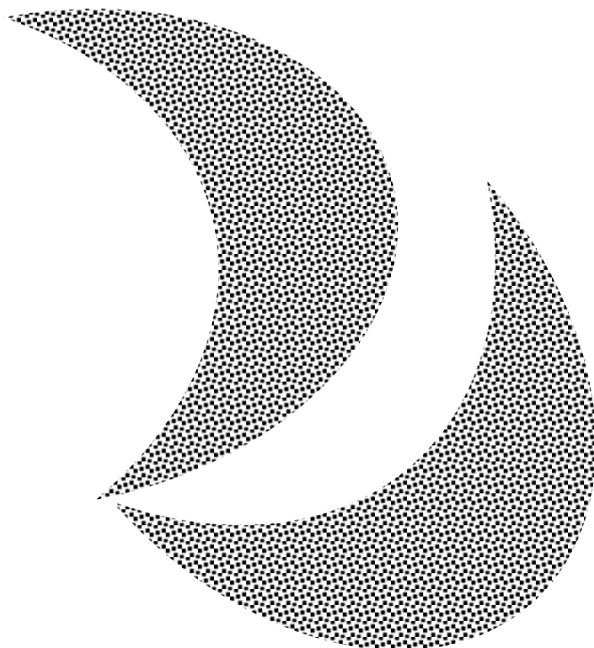


**ИССЛЕДОВАНИЕ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ

УДК 674.11.7
ББК Н5я73-5
В75

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Рецензент:
Доктор технических наук
В.И. Леденев

Авторы-составители:
А.Г. Воронков,
В.П. Ярцев

В75 Исследование физико-механических свойств полимеров и полимерных композитов: Лабораторные работы / Авт.-сост.: А.Г. Воронков, В.П. Ярцев. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 28 с.

В лабораторных работах рассмотрены методы кратковременных испытаний пластмасс. По каждой лабораторной работе составлены контрольные вопросы и прилагается список необходимой методической литературы. Материал приведен в логической последовательности, изложен кратко и доступно для восприятия.

Лабораторные работы предназначены для студентов и магистрантов очной формы обучения по специальности 290300 «Промышленное и гражданское строительство».

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2004
Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРОВ
И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Лабораторные работы
для студентов 4 курса специальности 290300
по курсу «Конструкции из дерева и пластмасс»

Тамбов
Издательство ТГТУ
2004

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИМЕРОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Лабораторные работы

Авторы-составители:
Воронков Алексей Геннадьевич
Ярцев Виктор Петрович

Редактор З.Г. Чернова
Компьютерное макетирование М.А. Филатовой

Подписано в печать 25.03.04
Формат 60 × 84 / 16. Бумага газетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,63 усл. печ. л.; 1,5 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 244

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета,
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время наблюдается стремительный рост производства полимеров и материалов на их основе, проникновение их в самые разные области. Полимерные материалы с успехом заменяют многие традиционные материалы – металлы, керамику, стекло, древесину и т.д. Технология полимеров открывает широкие перспективы для разработки новых материалов с уникальными свойствами.

Все большее применение находят полимеры и в строительстве. Это – конструкционные, теплоизоляционные, акустические, кровельные, гидроизоляционные, отделочные материалы. Выбор материала для конкретной области применения обуславливается его эксплуатационными показателями, которые определяются по результатам лабораторных испытаний.

Настоящий курс лабораторных работ предполагает определение кратковременных прочностных и деформационных характеристик пластмасс при испытаниях на растяжение, сжатие, изгиб и срез, а также определение теплостойкости пластмасс различными методами. Результаты испытаний позволяют дать оценку возможности использования полимера в конкретных условиях эксплуатации.

Лабораторные работы проводятся в рамках курса «Конструкции из дерева и пластмасс».

Лабораторная работа 1

Определение прочностных и деформационных характеристик полимерных материалов

Цели и задачи: в ходе выполнения лабораторной работы определяются кратковременные характеристики материала при испытаниях на растяжение, изгиб, сжатие и срез в условиях нормальной и повышенных температурах. По результатам экспериментов устанавливаются значения предела прочности σ (МПа), модуля упругости E (МПа) и относительной деформации ε (%) испытанных материалов.

Приборы:

- универсальная машина для испытания пластмасс ИР-5057. Описание комплектации и устройства машины, порядок работы с ней находится в технической документации на машину [1]. Установку оборудования и работу на машине необходимо вести строго в соответствии с технической документацией;

- прибор для поддержания постоянной температуры;
- термометр с пределами измерения температуры 0...200 °С;
- штангенциркуль.

Материалы: твердые термопласты и реактопласты, наполненные компаунды, армированные пластмассы.

Методические указания

Перед испытаниями образцы тщательно осматривают. Образцы должны иметь гладкую, ровную поверхность, без вздутий, сколов, трещин, раковин и других видимых дефектов.

Число образцов для испытаний принимается не менее пяти. До проведения испытаний образцы кондиционируют не менее 16 часов по ГОСТ 12423–66 при температуре 296 ± 2 К и относительной влажности 50 ± 5 %. При испытаниях в условиях повышенных температур образцы предварительно выдерживают при заданной температуре в течение 10 минут на каждый миллиметр толщины образца.

Лабораторная работа состоит из четырех частей:

I – определение прочности и модуля упругости пластмасс при растяжении;

II – определение прочности и модуля упругости пластмасс при сжатии;

III – определение прочности и модуля упругости пластмасс при изгибе;

IV – определение прочности при срезе.

Часть I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПЛАСТМАСС ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Подготовка к испытанию

Для испытаний применяют образцы, форма и размеры которых указаны на рис. 1 и табл. 1.

Перед испытаниями на образцы наносят необходимые метки в соответствии с табл. 1 и рис. 1. Метки не должны ухудшать качество образцов. Толщину и ширину образцов измеряют в трех местах: в середине и на расстоянии 5 мм от меток.

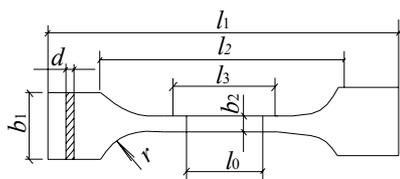


Рис. 1 Форма образцов для испытаний на растяжение

Из полученных значений вычисляют среднее арифметическое, по которому определяют начальное поперечное сечение A_0 .

Таблица 1

Параметры	Размеры, мм
Общая длина l_1 , не менее	150
Расстояние между метками, определяющее положение кромок зажимов на образце, l_2	115 ± 5
Длина рабочей части l_3	$60 \pm 0,5$
Расчетная длина l_0	$50 \pm 0,5$
Ширина головки b_1	$20 \pm 0,5$
Ширина рабочей части b_2	$10 \pm 0,5$
Толщина d	1...10
Радиус закругления r , не менее	60

Проведение испытаний

1 Проводится настройка машины в соответствии с [1]: устанавливается тип датчика, скорость раздвижения зажимов, производится настройка графопостроителя.

- 2 Образец для испытаний закрепляется в зажимах машины.
- 3 Машину приводят в действие и записывают значение определяемых показателей P в Н и z в мм с датчиков и кривую «нагрузка-растяжение» на графопостроителе.
- 4 Результаты испытаний заносятся в табл. 2.

Таблица 2

№ образ-ца.	Сечение образца, мм			Среднее сечение, мм	Площадь сечения A_0 , мм	P , Н	z , мм	$\sigma_{и}$, МПа	$E_{и}$, МПа	ϵ , %
	I	II	III							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Обработка результатов испытаний

Значение прочности σ в МПа (Н/мм²) вычисляют по формулам:

- прочность при растяжении: $\sigma_{рм} = F_{рм} / A_0$;
- прочность при разрыве: $\sigma_{рр} = F_{рр} / A_0$;
- предел текучести при растяжении: $\sigma_{рт} = F_{рт} / A_0$;
- условный предел текучести: $\sigma_{рту} = F_{рту} / A_0$,

где $F_{рм}$ – максимальная нагрузка при испытании на растяжение, Н; $F_{рр}$ – нагрузка, при которой образец разрушился, Н; $F_{рт}$ – растягивающая нагрузка при достижении предела текучести, Н; $F_{рту}$ – растягивающая нагрузка при достижении условного предела текучести, Н; A_0 – начальное поперечное сечение образца, мм².

Относительное удлинение ϵ вычисляют по формулам:

- при максимальной нагрузке $\epsilon_{рм} = \frac{\Delta l_{ом}}{l_0} 100$, %;
- при разрыве $\epsilon_{рр} = \frac{\Delta l_{ор}}{l_0} 100$, %;
- при пределе текучести $\epsilon_{рт} = \frac{\Delta l_{от}}{l_0} 100$, %,

где $\Delta l_{ом}$ – изменение расчетной длины образца в момент достижения максимальной нагрузки, мм; $\Delta l_{ор}$ – изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм; $\Delta l_{от}$ – изменение расчетной длины образца в момент достижения предела текучести, мм.

Модуль упругости при растяжении E_p вычисляют по формуле

$$E_p = \frac{(F_2 - F_1) l_0}{A_0 (\Delta l_2 - \Delta l_1)}, \text{ МПа,}$$

где F_2 – нагрузка, соответствующая относительному удлинению 0,3 %; F_1 – нагрузка, соответствующая относительному удлинению 0,1 %; l_0 – расчетная длина образца, мм; A_0 – площадь начального поперечного сечения образца, мм²; Δl_2 – удлинение, соответствующее нагрузке F_2 , мм; Δl_1 – удлинение, соответствующее нагрузке F_1 , мм.

Значения F_2 и F_1 определяют по диаграмме нагрузка-удлинение, построенной на графопостроителе разрывной машины.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое всех параллельных испытаний, но не менее пяти.

Результаты испытаний оформляются в табличной и графической форме.

Часть II

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ И МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПЛАСТМАСС ПРИ СЖАТИИ

Подготовка к испытанию

Для испытаний используются образцы в форме прямоугольной призмы с квадратным основанием. Опорные плоскости должны быть перпендикулярны направлению приложения нагрузки при сжатии и параллельны между собой.

Высоту h образцов вычисляют в зависимости от коэффициента гибкости и ширины основания, по формуле

$$h = \frac{\lambda}{3,46} a, \text{ мм},$$

где a – ширина основания образца, мм; λ – коэффициент гибкости образца.

Коэффициент гибкости образца принимается равным 10. В тех случаях, когда в процессе испытания образец теряет устойчивость, коэффициент гибкости уменьшают до 6.

Высоту образца устанавливают от 10 до 40 мм. Предпочтительная высота образца 30 мм.

Скорость V испытания вычисляют по формуле

$$V = 0,03 \frac{h}{t}, \text{ мм/мин},$$

где h – высота образца, мм; t – постоянная, равная 1 мин.

Высоту, ширину, толщину или диаметр образца измеряют не менее чем в трех местах. По минимальному значению вычисляют поперечное сечение образца.

Проведение испытаний

Устанавливают образец между опорными площадками так, чтобы вертикальная ось образца совпала с направлением действия нагрузки. Регулируют машину до осуществления соприкосновения образца с площадками.

Машину приводят в действие и записывают значение определяемых показателей P в Н и z в мм и кривую «нагрузка-деформация» при сжатии.

Результаты испытаний записывают в табл. 3.

Таблица 3

№ образца.	Сечение образца, мм			Площадь сечения A_0 , мм	P , кН	z , мм	$\sigma_{и}$, МПа	$E_{и}$, МПа	ε , %
	I	II	III						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Обработка результатов

Разрушающее напряжение при сжатии $\sigma_{ср}$, напряжение сжатия при пределе текучести $\sigma_{ст}$, напряжение сжатия при условном пределе текучести $\sigma_{ст\text{у}}$ и напряжение сжатия при установленной условной деформации $\sigma_{сд}$ вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \text{ МПа,}$$

где F – нагрузки, соответствующие вычислению $\sigma_{\text{ср}}$, $\sigma_{\text{ст}}$, $\sigma_{\text{стг}}$, $\sigma_{\text{сд}}$, Н;
 A_0 – площадь минимального поперечного сечения, мм².

Относительную деформацию сжатия при разрушении $\varepsilon_{\text{ср}}$ и относительную деформацию сжатия при пределе текучести $\varepsilon_{\text{ст}}$ вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} 100, \%$$

где Δh – уменьшение высоты образца в момент разрушения или при пределе текучести, мм; h_0 – начальная высота образца, мм.

Модуль упругости при сжатии E_c вычисляют по формуле

$$E_c = \frac{(F_2 - F_1) h_0}{A_0 (\Delta h_2 - \Delta h_1)}, \text{ МПа,}$$

где F_2 – нагрузка, соответствующая относительной деформации 0,3 %;
 F_1 – нагрузка, соответствующая относительной деформации 0,1 %; h_0 – начальная высота образца, мм; A_0 – площадь начального поперечного сечения образца, мм²; Δh_2 – изменение высоты, соответствующее нагрузке F_2 , мм; Δh_1 – изменение высоты, соответствующее нагрузке F_1 , мм.

Значения F_2 и F_1 определяют по диаграмме нагрузка-деформация, построенной на графопостроителе разрывной машины.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое всех параллельных испытаний, но не менее пяти. Результаты испытаний оформляются в табличной и графической форме.

Часть III

Определение предела прочности и

модуля упругости пластмасс при изгибе

Подготовка к испытанию

Образец для испытаний должен иметь следующие размеры: $h \times b = 5 \times 10$ мм и длиной $L = 120$ мм – для неармированных пластмасс; $h \times b = 10 \times 15$ мм и длиной $L = 250$ мм – для армированных. Расстояние между опорами L_v в миллиметрах устанавливают соответственно 100 и 230 мм.

Скорость деформации при изгибе V определяют по формуле

$$V = \frac{u L_v^2}{6h}, \text{ мм/мин,}$$

где u – скорость относительной деформации крайних волокон образца, равная 0,01 мм; L_v – расстояние между опорами, мм; h – толщина образца, мм.

Размеры образцов (ширину и толщину) замеряют в средней трети длины образца и на опорах с точностью не менее 0,01 мм.

Проведение испытаний

Испытания образцов проводят на поперечный изгиб по трехточечной схеме (рис. 2).

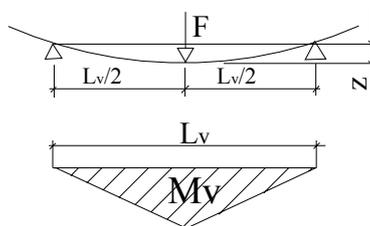


Рис. 2 Схема нагружения при изгибе

Образец для испытания устанавливается широкой стороной на опоры. Нагружение образца производится посередине между опорами.

Машину приводят в действие и записывают значение определяемых показателей P в Н и z в мм и кривую «нагрузка-деформация» при изгибе.

Образец, разрушившийся не в средней части его длины, в расчет не принимается. Такой образец заменяют другим и испытания повторяются.

Результаты испытаний записывают в табл. 4.

Таблица 4

№ образца.	Сечение образца, мм			Среднее сечение, мм	P , Н	z , мм	$\sigma_{и}$, МПа	$E_{и}$, МПа	ε , %
	I	II	III						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Обработка результатов

Разрушающее напряжение при изгибе $\sigma_{и}$ определяется по формуле

$$\sigma_{и} = \frac{3P_i L_v}{2b h^2} \left(1 + \frac{4z^2}{L_v^2} \right), \text{ МПа,}$$

где z – значение прогиба образца, мм.

Модуль упругости при изгибе $E_{изг}$ вычисляют по формуле

$$E_{изг} = \frac{(F_2 - F_1) \cdot L_v^3}{4bh^3 (z_2 - z_1)}, \text{ МПа,}$$

где L_v – расстояние между опорами, мм; F_2 – нагрузка, соответствующая относительной деформации 0,3 %; F_1 – нагрузка, соответствующая относительной деформации 0,1 %; h – толщина образца, мм; b – ширина образца, мм; z_2 – прогиб образца, соответствующий относительной деформации крайних волокон 0,3 %, мм; z_1 – прогиб образца, соответствующий относительной деформации крайних волокон 0,1 %, мм.

Значения F_2 и F_1 определяют по диаграмме нагрузка-деформация, построенной на графопостроителе разрывной машины.

Относительную деформацию крайних волокон ε вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \frac{6zh}{L_v^2},$$

где z – значение прогиба образца, мм; h – толщина образца, мм; L_v – расстояние между опорами, мм.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое всех параллельных испытаний, но не менее пяти.

Результаты испытаний оформляются в табличной и графической форме.

Часть IV

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ СРЕЗЕ

Подготовка к испытанию

Для испытаний применяют образцы в виде пластины следующих размеров: $l \times b = 20 \times 20$ мм и толщиной h от 3 до 5 мм. Приспособление для определения прочности на срез показано на рис. 3.



. 3

Скорость сближения ножа приспособления с образцом V вычисляют по формуле

$$V = 0,5h \frac{1}{t}, \text{ мм/мин,}$$

где h – толщина образца, мм; t – время, равное 1 мин.

Рекомендуемая скорость – 2 мм/мин.

Проведение испытаний

Образец для испытаний укладываются в паз приспособления, которое устанавливается на площадку испытательной машины. Машину приводят в действие и записывают значение разрушающей нагрузки P в Н.

Результаты испытаний записывают в табл. 5.

Таблица 5

№ образца	Высота образца, мм	P , Н	σ , МПа
1	2	3	4

Обработка результатов

Предел прочности при срезе $\sigma_{ср}$ вычисляют по формуле

$$\sigma = \frac{P}{\pi h d}, \text{ МПа,}$$

где P – перерезывающая сила, Н; h – высота образца, мм; d – диаметр перерезывающего стрежня, мм.

За результаты испытания принимают среднее арифметическое всех параллельных испытаний, но не менее пяти. Результаты испытаний оформляются в табличной и графической форме.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Какие формы образцов и схемы испытаний используются при определении прочности полимеров при растяжении, сжатии, изгибе и срезе?
- 2 Опишите методику определения прочности и модуля упругости материала при различных видах нагружения.
- 3 Что называют пределом прочности материала?
- 4 Что называют модулем упругости материала?
- 5 Какие деформации в координатах напряжение-деформация показывают материалы упругие, пластичные, хрупкие?

Список рекомендуемой литературы

- 1 Паспорт Гб 2.773.176 ПС. Машина разрывная ИР 5057.
- 2 ГОСТ 22349–77. Смолы отверждающиеся литые. Изготовление образцов для испытаний.
- 3 ГОСТ 12015–66. Пластмассы. Изготовление образцов для испытаний из реактопластов.
- 4 ГОСТ 12423–66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов.
- 5 ГОСТ 14359–69. Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования.
- 6 ГОСТ 11262–80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
- 7 ГОСТ 4651–82. Пластмассы. Метод испытания на сжатие.
- 8 ГОСТ 4648–71. Пластмассы. Метод испытания на статический изгиб.
- 9 ГОСТ 17302–71. Пластмассы. Метод определения прочности на срез.
- 10 ГОСТ 9550–81. Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе.
- 11 Малкин А.Я. Методы измерения механических свойств полимеров. М.: Химия, 1978. 123 с.

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ПОЛИМЕРОВ

Цели и задачи: определение теплостойкости пластмасс различными методами. Лабораторная работа состоит из трех частей.

Часть I

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ПО МАРТЕНСУ

Сущность метода заключается в определении температуры, при которой образец, нагреваемый с постоянной скоростью и находящийся под действием постоянного изгибающего момента, деформируется на заданную величину.

Аппаратура: зажимное устройство, указатель деформации, термощкаф с системой регулирования и измерения температуры.

Подготовка к испытанию

Образцы для испытаний должны иметь форму бруска прямоугольного сечения длиной 120 ± 2 мм, шириной $15 \pm 0,5$ мм, толщиной $10 \pm 0,5$ мм.

Схема прибора для определения теплостойкости по Мартенсу показана на рис. 1.

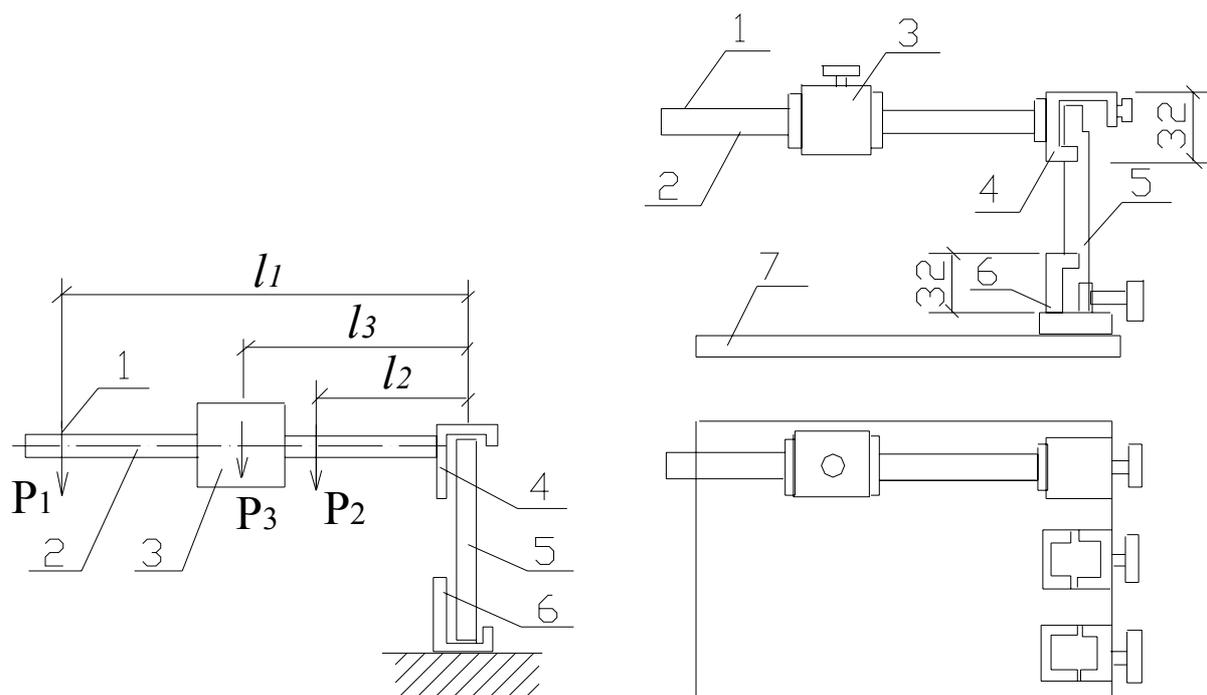


Рис. 1 Схема прибора для определения теплостойкости:

1 – ось указателя деформации; 2 – рычаг; 3 – подвижной груз; 4 – верхняя зажимная головка, 5 – образец; 6 – нижняя зажимная головка; 7 – опорная плита

Расстояние l_1 между продольной осью указателя деформации и продольной осью испытуемого образца должно быть равно 24,0 см.

Для приложения необходимой нагрузки к образцу используют подвижной груз весом 0,65 кг, установленный на рычаге.

Подвижной груз устанавливают в такое положение, чтобы максимальное изгибающее напряжение в образце $\sigma = 50 \pm 0,5$ кгс/см².

Для определения положения P_3 на рычаге зажимного устройства для каждого образца вычисляют расстояние l_3 между центром тяжести подвижного груза и продольной осью испытуемого образца по формуле

$$l_3 = \frac{50bh^2}{6 \cdot 0,65} - \frac{24P_1 + l_2P_2}{0,65}, \text{ см,}$$

где P_1 – вес указателя деформации, кг; P_2 – вес рычага и верхней зажимной головки, кг; l_2 – расстояние между центром тяжести рычага, включая верхнюю зажимную головку, и продольной осью испытуемого образца в см; b – ширина образца, см; h – толщина образца, см; 50 – изгибающее напряжение, кгс/см²; 24 – вес подвижного груза, кг; 0,65 – вес подвижного груза, кг.

Указатель деформации должен обеспечивать измерение перемещения конца рычага на $6,0 \pm 0,1$ мм.

Нагреватель термошкафа и система регулирования температуры должны обеспечивать равномерное повышение температуры воздуха в термошкафе на 5 ± 1 °С за 6 мин или на 50 ± 5 °С в час.

Для измерения температуры используют два ртутных термометра с ценой деления не более 1 °С. Термометры устанавливают так, чтобы шарики с ртутью находились в зоне расположения испытуемых образцов на уровне их середины.

Перед началом испытаний измеряют длину, ширину и толщину образцов с точностью до 0,1 мм. Число образцов должно быть не менее трех. Образцы перед испытанием кондиционируют в соответствии с ГОСТ 12423–66.

Проведение испытаний

Устанавливают в нужное положение подвижный груз на рычаге зажимного устройства.

Устанавливают образцы в зажимное устройство и затем помещают его в термощкаф. Температура перед началом испытаний должна быть равна 25 ± 2 °С.

После установки в термощкаф зажимного устройства с образцами устанавливают термометры и включают обогрев с системой регулирования температуры. Температура в термощкафе должна равномерно повышаться на 5 ± 1 °С за 6 мин или на 50 ± 5 °С в час.

В момент, когда отсчет на указателе деформаций достигнет $6 \pm 0,1$ мм, снимают показания двух термометров и вычисляют среднее арифметическое двух показаний с округлением до целых градусов Цельсия.

Обработка результатов

За теплостойкость по Мартенсу испытуемой пластмассы принимают округленное до целых градусов Цельсия среднее арифметическое значений теплостойкости для трех образцов.

Если значение теплостойкости для трех образцов расходятся более чем на 5 °С или если на образцах после испытания обнаружены видимые дефекты, то испытания повторяют на трех новых образцах.

Результаты испытаний записываются в табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Марка пластмассы	Размеры образца, мм			Теплостойкость образца, °С	Теплостойкость пластмассы, °С	Примечания
		ширина	толщина	длина			
1	2	3	4	5	6	7	8

Часть II

Определение температуры размягчения по Вика

Сущность метода заключается в определении температуры, при которой стандартный индентор под действием нагрузки проникает в испытуемый образец, нагреваемый с постоянной скоростью, на глубину 1 мм.

Аппаратура:

- прибор для испытания по Вика, который состоит из прикрепленного к штативу металлического стержня с несущей пластиной, индентора и измерительного приспособления для измерения глубины вдавливания;
- устройство для термостатирования с регулирующим устройством, обеспечивающее равномерное повышение температуры со скоростью 120 ± 10 °С/ч;
- устройство для измерения температуры теплопередающей среды, обеспечивающее измерение температуры с погрешностью $\pm 0,5$ °С.

Определение температуры размягчения проводят в воздушной и жидкой средах. В качестве жидкости для термостатирования применяют парафиновое, трансформаторное, силиконовое масла, глицерин.

Метод определения температуры размягчения в жидкой среде применяют для термопластов, в воздушной – для прочих пластмасс, в том числе пластмасс температура размягчения по Вика которых выше 200 °С и пластмасс не стойких к действию жидких сред.

Подготовка к испытанию

Для испытаний применяют образцы в виде пластины толщиной 3...6,4 мм с размером испытательной поверхности не менее 10 мм по длине стороны прямоугольника или диаметра круга. Испытательная и противоположная ей поверхности должны быть ровными и параллельными. Допускается испытывать образцы толщиной 1,5...3,0 мм. В этом случае два образца плотно налагают друг на друга, чтобы их общая толщина находилась в пределах допустимых значений. Основания образцов должны быть гладкими, ровными, без трещин, раковин и пор.

Грузы для нагружения образца должны быть расположены на несущей пластине так, чтобы центр тяжести находился на оси металлического стержня. Грузы вместе со значением предварительной нагрузки должны обеспечивать значения нагрузки $10 \pm 0,1$ Н или 50 ± 1 Н, в зависимости от твердости испытываемой пластмассы.

Общая масса стержня с индентором и пластиной для груза не должна превышать 100 г для обеспечения предварительной нагрузки 1 Н.

Регулирующее устройство термостата должно обеспечивать равномерное повышение температуры со скоростью 120 °С/ч. Перед испытанием образцы кондиционируются в соответствии с ГОСТ 12423–66. Испытание должно проводиться не менее чем на трех образцах.

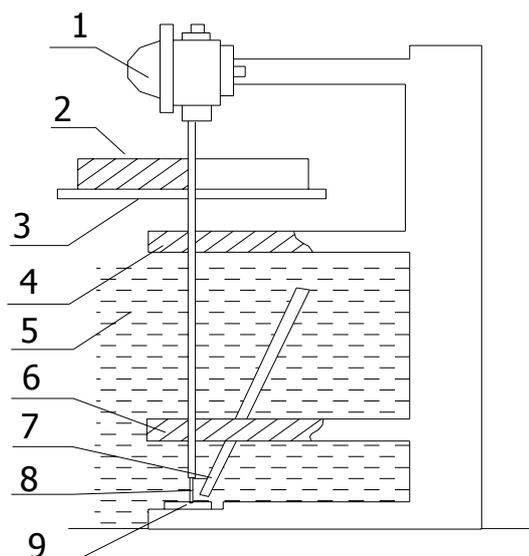
Проведение испытаний

Испытуемый образец помещают на самую нижнюю поверхность основания штатива под индентор ненагруженного стержня. Любая точка поверхности индентора должна находиться на расстоянии не менее 3 мм от края испытуемого образца. Прибор с образцом ставят в термощкаф. Устройство для измерения температуры помещают как можно ближе к образцу. Перед началом испытания температура среды вокруг образца должна быть равна 25 ± 5 °С. Затем опускают индентор на образец.

Через пять минут отмечают показание измерительного устройства или устанавливают измерительное устройство на нулевую отметку, после чего помещают грузы на несущую пластину в соответствии со способом испытания.

Температуру термостата равномерно повышают со скоростью 120 ± 10 °С/час. Температура, при которой индентор проникает в образец на глубину $1,00 \pm 0,01$ мм, является температурой размягчения по Вика данного образца.

. 1
:
1 – ; 2 – ;
3 – ;
4 – ;
5 – ;
6 – ;
7 – ;
8 – , 9 –



Обработка результатов

За температуру размягчения испытуемого материала принимают среднее арифметическое значение измеренных температур, округленное до целого градуса Цельсия. Результаты испытания записываются в табл. 2.

Таблица 2

№ образца	Марка материала	Толщина образца, мм	Количество слоев	Скорость нагревания	Наименование теплопередающей среды	Температура размягчения образца, °С	Температура размягчения материала, °С
1	2	3	4	5	6	7	8

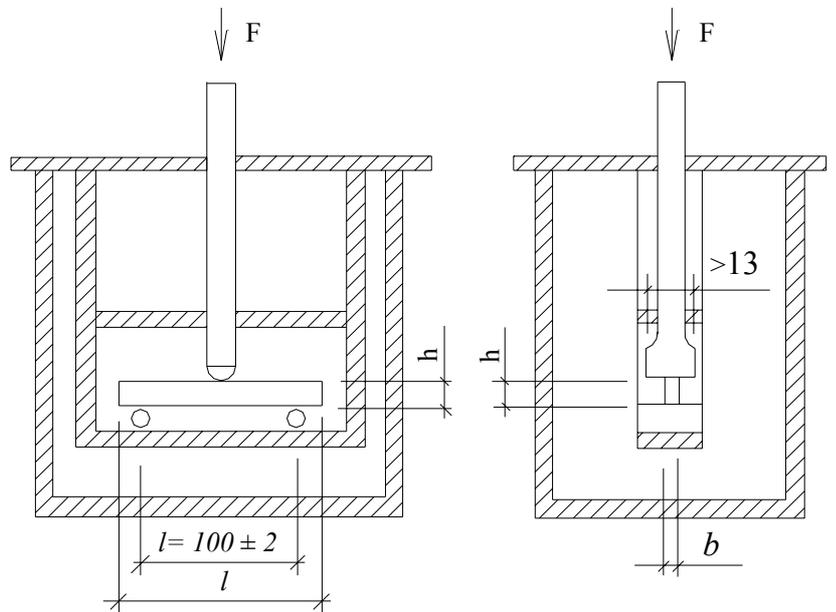
Часть III

Определение температуры изгиба под нагрузкой

Сущность метода заключается в определении температуры, при которой испытуемый образец, горизонтально расположенный на двух опорах, находящийся под действием постоянной нагрузки и нагреваемый с постоянной скоростью, прогибается на заданную величину.

Аппаратура:

- прибор для испытаний, схема которого показана на рис. 3.
- устройство для нагрева образцов с регулирующим устройством, обеспечивающее равномерное повышение температуры со скоростью 120 ± 10 °С/ч;
 - мерные грузы;
 - устройство для измерения температуры теплопередающей среды, обеспечивающее измерение температуры с погрешностью ± 1 °С;
 - устройство для измерения прогиба с погрешностью не более 0,01 мм.



Подготовка к испытанию

Образцы для испытаний должны иметь следующие размеры: длина $l = 110 \dots 120$ мм, ширина $b = 5 \dots 10$ мм, высота $h = 10 \dots 15$ мм.

Перед испытанием измеряют ширину и высоту образца с погрешностью не более 0,1 мм.

Нагрузку F вычисляют по формуле

$$F = \frac{2\sigma b h^2}{3L}, \text{ Н,}$$

где σ – напряжение, принимаемое равным 0,45 или 1,80 МПа, в зависимости от прочности материала; b – ширина образца, мм; h – высота образца, мм; L – расстояние между опорами, равное 100 мм.

Образец помещают в камеру на опоры так, чтобы его высота находилась в вертикальной плоскости. Уровень теплопередающей среды должен быть на 50 мм выше верхней плоскости образца. Начальная температура испытания должна быть 25 ± 5 °С. Число образцов для испытаний принимается не менее двух.

Проведение испытаний

Нагрузку плавно прилагают к образцу и через пять минут отмечают показания изменения деформации и устанавливают значение указателя деформации на нулевую отметку.

Включают обогрев и равномерно повышают температуру теплопередающей среды, интенсивно ее перемешивая.

Во время испытаний фиксируют температуру, при которой прогиб образца достигает величины, указанной в табл. 3.

Таблица 3

Высота образца, мм	$\leq 10,3$	$\leq 10,6$	$\leq 10,9$	$\leq 11,4$	$\leq 11,9$	$\leq 12,3$	$\leq 12,7$	$\leq 13,2$	$\leq 13,7$	$\leq 14,1$	$\leq 14,6$	$\leq 15,0$
Прогиб,	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21

Обработка результатов

За температуру изгиба под нагрузкой испытуемого материала принимают среднее арифметическое значение измеренных температур, округленное до целого градуса Цельсия. Результаты испытания записываются в табл. 4.

Таблица 4

№ образца	Марка материала	Размеры образца		Величина напряжения	Нагрузка F , Н	Наименование теплопередающей среды	Температура изгиба под нагрузкой, °С
		b , мм	h , мм				
1	2	3	4	5	6	7	8

Контрольные вопросы

- 1 Что называется теплостойкостью материала?
- 2 Какие существуют методы определения теплостойкости?
- 3 В чем сущность метода определения теплостойкости по Мартенсу и Вика?
- 4 Что показывает температура размягчения по Вика?
- 5 Сравните значения теплостойкости по Мартенсу, температуры размягчения по Вика и температуры изгиба под нагрузкой.
- 6 В чем разница между температурой стеклования полимера и его теплостойкостью?

Список рекомендуемой литературы

- 1 ГОСТ 22349–77. Смолы отверждающиеся литые. Изготовление образцов для испытаний.
- 2 ГОСТ 12423–66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов.
- 3 ГОСТ 15089–69. Пластмассы. Метод определения теплостойкости по Мартенсу.
- 4 ГОСТ 15088–83. Пластмассы. Метод определения температуры размягчения термопластов по Вика (в жидкой среде).
- 5 ГОСТ 15065–69*. Пластмассы. Метод определения температуры размягчения термопластов по Вика при испытании в воздушной среде.
- 6 ГОСТ 12021–84. Пластмассы и эбонит. Метод определения температуры изгиба под нагрузкой.

Приложение 1

Описание технических характеристик разрывной машины для испытания пластмасс ИР-5057

Машина разрывная ИР-5057-50 предназначена для испытания пластмасс на растяжение, сжатие, изгиб, гистерезис, малоцикловую усталость по перемещению траверсы и малоцикловую усталость по нагрузке.

Машина используется для работы в помещениях лабораторного типа при температуре окружающей среды +10...+35 °С и относительной влажности 45...80 %.

В машину входят следующие составные части:

- 1 Пульт;
- 2 Комплект силоизмерительных датчиков на 0,05; 0,5; 5; 50 кН.
- 3 Комплект захватов с наибольшей предельной нагрузкой: 0,5; 5; 50 кН.
- 4 Приспособление для испытания на сжатие и изгиб;
- 5 Комплект запасных частей и принадлежностей.

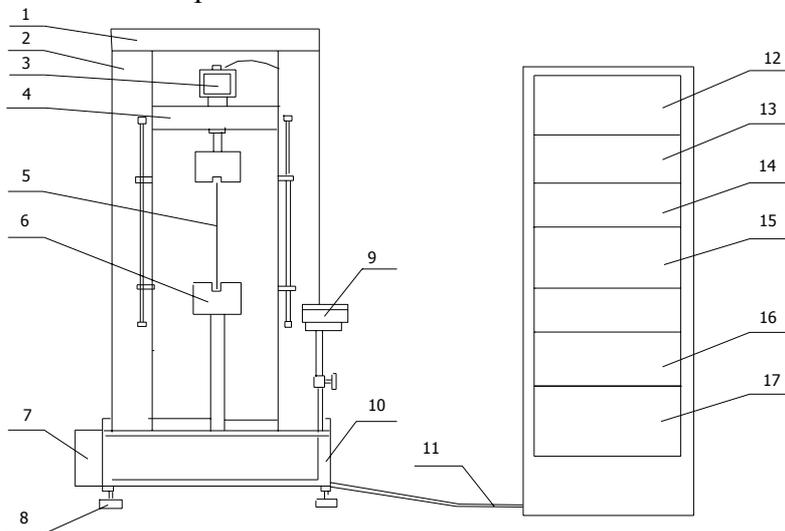


Рис. 1П Общий вид машины ИР-5057:

1 – траверса неподвижная; 2 – ограждение для винтов; 3 – датчик силоизмерительный; 4 – траверса подвижная; 5 – образец; 6 – захват; 7 – кожух; 8 – виброопоры; 9 – станция кнопочная; 10 – каркас; 11 – устройства соединительные; 12 – блок измерения силы; 13 – блок индикации; 14 – блок задания модулей; 15 – блок автоматики; 16 – графопостроитель; 17 – блок питания
Подготовка к работе

Для подготовки машины к работе необходимо:

- ориентировочно знать предполагаемые свойства образца;
- выбрать номинальную нагрузку датчика силы из ряда 50; 5; 0,5; 0,05 кН;
- выбрать диапазон измерения нагрузки из ряда ($\times 1$; $\times 0,2$);
- выбрать тип захвата;
- выбрать зону испытания (верхняя или нижняя);
- установить нужную для испытания скорость;
- выбрать нужный режим работы автоматики из списка (одиночное испытание, автомат, цикл);
- выбрать способ регистрации результатов испытания из списка (без определения модулей и записи диаграммы, с определением модуля и записью диаграммы);
 - выбрать координаты записи диаграмм из списка (время, сила, перемещение);
 - проверить машину на холостом ходу (без образца).

Скорость испытания определяется выбранным передаточным отношением клиноременной передачи и положением переключателей на блоке автоматики (рис. 2П, 6П и табл. 1П).

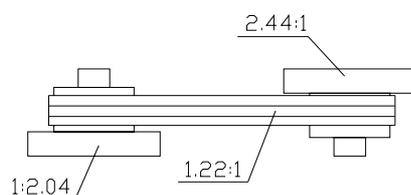


Рис. 2П Схема клиноременной передачи

Таблица 1П

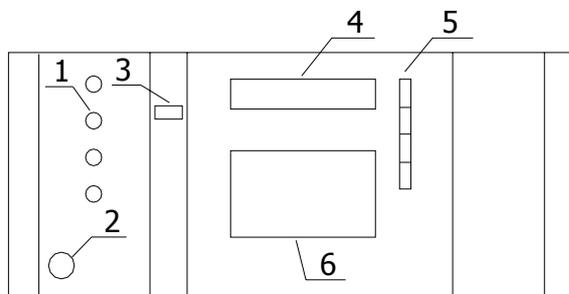
Переда- точ- ное отно- ше- ние	Диапа- зон изме- рения скорос- ти	Цена деле- ния измери- теля, мм\мин	Положение переключателей		Предел из- мерения скорости, мм\мин
			трехкно- почный	двухкно- почный	
1:2,0 4	I	0,1	×0,2	×0,5	0,5...10
	II	1		×5	10...100
1,22: 1	III	0,25	×0,5	×0,5	1,25...25
	IV	2,5		×5	25...250
2,44: 1	V	0,5	×1	×0,5	2,5...50
	VI	5		×5	50...500

Работу с графопостроителем (рис. 7П) следует производить в следующей последовательности:

- включить графопостроитель, нажав клавишу 9;
- вставить бумагу в зажимы графопостроителя;
- закрепить перо;
- выставить масштаб записи диаграммы на графопостроителе;
- выставить место положения нуля на бумаге;
- приступить к работе, нажав клавиши 10 и 11.

При установке масштаба записи диаграммы предварительно следует оценить возможную максимальную нагрузку и деформацию образца. Масштабы записи испытания по координате «нагрузка» – «деформация» соответствуют указанным в табл. 2П, 3П.

Рис. 3П Общий вид блока измерения силы:



- 1 – резисторы калибровки диапазона; 2 – резистор грубой установки нуля;
3 – кнопка обнуления значения нагрузки; 4 – индикатор максимальной нагрузки;
5 – индикатор текущей нагрузки

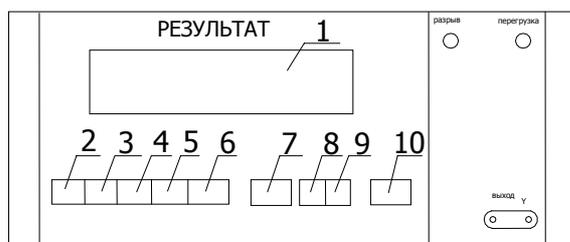


Рис. 4П Общий вид блока индикации:

- 1 – индикатор; 2 – клавиша включения индикации по первому нулю; 3 – клавиша включения индикации по деформации; 4 – клавиша включения индикации по максимальному значению силы; 5 – клавиша включения индикации по первому нулю

значению силы; 6 – клавиша включения индикации по второму модулю;
7 – клавиша установки нуля; 8 – клавиша циклирования по силе; 9 – клавиша
циклирования по деформации; 10 – клавиша остановки счета

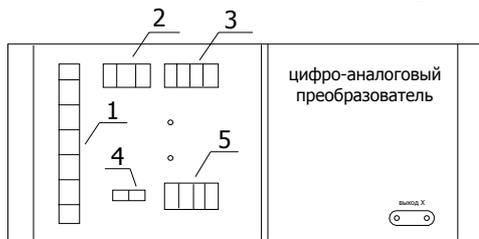


Рис. 5П Общий вид блока задания модулей:

1 – панель переключения масштабов записи по перемещению; 2 – переключатель числа циклов; 3 – переключатель значения второго модуля; 4 – кнопки включения измерения по перемещению активного захвата и по деформации рабочего участка образца; 5 – переключатель значения первого модуля

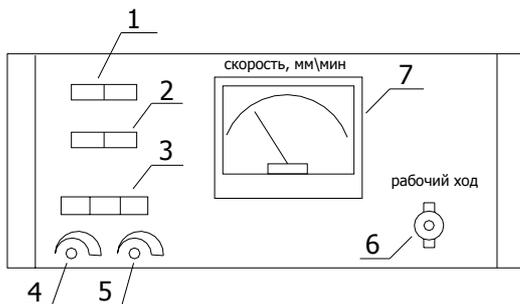
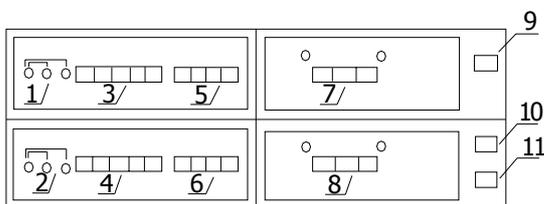


Рис. 6П Общий вид блока автоматки:

1 – клавиша переключения режимов работы; 2 – клавиша переключения диапазонов скорости; 3 – клавиша корректировки скорости шкивов с отношением 1:2,04; 4 – резистор точной регулировки скорости; 5 – резистор грубой



регулировки скорости, 6 – переключатель рабочей зоны; 7 – измеритель скорости

Рис. 7П Общий вид графопостроителя:

1 – входы координаты X; 2 – входы координаты Y; 3 – переключатель масштабов координаты X; 4 – переключатель масштабов координаты Y; 5 – сдвиг пера по оси X; 6 – сдвиг пера по оси Y; 7 – регуляторы установки нуля и калибровки по оси X; 8 – регуляторы установки нуля и калибровки по оси Y; 9 – клавиша – сеть; 10 – клавиша – двигатель; 11 – клавиша – перо

Таблица 2П

Масштаб записи нагрузки по оси Y

Чувствительность, мВ/см	Диапазон 1,0 на графике		Диапазон 0,2 на графике	
	в 1 мм	в 1 см	в 1 мм	в 1 см

Датчик 50 кН				
2×100	200 Н	2000 Н	40 Н	400 Н
1×100	100 Н	1000 Н	20 Н	200 Н
0,5×100	50 Н	500 Н	10 Н	100 Н
Датчик 5 кН				
2×100	20 Н	200 Н	4 Н	40 Н
1×100	10 Н	100 Н	2 Н	20 Н
0,5×100	5 Н	50 Н	1 Н	10 Н
Датчик 0,5 кН				
2×100	2 Н	20 Н	0,4 Н	4 Н
1×100	1 Н	10 Н	0,2 Н	2 Н
0,5×100	0,5 Н	5 Н	0,1Н	1 Н
Датчик 0,05 кН				
2×100	0,2 Н	2 Н	0,04 Н	0,4 Н
1×100	0,1 Н	1 Н	0,02 Н	0,2 Н
0,5×100	0,05 Н	0,5 Н	0,01Н	0,1 Н

Таблица 3П

Масштаб записи деформации по оси X

Чувствительность, мВ/см	Масштаб	На графике	
		в 1 мм	в 1 см
2×100	1:1	1 мм	10 мм
	2:1	0,5 мм	5 мм
	5:1	0,2 мм	2 мм
	10:1	0,1 мм	1 мм
	20:1	0,05 мм	0,5 мм
	50:1	0,02 мм	0,2 мм
	100:1	0,01 мм	0,1 мм

1×100	1:1	0,5 мм	5 мм
	2:1	0,25 мм	2,5 мм
	5:1	0,1 мм	1 мм
	10:1	0,05 мм	0,5 мм
	20:1	0,025 мм	0,25 мм
	50:1	0,01 мм	0,1 мм
	100:1	0,005 мм	0,05 мм
0,5×100	1:1	0,25 мм	2,5 мм
	2:1	0,125 мм	1,25 мм
	5:1	0,05 мм	0,5 мм
	10:1	0,025 мм	0,25 мм
	20:1	0,01 мм	0,1 мм
	50:1	0,005 мм	0,05 мм
	100:1	0,0025 мм	0,025 мм

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

.....

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 Определение прочностных и деформационных характеристик полимерных материалов

Лабораторная работа 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ПОЛИМЕРОВ

.....

Приложение

.....