

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА**

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

**Методические указания к лабораторным работам
по сопротивлению материалов**

Составители: С. И. Иванов, А. П. Филатов,
С. Н. Янский

УДК 539.3/8 (076.5)

Испытательные машины и измерительные приборы:
Метод. указания / Самар. аэрокосм. ун-т; Сост. С. И.
Иванов, А. П. Филатов, С. Н. Янский. Самара,
1993, 20 с.

Изложены общие правила проведения лабораторных работ по сопротивлению материалов и основные требования по технике безопасности, приведены описания и конструктивные схемы испытательных машин и измерительных приборов, применяемых в лабораториях «Сопротивление материалов».

Предназначены для студентов всех специальностей дневного и вечернего отделений, изучающих курс сопротивления материалов. Подготовлены на кафедре сопротивления материалов.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

В курсе "Сопротивление материалов" рассматриваются прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций, имеющих форму бруса. При расчетах используются различные механические характеристики материалов: временное сопротивление σ_t , предел текучести σ_r , предел выносливости σ_{-1} , относительное удлинение δ , относительное сужение ψ , модуль упругости E и другие. Эти характеристики определяются в ходе испытаний стандартных образцов при нормированных условиях. Таким образом, эксперимент служит основанием для всей теории сопротивления материалов. Поэтому важным элементом курса "Сопротивление материалов" являются лабораторные занятия, которые призваны:

1) познакомить студентов с методикой испытаний материалов, научить их определять основные механические характеристики, используемые в расчетах на прочность и жесткость;

2) экспериментально проверить справедливость принятых в расчетах гипотез и подтвердить выводы, которые дает теория сопротивления материалов, что будет способствовать лучшему усвоению теоретического материала;

3) познакомить с экспериментальными методами изучения деформированного и напряженного состояния;

4) познакомить с испытательными машинами и приборами, которые применяются для исследования прочности материалов и конструкций.

Лабораторные работы составлены с учетом содержания и объема лекций. Перед выполнением каждой лабораторной работы студентам необходимо познакомиться с соответствующим теоретическим материалом по лекциям и рекомендуемой литературе.

Лабораторные работы выполняются группами по 2-5 человек. При

этом студенты должны:

1) усвоить общие сведения, изложенные в инструкции к данной работе и рекомендуемой литературе, уяснить цель и порядок выполнения работы;

2) ознакомиться со схемой машины или установки и измерительной аппаратурой, которые будут использоваться в ходе эксперимента;

3) пройти предварительный контроль по работе и получить допуск к ее выполнению;

4) под руководством преподавателя выполнить эксперимент;

5) провести необходимые расчеты (каждый студент выполняет расчеты самостоятельно);

6) оформить протокол испытаний;

7) отчитаться по проведенной работе.

В процессе выполнения необходимо принять меры к уменьшению погрешностей измерений и вычислений, причинами которых могут быть: неточность изготовления или установки образцов, погрешности измерительной аппаратуры, случайные ошибки и др. Образцы, применяемые при испытании, следует тщательно измерять, при расчетах учитывать не проектные, а действительные размеры. Неточность установки образца можно устранить применением образцов симметричной формы, осреднением результатов показаний двух приборов, установленных по обе стороны от плоскости симметрии. Чтобы избежать случайных ошибок, опыт повторяется несколько раз. В качестве окончательного результата используется средняя арифметическая величина.

Все расчеты должны проводиться с точностью до единицы третьей значащей цифры. Графики и чертежи рекомендуется выполнять с учетом требований ЕСКД.

Особое внимание следует обращать на соблюдение правил техники безопасности. При выполнении лабораторных работ в лаборатории "Испытание материалов" студент ОБЯЗАН:

1) в начале каждого семестра прослушать вводный инструктаж по технике безопасности и расписаться в журнале инструктажа;

2) перед началом каждой лабораторной работы прочитать инструкцию по технике безопасности для данной работы;

3) при получении инструмента у дежурного лаборанта убедиться в его исправности;

4) перед проведением лабораторной работы совместно с дежурным лаборантом проверить исправность лабораторной установки или испытательной машины, контурного заземления, кнопок "Пуск", "Стоп", системы подвески грузов, ограждений;

- 5) проводить лабораторную работу с разрешения и под руководством преподавателя или дежурного лаборанта;
- 6) после окончания работы сдать инструмент и лабораторную установку дежурному лаборанту, привести рабочее место в порядок.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- 1) проведение лабораторных работ студентами, не прошедшими инструктаж по технике безопасности;
- 2) включение машин и работа на установках без разрешения преподавателя или дежурного лаборанта;
- 3) работа без предусмотренных инструкциями ограждений, вход за ограждения, их сьем и установка.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Универсальная испытательная машина ЦНИИМАШ-Ю

Данная машина предназначена для статических испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и сдвиг силой до 10 т (100 кН). На ней могут проводиться и другие виды испытаний при наличии специальных приспособлений.

Схема универсальной испытательной машины ЦНИИМАШ-Ю гидравлического действия изображена на рис.1. Масляный насос высокого давления 1 приводится в действие при помощи электродвигателя. По трубопроводу 2 масло подается в рабочий цилиндр и давит на поршень 8. Поршень, поднимаясь вверх, перемещает перекладчину 9 и связанную с ней при помощи двух тяг подвижную траверсу 12, на которой закреплены нижняя опора 11 и верхний захват 13. Рама машины состоит из чугунного основания 17, в котором заделаны две колонны, жестко связанные наверху перекладчиной. На перекладчине укреплены рабочий цилиндр и верхняя опора 10. При рабочем ходе расстояние между опорами 10,11 уменьшается, поэтому между ними проводится испытание на сжатие и другие испытания, требующие сближения опор.

Захваты 13,14 предназначены для испытания на растяжение, так как при рабочем ходе расстояние между ними увеличивается. Один конец образца вставляется в верхний захват 13, закрепленный на подвижной тра-

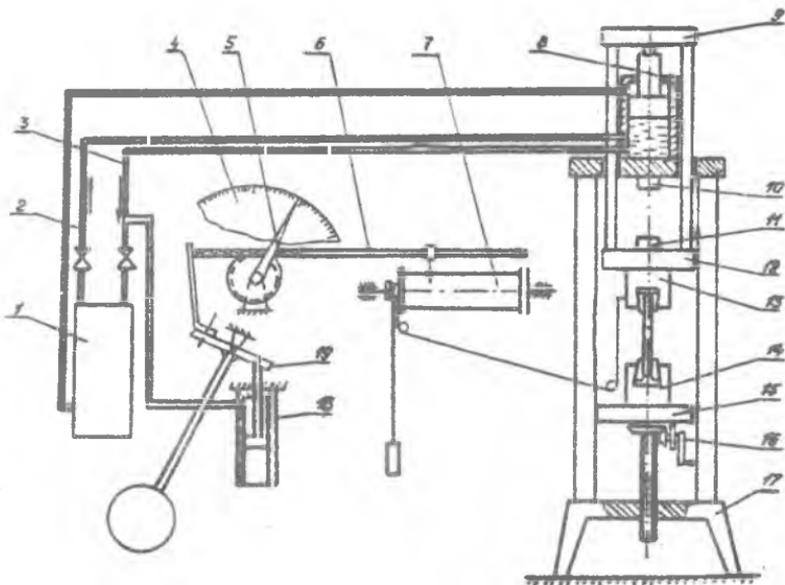


Рис. I. Универсальная испытательная машина ЦНИИМАШ-10

версе 12, и зажимается клиновым замком. С помощью механизма подачи 16 нижний захват 14 с опорой 15 подводится к нижнему концу образца и также зажимается клиновым замком.

Для измерения растягивающей или сжимающей нагрузки применяется маятниковый динамометр. Рабочий цилиндр соединен трубопроводом 3 с цилиндром динамометра. Поршень этого цилиндра при помощи тяги 18 соединен с кривошипом 19 тяжелого маятника. В процессе нагружения пропорционально нагрузке растут давление масла и момент силы тяги относительно оси маятника, который уравнивается моментом силы тяжести маятника. При небольших углах отклонения маятника во время испытаний, эти углы пропорциональны растягивающей или сжимающей нагрузке.

При повороте маятника прикрепленный к нему толкатель перемещает рейку 6. С рейкой при помощи зубчатой передачи связана стрелка динамометра 5, показывающая на шкале 4 величину нагрузки.

Для записи диаграммы растяжения - графика зависимости между нагрузкой P и абсолютным удлинением Δl - применяется записывающее устройство. К рейке 6 прикрепляется карандаш, кончик которого опирается на бумагу, наверхнутую на барабан 7. При нагружении карандаш перемещается вдоль оси цилиндра, фиксируя величину нагрузки. Абсолютное удлинение образца Δl , равное перемещению подвижной траверсы, фиксируется поворотом барабана, приводимого в движение нитью, один конец которой прикреплен к подвижному захвату, а другой посредством блоков перекинут через шкив барабана и нагружен гирей. При вращении барабана и одновременном перемещении карандаша на бумаге вычерчивается кривая, ординаты которой пропорциональны нагрузке, абсциссы - абсолютному удлинению образца. Масштаб удлинений равен отношению диаметра барабана к диаметру шкива и составляет для данной машины 5:1 или 2:1 в зависимости от того, через какой шкив переброшена нить. Масштаб нагрузки определяется отношением величины максимальной нагрузки, зафиксированной по шкале динамометра, к соответствующей ординате на диаграмме $P-\Delta l$.

Универсальная испытательная машина УМ-5А

Машина УМ-5А с максимальным усилием 5т (50 кН) предназначена для статических испытаний на растяжение. При наличии специальных приспособлений на ней могут проводиться также испытания на сжатие, изгиб и срез.*Эта машина, схема которой представлена на рис.2,

имеет механический привод, работающий от руки или от электродвигателя. Вращение передается на червячную пару 2, смонтированную в станине I. В ступицу червячного колеса ввинчивается ходовой винт 3, на котором закреплен нижний захват 4 машины. При опускании захвата 4 происходит растяжение образца. Усилие, возникшее в образце, передается через верхний захват 5 рычагу 6 маятникового силоизмерителя 7. Растягивающее усилие создается весом отклоненного маятника. Отклонение маятника передается через рейку 8 зубчатому колесу 9, соединенному со стрелкой силоизмерителя. Зубчатое колесо 9 имеет блок, на котором намотана гибкая нить, предназначенная для перемещения карандаша 10. Перемещение карандаша вдоль оси барабана 11 пропорционально нагрузке P . Рейка 13, соединенная с подвижным захватом машины 4, при помощи зубчатого колеса 12 вращает диаграммный барабан 11, угол поворота которого пропорционален удлинению образца. При растяжении образца карандаш вычерчивает график зависимости нагрузки P от абсолютного удлинения образца Δl .

Испытательная машина фирмы "Лозенгаузен"

Данная машина с максимальным усилием 5т (50 кН) предназначена для статических испытаний на растяжение. Испытания на сжатие, срез или изгиб могут проводиться на машине только при наличии специальных приспособлений.

Схема машины дана на рис.3. Машина состоит из станины I, опорных колонн 2 и верхней неподвижной траверсы 5, на которых смонтированы механизм нагружения и силоизмерительное устройство. С помощью червячной пары в ступицу червячного колеса ввинчивается ходовой винт 12, перемещающий нижний захват 3. Верхний захват 4 с помощью троса соединен с верхней траверсой 6, которая опирается на поршень 7. Поршень действует на мембрану 8, закрывающую полость, заполненную глицерином. В процессе нагружения под мембраной в жидкости возникает давление, пропорциональное нагрузке. Полость с жидкостью соединена при помощи трубопровода 9 с манометром 10, который показывает величину нагрузки, действующей на образец 11.

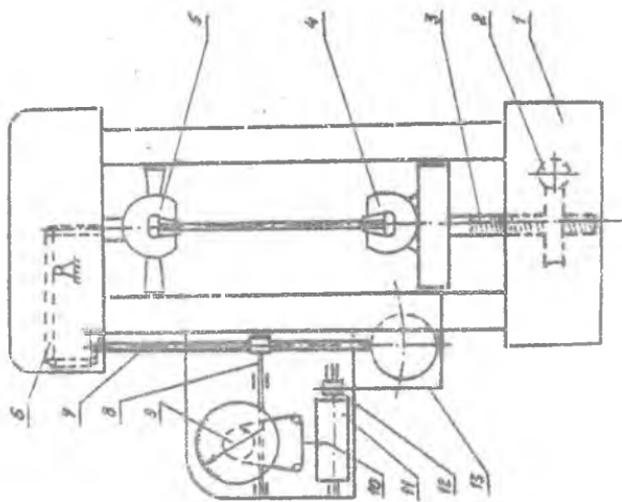


Рис. 2. Универсальная испытательная машина УМ-5А

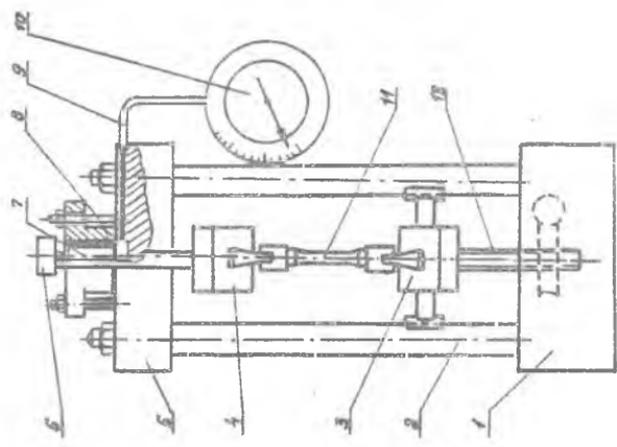


Рис. 3. Испытательная машина фирмы "Лозенгаузен"

Машина для испытания на кручение КМ-50-1

Машина КМ-50-1 предназначена для испытания на кручение прямолинейных образцов при статическом действии момента, максимальная величина которого составляет 50 кГм (500 Нм).

Схема машины изображена на рис.4. Машина состоит из чугунной станины I, на которой установлены две колонны, соединенные верхней

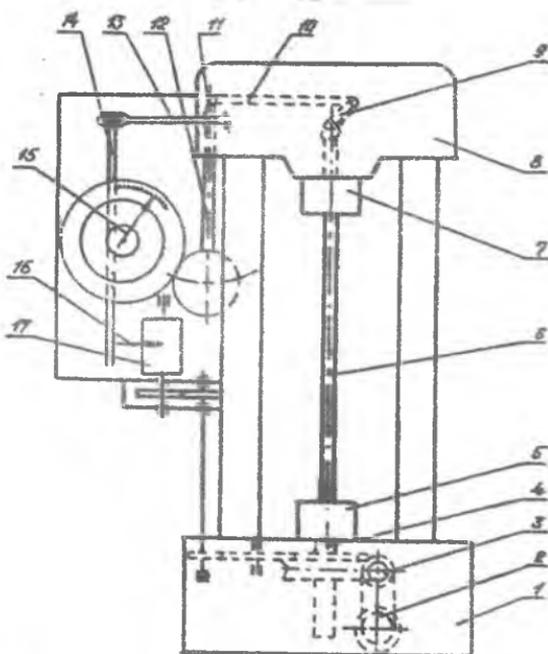


Рис.4. Машина для испытания на кручение КМ-50-1

неподвижной перекладной 8. Чугунная станина одновременно служит корпусом привода.

Нагружение производится вручную или при помощи электромотора 2 через червячную пару 3. К ступице 4 червячного колеса прикреплен нижний захват 5, передающий момент образцу 6. С образца момент передается верхнему неподвижному захвату 7, который через горизонтальный

кривошип 9 соединен тягой 10 с втулкой-кривошипом 11 маятника 12. Момент силы тяги уравнивается моментом силы тяжести маятника 12, благодаря чему момент на образце пропорционален углу поворота маятника. На оси маятника закреплен рычаг 13, который перемещает рейку 14, приводящую в движение шестерню 15 и стрелку динамометра. Перемещение рейки и стрелки пропорционально углу поворота маятника и, следовательно, пропорционально крутящему моменту.

Для записи графика зависимости между крутящим моментом и углом закручивания на рейке укреплен карандаш 16, опирающийся на поверхность барабана 17. Поворот нижнего подвижного захвата, равный углу закручивания, передается при помощи зубчатой передачи барабану. В процессе нагружения карандаш вычерчивает кривую, ординаты точек которой пропорциональны крутящему моменту M , а абсциссы пропорциональны углу закручивания. Масштаб момента можно найти как отношение показания динамометра к соответствующей ординате, а масштаб угла закручивания равен передаточному числу зубчатой передачи.

Машина для испытания на усталость при чистом изгибе МУИ-6000

Машина МУИ-6000 предназначена для испытания на усталость при чистом изгибе вращающегося образца.

Технические характеристики:
нагрузка на образец 10-100 кг (100-1000 Н); наибольший изгибающий момент 500 кг см (50 Нм); частота нагружения 100 Гц; образцы цилиндрические с головками ϕ 12, 17 или специальные.

Конструкция машины показана на рис. 5. Все механизмы смонтированы на литой чугунной станине. Испытываемый образец 11 закрепляется в шпindelных бабках 8. На корпусах бабок находятся цапфы 10, через которые с помощью серег 9 передаются силы от механизма нагружения. Левая бабка опирается на стойки 6 через подшипники 7, правая - на стойки 16 через подвижные подшипники 15. В корпусе каждой бабки помещается шпindel 12, имеющий внутри конусную цапгу 13. В цапге зажимается головка испытываемого образца. Зажим цапги производится путем поворота гайки 14. Вращение левого шпинделя и, следовательно, образца, осуществляется электродвигателем 1 через клиноременную передачу 2 и гибкий валик 5. Число оборотов (циклов) фиксируется счетчиком 3, закрепленным на корпусе червячного редуктора 4 с передаточным отношением 1:100.

Механизм нагружения обеспечивает создание необходимого изгибающего момента на испытываемом образце. Схема нагружения и эпюра изгибающего момента показаны на рис.5 внизу. Механизм нагружения состоит из грузового рычага 20, шарнирно связанного с серьгами 9, через которые передается нагрузка на шпиндельные бабки. На рычаге 20 закреплены два подшипника скольжения 19, в которых вращается гладкий конец винта 32. При вращении этого винта маховиком 18 груз 31 перемещается по рычагу 20 и одновременно через червячную пару 21 обеспечивается поворот шкалы нагрузок 17, которая указывает нагрузку на серьги, создаваемую только подвижным грузом 31. Эта нагрузка изменяется в пределах 10-20 кг (100-200 Н). Нагрузку более 20 кг (200 Н) можно создать с помощью сменных грузов 29 на подвеске 30. Приложение нагрузки производится путем вращения маховика 24, который через червячную пару 22 опускает винт 23, связанный с грузовым рычагом машины. При разрушении образца рычаг опускается на амортизатор 27 и одновременно действует упором 25 на микропереключатель 26. Последний выключает электродвигатель. Успокоитель 28 поглощает вибрации грузового рычага при работе машины.

Стрелочный индикатор

Стрелочный индикатор предназначен для непосредственного измерения линейных перемещений, схема его представлена на рис.6.

Основанием прибора является корпус 9, внутри которого в диаметральной плоскости помещается мерительный стержень 8 с нарезанными зубьями, образующими зубчатую рейку 7. При поступательном движении мерительного стержня зубья рейки приводят во вращение систему зубчатых колес (2,3,4,5,6). На оси последнего зубчатого колеса 2 закреплена указательная стрелка 10, передвигающаяся по круговому циферблату 11. Передаточные числа системы зубчатых колес подобраны таким образом, что при перемещении мерительного стержня на 0,01 мм стрелка передвигается на одно деление кругового циферблата, разбитого на 100 частей. Следовательно, при перемещении мерительного стержня на 1 мм указательная стрелка описывает полный круг.

На оси зубчатых колес 5 и 6 укреплена малая стрелка (на рис.6 не показана). Малая стрелка совершает один оборот при перемещении мерительного стержня на 1,0 мм. Циферблат малой стрелки разбит на 10 делений; цена одного деления 1 мм. Таким образом, стрелочный индикатор измеряет линейные перемещения до 10 мм с точностью 0,01 мм.

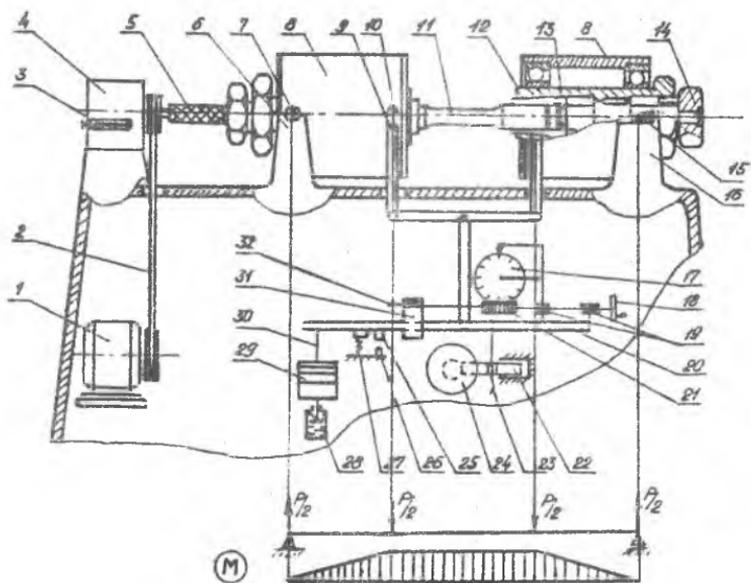


Рис.5. Машина для испытания на усталость при чистом изгибе МУИ-6000

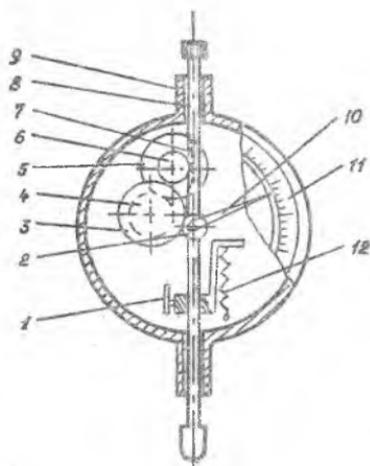


Рис.6

Выпускаются также индикаторы с ценой деления 0,001 мм.

Для согласования движения большой и малой стрелок прибора мерительный стержень перемещают до тех пор, пока малая стрелка не остановится на каком-либо делении своего циферблата. Затем поворачивают подвижный круговой циферблат до совпадения его нулевого деления с концом указательной стрелки, после чего отпускают мерительный стержень. Рамка I служит для предотвращения проворачивания мерительного стержня. К рамке крепится пружина 12, оттягивающая мерительный стержень в крайнее положение.

Рычажный тензомер

Рычажный тензомер (рис.7) предназначен для измерения линейных деформаций. Такой тензомер обычно имеет базу 20 мм (у некоторых моделей 10 мм). Присоединением специального удлинителя база может быть увеличена до нужных размеров в пределах 50-1000 мм.

Прибор прижимается к испытываемой детали при помощи трубки, которая на рисунке не показана. Расстояние между нижним ребром призмы 7 и острием ножа I является базой прибора I. Жесткая рамка прибора 3 вместе с призмой 7 составляет часть прибора, воспринимающую деформацию.

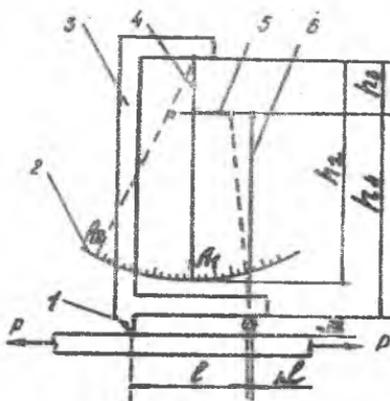


Рис.7

Частью прибора, увеличивающей перемещение, являются рычаг 6, жестко соединенный с призмой 7, и стрелка 4, шарнирно прикрепленная к раме. По шкале 2 производятся отсчеты.

При изменении длины l (базы прибора) на величину Δl произойдет поворот призмы 7 вокруг ее верхнего ребра. Вместе с призмой на тот же угол повернется рычаг 6 и при помощи тяги 5 отклонит стрелку 4. Вследствие поворота стрелки 4 нижний конец ее переместится по шкале 2 из положения A_1 в положение A_2 . Разность отсчетов ΔA по шкале пропорциональна удлинению Δl . Коэффициент увеличения K зависит от соотношения плеч рычагов 6 и 4 и определяется выражением

$$K = \frac{\Delta A}{\Delta l} = \frac{h_2 h_4}{h_1 h_3}$$

Обычно коэффициент увеличения рычажного тензометра составляет 1000–1200, величина его для каждого прибора указывается в паспорте.

Зная коэффициент увеличения прибора, по разности отсчетов можно определить абсолютное удлинение

$$\Delta l = \frac{\Delta A}{K},$$

а затем и относительное удлинение

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\Delta A}{Kl}.$$

Измеритель деформации ЦТМ-5

Цифровой тензометрический мост ЦТМ-5 предназначен для измерения статических деформаций деталей при помощи тензорезисторов. В комплекте с переключателем тензорезисторов ПД-100 М и печатающим устройством СД-107Д прибор позволяет выполнять измерения в ручном или автоматическом режимах в 100 точках.

Основные технические данные ЦТМ-5: класс точности - 0,2; диапазон измеряемых деформаций при коэффициенте тензочувствительности $K=2$ - от $1 \cdot 10^{-5}$ до $999 \cdot 10^{-5}$; время одного измерения - не более 1,4 с; сопротивление применяемых тензорезисторов - от 50 до 200 Ом; потребляемая мощность - не более 80 Вт.

Электрическая схема показана на рис.8. Она представляет собой измерительный мост, работающий по нулевому методу. Постоянные сопротивления R_{B1} и R_{B2} составляют внутренний полумост.

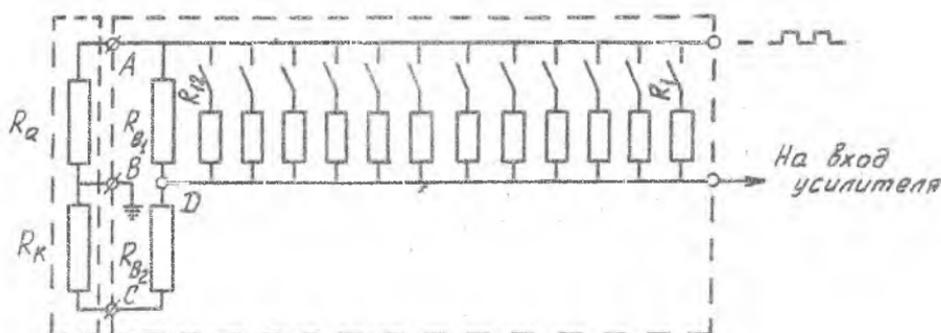


Рис.8. Электрическая схема измерения деформаций ЦТМ-5

Рабочий R_A и компенсационный R_K тензорезисторы образуют внешний полумост, который подключается с помощью блока коммутации. Уравновешивание моста осуществляется путем параллельного подсоединения к плечу АД компенсирующих сопротивлений $R_1 - R_{12}$. Сопротивления подключаются поочередно, начиная с самого малого. При включении каждого компенсирующего сопротивления специальная логическая схема анализирует результат - недокомпенсацию или перекомпенсацию моста - и в зависимости от этого включает сопротивление подключенным или отключает его.

Когда мост сбалансирован, дешифратор анализирует положение переключателей компенсирующих сопротивлений и через блок индикации выдает результат в виде трехзначного числа. На световом табло прибора появляются два числа. Одно из них, двухзначное, указывает номер рабочего датчика, другое, трехзначное, представляет сигнал от спрашиваемого датчика.

Если коэффициент тензочувствительности тензорезистора $K = 2$, то цена единицы показания прибора $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-6}$. При другом коэффициенте тензочувствительности тензодатчика прибор необходимо тарировать.

Чтобы измерять деформации разного знака, сопротивление R_{B1} выбрано меньше R_{B2} , поэтому при отсутствии деформации рабочего тензорезистора имеется разбаланс моста, соответствующий показанию прибора в 500 единиц.

Величина деформации определяется по разности показаний прибора до и после деформации датчика.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЕФОРМАЦИЙ ЦИФРОВОЙ ИДЦ-1

Измеритель деформаций цифровой предназначен, как и ЦТМ-5, для измерения статических деформаций при помощи тензорезисторов, включаемых по полумостовой схеме.

Прибор обеспечивает дистанционное управление вычислительной электронной клавишной машиной "Искра-108Д" в режиме печати и унифицированным перфоратором ПДУ-1.

Печатающая машина "Искра-108Д" осуществляет регистрацию результатов измерений на бумажной ленте.

Ленточный перфоратор служит для регистрации результатов измерений на перфорационной ленте для последующего вывода ее на ЭВМ.

Основные технические данные:
диапазон измеряемых деформаций при коэффициенте тензочувствительности $K = 2$ от 0 до 19990 есд ($1 \text{ есд} = 10^{-6} \frac{\Delta l}{l}$); сопротивление применяемых тензорезисторов от 50 до 500 Ом; число каналов измерений - 10.

Устройство и работа прибора:
внутренний полумост является частью измерительного моста. Активный и компенсационный тензорезисторы, входящие во внешний полумост, наклеиваются на поверхность объекта, подвергаются деформации. При воздействии деформации на тензорезистор, включенный во внешний измерительный полумост, происходит разбаланс измерительного полумоста прибора.

Относительное значение изменения сопротивления активного тензорезистора определяет величину деформации:

где $\frac{\Delta R}{R} = E \frac{\Delta l}{l}$ - деформация в еод;

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta l}{l},$$

- l - длина активного тензорезистора, мм;
 Δl - изменение длины активного тензорезистора при изменении деформаций испытуемого объекта, мм;
 R - сопротивление активного тензорезистора при отсутствии деформации, Ом;
 ΔR - изменение сопротивления активного тензорезистора при деформации, Ом;
 K - коэффициент тензочувствительности.

Сигнал разбаланса с моста поступает на вход усилителя, усиленный сигнал разбаланса поступает в блок автоматического уравнивания.

Результат измерений определяется как разность абсолютных значений двух показаний прибора:
начального - при ненагруженном объекте;
повторного - при нагруженном объекте.

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

Механические характеристики материалов используются в расчетах на прочность, жесткость и устойчивость. Все характеристики определяются путем стандартных испытаний.

Ниже в табл. 1, 2, 3 приводятся некоторые основные механические характеристики различных материалов, где

- σ_B - временное сопротивление;
 $\sigma_T, \sigma_{0.2}$ - физический и условный пределы текучести при растяжении;
 τ_T - предел текучести при кручении;
 E - модуль продольной упругости;
 $\delta\%$ - относительное удлинение после разрыва;
 $\psi\%$ - относительное сужение после разрыва;
 $\sigma_{-1}, \sigma_{-1}, \tau_{-1}$ - предел выносливости при растяжении, изгибе, кручении в случае симметричного цикла напряжений.

Таблица I

Механические характеристики углеродистых сталей

Марка стали	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, $\sigma_{0,01}$, МПа	σ_T , МПа	σ_{-1p} , МПа	σ_{-1} , МПа	τ_{-1} , МПа	$E \cdot 10^{-5}$, МПа	δ , %	ψ , %	Термообработка
10, Ст. 1	314-412	177	137	118-147	157-216	78-118	2 - 2,1	31	55	Нормализация
15, Ст. 2	343-441	196	137	118-157	167-216	83-128	" - "	"	"	"
20, Ст. 3	392-490	216	157	118-157	167-216	98-128	" - "	36	67	"
25, Ст. 4	422-540	235	-	-	186-245	-	" - "	"	"	"
30	471-589	255	167	168-206	196-265	108-118	" - "	"	"	"
35, Ст. 5	510-638	275	186	168-216	216-294	128-177	" - "	"	"	"
45, Ст. 6	589-736	314	216	186-245	245-334	147-196	" - "	17	45	"
50	618-785	334	-	-	265-343	157-196	" - "	"	"	"
45Г2	687-883	392	-	-	304-392	-	" - "	"	"	"
60Г	657-765	334	-	245-314	-	-	" - "	"	"	"
0,8 КП	294	226	-	-	-	-	" - "	42	66	"
10 КП	506	324	-	-	-	-	" - "	32	75	"

Таблица 2

Механические характеристики легированных сталей

Марка стали	σ_b МПа	$\sigma_{0.2}, \sigma_f$ МПа	σ_T МПа	σ_{-10} МПа	σ_{-1} МПа	$E \cdot 10^{-5}$ МПа	δ , %	ψ , %	Термо- обработка
20X	785	589	-	-	-	2-2,1	9		Закалка, отпуск 600°C
40X	981	785	-	245	221	2,1			Закалка в масле, отпуск
40XH	863	736	383	284	392	2,0			" "
XH	1079	834	-	-	540	" "			" "
30XMA	932	736	-	-	461	" "			" "
12XH3A	932	687	392	265-314	383-461	" "			" "
20XH3A	932	736	-	294-314	422-441	" "			" "
12XH3A	1128	834	-	353-392	530-575	" "			Закалка на воздухе, отпуск
25XH3A	1075	932	589	304-353	451-530	" "		45	Закалка в масле, отпуск
30XГСА	1075	834	-	491-530	500-530	" "	10	45	" "
40XHMA	1075	932	-	-	520	" "	14	50	" "
X17	510	314	-	-	-	" "	28		" "
1216H9T	618	255	-	-	275	1,9	53	66	Нормализация
XH77KР	981	647	-	-	-	1,98	20	21	Старение

(314; 37Б)

Таблица 3

Механические характеристики легких сплавов

Сплав	Марка сплава	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}, \sigma_T$, МПа	σ_T , МПа	σ_{-1p} , МПа	σ_{-1} , МПа	τ_{-1} , МПа	$E \cdot 10^{-5}$, МПа	δ , %	ψ , %	Термо-обработка
Сплав	АДТ	186	147					0,71	15	52	
	АЛ1	197-304	118-245			54-108			4		Закалка, старение
	АЛ4	255	196			74					
	ДЖ	334	206			98		0,73	10	10	"-
	Д16Т	441	334			93		0,66	7,3	13,4	"-
Сплав	Д18	294	167			172			10,5	9	"-
	В95	598	559			98					
	АК2	412	275								
	АК4	422	334								
	АК8	481	373								
Алюминиевые сплавы	АМЦ	98-186	39-167			118-128			15		
	АМ2	177-265	98-245			49-69					
	АМ6А	363	157			118-137					
	Мл3	167-177	54			54		0,8			
	Мл5	147-265	78-118			39-98					
Титановые сплавы	МА1	206-294	118-196			74					
	МА3	294-334	216			128-147					
	МА5	294-334	196			128					
	ВТ1	589	324					1,17	15		Отжиг 700°С
	ВТ5	932	873					1,05	9,5	12,6	Отжиг 800°С

Список используемой литературы

1. Теодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Наука, 1974. 560 с.
2. Афанасьев А.М., Марьин В.А. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов. М.: Наука, 1975. 288 с
3. Серенсен С.В., Кобаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несудая способность и расчеты деталей машин на прочность: Руководство и справочное пособие / Под ред. С.В. Серенсена. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Составители: Иванов Станислав Иванович
Филатов Анатолий Петрович
Янский Станислав Николаевич

Редактор Л. Я. Чегодаева
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор Н. С. Куприянова

Подписано в печать 25.05.93. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать оперативная. Усл.п.л. 1,2.
Усл.кр.-отт. 1,3. Уч.-изд. л. 1,0. Т. 500 экз.
Арт. С-39/93. Заказ 68.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии
Самарского государственного аэрокосмического университета
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.