РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Институт элементоорганических соединений
им. А.Н. Несмеянова
Лаборатория полимерных материалов
Зав. лаб., заслуженный деятель науки РФ, докт. хим. наук, профессор А. А. Аскадский

119991, Москва В-334, ул. Вавилова, 28.
Телефон: 135-93-98
E-mail: andrey@ineos.ac.ru

04.03 2017

№ 04

Заключение по физико-механическим свойствам.

1) Удельная ударная вязкость

Первые измерения были проведены при 18°С. Для каждого образца проведено по два измерения. Результаты измерений показаны в таблице 1*а*. Наибольшей удельной ударной вязкостью А обладает образец №2 (величина А составляет 8,9 кДж/м^2), наименьшей удельной ударной вязкостью обладает образец №3, величина которой составляет 4 кДж/м^2. Для образца №2 удельная ударная вязкость по Шарпи с надрезом составляет 5,7 кДж/м^2 т.е. коэффициент ослабления составляет 5.7/8.9=0.64. В целом величины удельной ударной вязкости показывают, что разрушение при ударе не является хрупким и находится на уровне большого количества полимерных материалов.

Табл. 1*а*. Удельная ударная вязкость при 18°С.

Номер образца	*A*, кДж/м^2		Средняя величина $A_{ср}$, кДж/м^2	$A_{ср}$, кДж/м^2 Tvinson
1	6.9	5.1	6,0	≈5
2	8.9	5.7*	8,9	
3	4.0	5.4	4,7	
4	5.1	4.6	4,8	
5	4.6	4.6	4,6	
6	4.3	6.3	5,3	

* По Шарпи с надрезом

Удельная ударная вязкость при отрицательных температурах.

Измерения были проведены при 0°С и при -20°С. Для каждого образца проведено по два измерения. Удельная ударная вязкость вычисляется по формуле:

$$A = \frac{E}{bh}$$

где E – энергия, затраченная на разрушение при ударном воздействии, b – ширина образца, h – толщина.

Результаты измерений показаны в таблице 1*б*.

Табл. 1*б*. Значения удельной ударной вязкости при отрицательных температурах.

Номер образца	Удельная ударная вязкость, A, кДж/м^2			$A_{ср}$, кДж/м^2	T°C
1	4,6	6,9	7,7	6,4	0
2	4,3	4,0		4,2	-21
3	6,3	5,7		6,0	-21
4	4,0	4,6	4,6	4,4	0
5	4,0	5,4		4,7	-21
6	4,9	4,9		4,9	-21

Наибольшей удельной ударной вязкостью обладает образец №1 (величина А составляет 6,4 кДж/м^2 при 0°С), наименьшей ударной вязкостью обладает образец №2, величина которой составляет 4,2 кДж/м^2 при -21°С. В целом величины удельной ударной вязкости при отрицательных температурах показывают, что разрушение при ударе не является хрупким и находится на уровне большого количества полимерных материалов. На образце №2 удельная ударная вязкость при отрицательных температурах, имеет значение в два раза ниже, чем при обычных температурах. На остальных образцах значения удельной вязкости при отрицательных температурах и при обычных примерно одинаковы.

2) Прочность при изгибе при 18°С.

Проведено по три измерения для каждого образца на приборе «Динстат» консольном методом. Размеры образцов 10×15×3.5 мм. Прочность при изгибе рассчитывается по формуле $\sigma_{изг} = m \cdot 6/bh^2$, где m –изгибающий момент (кг·см), b – ширина образца (см), h – толщина образца (см). Результаты измерений показаны в таблице 2. Разброс данных небольшой. Наибольшая средняя величина прочности при изгибе наблюдается для образцов 1 и 3, наименьшая – для образца 4. Показатели прочности при изгибе превышают значения, которые приведены для компаний Террадек и марки Tvinson.

3) Прочность при растяжении при 18°С.

Измерения проводились на универсальной испытательной машине LLOYD Instruments LR5K Plus. Скорость растяжения составляла 50 мм/мин. Кривые растяжения для всех образцов показаны на рис.1. Там же указана предельная деформация при разрыве, значения которой также приведены в

таблице 4. Сами же значения прочности при растяжении показаны в таблице 3.

Табл. 2. Прочность при изгибе

Номер образца	$\sigma_{изг}$, МПа			Средняя величина $\sigma_{изг,ср}$, МПа	$\sigma_{изг}$, МПа, Террадек EVO	$\sigma_{изг}$, МПа, Twinson
1	64,7	72,0	70,1	68,9	52	**≥ 55**
2	54,9	57,6	62,4	58,3		
3	72,0	67,2	67,2	68,8		
4	63,7	54,0	54,7	57,5		
5	57,8	67,2	67,2	64,1		
6	62,7	67,2	67,2	65,7		

Табл. 3. Прочность при растяжении при 18°С.

Номер образца	σ_p, МПа			Среднее значение **$\sigma_{ср}$, МПа**	Модуль упругости при растяжении, Е, МПа			Среднее значение **$E_{ср}$, МПа**	σ_p, МПа, Террадек EVO	σ_p, МПа Twinson	Е, МПа, Twinson
1	18	27	29	**25**	950	2200	2300	**1820**	**26,1**	**≥35**	**5500**
2	39	33,5		**38,5**	2300	1900		**2100**			
3	27	27	40	**34**	1800	2300	2050	**2050**			
4	22,2	23,9	34,6	**27,4**	2200	2400	1550	**2050**			
5	32,5	41,1	23,4	**32,0**	2450	3400	2800	**2880**			
6	20,3	40,7	25,7	**26,0**	2500	2600	2950	**2680**			

Табл. 4. Предельная деформация при растяжении

Номер образца	ε_p, %			Среднее значение $\varepsilon_{ср}$, %	$\varepsilon_{ср}$, %, Twinson
1	2,2	2,9	2,9	**2,67**	**1÷10%**
2	2,55	3,2		**2,88**	
3	1,55	2,22	2,67	**2,15**	
4	1.92	2.54	3.04	**2,50**	
5	3,0	2,9	1,8	**2,57**	
6	1,6	3,1	1,5	**2,07**	

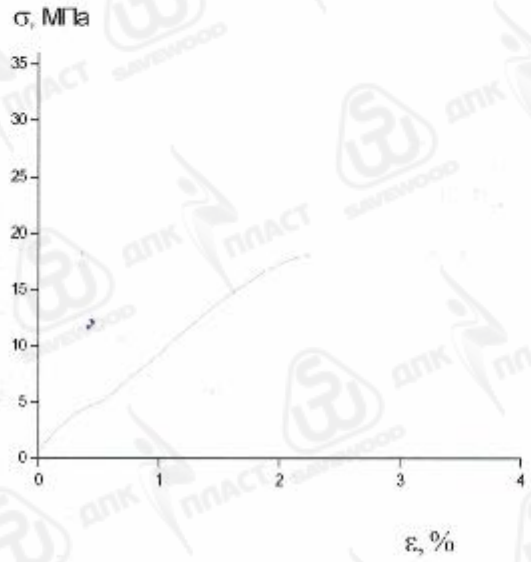
Кривые растяжения не являются прямолинейными. Наибольший наклон кривых растяжения наблюдается на первом участке; дальше при переходе ко второму участку наклон снижается, и это свидетельствует о том, что модуль упругости, который определяется тангенсом угла наклона кривой растяжения к деформации, также снижается по мере деформирования. Такие кривые растяжения характерны для композитов и вообще для твердых полимеров, в которых по мере деформирования нарушается их физическая структура и материал ослабляется.

Кривые растяжения для каждого образца были перестроены в средние кривые, и по ним определялись значения средней прочности при изгибе $\sigma_{ср}$. Также по средним кривым определялся модуль упругости по тангенсу угла наклона начального участка кривой растяжения.

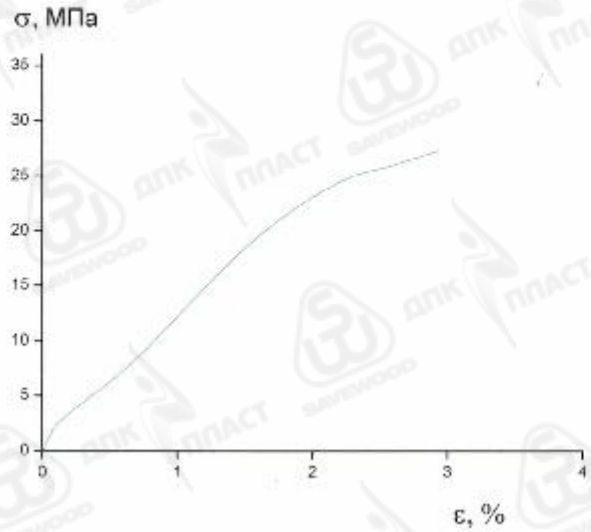
Из таблицы 3 видно, что наибольшей прочностью при растяжении обладает образец №2 а наименьшей – образец №1. Наблюдается существенный разброс в значениях прочности при изгибе в параллельных измерениях, который иногда достигает 50% (например для образцов 5 и 6). Это свидетельствует о том, что образцы являются неоднородными. В целом, величины прочности при растяжении превышают аналогичные значения, приведенные компанией Террадек и примерно одинаковы со значениями марки Twinson. Что касается модуля упругости, то его средние значения лежат в интервале от 1125 до 3000 МПа. Предельная деформация при растяжении показана в таблице 4. Эта величина лежит в пределах от 1,6 до 3,2%, что находится в интервале значений, показанных при испытаниях материала марки Twinson.

РИС. 1

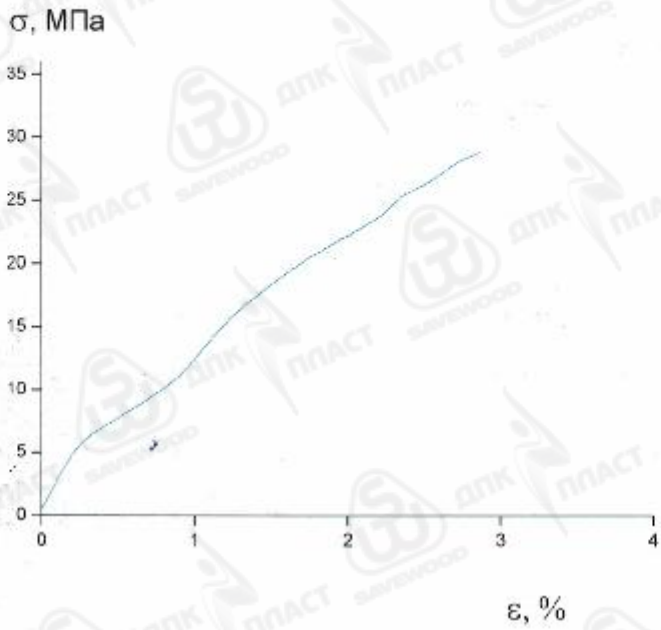
Композиция 1



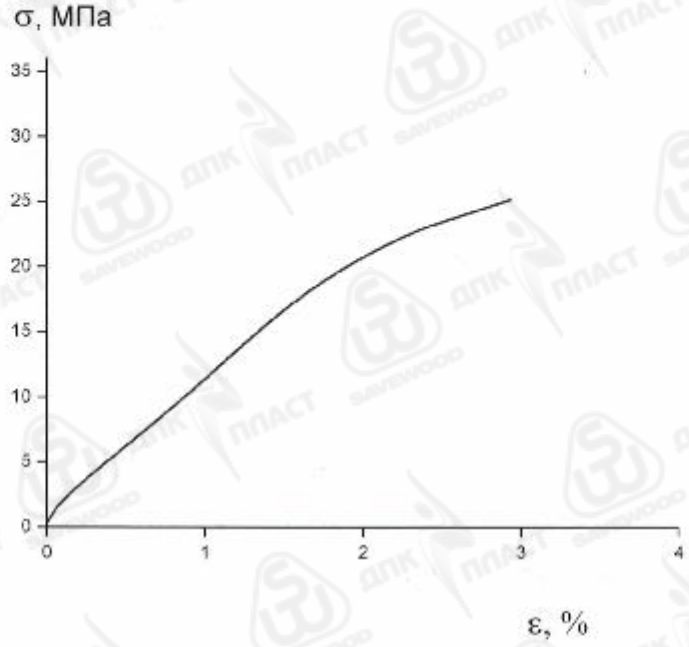
Образец1 σ_p =18 МПа ε_p=2.2%



Образец1 σ_p =27 МПа ε_p=2.9%

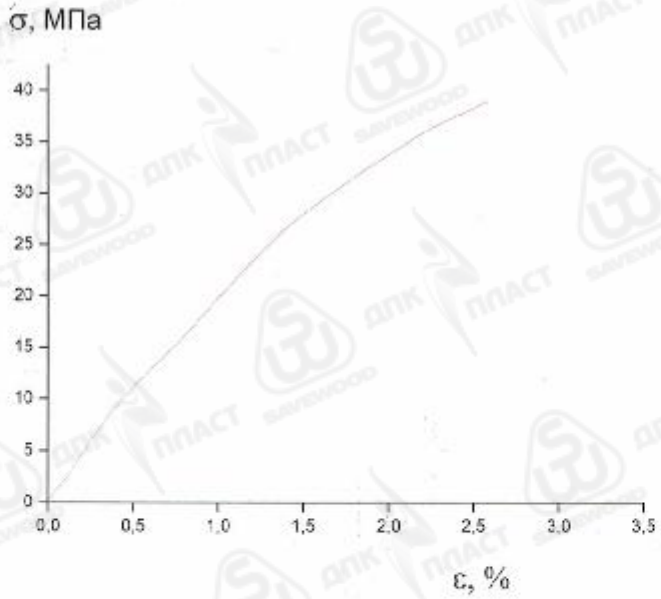


Образец1 σ_p =29 МПа ε_p=2.9%

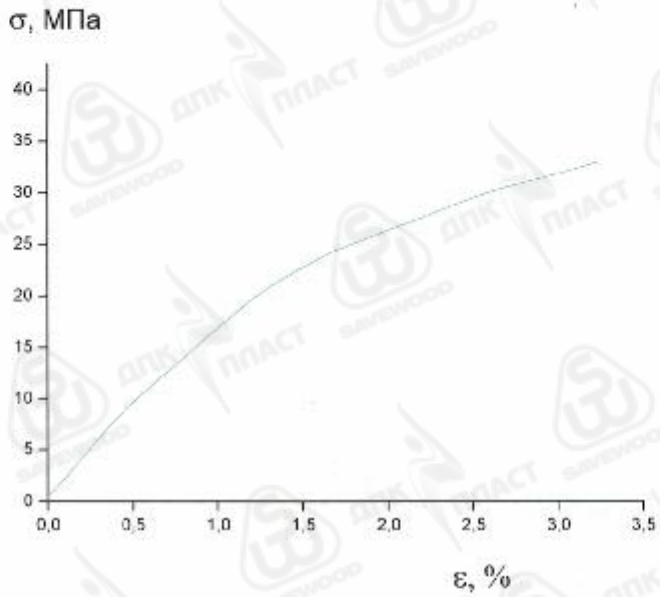


Средняя кривая
Образец1 σ_p =25 МПа ε_p=2.67 %

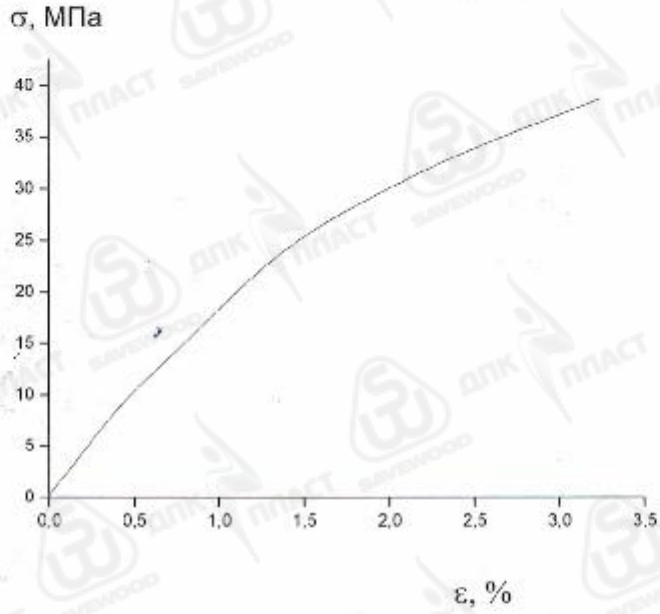
Композиция 2



Образец 2 σ_p =39 МПа ε_p=2.55%



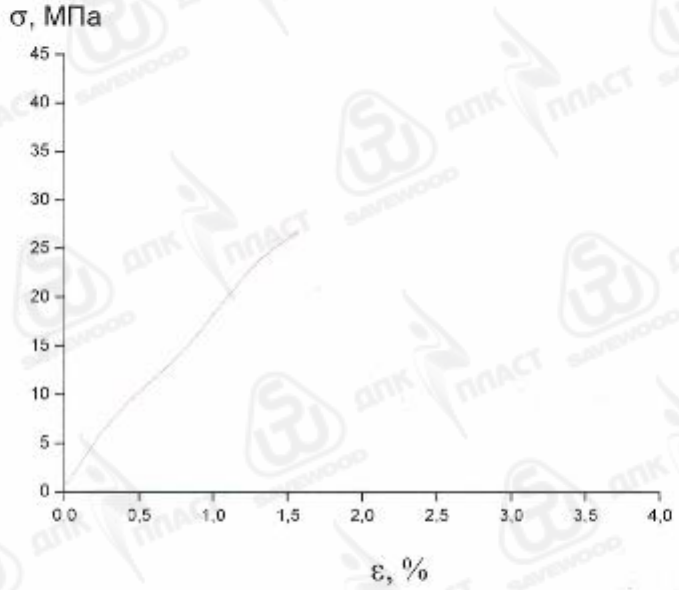
Образец 2 σ_p =33.5 МПа ε_p=3.2%



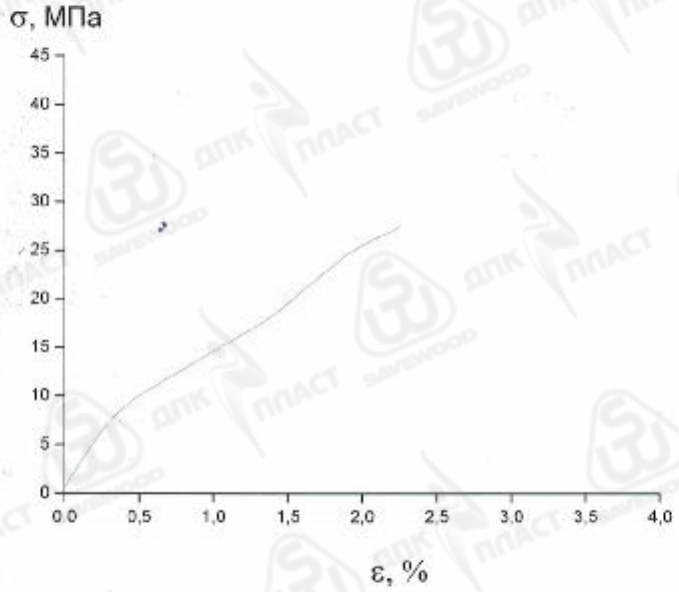
Средняя кривая

Образец 2 σ_p =38.5 МПа ε_p=2.88 %

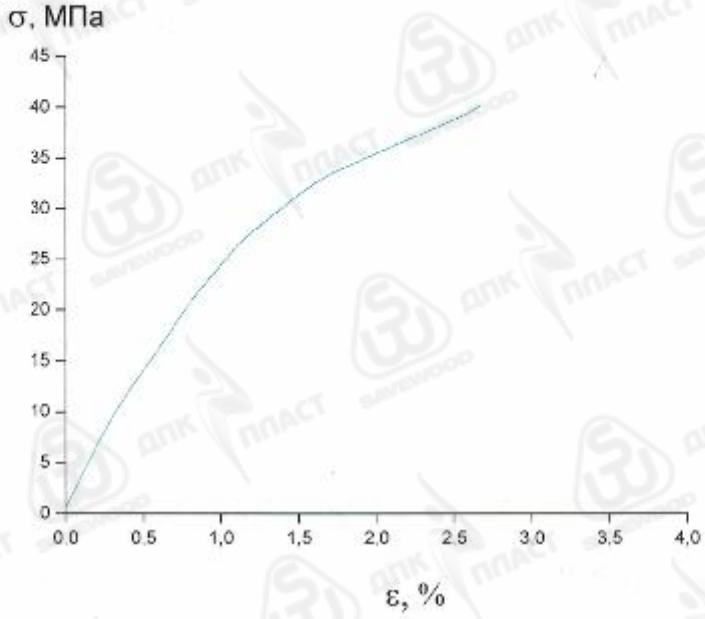
Композиция 3



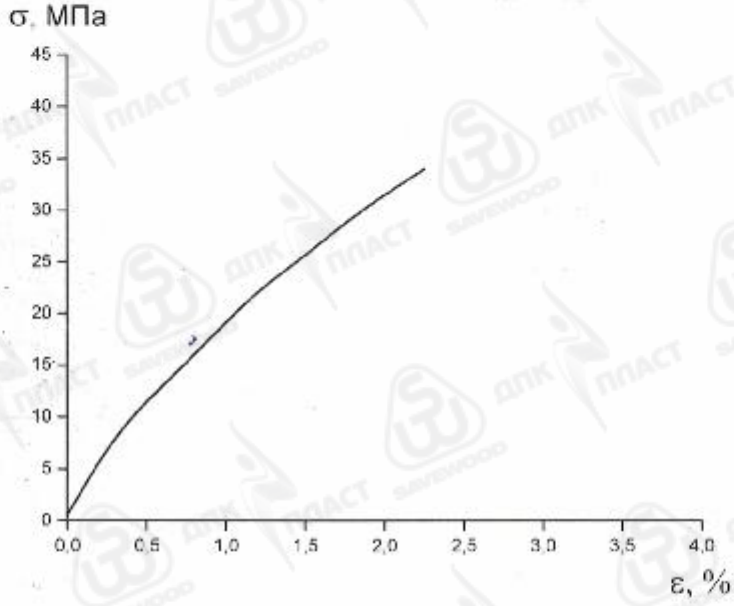
Образец 3 σ_p =27 МПа ε_p=1.55%



Образец 3 σ_p =27 МПа ε_p=2.22%

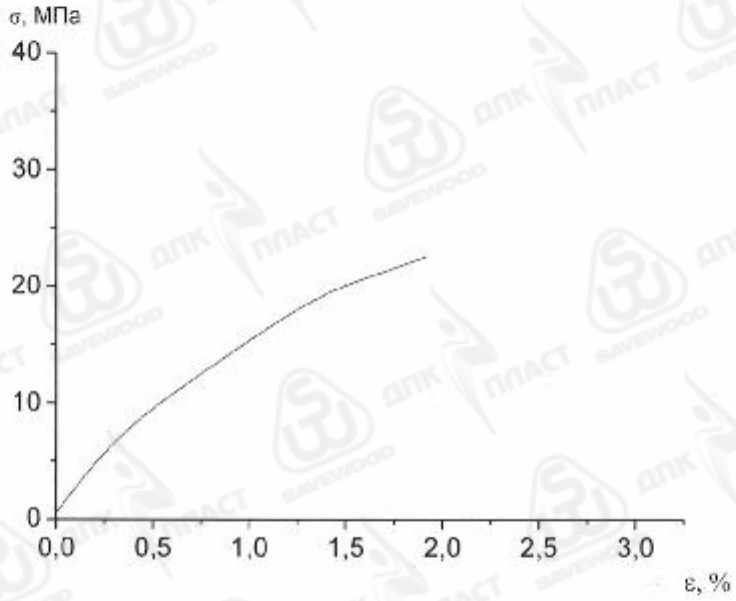


Образец 3 σ_p =40 МПа ε_p=2.67%

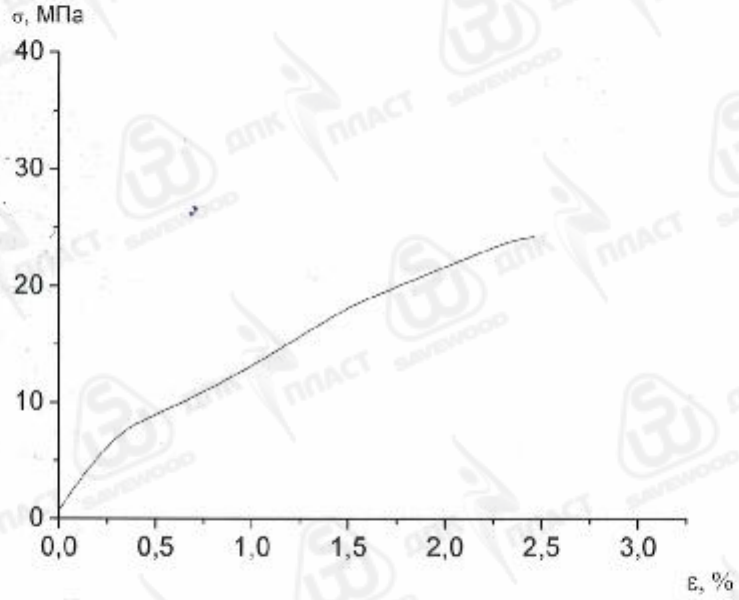


Средняя кривая
Образец 3 σ_p =34 МПа ε_p=2.15 %

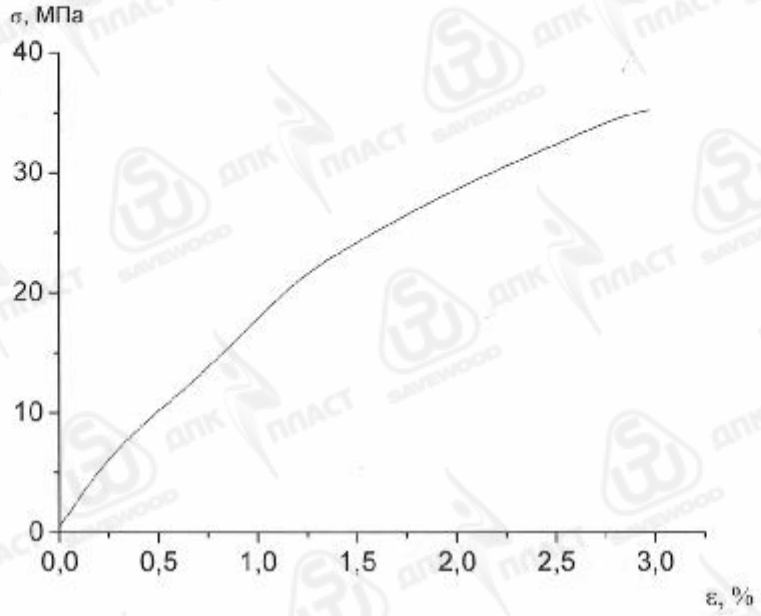
Композиция 4



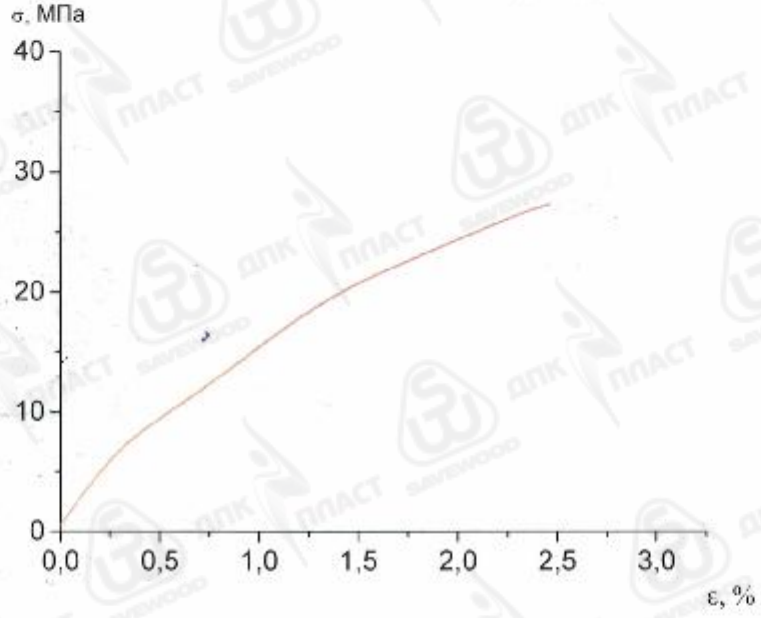
Образец 4: σ_p = 22,6 МПа ε_p = 1,9%



Образец 4: σ_p = 24,2 МПа ε_p =2,5%

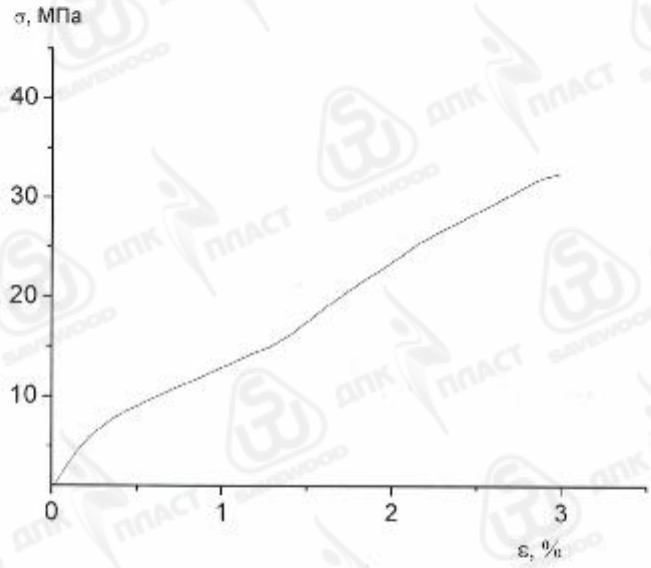


Образец 4: σ_p = 35 МПа ε_p = 2,97%

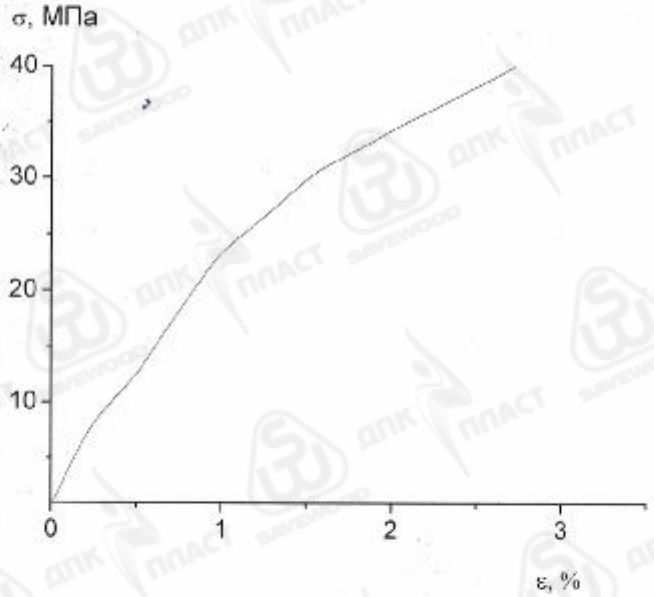


Средняя кривая
Образец 4: σ_p = 27,4 МПа ε_p = 2,50 %

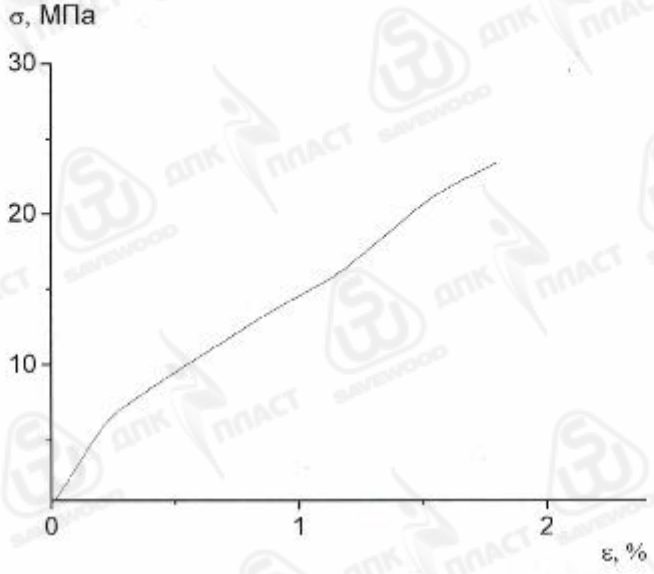
Композиция 5



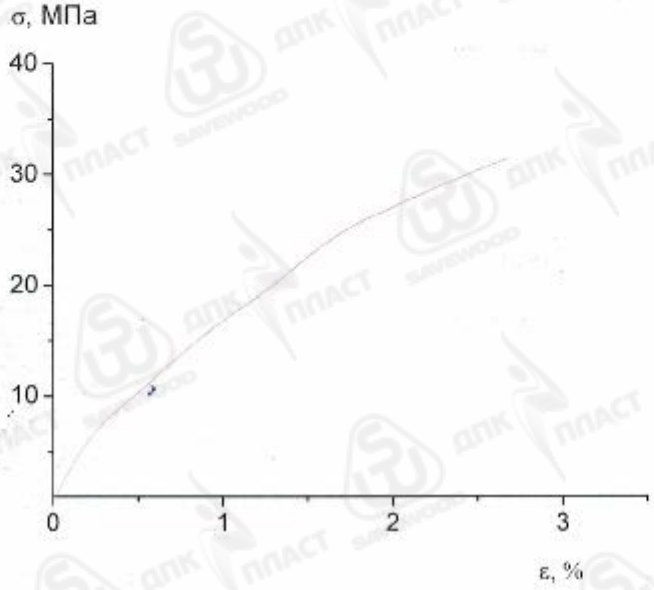
Образец 5: σ_p = 32,5 МПа ε_p = 3 %



Образец 5: σ_p = 41,1 МПа ε_p = 2,9%



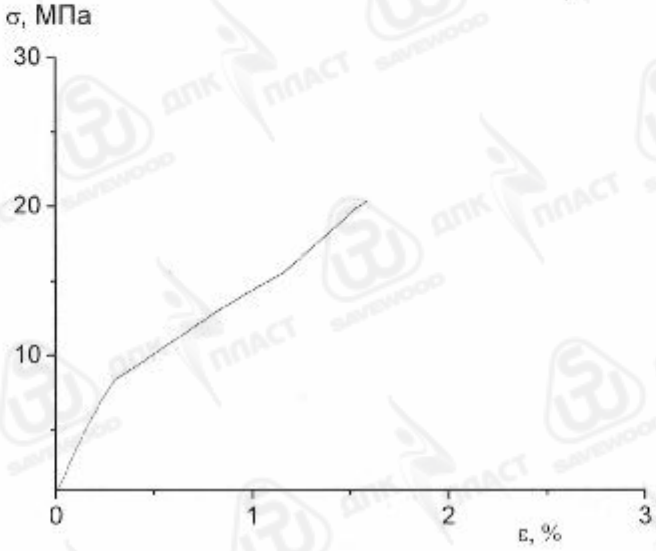
Образец 5: σ_p = 23,4 МПа ε_p = 1,8%



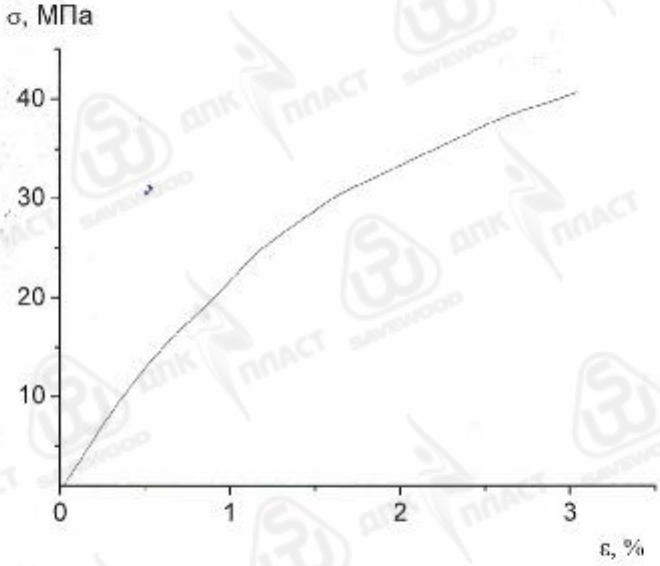
Средняя кривая

Образец 5: σ_p = 32 МПа ε_p = 2,57 %

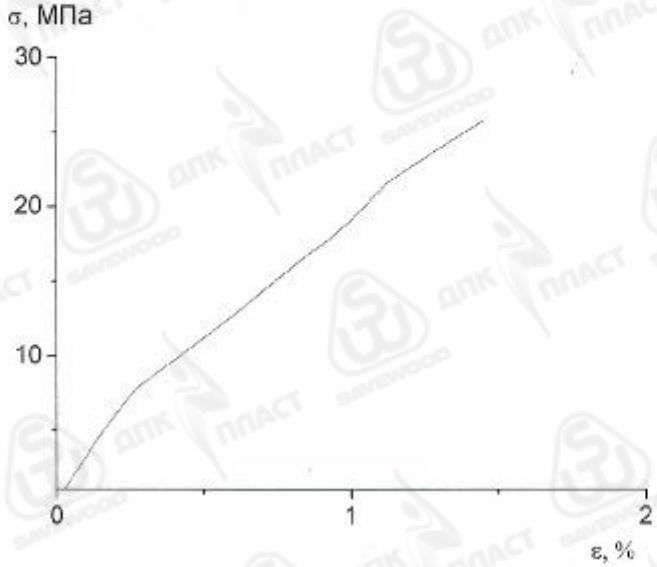
Композиция 6



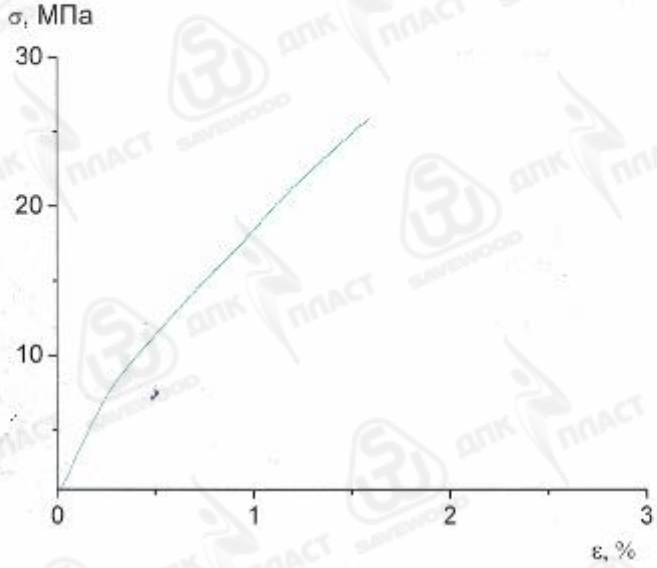
Образец 6: σ_p = 20,3 МПа ε_p = 1,6%



Образец 6: σ_p = 40,7 МПа ε_p = 3,1%



Образец 6: σ_p = 25,7 МПа ε_p = 1,5 %



Средняя кривая
Образец 6: σ_p = 26 МПа ε_p = 2,07 %

Зав. лаб. полимерных
материалов ИНЭОС РАН А.А. Аскадский

ПОДПИСЬ
УДОСТОВЕРЯЮ
ОТДЕЛ КАДРОВ ИНЭОС РАН

Отдел кадров