

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Теоретическая часть:

Статические испытания материалов на одноосное растяжение являются наиболее распространенным видом испытаний для одновременного определения важнейших механических свойств. Проведение испытаний жестко регламентировано государственными стандартами, в которых указаны оцениваемые характеристики и способы их расчета, приведены типовые формы и размеры образцов, сформулированы основные требования к испытательному оборудованию, описана последовательность проведения и анализа результатов испытаний. Статические испытания на растяжение основаны на построении кривой растяжения с последующей обработкой полученной информации.

Механические характеристики, определяемые при испытаниях. При статических испытаниях на растяжение определяют следующие механические свойства (рис.1):

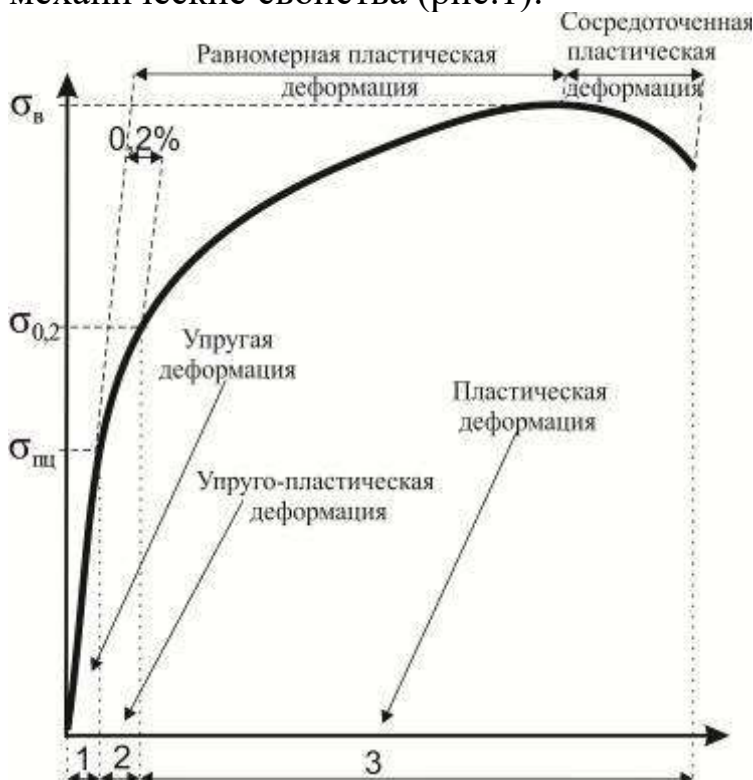


Рис.1. Кривая растяжения образца при статическом растяжении

$\sigma_{пл}$ - предел пропорциональности— напряжение, которое материал образца выдерживает без отклонения от закона Гука;

$\sigma_{\text{упр}}$ - условный предел упругости – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает величины 0,005 % или 0,05 %;

$\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести – напряжение, при котором остаточное удлинение достигает величины 0,2 %;

$\sigma_{\text{в}}$ (предел прочности) - временное сопротивление – максимальное напряжение, которое способен выдержать материал до разрушения;

δ , ψ - относительное удлинение ϵ и относительное сужение в месте разрушения образца.

Максимальное напряжение, при котором сохраняется линейная зависимость между относительным удлинением и напряжением, называется пределом пропорциональности $\sigma_{\text{пц}}$.

Под пределом упругости понимается напряжение, при котором остаточная деформация после снятия нагрузки не превышает допустимую по техническим условиям на изделие (обычно не более 0,01), что указывается соответствующим индексом, например 0,01, 0,005.

При напряжениях выше предела упругости остаточная деформация увеличивается. Для пластичных материалов на диаграмме «напряжение– деформация» наблюдается площадка текучести, где деформация растет без заметного изменения нагрузки. Минимальное напряжение, при котором образец деформируется без заметного увеличения растягивающей нагрузки, называется пределом текучести. Вследствие того что трудно точно зафиксировать эти значения для большинства материалов, не имеющих явно выраженной площадки текучести, используется условный предел текучести, т. е. напряжение, при котором остаточное удлинение достигает значения 0,2 % расчетной длины образца. Дальнейшее пластическое деформирование протекает с увеличением нагрузки, т. к. материал упрочняется в процессе деформирования. Упрочнение металла при пластическом деформировании называется наклепом.

Напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке R_{max} , предшествующей разрушению образца, отнесенной к начальной площади его поперечного сечения F_0 до испытания, называется пределом прочности, или временным сопротивлением (разрушающим напряжением при растяжении) и обозначается $\sigma_{\text{в}}$. Это напряжение является условным. Для определения истинного предела прочности $S_{\text{к}}$ необходимо нагрузку отнести к действительной площади поперечного сечения $F_{\text{к}}$, которую имеет образец в месте разрушения.

Предел упругости и предел текучести характеризуют сопротивление материалов малым пластическим деформациям.

Временное сопротивление дает представление о предельной несущей способности материала.

Представленная зависимость имеет прямолинейный участок, на котором приращение деформации сопровождается прямо пропорциональным приращением приложенного усилия, что соответствует закону Гука. Эта деформация упругая. Упругие свойства проявляются пластмассами при очень малых численных значениях относительных деформаций. Форма образца и размер сечения рабочей части не изменяются. Следующий участок криволинеен. Отклонение от прямолинейности свидетельствует о проявлении пластической составляющей, вклад которой возрастает. Затем происходит резкое изменение хода зависимости, когда приращение деформации происходит без увеличения силы. Это вызвано изменением поперечного сечения образца, которое сужается. Участок снижения приложенного усилия, сопровождается развитием деформации. В точке минимального напряжения появляется так называемая шейка. Её сечение меньше начального по крайней мере в 10 раз. После образования шейки, вся рабочая часть образца вытягивается до перехода по всей длине в ленту. После снятия нагрузки восстанавливаются упругие деформации,

Цель работы: ознакомиться с испытательным оборудованием для определения основных механических характеристик; провести механические испытания предложенных видов образцов полимеров; по результатам испытаний определить предел прочности, предел текучести, предел пропорциональности, относительное удлинение.

Экспериментальная часть:

Объекты и оборудование: образцы различных полимеров, Испытание на растяжение проводят на специальных круглых образцах, а для листового материала на плоских образцах (лопатка или полоса) (рис.2 и 2 а).

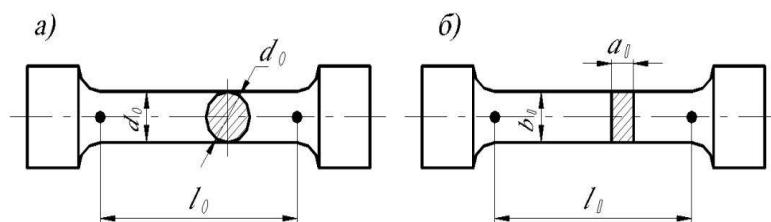


Рис.2. Образцы для испытаний на разрыв:
а – круглый; б – плоский

Определение прочности материала при растяжении проводится по ГОСТ 11262, а определение модуля упругости – по ГОСТ 9550-81.

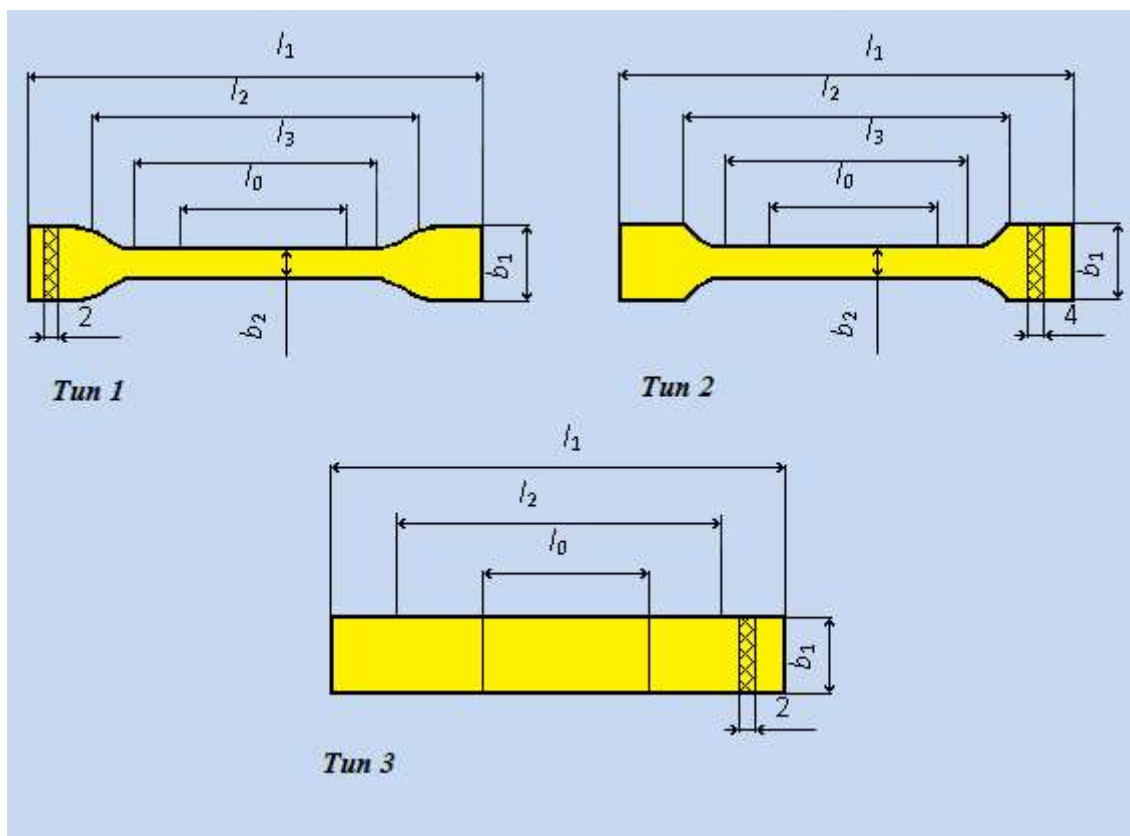


Рис.2а. Образцы для испытаний на разрыв согласно ГОСТ:

Размеры образцов, мм	Образец типа		
	1	2	3
Общая длина l_1 , не менее	115	150	250
Расстояние между метками, определяющими положение кромок зажимов на образце, l_2	80 ± 5	115 ± 5	170 ± 5
Длина рабочей части l_3	33 ± 1	60 ± 1	—
Расчетная длина l_0	25 ± 1	50 ± 1	50 ± 1
Ширина головки b_1	$25 \pm 0,5$	$20 \pm 0,5$	$25 \pm 0,5$
Ширина рабочей части b_2	$6 \pm 0,4$	$10 \pm 0,5$	—
Толщина h	$2 \pm 0,2$ (от 1 до 3)	$4 \pm 0,4$ (от 1 до 10)	$2 \pm 0,2$ (от 1 до 6)

Испытательная машина Instron. Instron — известная фирма производитель испытательного оборудования для оценки механических свойств материалов и деталей. Назначение оборудования: механические испытания полимеров, композитов, металла (сжатие, растяжение, сдвиг, изгиб) (рис.3).



Рис.3. Испытательная машина Instron

Испытательный комплекс «Instron 300» имеет гидравлический привод и позволяет проводить испытания с максимальным усилием 300 кН. Подвижный захват связан с поршнем, который перемещается в рабочем цилиндре под давлением минерального масла, создаваемым насосом.

Испытание на растяжение относится к числу наиболее распространенных статических испытаний, позволяющих определить основные характеристики механических свойств материала. К преимуществам такого испытания относятся: сравнительная простота эксперимента и возможность получить растяжение в чистом виде.

Образцы полимерного материала нумеруются. Для проведения опыта берутся 3 образца вида (один вид материала) “лопатка” и 3 образца вида “полоса”. У каждого образца измеряется толщина, ширина и расчетная длина l_0 (см. рис.1), данные заносятся в таблицу.

Перед испытанием образец закрепляют в испытательной машине в вертикальном положении и выставляется нагрузка, заданную преподавателем. В процессе испытаний на растяжение диаграммный механизм машины непрерывно регистрирует так называемую диаграмму растяжения в координатах нагрузка – перемещение (рис.4 и 5).

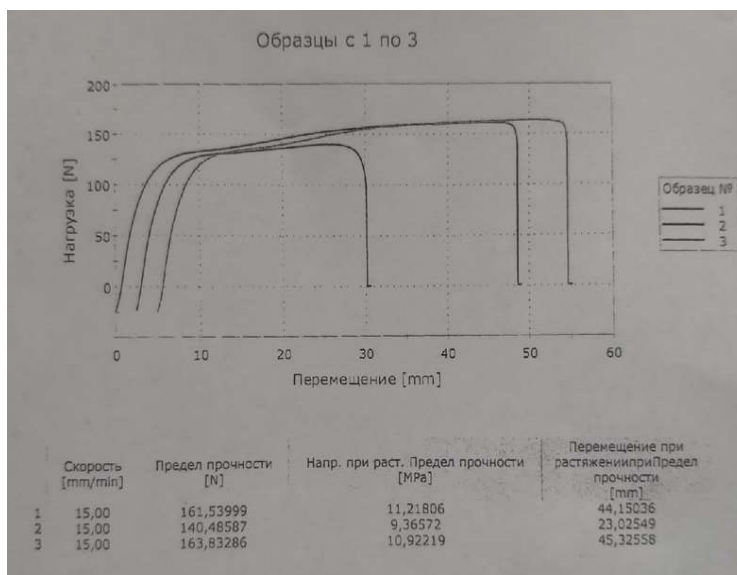


Рис.4. Кривая растяжения для образцов вида «лопатка»

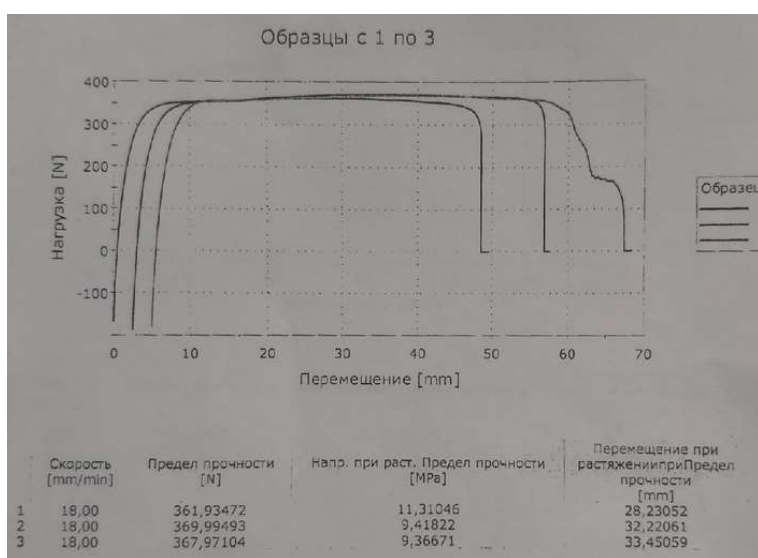


Рис.5. Кривая растяжения для образцов вида «полоса»

На диаграмме растяжения материалов можно выделить несколько характерных участков. Прямолинейный участок соответствует упругой деформации образца. Дальнейшее возрастание нагрузки приводит к появлению пластической (остаточной) деформации. Причем у некоторых материалов наблюдается интенсивная пластическая деформация при неизменной нагрузке. Такой участок диаграммы называется площадкой текучести. До максимальной нагрузки происходит равномерная деформация образца по всей его рабочей части. А затем образец в наиболее слабом месте утончается (это место называется шейкой), и на следующем участке идет пластическая деформация при снижении нагрузки. В некоторой точке происходит окончательное разрушение образца с разделением его на две части. Проведя анализ полученных диаграмм, описанные выше участки обозначают точками – А,В,С,Д.

По диаграмме определяют характеристики механических свойств полимерного материала. Причем в качестве характеристики прочности принимают не нагрузку P , а σ - условное напряжение определяемое отношением нагрузки к площади начального поперечного сечения образца F_0 :

$$\sigma = \frac{P}{F_0}.$$

По оси абсцисс откладывается относительное удлинение δ или $\epsilon = \Delta l / l_0$ (в о. е.) или $\epsilon \Delta l = \Delta l / l_0 \cdot 100 \%$.

Диаграмма напряжений называется условной, потому что напряжения найдены по начальной площади поперечного сечения образца F_0 , и не учитывает уменьшения сечения. По этой диаграмме определяются основные характеристики прочности и пластичности. Если в процессе испытания постоянно измерять диаметр образца и вычислять истинное напряжение с учетом сужения, то на этой диаграмме напряжение возрастает вплоть до разрыва образца (рис.6).

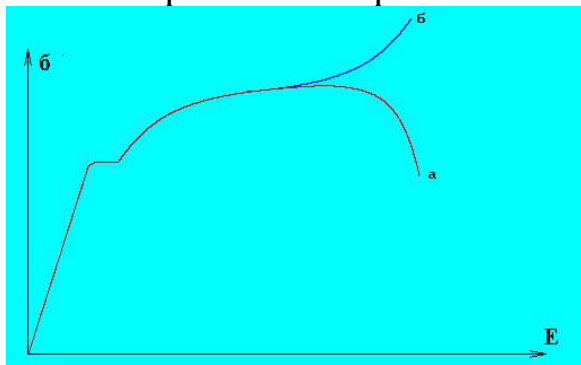


Рис. 6. Диаграммы напряжений: а) условная; б) истинная.

На кривых полученных диаграмм наносят точки, соответствующие:

- пределу прочности материала;
- пределу пропорциональности;
- пределу текучести.

По данным измерений образцов и диаграмм рассчитывают относительное удлинение при разрыве.

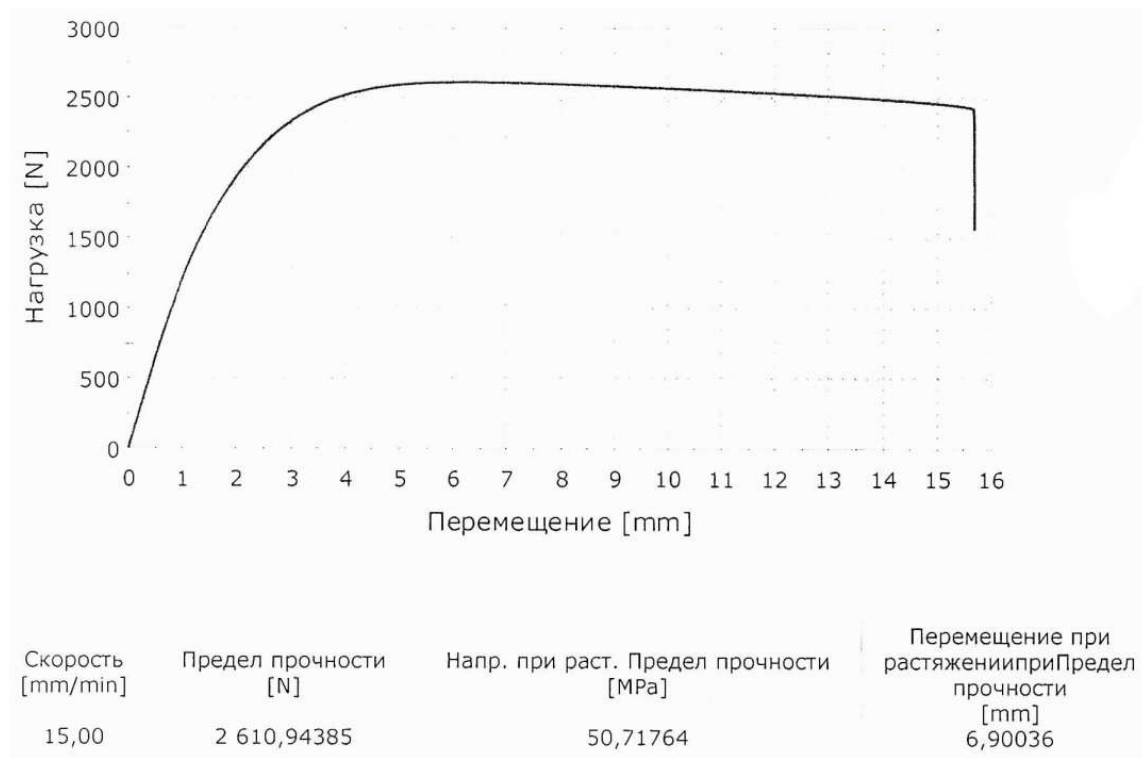
В выводах приводят числовые данные по прочности материалов.

Практическая часть

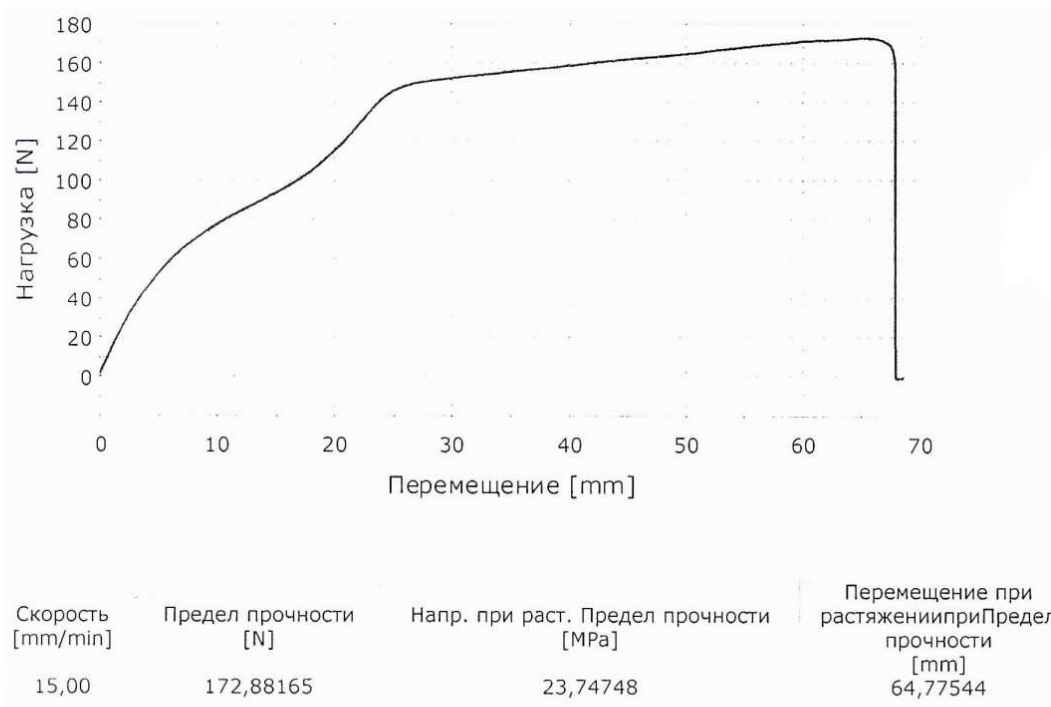
Для проведения опыта берутся 5 образцов типа Лопатка

Материал образца	Толщина, мм	Ширина, мм	Расчетная длина l_0 , мм
АБС-пластик	2.6	19.8	80
ПЭНД пластифицированн ый	1.3	5.6	40
ПЭВД	2.9	4.9	45.4
ПС	2.8	4.7	47.7
ПС ударопрочный	2.7	5	47.7

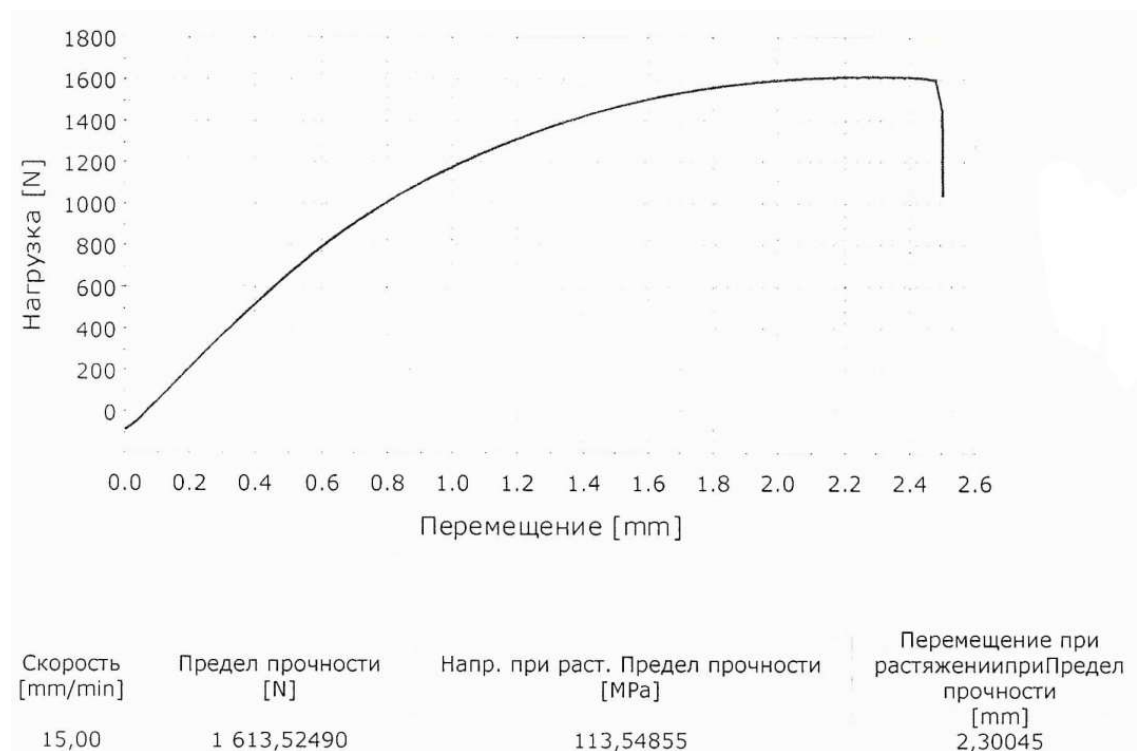
Образец 1



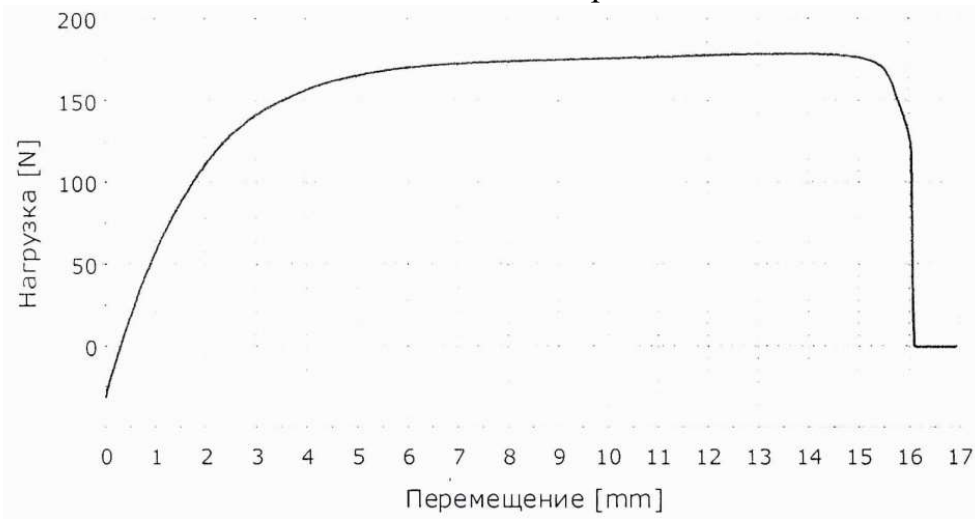
Образец 2



Образец 3

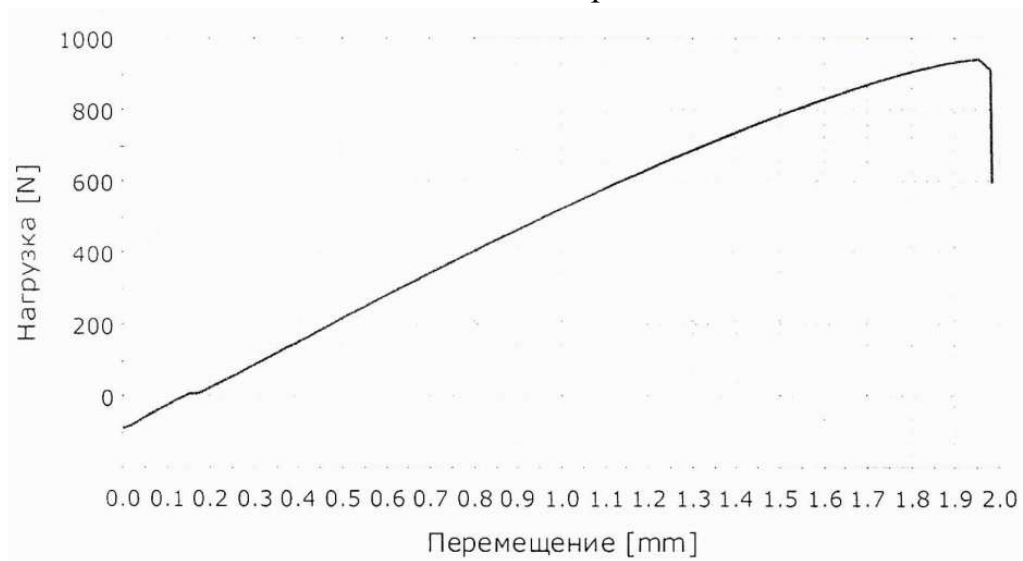


Образец 4



Скорость [mm/min]	Предел прочности [N]	Напр. при раст. [MPa]	Предел прочности [MPa]	Перемещение при растяжении при Предел прочности [mm]
15,00	178,44247		13,55946	13,50047

Образец 5



Скорость [mm/min]	Предел прочности [N]	Напр. при раст. [MPa]	Предел прочности [MPa]	Перемещение при растяжении при Предел прочности [mm]
15,00	940,42542		69,66114	1,95051

Расчётные данные

Образец №	F, мм ²	О _{пц} , МПа	О _{0.2} , МПа	О _в , МПа	δ, %
1	51.5	23.3	34.9	50.48	20
2	7.28	5.52	20,6	23,9	170
3	14.21	49.26	81.6	116.11	5
4	13.16	5.69	8.35	21.55	33
5	13.5	50.37	62.2	71.1	4

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

F – площадь сечения образца

P – нагрузка на образец при растяжении

О_{пц} :

$$\sigma_{пц1} = P_{пц1}/F_1 = 1200/51.5 = 23.3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{пц2} = P_{пц2}/F_2 = 40.2/7.28 = 5.52 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{пц3} = P_{пц3}/F_3 = 700/14.21 = 49.26 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{пц4} = P_{пц4}/F_4 = 75/13.16 = 5.69 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{пц5} = P_{пц5}/F_5 = 680/13.5 = 50.37 \text{ МПа}$$

О_{0.2} :

$$\sigma_{0.2\ 1} = P_{0.2\ 1}/F_1 = 1800/51.5 = 34.9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0.2\ 2} = P_{0.2\ 2}/F_2 = 150/7.28 = 20,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0.2\ 3} = P_{0.2\ 3}/F_3 = 1160/14.21 = 81.6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0.2\ 4} = P_{0.2\ 4}/F_4 = 110/13.16 = 8.35 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{0.2\ 5} = P_{0.2\ 5}/F_5 = 840/13.5 = 62.2 \text{ МПа}$$

О_в :

$$\sigma_{в1} = P_{в1}/F_1 = 2600/51.5 = 50.48 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{в2} = P_{в2}/F_2 = 174/7.28 = 23,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{в3} = P_{в3}/F_3 = 1650/14.21 = 116.11 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{в4} = P_{в4}/F_4 = 180/8.35 = 21.55 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{в5} = P_{в5}/F_5 = 960/13.5 = 71.1 \text{ МПа}$$

δ:

$$\delta = (l_l - l_0)/l_0$$

$$\delta_1 = (95.8 - 80)/80 = 0.1975 = 20\%$$

$$\delta_2 = (108 - 40)/40 = 1.7 = 170\%$$

$$\delta_3 = (47.9 - 45.4)/45.4 = 0.055 = 5\%$$

$$\delta_4 = (63.7 - 47.7)/47.7 = 0.335 = 33\%$$

$$\delta_5 = (49.67 - 47.7)/47.7 = 0,041 = 4\%$$

Вывод:

- 1) Самым эластичным среди образцов оказался полиэтилен низкого давления пластифицированный, удлинение образца составило 170%, следующий полистирол — удлинение 33%, АБС-пластик — 20%, полиэтилен высокого давления — 5%, полистирол ударопрочный — 4%.
- 2) По прочности материалы расположились в следующем порядке : ПЭВД, ПС ударопрочный, АБС-пластик, ПЭНД пластифицированный, ПС.

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П. О. СУХОГО»**

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

**Лабораторная работа № 4
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ НА
РАСТЯЖЕНИЕ»**

Выполнил:
студент гр. ТТ-21

Принял преподаватель:
Бобрышева С. Н.

Гомель 2021