



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



**«Влияние температуры и других внешних
воздействующих факторов на свойства
слоистого термопластичного полимерного
композиционного материала на основе
полиэфирэфиркетона»**



М.С. Иванов
к.х.н. Н.Г. Павлюкович
к.т.н. И.В. Мекалина
В.С. Морозова

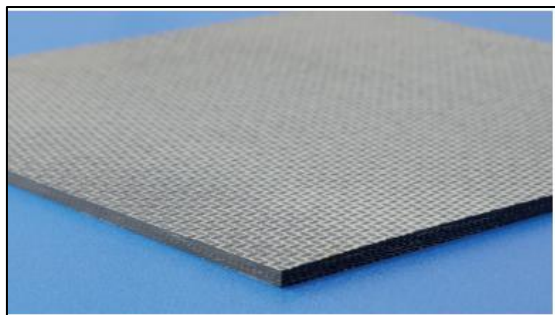
Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.ru

Воздействие внешних факторов окружающей среды на ТПКМ на основе ПЭЭК при эксплуатации деталей из него.

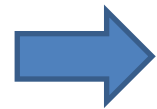
НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ была поставлена задача разработать и квалифицировать слоистый листовый термопластичный полимерный композиционный материал (ТПКМ) на основе ПЭЭК-связующего и углеродной ткани для применения в мотогондоле перспективных авиационных двигателей ПД-8, ПД-14, ПД-35 с рабочей температурой не менее 120 °С.

Слоистый листовый ТПКМ на основе ПЭЭК и тканого углеродного наполнителя

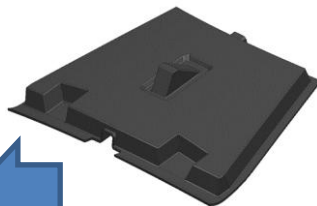


КПО мотогондолы АД, изготовленные методом термоформования слева-направо: «кронштейн», «сектор спрямляющего аппарата», «панель внутренняя»

Термоформование в прессе



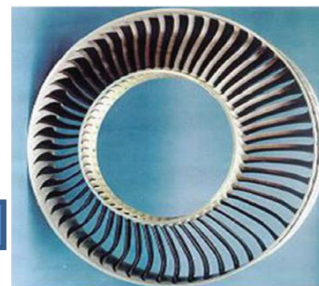
ПД - 35



Створка реверсивного устройства



ПД - 14



Спрямляющий аппарат

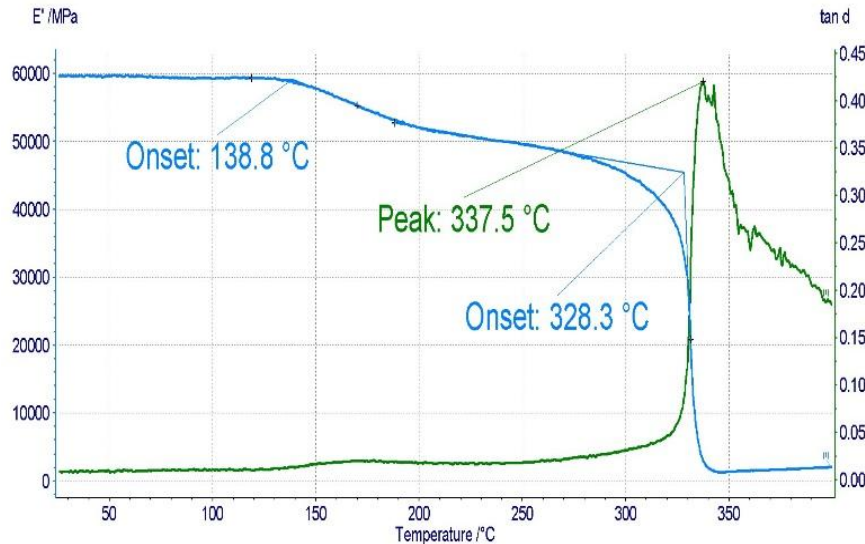
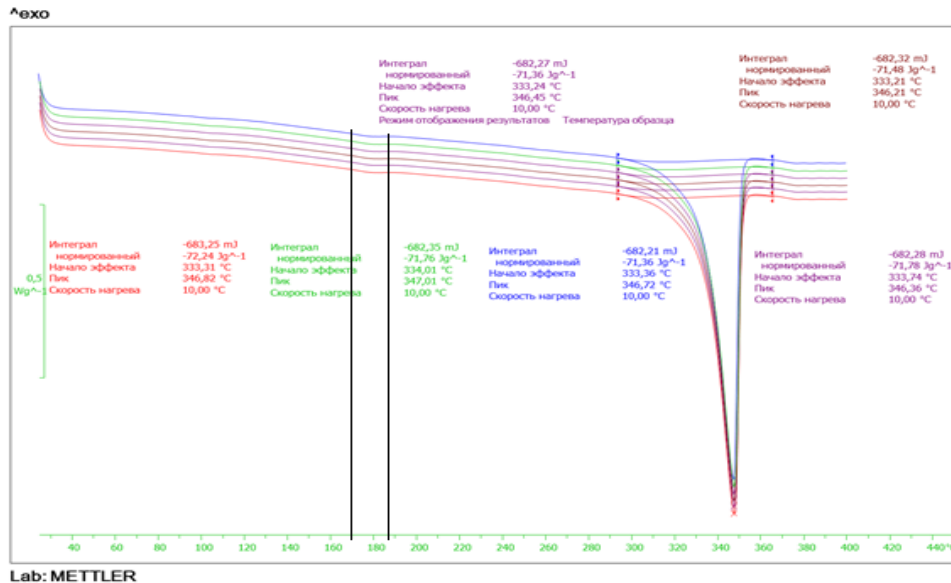
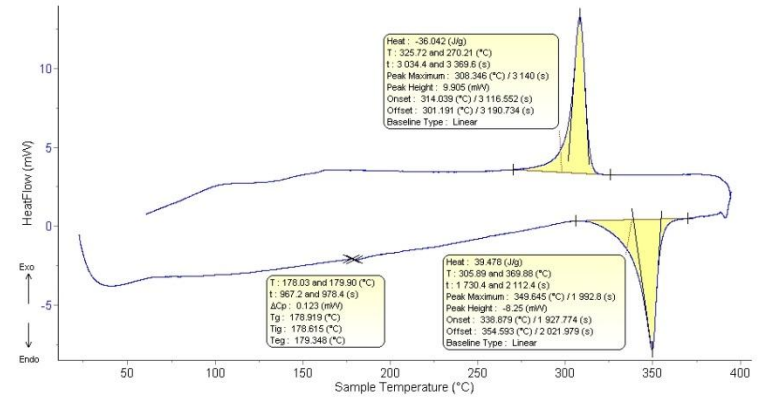
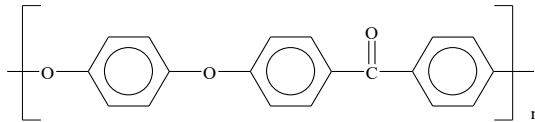


ПД - 8

Детали мотогондолы авиационного двигателя, подвергаются воздействию температур до 250 °С и термоциклических воздействий, а также воды/влаги, различных технических жидкостей, в т.ч. Скайдрола.

Рабочая температура ПЭЭК и ТПКМ на его основе

145 to 155 °C	PEEK Polyetheretherketone				1.32 (semi-cr) 1.27 (am) g/cm ³
335 to 345 °C					0.25 W/(m·K)
130 J/g	600 to 620 °C	3700 MPa	50 to 70 *10 ⁵ /K	(na)	J/(g·K)

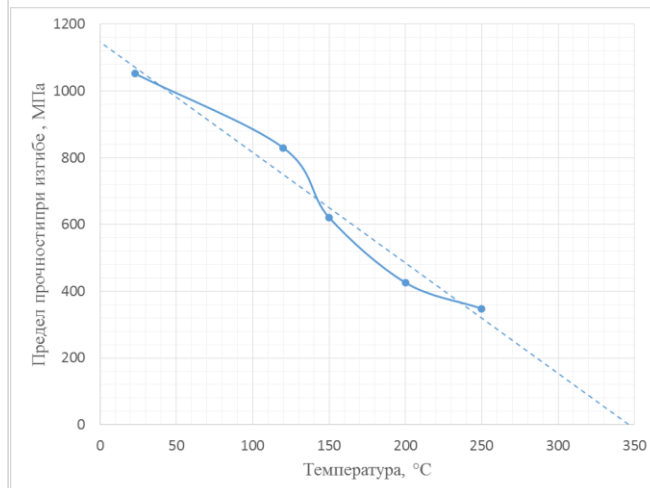
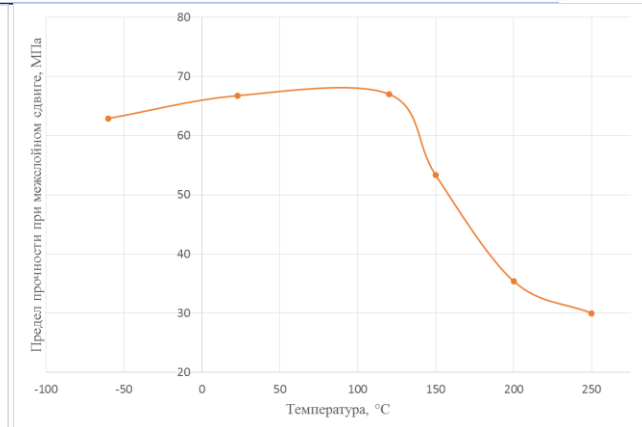
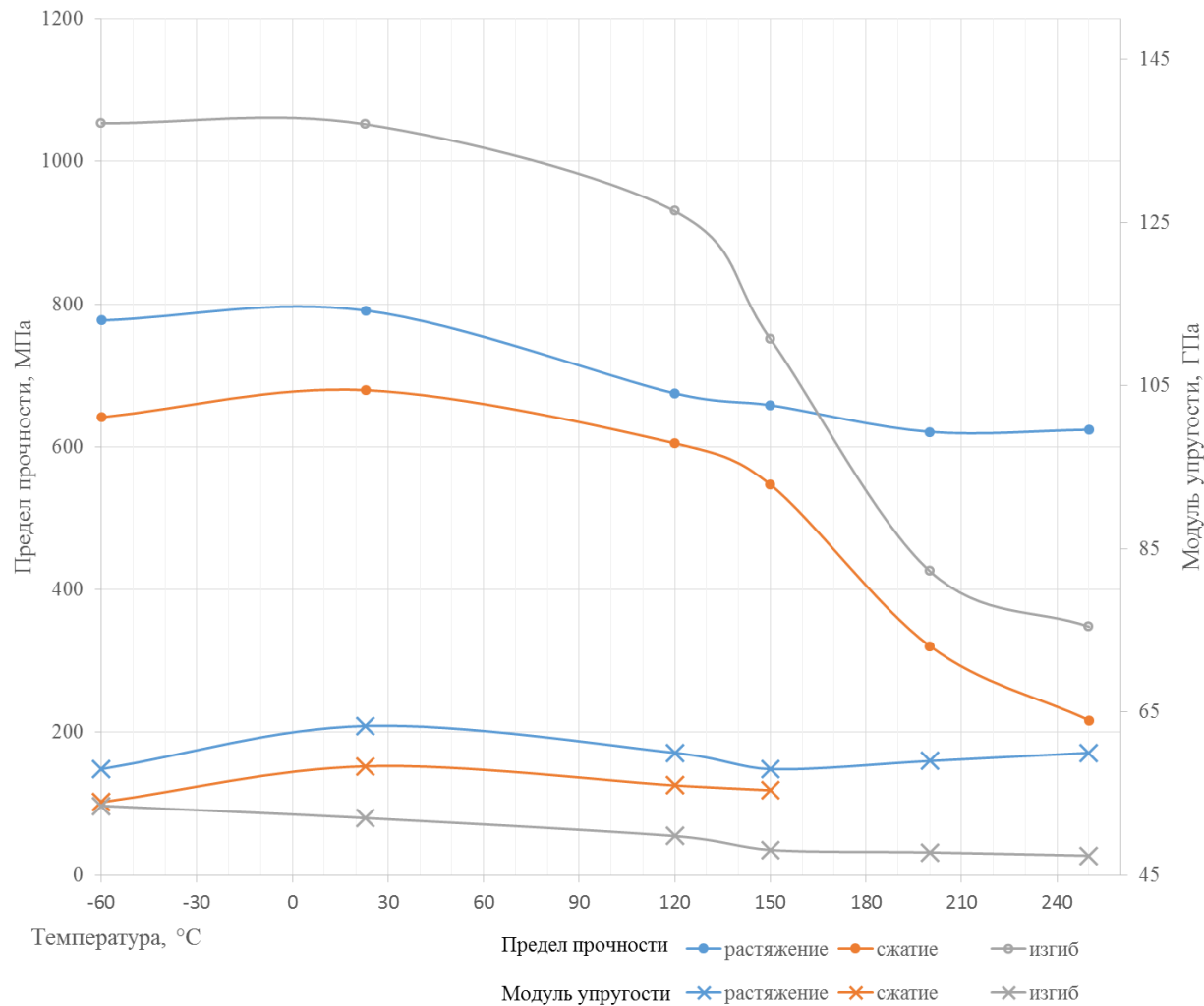


Рабочая температура слоистого ТПКМ определяется T_c его матрицы.

После T_c матрица начинает терять прочность, что особенно критично для аморфных матриц, к которым относятся в т.ч. все реактопласты.

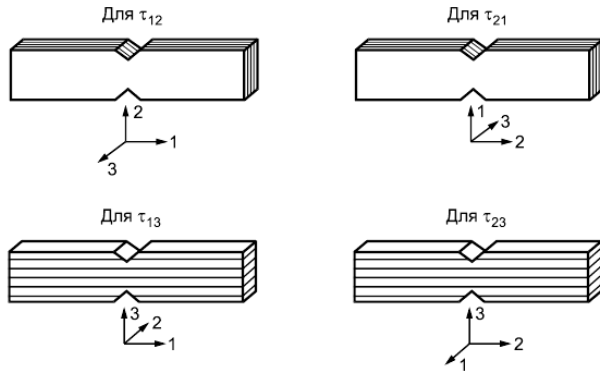
По результатам исследований T_c методами ДСК и ДМА установлено, что T_c не менее 128 °C обеспечит рабочую температуру ТПКМ на основе ПЭЭК не менее 120 °C длительно.

Непосредственное воздействие температуры на ТПКМ на основе ПЭЭК (растяжение, сжатие, изгиб, межслоевой сдвиг)

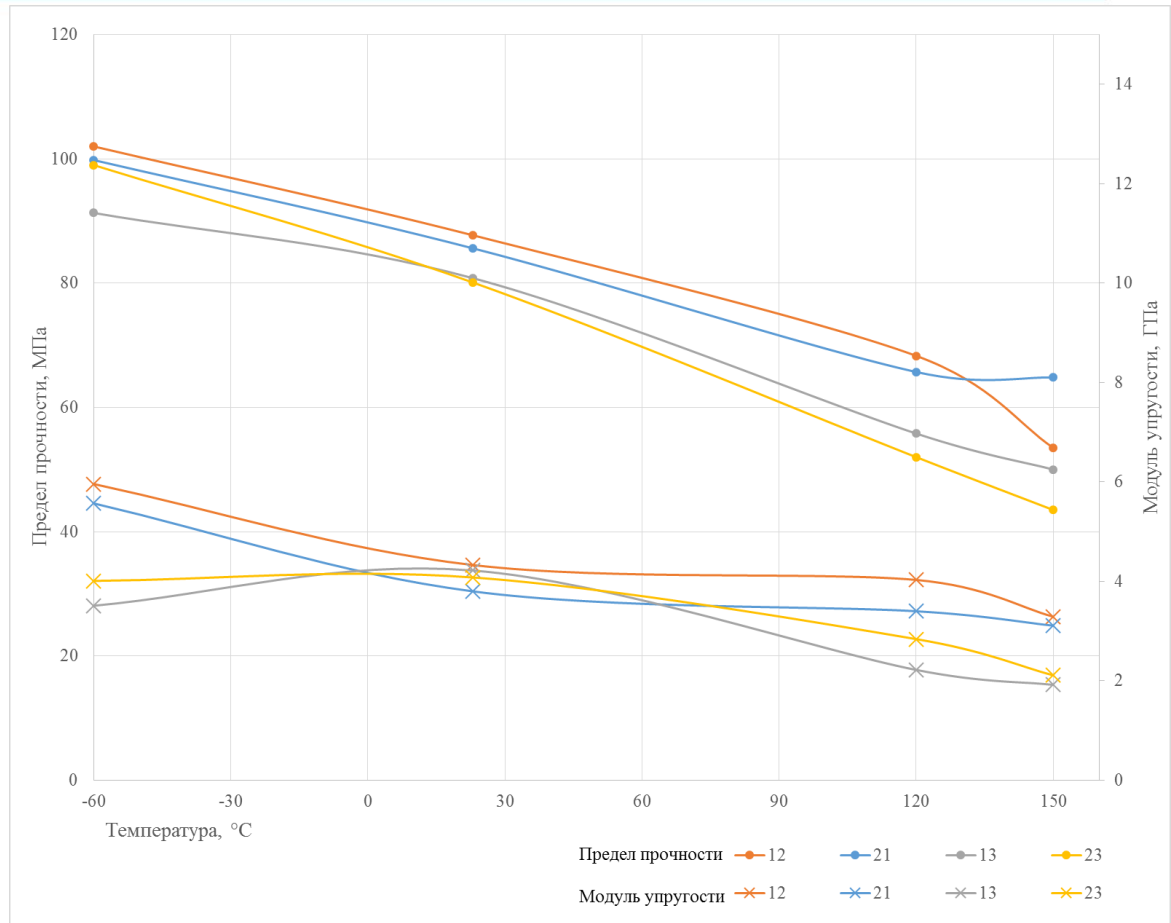


При экстраполяции зависимости предела прочности при изгибе от темп., пересечение с осью абсцисс обнаружено при температуре ~ 345 °С, т.е. при температуре плавления ПЭЭК.

Непосредственное воздействие температуры на ТПКМ на основе ПЭЭК (сдвиг в плоскости армирования на образцах с V-образным надрезом в различных направлениях)



Проведено исследование влияния температуры на предел прочности и модуль упругости при сдвиге в плоскости армирования в различных направлениях по ГОСТ Р 56799.

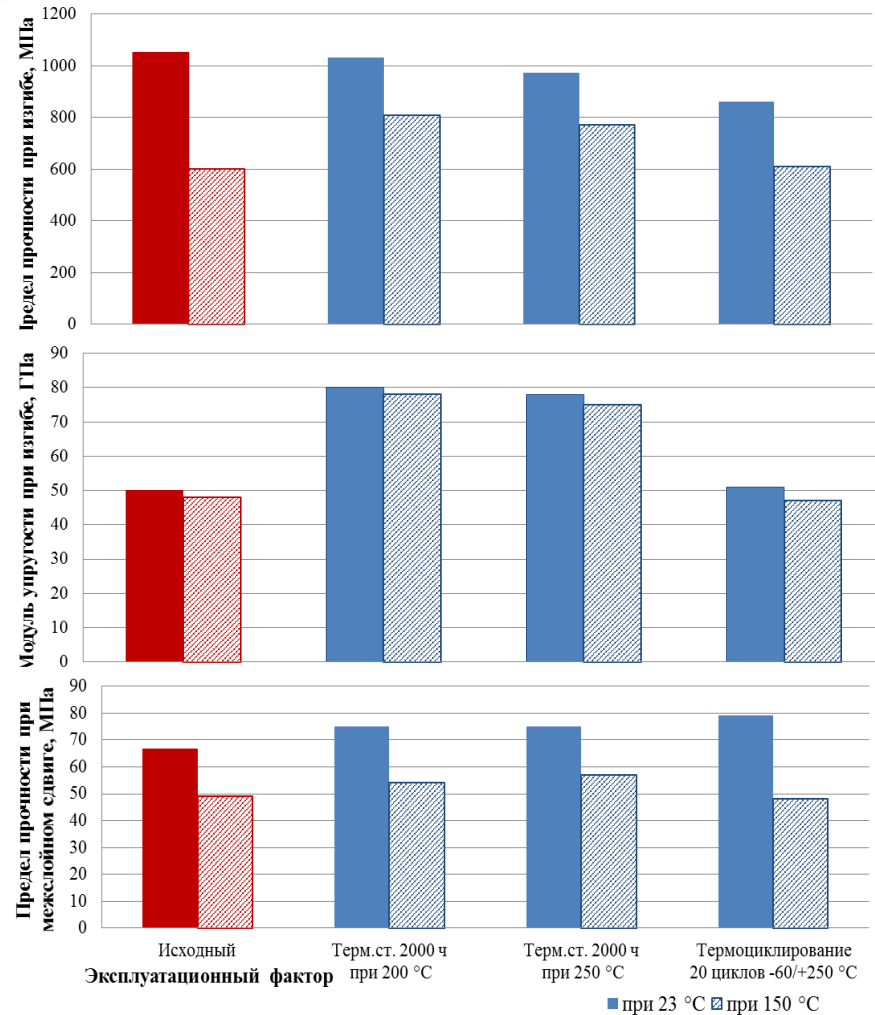
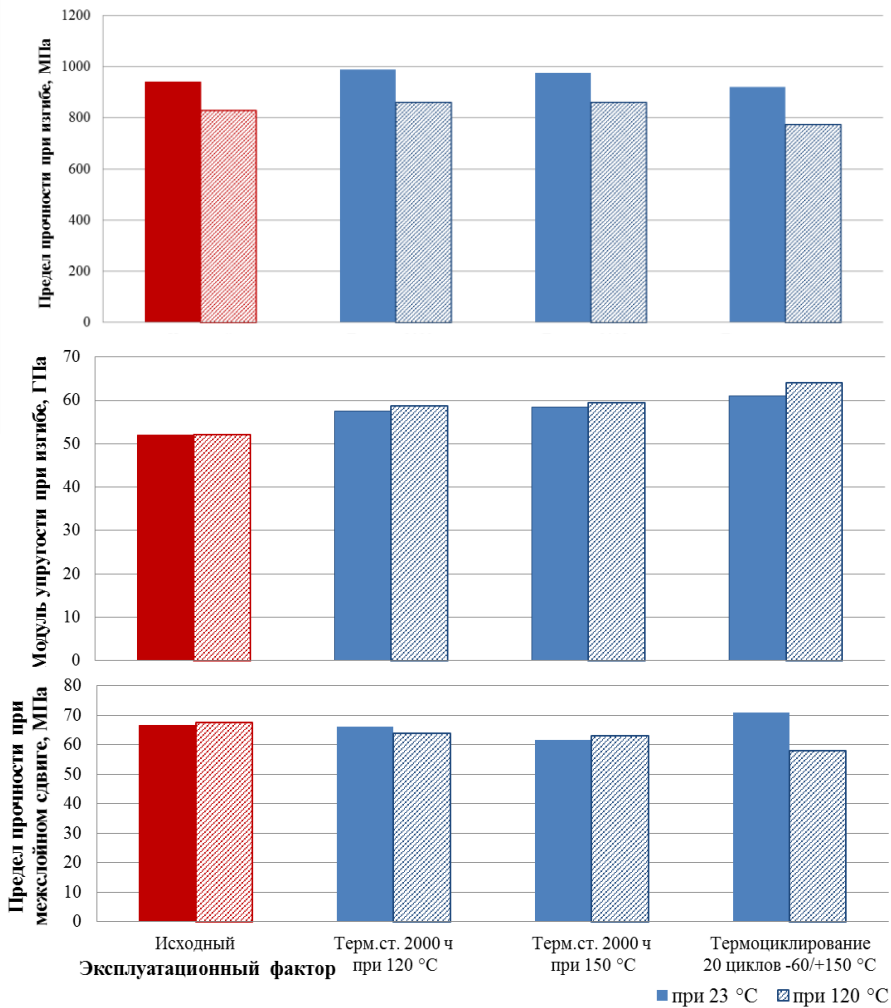


Сохранение предела прочности при сдвиге на образцах с V-образными надрезами, % при 150 °C по сравнению с 23 °C

направление	12	21	13	23
прочность	61	76	62	54
модуль	76	82	45	52

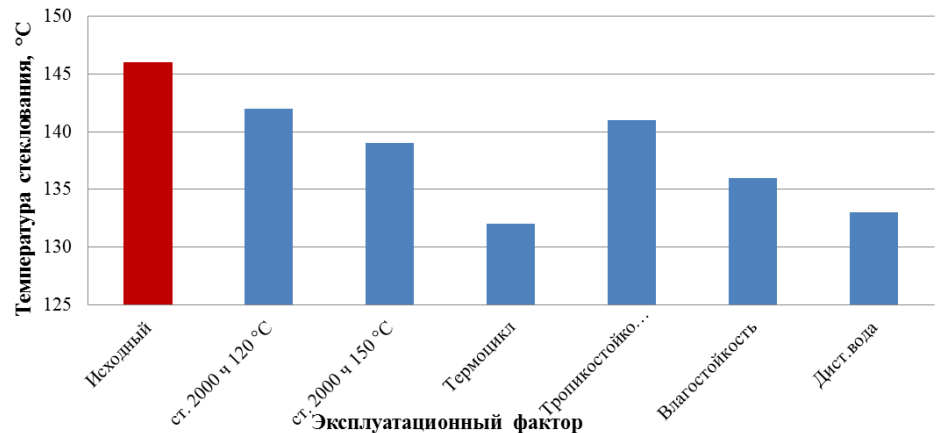
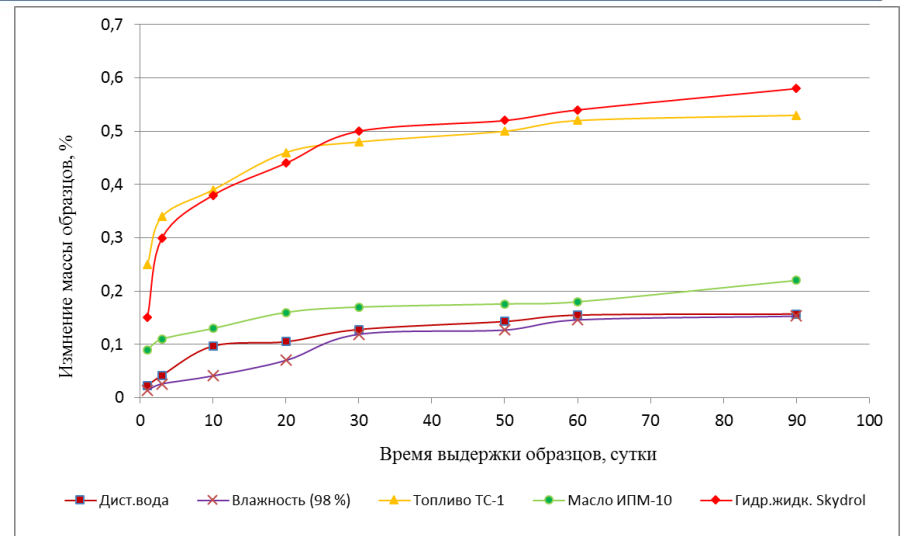
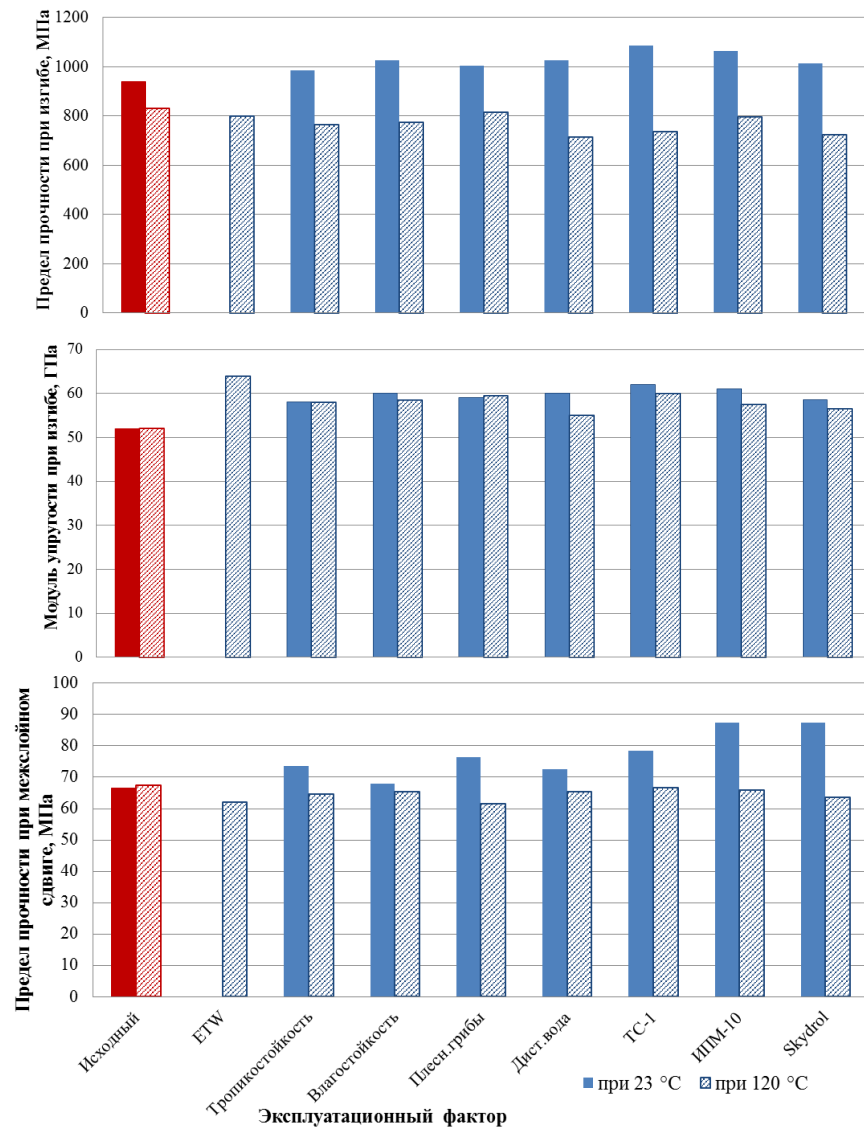
Наибольшее падение прочности при 150 °C по сравнению с 23 °C наблюдается для направления 23, модуля для направления 13.

Влияние теплового старения и термоциклирования на ТПКМ на основе ПЭЭК



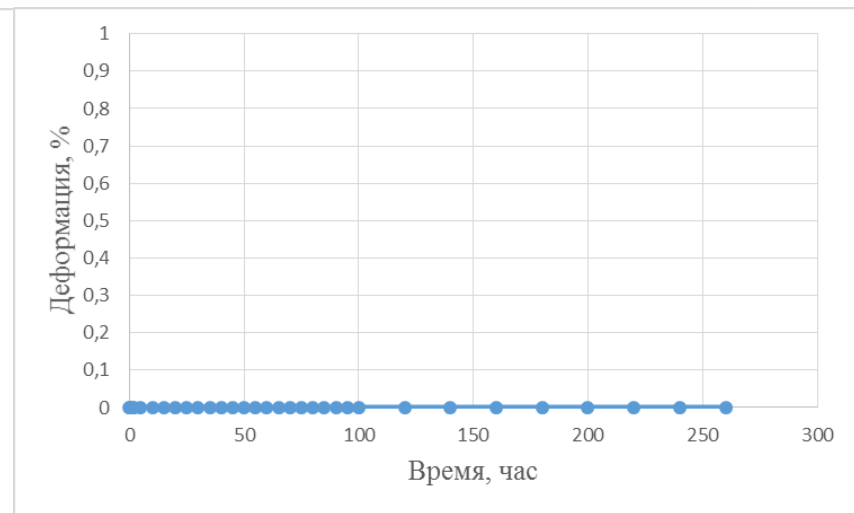
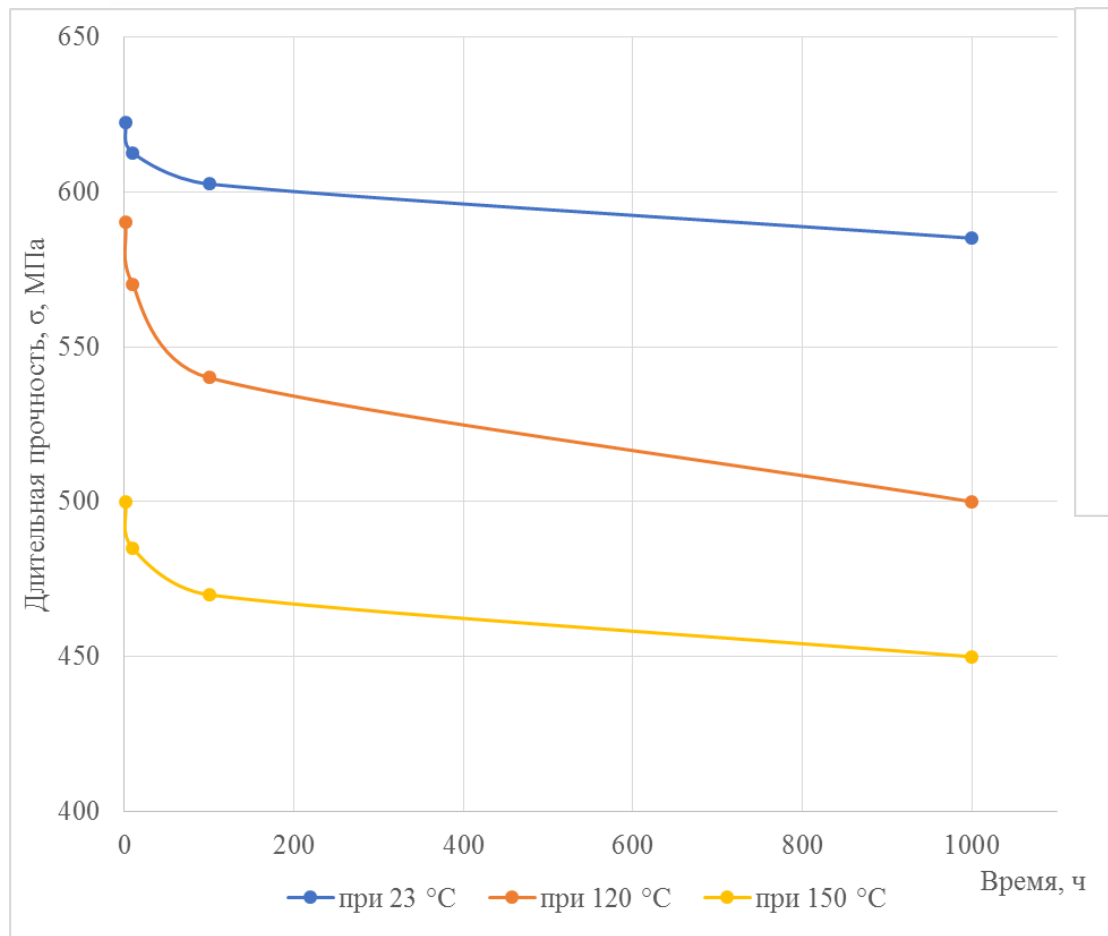
Долговременное воздействие температуры не оказывает влияния на пределы прочности при межслойном сдвиге и изгибе ТПКМ, при этом после термостарения при 200 и 250 °C модуль упругости при изгибе возрастает более чем на 50 % по сравнению с испытанием в исходном состоянии при 23 и 150 °C, что может свидетельствовать о термостивке ПЭЭК матрицы при 250 °C.

Воздействие влаги и других жидкостей на ТПКМ на основе ПЭЭК



Материал грибоустоек, обрастание грибами – 1 балл.
Сохранение температуры стеклования, испытанной методом ДСК составляет не менее 90 %, методом ДМА не менее 93 % после всех воздействий.

Длительная прочность и ползучесть ТПКМ на основе ПЭЭК



Проведено исследование ползучести при растяжении при 120 °C и нагрузке 550 МПа, обнаружено отсутствие удлинения (ползучести) в течение 260 часов.

Условие		Падение предела прочности при растяжении, %		
		при 23 °C	при 120 °C	при 150 °C
Через 1000 час.	По сравнению со значением через 1 час	6	15	10
	По сравнению с 23 °C	-	15	23

Сравнение с аналогами

Наименование показателя	ТПКМ НИЦ «КИ» - ВИАМ	Характеристики импортных аналогов ТПКМ	
		Cetex TC1200 _{PEEK}	Tenax – E TPCL PEEK-HTA40
Плотность, г/см ³	1,51-1,55	1,53	–
Массовая доля связующего, %	39-45	42	42
Температура стеклования полимерной матрицы, °С	140	143	143
Предел прочности при изгибе при (23 ± 3) °С, МПа	930	859	1166
Предел прочности при межслойном сдвиге при (23 ± 3) °С, МПа	67	–	–
Предел прочности при сжатии при (23 ± 3) °С, МПа	675	585	725
Пористость, %	не более 0,1	не более 0,2	-
Горючесть	трудносгорающий, слабодымящий		

Основные результаты

- 1) Тс ПЭЭК матрицы не менее 128 °С обеспечит рабочую температуру ТПКМ на его основе не менее 120 °С длительно.
- 2) По результатам испытаний механических характеристик при непосредственном воздействии температуры обнаружено резкое снижение пределов прочности после 150 °С до 60 % от исходного при изгибе, однако не наблюдается такого же резкого падения модуля упругости которое составило не более 7 % для изгиба, а для растяжения он даже немного увеличился на 3 % при 250 °С по сравнению со 150 °С. Воздействие температуры 150 °С оказывает влияние на предел прочности и модуль упругости при сдвиге в плоскости армирования, наибольшее падение прочности наблюдается для направления 23, модуля для направления 13. При экстраполяции зависимости предела прочности при изгибе ТПКМ от температуры посредством линейной линии тренда в «excel» пересечение с осью абсцисс обнаружено при температуре ~ 345 °С, т.е. при температуре плавления ПЭЭК.
- 3) Долговременное 2000 час. воздействие температуры от 120 до 250 °С не оказывает влияния на пределы прочности при межслойном сдвиге и изгибе ТПКМ, при этом модуль упругости при изгибе при термостарении 200 и 250 °С возрастает более чем на 50 % по сравнению с испытанием в исходном состоянии при 23 и 150 °С, что может свидетельствовать о термосшивке ПЭЭК матрицы при 250 °С. Термоциклирование при различных режимах, в т.ч. 1000 циклов -60/+120 оС не оказало влияния на свойства ТПКМ.
- 4) Благодаря околонулевой пористости и высокой инертности ПЭЭК матрицы влаго/водопоглощение ТПКМ не превышало 0,157 % за 90 сут. Воздействие влаги и жидкостей практически не повлияло на предел прочности и модуль упругости при изгибе и предел прочности при межслойном сдвиге, однако последний вырос на 32 %, после выдержки в Скайдроле и ИПМ-10, что может быть связано с некоторой пластификацией матрицы. Сохранение температуры стеклования, испытанной методом ДСК составляет не менее 90 %, методом ДМА не менее 93 % после всех воздействий.
- 5) По результатам испытаний длительной прочности, наибольшее падение свойств наблюдали при 150 °С через 1000 часов, которое составило 23 % от исходной. В течение 260 часов не обнаружено ползучести при растяжении при 120 °С и нагрузке 550 МПа.
- 6) Характеристики разработанного и квалифицированного НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ листового слоистого ТПКМ не уступают импортными аналогами компаний Toray (бывш. Tencate) и Teijin. По результатам общей квалификации определена область применения разработанного ТПКМ для изготовления методом термоформования элементов перспективной авиационной техники с рабочей температурой до 150 °С в том числе деталей мотогондолы: кронштейнов реверсивного устройства, секторов спрямляющего аппарата, панелей внутренних и т. п.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Всероссийский научно-исследовательский институт
авиационных материалов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Иванов Михаил Сергеевич
Ведущий инженер НИЦ «Курчатовский
институт» – ВИАМ,
г. Москва, ул. Радио, 17
Тел. раб. 8 (499) 263-87-50
Тел. моб. 8 (925) 443-82-71
E-mail: ivanovms@viam.ru



Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17
Телефон: +7 (499) 261-86-77

E-mail: admin@viam.ru
www.viam.ru