента	
Испытание на статический			

изгиб		динамических потерь	
Испытание на срез			
Определение модуля упругости			
Определение твердости			

Рассмотрим испытательное оборудование для проведения механических испытаний. Испытания можно проводить на универсальной испытательной машине, общий вид которой представлен на рис.7.

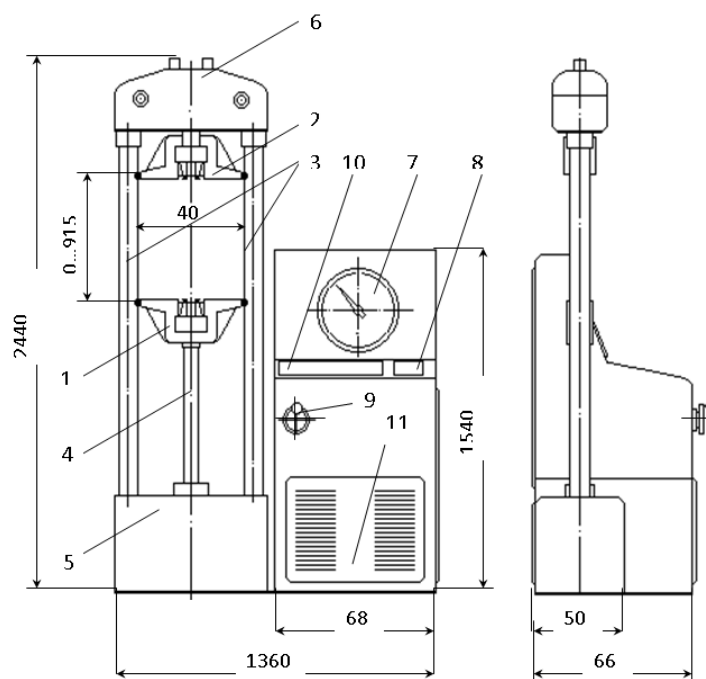


Рис. 7. Общий вид универсальной испытательной машины

Машина состоит из 2-х частей: силового механизма (слева) и пульта управления. Силовой механизм состоит из следующих узлов: 1 – подвижная траверса, 2 – траверса силоизмерителя, 3 – колонки направляющие, 4 – винт перемещения подвижной траверсы, 5 – редуктор передачи движения на винт, 6 – установка индуктивных датчиков силоизмерителя. Пульт управления



включает: 7 – динамометр с круглой шкалой, 8 – панель управления, 9 – маховик ручного привода поступательного перемещения винта, 10 – устройство регистрации перемещения подвижной траверсы и записи диаграммы $\sigma - \Delta$ на бумажной ленте, 11 – кожух электродвигателя привода силового механизма. Для испытания на растяжение к траверсам машины крепятся клиновые захваты, между губками которых устанавливается образец. Привод подвижного захвата осуществляется от двигателя постоянного тока через ременные передачи и червячный редуктор. Червячное колесо имеет в ступице винтовую нарезку, с помощью которой и реализуется поступательное перемещение винта. Конструкцией машины предусмотрена возможность ступенчатого и плавного регулирования скорости деформирования образца. Ступенчатое регулирование – с помощью смены шкивов ременной передачи; плавное – с помощью реостата, изменяющего величину напряжения постоянного тока питания электродвигателя. В режиме наладки подвижную траверсу можно перемещать с помощью маховика ручного привода. Непрерывное измерение растягивающего усилия происходит с помощью датчиков индуктивного типа, установленных в верхней части корпуса машины и кинематически связанных с неподвижным захватом образца. Сигнал от датчиков передается на динамометр стрелочного типа и электронный потенциометр записи диаграммы $P - \Delta l$. Потенциометр имеет каретку, с пишущим устройством, которая может двигаться по направляющей. Положение каретки на направляющей зависит от величины измеряемого усилия P . Привод лентопротяжного механизма потенциометра осуществляется с помощью троссовой передачи от подвижной траверсы силового механизма.

В лаборатории кафедры для испытаний на растяжение обычно используется разрывная машина (рис. 8) с предельной нагрузкой 40 кН и лабораторная установка на растяжение (рис. 9). На испытательной машине (рис. 8) диаграмма растяжения записывается на подвижную бумажную ленту.

Перемещение ленты пропорционально удлинению образца, а отклонение пишущего узла пропорционально силе сопротивления образца. Диаграмма строится в левой системе координат, т.е. абсолютное удлинение откладывается влево, а растягивающая сила - вверх.



Рис. 9. Общий вид испытательной машины РМ.



Рис. 9. Общий вид испытательной установки на растяжение.

Для динамических испытаний используют маятниковый копер жесткой конструкции, обеспечивающий ударное воздействие, а так же измерение энергии удара, затраченной на деформирование и разрушение образца. Эта энергия определяется как разность между первоначальным запасом потенциальной энергии маятника и энергией, оставшейся у маятника после разрушения образца. На рис. 10. показано устройство маятникового копра



Рис. 10. Общий вид маятнкового копра.

На рис. 11-13 показаны образцы после испытаний.



Рис.11 . Образец из стали после испытаний
на растяжение

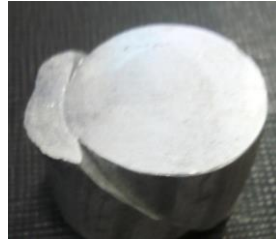


Рис.12 Образец из стали
после испытаний на
ударную вязкость

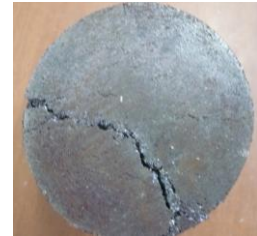




а). Образец из дерева
(сбоку и сверху)



б). Образец из алюминия
(сбоку и сверху)



в). Образец из чугуна
(сбоку и сверху)

Рис.13. Образцы после испытаний после испытаний
на сжатие

1.4. Изгиб. Расчетные схемы балок и опорных закреплений.

Лабораторная установка для проведения испытаний на изгиб полосы прямоугольного сечения показана на рис. 14

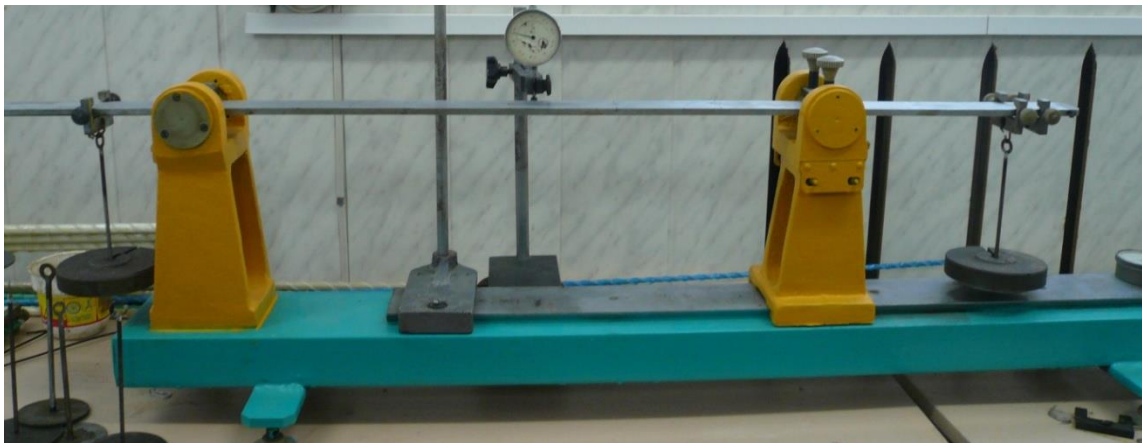


Рис. 14

Расчетные схемы балок и опорных закреплений. Представлены на рис.15-19

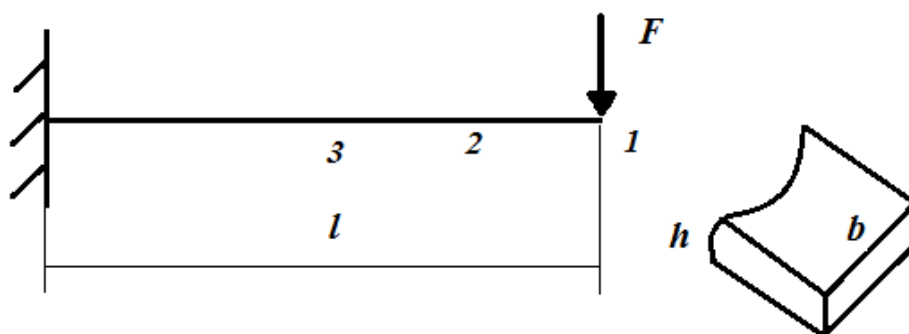


Рис. 15. Заделка.

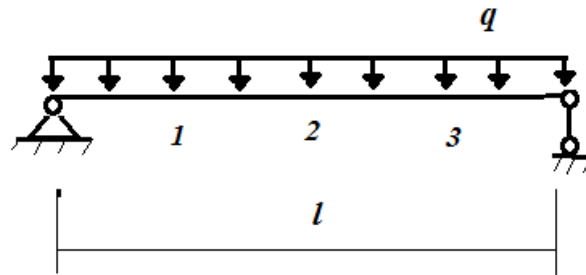


Рис. 16. Балка на двух опорах, простая балка или однопролетная.

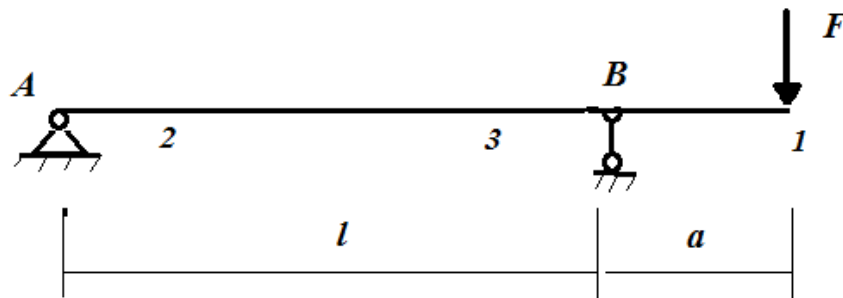


Рис. 17. . Однопролетная балка с правой консолью.

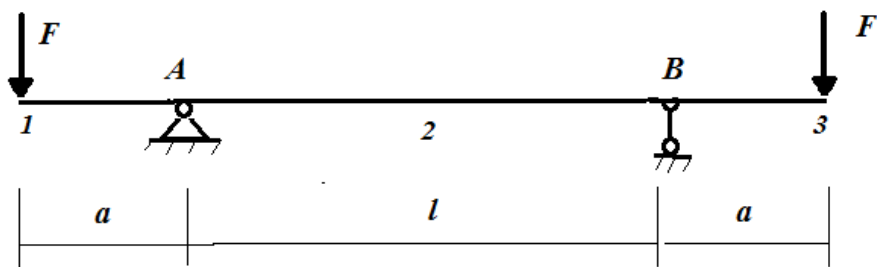


Рис. 18. Однопролетная балка с двумя консолями.

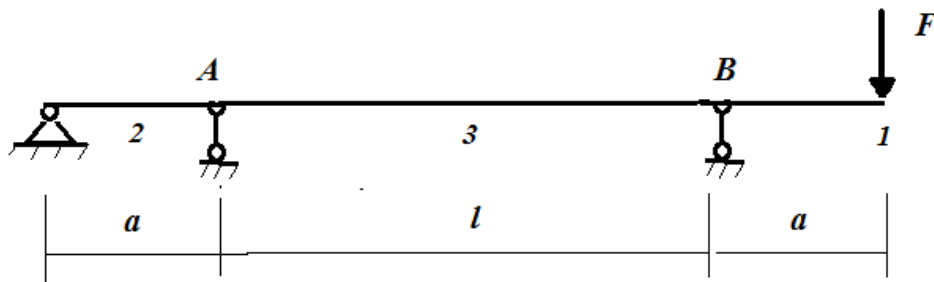


Рис. 19. Статически неопределимая балка.

Однопролетная балка с двумя консолями.

На лабораторных установках на изгиб и их расчетных схем можно выполнять или обосновать основные гипотезы и принцип независимости действия сил.

1.5. Статистическая обработка результатов испытания

При испытаниях полимерных композиционных материалов приходится сталкиваться с необходимостью обработки и анализа данных, полученных в результате экспериментов. Стохастическая природа экспериментальных данных обуславливает необходимость применения статистических методов для их анализа и обработки.

Пакет Excel оснащен средствами обработки данных. В него включены: средства описательной статистики, которые охватывают методы описания статистических данных, представление их в форме таблиц, распределений, критерии различия, корреляционные, дисперсионные и регрессионные методы, позволяющие проводить необходимый анализ экспериментальных данных.

Наиболее часто используются методы, реализованные в мастере функций и пакете анализа Excel. В этом пакете имеется ряд специальных функций, предназначенных для вычисления основных статистических характеристик.



2. ПРОВЕРКА ОСНОВНЫХ ГИПОТЕЗ И ПРИНЦИПОВ НА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ИЗГИБ

2.1. Цель работы

Ознакомление с методикой проведения статических испытаний на поперечный изгиб. Измерение деформаций, возникающих при поперечном изгибе. Экспериментальная проверка гипотез, положенных в основу приближенного расчета балок на изгиб.

2.2. Общие сведения

Сопротивление материалов является одной из первых основных общетехнических дисциплин, формирующих инженерное мировоззрение студентов любой специальности технического вуза.

Главная задача курса сопротивления материалов – подбор размеров элементов строительных конструкций, обеспечивающих их безопасную работу.

Безопасная работа строительных элементов обуславливается двумя практически противоположными требованиями: прочностью и экономичностью этих элементов. Условие прочности приводит к увеличению размеров поперечных сечений и, следовательно, дополнительному расходу материала, а условие экономичности – к понижению расхода материала, к уменьшению размеров элементов. Таким образом, основная задача сопротивления материалов заключается в определении оптимальных размеров поперечных сечений элементов строительных конструкций.

Такая постановка задачи приводит к трем видам расчетов этих элементов: на прочность, жесткость и устойчивость. Прочность – способность элементов конструкции воспринимать внешние нагрузки без разрушения. Жесткость – способность элементов конструкции воспринимать внешние нагрузки при ограниченных деформациях. Прочность – способность конструкции и ее элементов сохранять первоначальную форму равновесия.



2.3. Основные гипотезы и принципы

Для решения основной задачи сопротивления материалов (определения рациональных размеров) вводят ряд допущений и гипотез, позволяющих сложную работу элементов конструкции свести к простым расчетным моделям и схемам и получить простые инженерные формулы для определения напряженно-деформированного состояния.

1. *Гипотеза идеальной или абсолютной упругости* предполагает полную обратимость процесса деформирования тела в стадии нагружения и разгрузки, т.е. до приложения внешних сил в рассматриваемом элементе отсутствуют внутренние силы и деформации, возникающие в процессе нагружения элемента и исчезающие после снятия нагрузки.
2. *Гипотеза о сплошности материала* предполагает, что упругое тело полностью заполняет объем и не имеет в нем пустот и разрывов. Эта гипотеза позволяет рассматривать деформации и перемещения как неразрывные функции координат и в полном объеме использовать математический аппарат теории непрерывных функций.
3. *Гипотеза однородности материала* допускает, что в любых точках тела под действием одних и тех же напряжений возникают одинаковые деформации, т.е. в окрестности произвольной точки физические свойства и соответствующие им механические характеристики материала одинаковы.
4. *Гипотеза шаровой изотропии* предполагает, что для некоторых материалов физические свойства и механические характеристики одинаковы по всем направлениям, проведенным в окрестности произвольной точки.
5. *Гипотеза малости деформаций* предполагает, что перемещения точек рассматриваемого элемента малы по сравнению с его размерами, а относительные деформации малы по сравнению с единицей. Эта гипотеза позволяет пренебрегать изменениями в расположении внешних сил

относительно отдельных частей тела и составлять уравнения статики для недеформируемого тела.

6. *Гипотеза о линейной зависимости между деформациями и нагрузками (напряжениями).* Согласно этой гипотезе считают, что для большинства материалов между деформациями и напряжениями на определенной с момента загрузки стадии устанавливается прямопропорциональная зависимость (закон Гука).

Наряду с перечисленными гипотезами в курсе сопротивления материалов рассматривают два основных принципа.

1. *Принцип независимости действия сил*, который является следствием двух последних гипотез (малости деформаций и закона Гука). Согласно этому принципу действие на элемент конструкции группы сил вызывает в одних и тех же точках такие же напряжения, перемещения и деформации, что и алгебраическая сумма нагрузок, полученная от каждой отдельной силы этой группы при любом порядке нагружения (рис. 20).

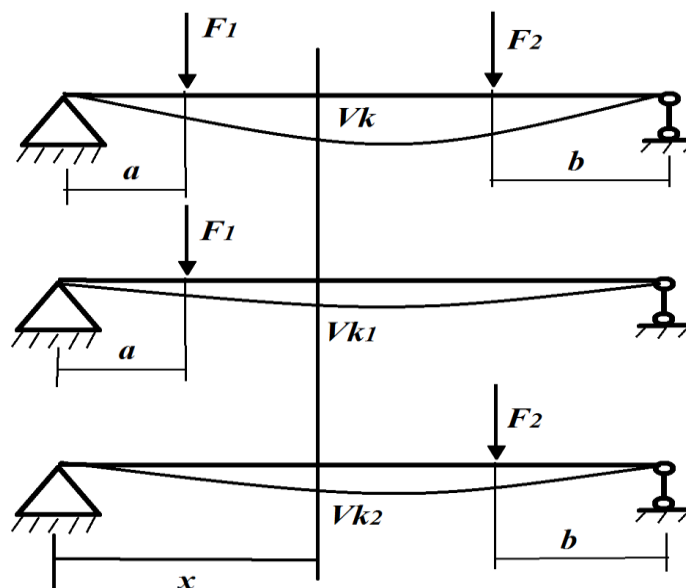


Рис. 20. $V_k = V_{k1} + V_{k2}$.

2. *Принцип Сен-Венана*, который излагается в виде двух вариантов:

а).если на какой-либо малой площадке элемента конструкции приложена уравновешенная система сил, то она вызывает в этом элементе напряжения, достаточно быстро убывающие по мере удаления от места приложения нагрузок.

На оси бруса (рис. 21) построен график сжимающих нормальных напряжений от уравновешенной нагрузки F .

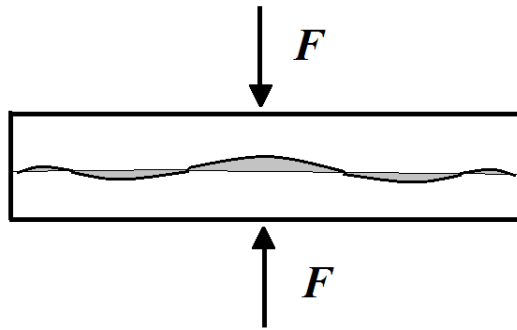


Рис. 21.

б).в точках деформируемого элемента конструкции, достаточно удаленных от мест приложения внешних нагрузок, напряжения и деформации практически мало зависят от детального способа приложения этих нагрузок (рис. 22).

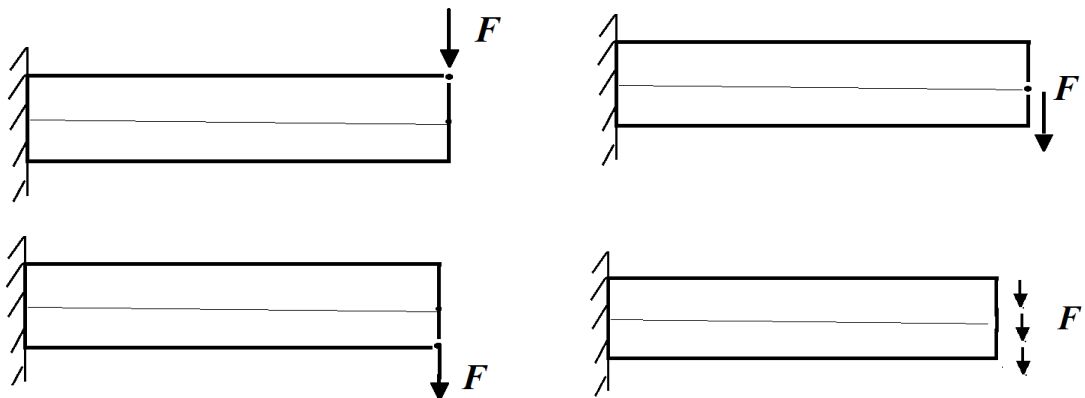


Рис.22.

Сформулированные гипотезы и принципы позволяют достаточно просто рассматривать расчетные модели и расчетные схемы конструктивных элементов.

Различные конструктивные элементы при действии внешних нагрузок деформируются, т.е. меняют свою форму и размеры. Однако все реальные тела стремятся сохранить свою первоначальную форму и размеры, т.е.

сопротивляются внешним воздействиям. Это сопротивление обусловлено возникающими внутренними усилиями и в соответствии с гипотезой об идеальной упругости приложенная нагрузка приводит к их появлению. Основным способом, который позволяет обнаружить и исследовать внутренние силы или силы взаимодействия между элементарными частицами элемента конструкции, является хорошо известный метод сечений.

2.4. Основные сведения из теории изгиба балок

Теория изгиба балок базируется на двух основных гипотезах: гипотезе плоских сечений и гипотезе, согласно которой продольные волокна не надавливают друг на друга. Следствием из первой гипотезы является линейная зависимость относительного удлинения продольного волокна от его расстояния до нейтральной плоскости:

$$\varepsilon = \frac{My}{EI_x}, \quad (1)$$

где M – изгибающий момент, действующий в данном сечении; y – расстояние волокна до нейтральной плоскости, в которой расположена главная центральная ось; EI_x – жесткость балки при изгибе.

Для крайних, наиболее удаленных от нейтрального слоя, волокон балки, имеющей симметричное поперечное сечение в виде прямоугольника или другой симметричной формы, формула для деформации имеет вид:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{Mh}{2EI_x} = \frac{M}{EW_x}, \quad (2)$$

где h – высота балки; W_x – момент сопротивления относительно нейтральной оси при изгибе.



Согласно второй гипотезе нормальные напряжения в направлении, перпендикулярном продольным волокнам, отсутствуют, поэтому нормальные напряжения вдоль волокон можно вычислять по закону Гука:

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (3)$$

где E – модуль упругости при растяжении или модуль упругости первого рода.

После подстановки (2) в (3), получаем формулу для определения максимальных нормальных напряжений при изгибе:

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{W_x}. \quad (4)$$

Сравнение напряжений и деформаций, вычисленных с помощью формул (2) и (4), с найденными опытным путем позволяет судить о достоверности гипотез, принятых в теории плоского изгиба. Для этого необходимо использовать универсальную испытательную машину со специальным приспособлением, тензометры и прогибомеры. Для проверки гипотез будет использоваться более простую лабораторную установку (рис. 23) и определять модуль упругости, который является постоянной величиной в формуле (3) или жесткость балки при изгибе.

В качестве опоры применяется устройство, показанное на рис. 24, которое позволяет находить угол поворота поперечного сечения в опоре, что также свидетельствует о том, что гипотеза плоских сечений выполняется.

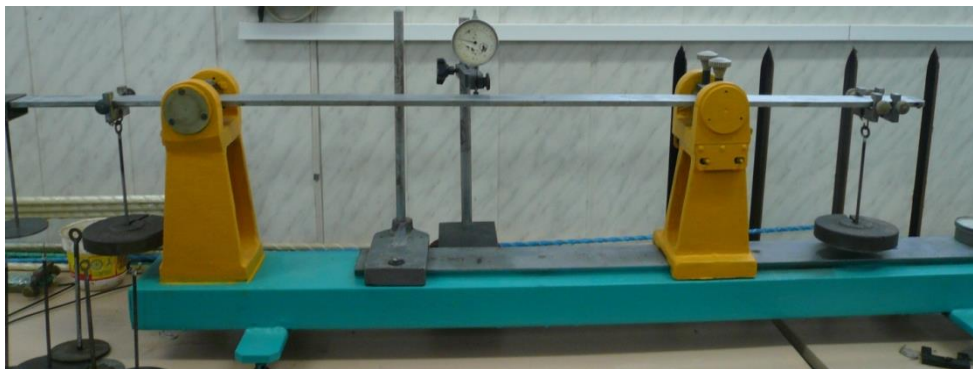


Рис. 23. Общий лабораторной установки.



Рис. 24. Общий опоры балки.

2.5. Образец для испытаний на изгиб

Для испытаний берется образец в виде стальной полосы, с прямоугольным поперечным сечением. Длину образца l , толщину b , высоту h измеряют и при необходимости используют и штангенциркуль, который показан на рис. 25.



Рис. 25.

Момент сопротивления и осевой момент инерции относительно нейтральной оси при изгибе равны:

$$W_x = \frac{bh^2}{6} \text{ и } I_x = \frac{bh^3}{12}. \quad (5)$$

Можно выбрать образец и с другим поперечным сечением и материалом, тогда надо вычислить момент сопротивления и осевой момент инерции относительно нейтральной оси при изгибе для данного сечения. Если

используются полимерные материалы то нужно провести кондиционирование образцов.

2.6. Порядок проведения испытания

В начале лабораторной работы изучается лабораторная установка и схема нагружения балки, которая представлена на рис. 26.

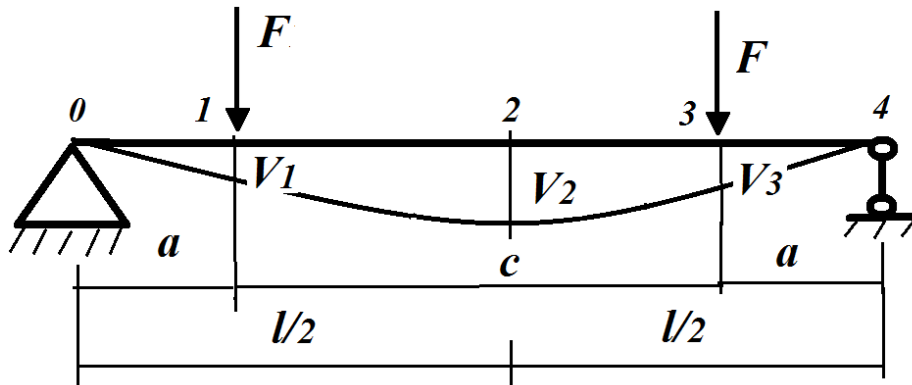


Рис. 26.

Выполняются соотношения: $l = 2a + c$; $V_1 = V_3$.

Определение напряжений деформаций и прогибов производится в некоторых сечениях на участках 12, 23, подверженных чистому изгибу с моментом $M_x = Fa = const$, т.е. в точках 1, 2, 3. Для каждой фиксированной нагрузки выполняются замеры в в точках 1, 2, 3 и заносятся в отчет о лабораторной работе.

2.7. Вывод формулы для определения прогибов в точках.

Для расчета можно применить схему, изображенную на рис. 27.

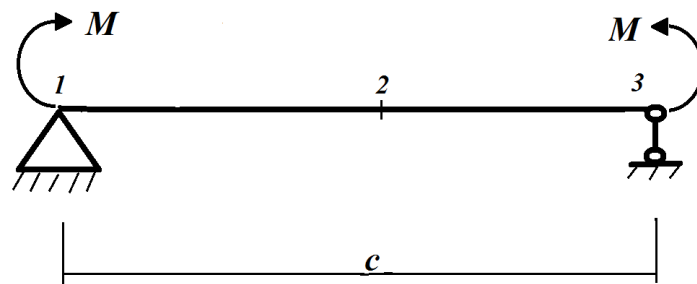


Рис. 27. $M = Fa$



Величину прогиба V_2 в середине балки, изображенной на рис. 26 можно определить методом начальных параметров:

$$V(x) = V_0 + \varphi_0 x + \frac{M_0 x^2}{2EI_x} + \frac{Q_0 x^3}{6EI_x}, \quad (6)$$

где начальные параметры равны: $V_0 = 0$; $\varphi_0 \neq 0$; $M_0 = M = Fa$; $Q_0 = 0$.

В результате получаем:
$$V(x) = \varphi_0 x + \frac{Mx^2}{2EI_x}. \quad (7)$$

Из условия закрепления на правом конце балки следует $x=c$ и $V=0$,

поэтому
$$\varphi_0 = -\frac{Mc}{2EI_x}. \quad (8)$$

Следовательно, прогиб в любой точке равен:

$$V(x) = -\frac{Mc}{2EI_x} x + \frac{Mx^2}{2EI_x}. \quad (9)$$

В середине балки при $x = c/2$ прогиб равен:

$$f = V_2 = -\frac{Mc^2}{8EI_x}. \quad (10)$$

Зная величину стрелы f , находим жесткость балки:

$$EI_x = \frac{Mc^2}{8f}. \quad (11)$$

2.8. Обработка результатов испытания. Определение жесткости

Теоретическое значение жесткости EI_x определяется по значению момента инерции, вычисленного для испытываемой балки, и значению модуля упругости, найденного в справочной литературе.

По данным эксперимента жесткость определяется по формуле:

$$EI_x = \frac{Fa \cdot c^2}{8f}. \quad (12)$$

Вычисление жесткости по формуле (12) производится для нескольких значений силы F , значения которых увеличиваем на величину этой силы. Среднеарифметическое значение полученных величин принимается за жесткость балки, определяемую из опыта. Следует отметить, что выполняется принцип независимости действия сил.

Определение деформаций крайних волокон

Теоретическая величина деформации определяется по формуле (2).

Величина деформации при испытании находится по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta c_{cp}}{c}, \quad (13)$$

где Δc_{cp} – среднее значение показаний всех тензометров.

Определение напряжений в крайних волокнах

Теоретические значения нормальных напряжений в крайних волокнах, где установлены тензометры, определяются по формуле (4).

Напряжения, получаемые при испытании, подсчитывают, исходя из закона Гука, по формуле (3). В формулу подставляют значение деформации ε , измеренной во время испытаний.

Все вычисления также производятся для нескольких значений расчетной нагрузки.

2.9. Измерительные приборы и инструменты.

Измерение деформаций производится рычажными тензометрами и прогибомерами или стрелочными индикаторами. Линейные размеры поперечного сечения образца измеряются штангенциркулем (рис. 28).

Штангенциркуль состоит из штанги 2, оканчивающейся губками 1 и 3, и свободно перемещаемой вдоль штанги рамки 4 с такими же губками. На штанге 2 имеется шкала с делениями от 0 до 125 мм через один миллиметр, а на рамке нанесены 10 делений нониуса 6, позволяющего получать отсчеты с точностью до 0,1 мм. На тыльной стороне штангенциркуля к рамке 4 прикреплена линейка 7, скользящая в продольном пазе штанги и предназначенная для измерения глубин. Рамка 4 снабжена стопорным винтом 5, которым она закрепляется на штанге неподвижно при необходимости получить шаблон размера.

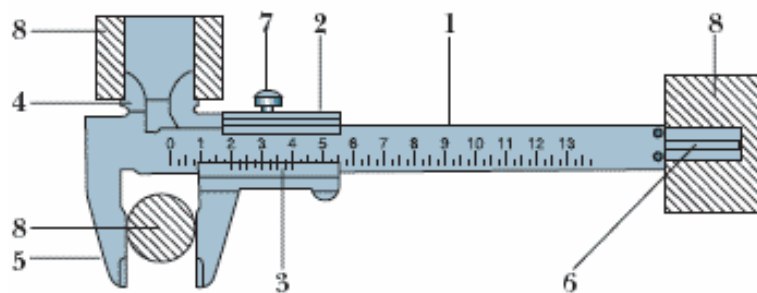


Рис.28. Штангенциркуль для измерения в пределах 0 – 125 мм.

Получение наружных размеров проводится между губками 1, для чего рамку нужно переместить до соприкосновения внутренних граней губок с деталью, располагая штангенциркуль строго в плоскости измерения. Внутренние размеры определяются положением граней губок 3 при упирании их во внутренние поверхности детали. Для измерения глубины нужно ножку линейки 7 упереть в дно детали, а торец штангенциркуля в её верхнюю грань.

Шкала целых миллиметров размера l отсчитывается по шкале штанги нулевым штрихом нониуса 6; число десятых долей миллиметра определяется тем штрихом нониуса, который совместится с каким-либо штрихом шкалы.

Индикатор (Мессура) часового типа для линейных измерений изображен на рис.10 и его схема показана на рис. 29.



Рис. 10

Штифт прижимается к поверхности балки в точке контакта с балкой, перемещение которой по направлению оси штифта нужно измерить. Круглая коробка индикатора с укрепленной в ней системой шестерен и циферблатом поддерживается неподвижно специальным штативом. Перемещение точки контакта с упорной поверхностью балки вызывает перемещение штифта, который вращает стрелку посредством зубчатых передач. Одно деление циферблата соответствует 0,01 мм перемещения точки контакта с балкой и основания штифта, а полный оборот стрелки соответствует 1 мм перемещения штифта. Перемещение штифта непосредственно отсчитывают в миллиметрах по линейной шкале от 0 до 10 мм с помощью маленькой стрелки на маленьком циферблате.

3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каковы правила отбраковки образцов, прошедших испытания?
2. По каким площадкам разрушается при скручивании круглые стержни из пластичных и хрупких материалов?
3. Как изменится величина напряжения, если диаметр стержня уменьшить в 2 раза?
4. Какую форму имеют образцы для испытания на сжатие?
5. Перечислите механические характеристики пластичного материала, получаемые при испытаниях на сжатие.



6. Перечислите механические характеристики хрупкого материала, получаемые при испытаниях на сжатие.
7. Начертите машинную диаграмму растяжения образца пластичного материала.
8. Начертите машинную диаграмму сжатия образца хрупкого материала.
9. Какие характерные особенности имеет разрушение образцов хрупких материалов при сжатии
10. Какие характерные особенности имеет разрушение образцов слоистых материалов при сжатии
11. Какую форму приобретает образец пластичного материала при сжатии.
12. Что происходит с продольными волокнами балки при изгибе?
13. Какие деформации образца происходят при изгибе?
14. Что такое чистый изгиб?
15. Как формулируется гипотеза плоских сечений?
16. По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечном сечении балки при чистом изгибе и как они меняются по высоте балки?
17. Что такое жесткость сечения при изгибе?
18. Что называется моментом сопротивления при изгибе и какова его размерность?

4. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Запрещается устанавливать образец и приводить испытания на лабораторном оборудовании без разрешения руководителя.
2. Во время испытания запрещается трогать образец руками.
3. При выполнении работы запрещается ходить за щиты, ограждающие лабораторную установку.



4. Необходимо находиться от испытываемого образца на расстоянии не менее 0,5 м.
5. При установке испытываемой балки необходимо проверить правильность расположения опор и индикаторов часового типа для линейных измерений.
6. Запрещается подходить к лабораторным установкам, не связанным с выполнением работы.



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

/Образец/

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

«Простейшие виды нагружений бруса и их расчетные схемы.

Типы опор балок при изгибе и их схематизация.

Проверка основных гипотез и принципов

на лабораторной установке для проведения испытаний на изгиб»

Дата проведения работы _____

1. Цель работы _____

2. Схема лабораторной установки

3. Материал образца _____

4. Форма и размер образца

М 1:1

5. Определение осевого момента инерции и момента сопротивления при изгибе _____

6. Построение эпюр внутренних силовых факторов при изгибе для данной схемы нагружения.



7. Журнал испытаний.

№ п/п	Наименование измеряемых величин	Обозначение	Размер	Величина
1	Длина балки			
2	Ширина поперечного сечения			
3	Высота поперечного сечения			
4	Расстояние а			
5	Расстояние с			
6	Площадь поперечного сечения			
7	Осевой момент инерции			
8	Момент сопротивления			
9	Величина нагрузки			
10	Величина реакции			
11	Величина перемещения в точке 1			
12	Величина перемещения в точке 2 (середина пролета)			
13	Величина перемещения в точке 3			

8. Значения прогибов при нагрузке и разгрузке для каждого испытания

№ испытания	Сила F кг	Нагрузка			Разгрузка		
		ΔF	V	ΔV	ΔF	V	ΔV
1							
2							



3							
4							
5							
...							

9. Обработка результатов испытаний

Статистическую обработку полученных значений параметров проводят по следующей методике.

За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее пяти определений каждого параметра по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N},$$

где X_i – отдельное значение определяемого параметра X ;

N – количество отдельных значений определяемых параметров, входящих в расчет.

Значения определяемых параметров округляют до двух значащих цифр и заносят в таблицу отчета о лабораторной работе.

Для каждого параметра вычисляют величину стандартного отклонения по формуле

$$S_X = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}.$$

Значения показателей округляют до двух значащих цифр и заносят в таблицу отчета о лабораторной работе.



Определяют границы доверительного интервала, в которых заключено искомое значение показателя X : $\bar{X} \pm \Delta X$, где ΔX – отклонение показателя X от среднего значения \bar{X} и равно $\Delta X = QS$.

Коэффициент Q зависит от количества образцов, участвующих в испытании, и определяется из таблицы.

Вычисляют относительную ошибку ξ по каждому параметру по формуле: $\xi = \frac{\Delta X}{\bar{X}} \cdot 100, \%$.

Значения отклонения ΔX и ошибки ξ по каждому параметру заносятся соответственно в таблицы отчета о лабораторной работе.

Значения коэффициента Q

Количество испытаний	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q	8,98	2,48	1,59	1,24	1,05	0,925	0,836	0,769	0,715	0,672

10. Вывод



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

/Образец оформления

титulyного листа лабораторной работы /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Сопротивление материалов»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

по сопротивлению материалов

на тему «Простейшие виды нагружений бруса и их расчетные схемы.

Проверка основных гипотез и принципов»

Выполнил студент группы _____

_____ **(Ф.И.О.)**

Принял _____

_____ **(Ф.И.О.)**

Ростов-на-Дону

20 ____ г.