



КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х. М. БЕРБЕКОВА

Центр прогрессивных материалов и аддитивных технологий КБГУ

Каталог разработанных материалов
Температуры эксплуатации -100 до +260 0С

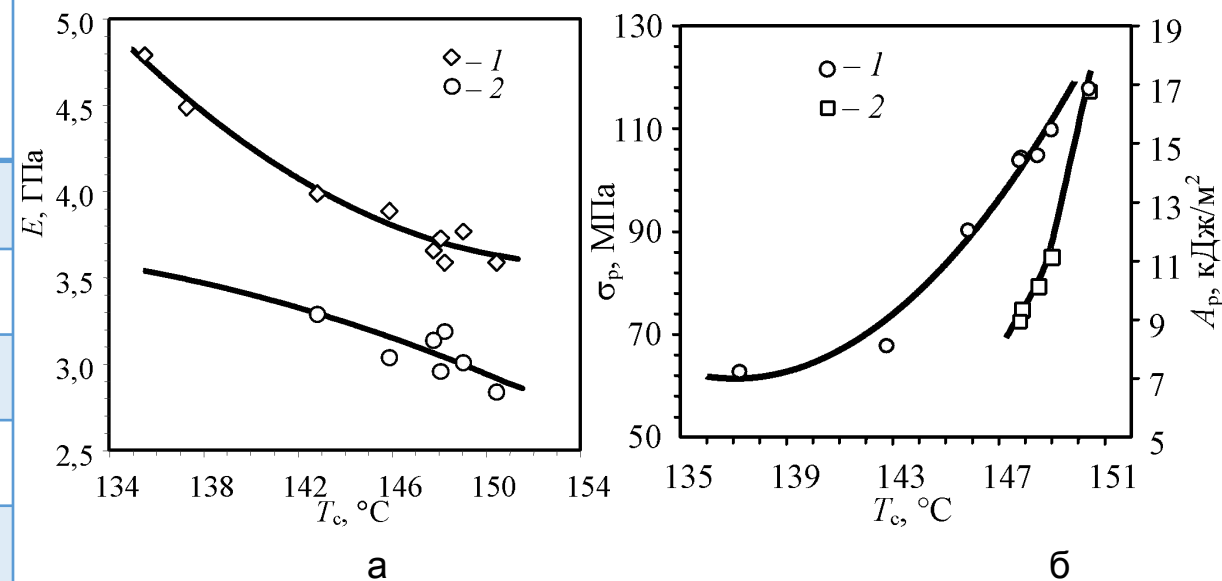
**Полиэфирэфиркетоны (ПЭЭК) с заданной вязкостью для
применения в качестве
индивидуального материала и как матрицы для получения
композиционных материалов**

Полиэфирэфиркетоны (ПЭЭК)

Образец	$\eta_{\text{прив}}$, дл/г	ПТР, г/(10 мин)	T_c , °С	$T_{\text{кр}}$, °С	$T_{\text{пл}}$, °С	$\chi_{\text{кр}}$, %
ПЭЭК-1	0,12	вытек	135,4	326,0	348,4	57,0
ПЭЭК-2	0,18	111,5	142,7	315,2	344,4	42,7
ПЭЭК-3	0,32	52	145,8	309,8	342,30	36,4
ПЭЭК-4	0,43	8,6	147,8	297,5	339,9	31,5
ПЭЭК-5	0,45	4,0	148,4	294,6	338,5	30,6
ПЭЭК-6	0,5	0,7	148,9	290,7	335,9	27,3
ПЭЭК-7	0,72	0,15	150,3	285,9	334,2	19,8

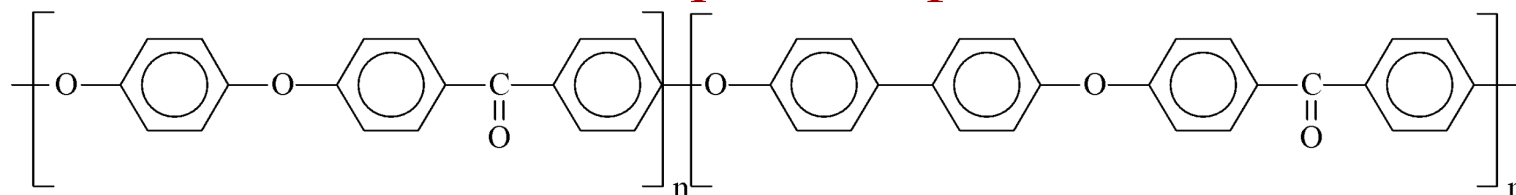
Физико-механические и реологические свойства ПЭЭК

Образец	ПТР, г/(10 мин)	A_p , кДж/м ²	$E_{изг}$, МПа	$E_{раст}$, МПа	σ_p , МПа	σ_T , МПа	ε_p , %
ПЭЭК-1	вытек	5,0	4800	-	-	-	-
ПЭЭК-2	111,5	9,3	4000	3300	68,0	-	3,0
ПЭЭК-3	52	32,4	3900	3050	90,5	-	5,0
ПЭЭК-4	8,6	н/р	3740	2970	104,6	96,2	86,0
ПЭЭК-5	4,0	н/р	3600	3200	105,0	99,3	67,0
ПЭЭК-6	0,7	н/р	3780	3020	110,0	95,0	82,0
ПЭЭК-7	0,15	н/р	3600	2850	118,0	105,0	30,0



Зависимость модуля упругости при изгибе $E_{изг}$ и растяжении $E_{раст}$ образцов ПЭЭК от температуры стеклования T_c (а); зависимость ударной вязкости A_p и предела прочности σ_p при растяжении от температуры стеклования (б)

Физико-механические и термические свойства сополимеров ПЭЭК с 4,4'-дигидроксидифенилом



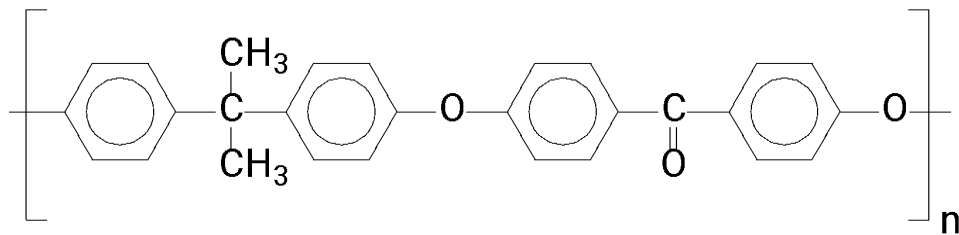
Термические свойства

Образец	$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	$\Delta H_{пл}, \text{Дж/г}$	$T_{кр}, ^\circ\text{C}$	$X_{кр}, \%$	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_{5\%}, ^\circ\text{C}$
ПЭЭК	342	60,14	312	46,2	138	534
СПЭК-25	325	50,84	254	39,1	151	541
СПЭК-50	324	41,36	248	31,8	155	538
СПЭК-75	325	38,60	245	29,7	161	533

Механические свойства

Материал	ПТР, г/10 мин	$A_p, \text{кДж/м}^2$		$E_{изг}, \text{ГПа}$	$E_{раст}, \text{ГПа}$	$\sigma_{разр}, \text{МПа}$	$\sigma_{тек}, \text{МПа}$	$\epsilon, \%$
		б/н	с/н					
ПЭЭК	6,5	н/р	8,6	3,80	2,95	119,0	105,0	73,0
СПЭК-10	68	н/р	14,3	3,21	3,01	105,5	103,0	86,0
СПЭК-25	35	н/р	52,0	2,90	2,54	72,0	75,0	67,6
СПЭК-50	75	н/р	108,7	3,03	2,71	74,3	71,7	92,0
СПЭК-75	12,8	н/р	17,4	2,93	2,50	71,5	75,3	61,2

Физико-механические и реологические свойства гомополимеров ПЭЭК на основе диана



Термические свойства

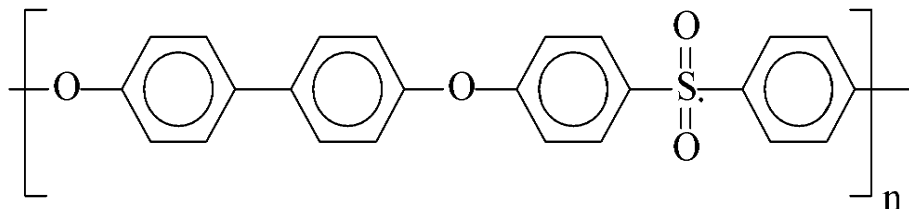
Образец	T _c	T _{2%}	T _{5%}	T _{10%}
ДПЭК-1	146,5	493	502	513
ДПЭК-2	147	475	500	511
ДПЭК-3	151	491	505	513

Механические свойства

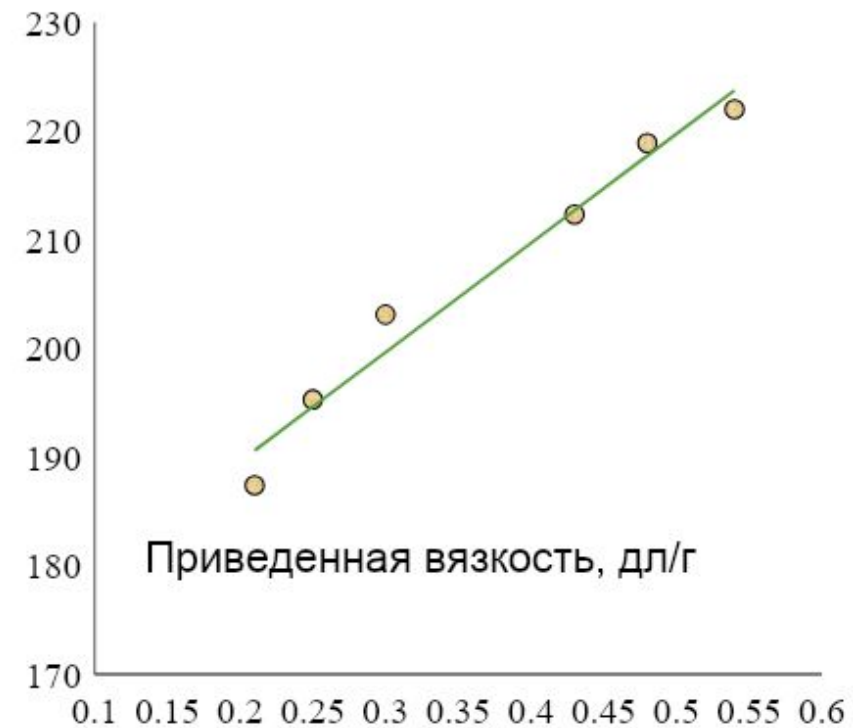
Материал	ПТР, г/ 10 мин	A _p , кДж/м ²		E _{изг} , ГПа	E _{раст} , ГПа	σ _{разр} , МПа	σ _{тек} , МПа	ε, %
		б/н	с/н					
ДПЭК-1	115	н/р	6,0	2,95	2,30	71,5	71,8	110
ДПЭК-2	96	н/р	6,9	2,80	2,20	63,0	79,0	75
ДПЭК-3	14	н/р	9,7	2,70	2,15	70,0	73,0	80

**Полиэфирсульфоны (ПФСн) с повышенной
теплостойкостью с заданной вязкостью для применения в
качестве индивидуального материала и как матрицы для
получения композиционных материалов**

Зависимость термических ПФСн от молекулярной массы



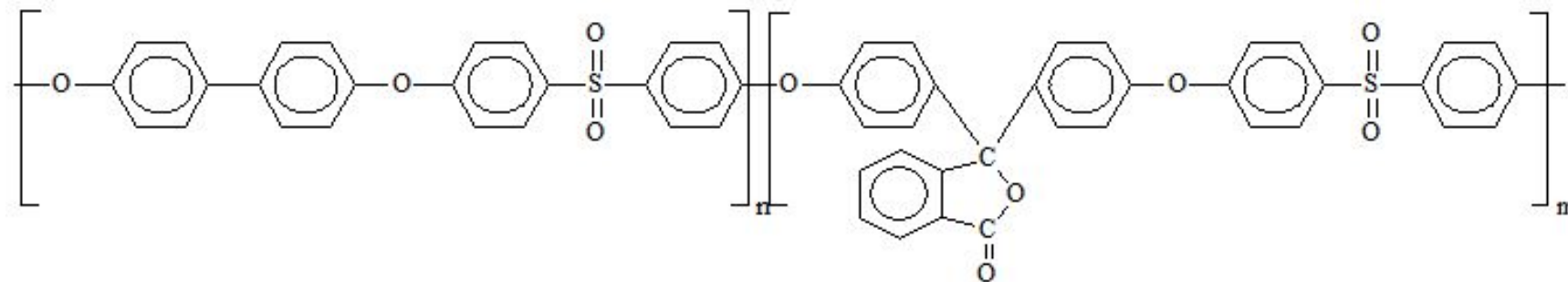
Образец	$\eta_{\text{прив}}$, дл/г	M_w	ПТР, г/10 мин	$T_{2\%}$, °C	$T_{5\%}$, °C	$T_{10\%}$, °C
ПФСн-1	0,21	18500	-	484	512	532
ПФСн-2	0,25	23500	-	485	514	532
ПФСн-3	0,30	28000	142	485	511	532
ПФСн-4	0,43	44000	20	488	515	532
ПФСн-5	0,48	51000	13	493	518	532
ПФСн-6	0,54	60000	11	490	518	542



Физико-механические свойства образцов ПФСн

Материал	ПТР, г/10мин	$A_p, \text{кДж/м}^2$		$E_{\text{изг}},$ ГПа	$E_{\text{раст}},$ ГПа	$\sigma_{\text{разр}},$ МПа	$\sigma_{\text{тек}},$ МПа	$\varepsilon, \%$
		б/н	с/н					
ПФСн-2	-	1,6	-	2,60	-	-	-	-
ПФСн-3	142	4,8	1,6	2,59	-	-	-	-
ПФСн-4	20	176,0	12,0	2,52	1,97	-	91,0	11,5
ПФСн-5	13	н/р	24,0	2,53	1,87	76,0	89,0	26,0
ПФСн-6	11	н/р	46,0	2,33	2,00	69,0	82,0	27,0

Реологические и термические свойства сополимеров



Полимер	$\eta_{\text{прив}},$ дл/г	M_w	ПТР, г/10 мин	$T_{2\%},$ $^{\circ}\text{C}$	$T_{5\%},$ $^{\circ}\text{C}$	$T_{10\%},$ $^{\circ}\text{C}$	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	Тепло- стойкость по Вика, $^{\circ}\text{C}$
ПФСн	0,49	51000	11,0	490	517	538	219	221
ПФСнФФ-10	0,40	40000	13,3	477	500	518	221	222
ПФСнФФ-30	0,37	38500	12,0	470	489	504	229	229
ПФСнФФ-50	0,33	33500	9,3	464	483	497	235	233
ПФСнФФ-70	0,33	33300	10,4	462	480	493	241	239
ПФСнФФ-90	0,31	32000	4,3	462	481	494	245	244
ПАЭСФФ	0,30	29500	5,4	465	482	494	248	248

Физико-механические свойства ПФСнФФ

Состав	$A_p, \text{кДж/м}^2$		$E_{\text{изг}}, \text{Мпа}$	$E_{\text{раст}}, \text{Мпа}$	$\sigma_{\text{изг}}, \text{Мпа}$	$\sigma_{\text{т}}, \text{Мпа}$	$\varepsilon, \%$	Твердость по Шору (шкала D)
	б/н	с/н						
ПФСн	н/р	24,3	2390	2150	71	87,5	38,5	75
ПФСнФФ-10	150	14,8	2500	2230	76	83,0	12,6	76
ПФСнФФ-30	168	11,0	2650	2370	80	87,0	11,7	78
ПФСнФФ-50	88	6,2	2780	2430	86	90,5	9,8	79
ПФСнФФ-70	27	6,5	2970	2490	-	85,0	8,0	80
ПФСнФФ-90	15	4,5	3100	2330	-	83,0	4,5	80
ПАЭСФФ	26	9,8	2950	2250	-	-	4,2	80

**Полифениленсульфид (ПФС) низкой вязкости для
применения в качестве связующего
в композиционных материалах**

Реологические свойства синтезированных образцов ПФС

№	Полимер	Катализатор	Вязкость, $\eta_{\text{прив}}$, дЛ/г	ПТР, г/10мин 320°C/5кг	Конверсия, %	Выход, %
1	ПФС	–	0,14	528	53	65,8
2	ПФС	CH ₃ COOLi	0,18	вытек	57	71,7
3	ПФС	C ₂ O ₄ Li ₂	0,27	378	80	87,9
4	ПФС	Li ₂ CO ₃	0,17	вытек	62	69
5	ПФС	Li ₂ TiO ₃	0,20	вытек	61	64,6
6	ПФС	(C ₄ H ₉ O) ₄ Ti	0,19	414	56	70,6
7	ПФС	(C ₄ H ₉) ₄ NBr	0,22	436	52,5	66,9
8	ПФС	CH ₃ COOLi C ₂ O ₄ Li ₂	0,21	376	80	80,4
9	ПФС	м-ММТ C ₂ O ₄ Li ₂	0,31	256	88	88,2

Влияние режимов термообработки на термические свойства ПФС

Свойства	Без ТО	Время выдерж., мин / темп. ТО, °С			
		300/290	300/310	600/320	240/400
Тпл 2 круг	284,5	288,2	287,8	279,9	256,9
Ткр	251,6	255,3	251,7	230	182,6
ΔН пл	49,9	44,2	47,1	41,6	38,7
ПТР при 320 °С/5 кгс	534	62,2	221	70,0	-

Механические свойства ПФС

Состав	Е изг, ГПа	Е раст, ГПа	σ разр, МПа	ε, %
ПФС	3,6	2,8	19,4	2,4
ПФС (ТО)	3,8	2,7	47	1,9
Fortron 0203	4,2	-	33	1,0
Fortron 0205	4,0	-	66	2,0

Композиционные материалы на основе полиэфирэфиркетона с углеродными волокнами для литья под давлением



Физико-механические и реологические свойства угленаполненных композитов на основе гомополимеров ПЭЭК

Материал	ПТР, г/10 мин	$A_p, \text{кДж/м}^2$		$E_{\text{изг}},$ ГПа	$E_{\text{раст}},$ ГПа	$\sigma_{\text{разр}},$ МПа	$\epsilon, \%$
		б/н	с/н				
ПЭЭК	21,5	н/р	7,9	3,5	3,2	109	95,6
40 % УВ							
ПЭЭК-40	8,5	40	9,5	23,6	15,5	234,0	2,5
ПЭЭК-40	57,3	49,5	8,6	22,2	13,4	226,0	3,5
ПЭЭК-40	123	32,5	7,0	24,4	13,5	196,0	6,0
ДПЭК-40	59	25,5	8,5	20,3	13,1	210,0	3,5
50 % УВ							
ПЭЭК-50	7,8	40,0	9,0	33,2	14,1	261,6	4,3
ПЭЭК-50	46,5	34,0	7,5	30,4	14,95	246,0	4,5
ПЭЭК-50	103,6	36,5	8,0	31,2	16,0	250,0	5,0

Композиционные материалы с углеродными и стеклянными
волокнами на основе полифениленсульфона и
полиэфиримида для 3D-печати и литья под давлением

Физико-механические свойства композитов на основе ПФСн

Материал	ПТР, г/10 мин	A_p , кДж/м ²		$E_{изг}'$ ГПа	$E_{раст}'$ ГПа	$\sigma_{разр}'$ МПа	$\sigma_{тек}'$ МПа	ϵ , %	Теплос тойкос ть, °С
		б/н	с/н						
Литье									
ПФСн	25	н/р	20	2,5	2,2	70,0	87,5	16,0	225
КПФСн-1 ¹⁾	33	н/р	12,5	3,3	3,1	70,0	89,0	13,0	228
КПФСн-2 ²⁾	11	30,1	10,0	14,1	8,9	120,0	-	1,9	215
КПФСн-3 ³⁾	9	25,0	6,9	23,1	12,4	155,6	-	3,0	219
3D печать									
ПФСн	25	н/р	-	2,5	2,1	79,0	-	8	-
КПФСн-1 ¹⁾	33	н/р	-	4,1	3,1	70,0	-	5	-
КПФСн-2 ²⁾	26	32	-	7,1	3,7	73,8	-	2	-
КПФСн-3 ³⁾	16	21,2	-	10,8	5,0	71,0	-	3,0	-

¹⁾минералонаполненный

²⁾стеклонаполненный

³⁾угленаполненный

Физико-механические свойства композитов на основе полиэфиримида (ПЭИ)

Материал	ПТР, г/10 мин	A_p , кДж/м ²		$E_{изг}$, ГПа	$E_{раст}$, ГПа	$\sigma_{разр}$, МПа	$\sigma_{тек}$, МПа	ϵ ,%	Теплост ойкость, °С
		б/н	с/н						
Литье									
ПЭИ	16,0	75,0	6,1	3,6	2,8	88,0	111,0	22,7	215
КПЭИ-1 ¹⁾	39,0	33,0	7,7	12,6	7,5	146,0	-	3	221
КПЭИ-2 ²⁾	10	25,0	6,0	18,7	9,7	157,0	-	3	223
3D печать									
КПЭИ-1 ¹⁾	15	11	-	6,8	4,5	63,6	-	3	-
КПЭИ-2 ²⁾	15	25	-	8,4	3,9	83,0	-	3	-

¹⁾стеклонаполненный

²⁾угленаполненный

**Разработанные материалы на 40 % легче
алюминия, перерабатываются литьем
и 3D печатью**

**По требованию Заказчика могут быть
разработаны с рецептуры композитов с
заданными эксплуатационными и
технологическими свойствами**