

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»**

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ
И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

САМАРА 2010

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний к лабораторным работам*

САМАРА
Издательство СГАУ
2010

УДК 620.1.05(075)

Составители: *С.И. Иванов, Г.Ф. Мальков,*
А.П. Филатов, В.Г. Фокин,
С.Н. Янский, О.В. Каранаева,

Рецензент канд. техн. наук, доц. В. А. М е х е д а

Испытательные машины и измерительные приборы:
метод. указания к лаб. работам / сост. [С.И. Иванов и др.]. –
Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 24 с.

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

Предназначены для студентов всех специальностей, изучающих курс «Сопротивление материалов». Составлены преподавателями кафедры сопротивления материалов.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

В курсе «Сопrotивление материалов» рассматриваются прочность, жёсткость и устойчивость элементов конструкций, имеющих форму бруса. При расчётах используются различные механические характеристики материалов: предел прочности σ_B , предел текучести σ_T , предел выносливости σ_{-1} , относительное удлинение δ , относительное сужение ψ , модуль упругости E и др. 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 «Сопrotивление материалов» являются лабораторные занятия, которые призваны:

- 1) познакомить студентов с методикой испытаний материалов, научить их определять основные механические характеристики, используемые в расчётах на прочность и жёсткость;
- 2) экспериментально проверить справедливость принятых в расчётах гипотез и подтвердить выводы, которые даёт теория сопротивления материалов, что будет способствовать лучшему усвоению теоретического материала;
- 3) познакомить с экспериментальными методами изучения деформированного и напряжённого состояния;
- 4) познакомить с испытательными машинами и приборами, которые применяются для исследования прочности материалов и конструкций.

Лабораторные работы составлены с учётом содержания и объёма 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 её выполнению;
- 4) под руководством преподавателя выполнить эксперимент;
- 5) провести необходимые расчёты (каждый студент выполняет расчёты самостоятельно);
- 6) оформить протокол испытаний;
- 7) отчитаться по проведённой 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 расчётах 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 расчёты должны проводиться с точностью до единицы третьей значащей цифры. Графики и чертежи рекомендуется выполнять с учётом 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 съём и установка.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Универсальная испытательная машина ЦНИИМАШ-10

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-10 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 перекладину 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, жёстко связанные наверху перекладкой. На перекладке 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, закреплённый на подвижной траверсе 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 соеди-

нён трубопроводом 3 с цилиндром динамометра. Поршень этого цилиндра при помощи тяги 18 соединён с кривошипом 19 тяжёлого 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 прикреплённый 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 F и абсолютным удлинением Δl – применяется записывающее устройство. К рейке 6 прикрепляется карандаш, кончик которого опирается на бумагу, навёрнутую 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 прикреплён 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 макси-

мальной нагрузки, зафиксированной по шкале динамометра, к соответствующей ординате на диаграмме $F - \Delta l$.

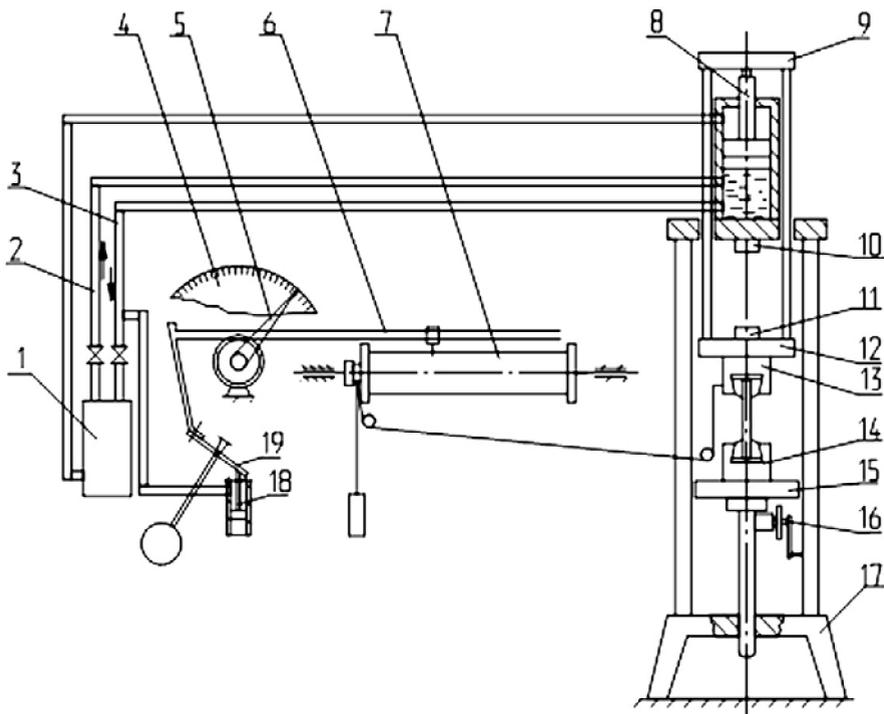


Рис. 1. Универсальная испытательная машина ЦНИИМАШ-10

Универсальная испытательная машина УМ-5А

Машина УМ-5А с максимальным усилием 5 т (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 1. В ступицу червячного колеса ввинчивается ходовой винт 3, на котором закреплён нижний захват 4 машины. При опускании захвата 4 происхо-

дит растяжение образца. Усилие, возникшее в образце, передаётся через верхний захват 5 рычагу 6 маятникового силоизмерителя 7. Растягивающее усилие создается весом отклонённого маятника. Отклонение маятника передаётся через рейку 8 зубчатому колесу 9, соединённому 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 F . Рейка 13, соединённая 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 F от абсолютного удлинения образца Δl .

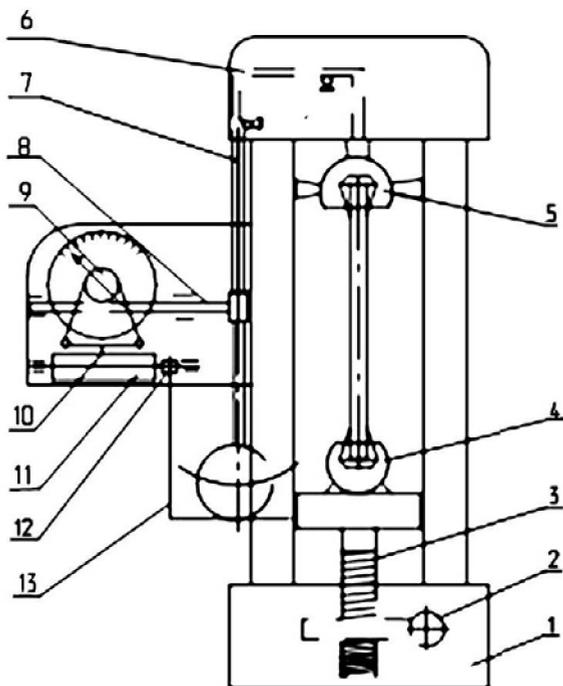


Рис. 2. Универсальная испытательная машина УМ-5А

Испытательная машина фирмы «Лозенгаузен»

Данная машина с максимальным усилием 5 т (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 1, 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 тяг соединён с верхней траверсой 6, которая опирается на поршень 7. Поршень действует

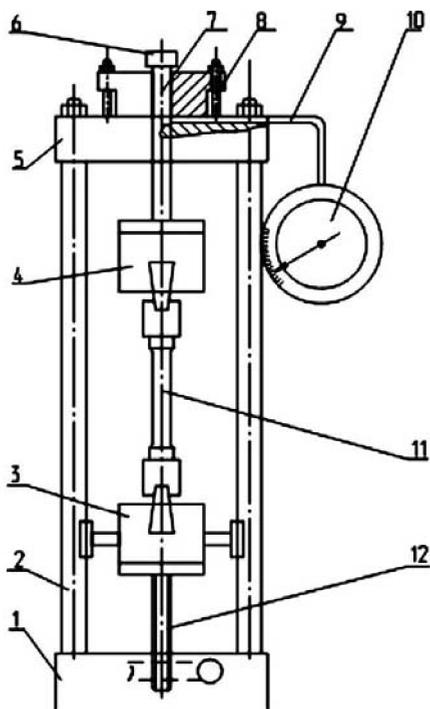


Рис. 3. Испытательная машина фирмы «Лозенгаузен»

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.

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 1, на которой установлены две колонны, соединённые верхней неподвижной перекладиной 8. Чугунная станина одновременно служит корпусом привода.

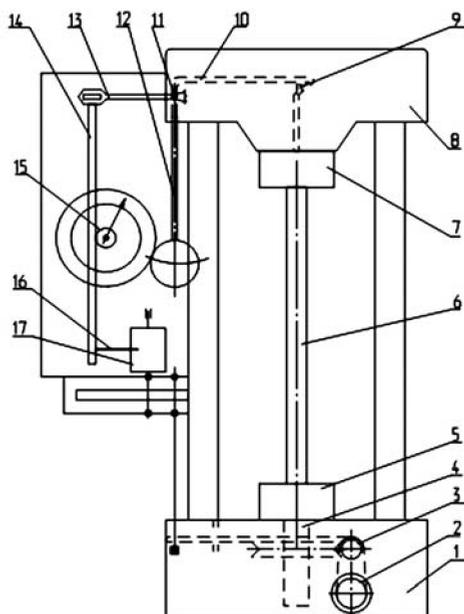


Рис. 4. Машина для испытания на кручение КМ-50-1

Нагружение производится вручную или при помощи электромотора 2 через червячную пару 3. К ступице 4 червячного колеса прикреплён нижний захват 5, передающий момент образцу 6. С образца момент передаётся верхнему неподвижному захвату 7, который через горизонтальный кривошип 9 соединён 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 закреплён 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, передаётся 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 диаметром 12, 17 или специальные.

Конструкция машины показана на рис. 5. Все механизмы смонтированы на литой чугунной станине. Испытываемый образец 11 закрепляется в шпиндельных бабках 8. На корпусах бабок находятся цапфы 10, через которые с помощью серёг 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 шпиндель 12, имеющий внутри конусную цангу 13. В цанге зажимается головка испытуемого образца. Зажим цанги производится путём поворота гайки 14. Вращение левого шпинделя и, следовательно, образца осуществляется электродвигателем 1 через клиноременную передачу 2 и гибкий валик 5. Число оборотов (циклов) фиксируется счётчиком 3, закреплённым 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 передаётся 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 (100–500 Н). Нагрузку более 20 кг (200 Н) можно создать с помощью сменных грузов 29 на подвеске 30. Приложение нагрузки производится путём 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 26 поглощает вибрации грузового рычага при работе машины.

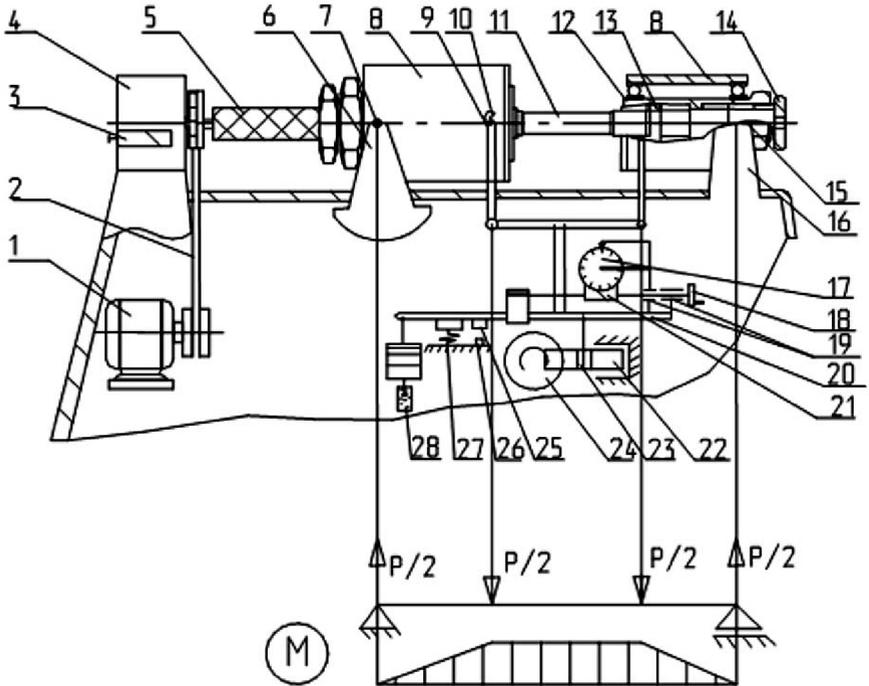


Рис. 5. Машина для испытания на усталость при чистом изгибе МУИ-6000

Стрелочный индикатор

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

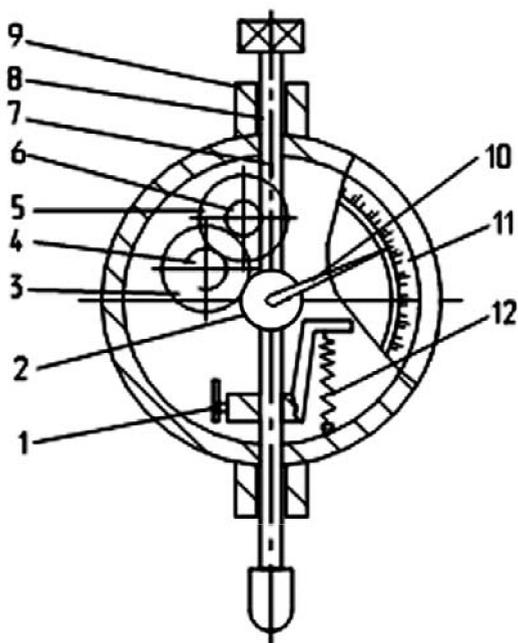


Рис. 6. Стрелочный индикатор

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 приведут 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 1,0 мм. Таким образом, стрелочный индикатор измеряет линейные перемещения до 10 мм с точностью 0,01 мм. 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 1 служит для предотвращения проворачивания мерительного стержня. К рамке крепится пружина 12, оттягивающая мерительный стержень в крайнее положение.

Рычажный тензометр

Рычажный тензометр (рис. 7) предназначен для измерения линейных деформаций. Такой тензометр 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 1 является базой прибора 1. Жёсткая рамка прибора 3 вместе с призмой 7 составляет часть прибора, воспринимающую деформацию. Частью прибора, увеличивающей перемещение, являются рычаг 6, жестко соеди-

нённый с призмой 7, и стрелка 4, шарнирно прикреплённая к раме. По шкале 2 производятся отсчёты.

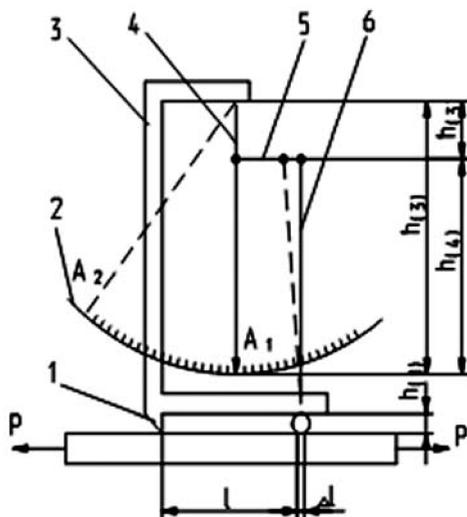


Рис. 7. Рычажный тензометр

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

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

а затем и относительное удлинение

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

Тензометрический комплекс ТК 50

Тензометрический комплекс ТК 50 предназначен для измерения деформаций материалов тензометрическим методом с использованием тензорезисторов сопротивлением порядка 200 Ом. Комплекс может применяться при лабораторных и производственных испытаниях несущих конструкций в строительной, машиностроительной, авиационной и других областях.

Технические характеристики прибора:

- число каналов – 32;
- точность измерения деформации – 1×10^{-6} ;
- первичные преобразователи – тензорезисторы $R=200 \pm 2$ Ом;
- время считывания одного канала – 0,5 сек;
- база измерения – 10–20 мм;
- предел допускаемой основной погрешности измерения не более $\pm 5\%$;
- балансировка и температурная компенсация тензорезисторов – автоматическая;
- совместимость с программой EXEL.

Устройство и принцип работы:

входная часть прибора состоит из измерительного моста, одно плечо которого находится внутри прибора, другое плечо состоит из компенсационного тензорезистора, подключённого к «+» ис-

точника питания моста, и измерительных тензорезисторов, которые подключаются к измерительному мосту посредством электронной коммутации. Перед началом измерений индивидуально для каждого измерительного тензорезистора проводят балансировку измерительного моста путём подачи напряжения смещения на внутреннюю точку измерительной диагонали моста. Напряжение смещения вырабатывается цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) по алгоритму последовательного приближения к 0 напряжения в измерительной диагонали моста. Коды ЦАП после балансировки для каждого измерительного тензорезистора запоминаются в памяти управляющей программы для использования в последующих измерениях. Напряжение, полученное на измерительной диагонали моста, подаётся на дифференциальные входы прецизионного инструментального усилителя, к выходу которого подключён аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Выход инструментального усилителя смещён до уровня +2,5 Вольта, что является условным «0», от которого при последующих измерениях получают значения «+» и «-» напряжения в измерительной диагонали моста. Прибор связан с управляющим компьютером через параллельный интерфейс 'CENTRONICS'. Для подключения прибора к компьютеру используется специально изготовленный кабель, который подключается к разъёму LPT1 компьютера.

Градуировка прибора осуществляется путем сравнения величины заданной деформации с результатами измерения ТК 50. Деформация задаётся путём чистого изгиба металлической (сплав алюминия или углеродистая сталь) полосы толщиной $5 \pm 0,01$ мм, на которую наклеены по два тензорезистора в сжатой и растянутой зоне. Фактическая деформация в зоне чистого изгиба определяется по формуле

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{4hf}{L^2},$$

где h – толщина пластины (5 мм); f – прогиб пластины, через 0,2 мм (до 1 мм); L – расстояние между опорами (200 мм).

Градуировочный коэффициент равен:

$$c = \frac{\varepsilon_{\phi}}{\varepsilon_{изм}}.$$

При изготовлении прибора $c = 1 \times 10^{-6}$.

Порядок выполнения работы:

- включить прибор ТК 50 и прогреть в течение 10–15 минут;
- включить компьютер и запустить программу в режиме MS DOS;
- войти в меню «Сервис». На экране появится окно: «Балансировка датчиков и т.д.». Нажать на кнопку «Tab» – определение подключенных датчиков (ENTER) (по умолчанию все датчики подключены). Далее следует нажать клавишу «ENTER» и на вопрос «ДАТЧИК № (номер датчика) подключен? Y\N» нажать соответствующую клавишу: Y – если датчик подключен, N – если датчик не подключен. Номера датчиков перечисляются от 1 до 32. Далее нажать на «ПРОБЕЛ» – балансировка датчиков и ждать пока закончится. Затем нажать на «Результаты измерений» и записать их;
- балансировка производится при отсутствии нагрузки на испытуемых деталях. После балансировки (расбаланс не должен превышать 10) следует приступить непосредственно к измерениям. Ввод информации и начало измерения осуществляется нажатием кнопки «ENTER». Перед началом измерений следует на запрос программы о вводе имени файла результатов

измерений ввести имя файла, например: 122.txt, т.е. группа № 122 точка txt. После этого на экране появится информация о номере ступени и результатах измерений по каждому датчику. Первая ступень измерения соответствует нулевой нагрузке на образец после балансировки. После каждой ступени перед измерениями необходимо делать выдержку в соответствии с программой в течение 5–10 мин. В конце выдержки проводят измерение деформации путём нажатия кнопки «ENTER». Количество ступеней может быть любым до 32;

- после окончания испытания подаётся команда на выход из программы кнопкой «ESC»;
- после проведения испытаний прибор необходимо выключить.

Список используемой литературы

1. Афанасьев, А.М. Лабораторный практикум по сопротивлению материалов / А.М. Афанасьев, В.А. Марьин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1975. – 298 с.
2. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчёты деталей машин на прочность : руководство и справочное пособие / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. – М. : Машиностроение, 1975. – 436 с.
3. Сопротивление материалов. Лабораторный практикум : учеб. пособие для вузов / А.С. Вольмир, Ю.П. Григорьев, В.А. Марьин, А.И. Станкевич. – 2-е изд., испр. – М. : Дрофа, 2004. – 352 с.
4. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учеб. для вузов / В.И. Феодосьев. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1974. – 560 с.

Учебное издание

**ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ
И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Методические указания к лабораторным работам

Составители: *Иванов Станислав Иванович,
Мальков Геннадий Фёдорович,
Филатов Анатолий Петрович,
Фокин Владимир Григорьевич,
Янский Станислав Николаевич,
Каранаева Оксана Валериевна*

Редактор Т. С. Петренко
Доверстка Т. С. Петренко

Подписано в печать 31.05.2010. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 1,5

Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С. - М5/2010

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

