



УДК 629.7.017

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ОРГАНОПЛАСТИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Г.Ф. Железина

кандидат технических наук

Апрель 2013

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Труды ВИАМ», №4,
2013 г.

УДК 629.7.017

Г.Ф. Железина

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.

Представлены научные разработки ВИАМ по совершенствованию состава и свойств органопластиков авиационного назначения.

Ключевые слова: *органопластик, арамидные волокна, полимерные композиты*

G.F. Zhelezina

NEW GENERATION OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIC PLASTICS

The scientific developments of VIAM on the improvements of composition and properties of the aviation organoplastics are described.

Key words: *organoplastic, aramid fiber, polymer composites*

Органопластики – материалы, армированные арамидными волокнами. Благодаря арамидным волокнам органопластики по сравнению со стекло- и углепластиками имеют ряд особенностей, как положительных, так и отрицательных: особенностей механического поведения под нагрузкой, взаимодействия с внешней средой. Однако, именно благодаря своим особенностям органопластики в авиационной технике решают определенные проблемы, не решаемые другими материалами.

Цель данного сообщения - ознакомить с последними разработками в области органопластиков и показать, какие проблемы они позволяют решить в авиационной технике.

Авиационные органопластики можно разделить на 4 группы: конструкционные органопластики для слабо- и средне-нагруженных конструкций; баллистически стойкие органопластики для защитных конструкций; антифрикционные органопластики для тяжело нагруженных узлов трения, звукопоглощающие органопластики для снижения шума самолетов на местности.

Конструкционные органопластики – органотекстолиты на основе тканей из арамидных волокон СВМ и Русар и различных полимерных связующих. Отличительными особенностями органотекстолитов, как конструкционных материалов являются: низкая плотность (это самые легкие конструкционные материалы), высокая выносливость при

динамическом нагружении, высокие демпфирующие характеристики, устойчивость к ударным и эрозионным воздействиям. Органотекстолиты сохраняют высокую прочность и ресурс после значительных эрозионных и механических повреждений.

Это особенно важно при использовании органотекстолитов в вертолетах. В качестве примера можно привести применение органопластика Органит 11ТЛ в конструкции лопасти несущего винта вертолета Ми-28Н. Из органопластика изготовлены обшивки хвостовых секций лопасти. Обшивки толщиной 0,45 мм обеспечивают необходимые весовые и ресурсные характеристики лопасти. Благодаря особенностям механических свойств органопластики в авиационной технике решают проблему создания легких обшивок, стойких к динамическим нагрузкам, вибрациям, ударным и эрозионным воздействиям (обшивки элеронов, зализов, закрылков и др.).

Основным недостатком конструкционных органопластиков считается повышенное водопоглощение. Работы последних лет были направлены на то, чтобы сделать органопластики более устойчивыми к поглощению влаги. С этой целью были разработаны органопластики второго поколения на основе арамидного волокна Русар, которое появилось в России в конце 90-х годов. Использование волокна Русар взамен СВМ, а также оптимизация состава и технологии конструкционных органопластиков, позволили в 2 раза снизить их водопоглощение (до уровня не более 2%). Органопластики второго поколения на основе волокна Русар (Органит 12Т(М)-Рус, Органит 16Т-Рус, Органит 18Т-Рус и ВКО-19) имеют повышенные на 10-30% механические и эксплуатационные характеристики. Материалы надежны в теплом влажном климате. Уровень сохранения их свойств после влагонасыщения составляет не менее 80%.

Ударо- и баллистически стойкие органопластики. Для авиационных двигателей органопластики решают одну, но важную проблему. Это – обеспечение непробиваемости корпуса вентилятора при разрушении лопатки в случае попадания в двигатель птиц или каких-то посторонних предметов. С 80-х годов прошлого века с этой целью применяется органопластик Органит 6НТ. Он использован в двигателях Д-18, ПС-90, АИ-222 и др.

Сейчас разработаны органопластики с более высокой баллистической стойкостью. Потребность в таких материалах возникла не только для двигателей, но и для планера самолета. По новым авиационным правилам перегородка кабины экипажа должна защищать экипаж от пуль и осколков взрывных устройств при возникновении нештатной ситуации. При разработке новых баллистически стойких органопластиков принимали во внимание тот известный факт, что баллистическая стойкость арамидных тканей резко снижается, если ткань пропитать связующим. Поэтому новые баллистически стойкие материалы имеют «частично немонолитную» структуру. Полимерная матрица в них

располагается между слоями ткани, между нитями, не заполняя межволоконное пространство. Благодаря этому степень реализации баллистической стойкости ткани в пластике составляет 90% (вместо 30%, как это в типовом органопластике).

Органопластик ВКО-2ТБ с «частично немонолитной» структурой применен в конструкции перегородки кабины экипажа самолета «Супер Джет – 100». Органопластик ВКО-2ТБ при весе 5,5 кг одного квадратного метра защищает от пуль легкого ручного оружия и осколков взрывных устройств, как это требуют авиационные правила.

Для корпуса вентилятора нового двигателя ПД-14 предложен баллистически стойкий арамидный слоисто-тканый материал, который отличается тем, что слои ткани в нем соединены локальными участками. Это позволяет снизить вес изделия и повысить реализацию баллистической стойкости ткани до 97%. Для арамидного слоисто-тканого материала разработаны специальная система защиты от влаги, которая включает использование пленочного герметика по поверхности детали.

Антифрикционные органопластики. Проблема, которую решают антифрикционные органопластики в авиационной технике – это создание тихоходных подшипников скольжения, работающих без смазки, т.е. в условиях сухого трения. Антифрикционные органопластики – это тонкослойные покрытия, армированные тканью. Ткань помимо высокопрочных волокон содержит политетрафторэтиленовые волокна, которые выходят на поверхность и обеспечивают низкий коэффициент трения.

Антифрикционные органопластики обладают высокой стабильностью при эксплуатации: коэффициент трения не зависит от времени работы, вплоть до полного износа покрытия. Органопластики не вызывают износа контртела, не боятся запыленности.

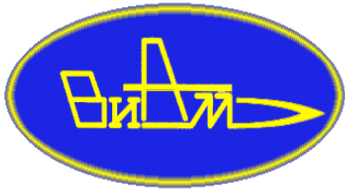
Антифрикционные органопластики широко применяются в конструкциях самолетов и вертолетов для изготовления шарниров и приводов различного назначения. Применение антифрикционных органопластиков позволяет сократить количество деталей в подшипнике в 10 раз, уменьшить время и затраты на их техническое обслуживание.

Звукопоглощающие органопластики для снижения шума самолетов на местности. Современные звукопоглощающие конструкции, чтобы гасить шум в широком диапазоне частот должны иметь сложную многоуровневую структуру. Для таких конструкций разработаны воздухопроницаемые тонкослойные высокопрочные органопластики типа Органит 15ТМ. Материалы можно использовать в составе звукопоглощающих конструкций в качестве внутренних воздухопроницаемых слоев, располагаемых между слоями сотового наполнителя, а также изготавливать из них легкие объемные наполнители различной конфигурации (складчатые, гофрированные, ячеистые и др.) для замены сот.

Использование воздухопроницаемых органопластиков для изготовления многослойных звукопоглощающих конструкций позволяет повысить их эффективность и расширить, по крайней мере, в 2 раза частотный диапазон звукопоглощения.

В заключении следует отметить, что на все представленные органопластики имеется документация, необходимая для их применения в изделиях авиационной техники. ФГУП «ВИАМ» выпускает препреги конструкционных, баллистически стойких и антифрикционных органопластиков. Выпуск препрегов обеспечен отечественным сырьем.

В части арамидных волокон необходимо подчеркнуть, что российские волокна, изготавливаемые предприятиями ОАО «Каменскволокно» и ОАО «НПО «Текмотекс», по характеристикам лучшие в мире. ОАО «НПО «Термотекс»» ведет разработку арамидных волокон третьего поколения типа Русар НТ, которые имеют два важных качества: они нейтральны сразу после изготовления и имеют еще большую устойчивость к поглощению влаги (водопоглощение не более 1,5%). Использование арамидных волокон типа Русар НТ в сочетании с новыми высокодеформативными связующими и технологиями позволит и далее совершенствовать авиационные органопластики и расширить область их использования.



Конструкционные и функциональные органопластики нового поколения

Докладчик: Железина Г.Ф.



ОРГАНОПЛАСТИКИ ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1

Конструкционные органопластики

(Органит 12Т, Органит 16Т, ВКО-19 и др.)
для средненагруженных конструкций
(детали планера, обшивки сотовых
панелей и др.)

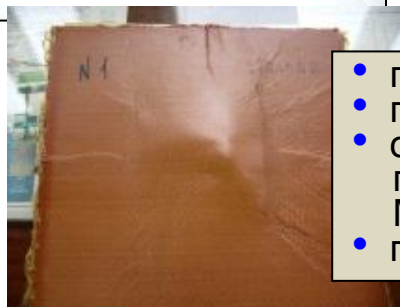


- плотность 1,25-1,38 г/см³;
- прочность при растяжении 670-850 МПа;
- стойкость к ударным и эрозионным, воздействиям;
- высокие демпфирующие характеристики

2

Баллистическистойкие органопластики

(Органит 6ТН, ВКО-2ТБ, ВКО-20)
для защитных конструкций (корпус
вентилятора двигателя, перегородка
кабина экипажа)

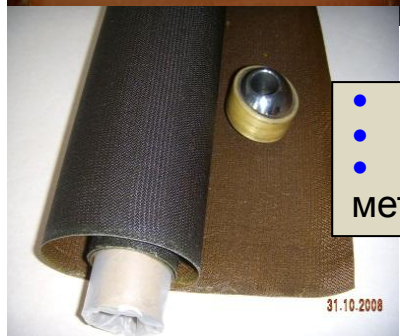


- плотность 1,05-1,22 г/см³;
- прочность при растяжении 640-710 МПа;
- отсутствие сквозных повреждений при воздействии пули калибра .44 Магнум (при весе 5,6 кг/м²) (ВКО-2БТ);
- пожаро- и коррозионная безопасность

3

Антифрикционные органопластики

(Оргалон АФ-1М, АФ-1МР)
для тяжело нагруженных узлов трения
скольжения



- коэффициент трения 0,08 - 0,12;
- скорость скольжения до 0,05 м/сек;
- прочность при отслаивании от металлической подложки 1,2-1,8 кгс/см;

4

Звукопоглощающие органопластики

(Органит 15ТМ-0,3, Органит ТМО)
для многослойных
широкодиапазонных ЗПК



- плотность 0,40-0,65 г/см³;
- предел прочности при растяжении 450 МПа;
- коэффициент звукопоглощения 0,8 – 1,0 в диапазоне частот 1500 – 8000 Гц)



КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ

Марка	Нормативная документация	Ткань	Связующее	σ_b , МПа	E, ГПа	$\sigma_{сж}$, МПа	T_{max} , °C	Хранение препрега
Органит 10Т	ТУ 1-595-11-537-2010 ПИ 1.2.594-2002	СВМ арт. 56313Н	УП -2227	740	34	240	80	14 сут.
Органит 11ТЛ	ТУ 1-595-11-695-2011 ТИ 1.595-11-243-2011	СВМ арт. 5381-91	ВК-36Р	680	30	210	80	3 мес.
Органит 12Т	ТУ 1-595-11-632-2001 ПИ 1.2А.534-2000	СВМ арт. 56313Н	ЭТД-69Н	660	30	220	80	3 мес.
Органит 12Т(М)	ТУ 1-595-11-706-2003 ПИ 1.2.689-2003	СВМ арт. 56313Н	ЭТД-69Н(М)	700	30	216	80	3 мес.
Органит 12Т(М)-Рус	ТУ 1-595-11-797-2004 ПИ 1.2.714-2004	Русар арт. 86-130-02Н	ЭТД-69Н(М)	877	34	213	80	3 мес.
Органит 7ТКС/42	ПИ 1.2А.536-2000	Ткань 42/1-76	5-211-БН	840	43	250	80	10 сут.
Органит 12ТКС/42	ТУ 1-595-11-574-99 ПИ 1.2А.537-2000	Ткань 42/1-76	ЭТД-69Н	784	41	220	80	3 мес.
Органит 18Т	ТУ 1-595-11-583-2000 ПИ 1.2.563-2000	СВМ арт. 56313Н	ЭНФБ-2М	660	31	200	80	3 мес.
Органит 18Т-Рус	ТУ 1-595-11-837-2004 ПИ 1.2.723.2005	Русар арт. 86-130-02Н	ЭНФБ-2М	820	38	195	80	3 мес.
ВКО-19	ТУ 1-595-11-1043-2008	Русар арт. 86-130-02Н	ВК-36Р	820	33	195	80	3 мес.
Органит 16Т	ПИ 1.2А.496-98	СВМ арт. 56313Н	ВС-2526К	720	38	260	150	1 мес.
Органит 16Т-Рус	ТУ 1-595-11-876-2005 ПИ 1.2.749-2006	Русар арт. 86-130-02Н	ВС-2526К	855	40	250	150	1 мес.
ВКО-19ТЛ	ТУ 1-595-11-695-2011 ТИ 1-592-11-308-2011	Русар арт. 5381-91	ВК-36Р	800	33	200	80	3 мес.



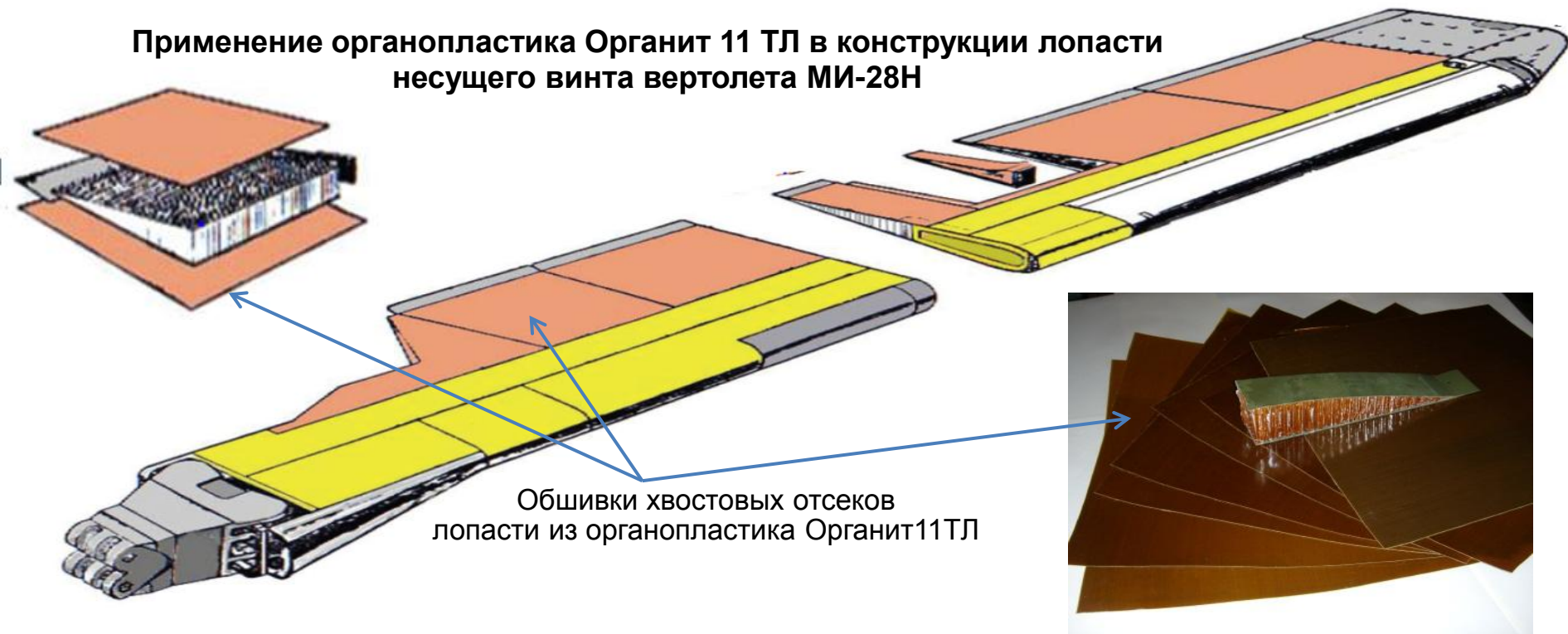
КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ НА ОСНОВЕ АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ

Плотность	1,35-1,38 г/см ³
Предел выносливости при растяжении на базе 10 ⁷ цикл.	230-290 МПа
Предел длительной прочности при растяжении на базе 1000 ч.	480-650 МПа
Логарифмический декремент затухания колебаний, отн.ед.	2,1 (в 1,5 раза выше, чем у стеклопластика)
Сохранение выносливости после эрозионного воздействия глубиной L = 0,3δ	86% (в 10 раз выше, чем у стеклопластика)

Преимущества:

- низкая плотность
- высокая выносливость при растяжении и изгибе
- стойкость к ударным и эрозионным воздействиям
- высокие демпфирующие характеристики

Применение органопластика Органит 11 ТЛ в конструкции лопасти несущего винта вертолета МИ-28Н





ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ОРГАНОПЛАСТИКОВ

- обшивки трехслойных конструкций и детали планера самолетов и вертолетов
- обшивки хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолетов

Органит 7Т	Ка-50 (обшивки сотовых панелей фюзеляжа, руля, киля, стабилизатора).
Органит 11Т	Ми-28, Ми-38, Ми-34С (обшивки хвостовых секций лопасти несущего винта, обшивки фюзеляжа)
Органит 12Т	Ту-334 (зализ крыла, нервюры элерона, закрылок внешний) Ка-62 (панели, обшивки фюзеляжа) АН-140 (обшивки форкиля, верхние панели хвостовой части крыла)
Органит 12ТКС/42	АН-140 (обшивки панелей пола пассажирского и багажного отсеков, кабины пилотов и бытового отсеков, обшивки створок основного шасси, обшивки зализа крыла с фюзеляжем и др.)
Органит 10Т	Ту-204 (зализ крыла, обтекатель механизма закрылка, хвостовой отсек внешнего закрылка, обшивка элерона)



Обеспечивают стойкость обшивок и деталей к динамическим нагрузкам, ударным и эрозионным повреждениям

Применение арамидных органопластиков за рубежом:

самолеты А-310, Р-300 (обтекатели крыльев), F-15 (обтекатели и элементы крыла, части закрылков и элеронов), «Конкорд» (зализы крыла с фюзеляжем), «Боинг-727» (панели вертикального и горизонтального стабилизаторов, капот двигателей, створки люков передних и главных шасси), вертолеты S-76, ВоЕ-105 (элементы обшивки, лопасти несущего винта).



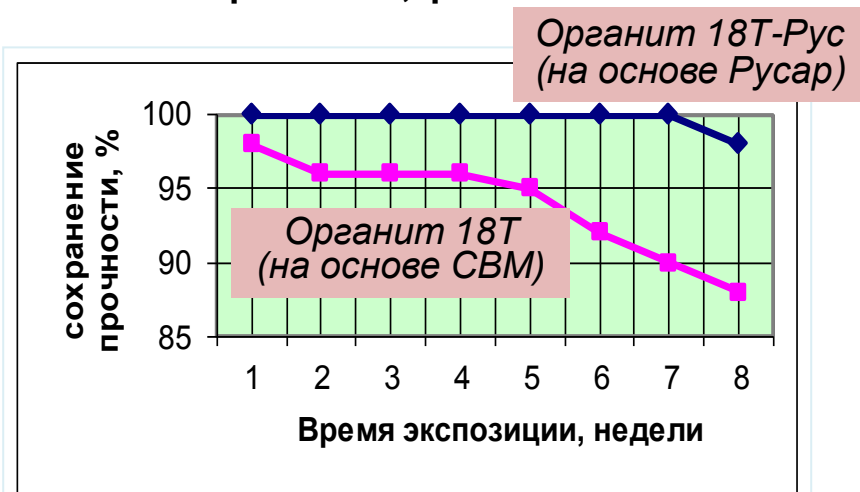
КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ второго поколения на основе волокна Русар

Органит 12Т(М)-Рус, Органит 18Т-Рус, Органит 16Т-Рус, ВКО-19, ВКО-19Л

ОБЕСПЕЧИВАЮТ:

- пониженное в 2 раза водопоглощение по сравнению с органопластиками на основе арамидных тканей из волокна СВМ (не более 2%)
- стабильность эксплуатационных характеристик в условиях повышенной влажности;
- высокую конструкционную прочность ($\sigma_B = 800-850$ МПа, $E=35-40$ ГПа)

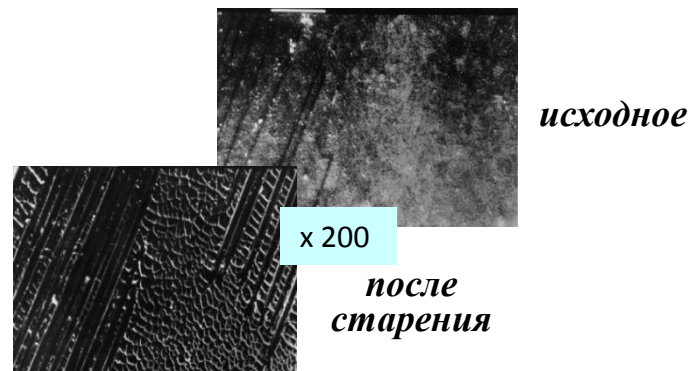
Предел прочности при изгибе после
тепловлажностного старения
при $t=70^\circ\text{C}$, $\phi = 98\%$



Климатическое старение органопластика Органит 18Т-Рус в умеренно теплой зоне (3 года, г. Геленджик)

- сохранение прочностных свойств не менее 90% (прочность при растяжении 760 МПа, при сжатии 195 МПа);
- отсутствие разрушения армирующих волокон, частично выкрашивается связующее

Состояние поверхности органопластика





УДАРО- И БАЛЛИСТИЧЕСКИ СТОЙКИЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ

Марка	Нормативная документация	ρ , г/см ³	$\sigma_{В}$, МПа
Органит 6НТ	ПИ 1.2.703-2003	1,25	710
ВКО-2ТБ	ТУ 1-595-11-975-2008	1,05	640
ВКО-20	ТУ 1-595-11-1324-2012	1,10	670
Арамидный слоисто-тканый материал	ТР 1.2.2193-2011	1,05	600

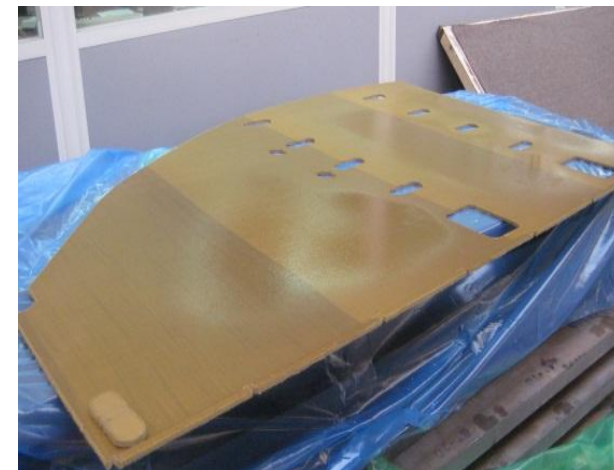
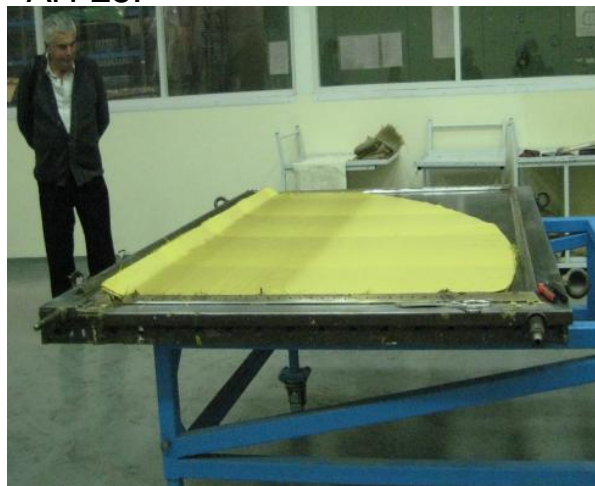
Назначение:

Конструкции, обеспечивающие защиту техники и экипажа от поражения осколками разрушенных механизмов и взрывных устройств в нештатных ситуациях



Обеспечивают:

- Органопластик Органит 6НТ обеспечивает непробиваемость корпуса вентилятора двигателей Д18, ПС-90 и др. при обрыве лопатки в *надполоточной* части
- Арамидный слоисто-тканый материал предназначен для удерживания лопатки вентилятора при обрыве в *корневой* части (АП-33)
- Органопластик ВКО-2ТБ обеспечивает непробиваемость перегородки кабины экипажа самолета «Супер Джет 100» пулями легкого ручного оружия и осколками взрывных устройств в соответствии с АП-25.





БАЛЛИСТИЧЕСКИ СТОЙКИЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ ВКО-2ТБ, ВКО-20

Препрег ВКО-2ТБ с односторонним нанесением связующего



Свойства органопластика ВКО-2ТБ

Плотность, кг/м ²	1100
Стойкость баллистическому воздействию (при массе 5,6 кг/м ²)	Соответствует требованиям АП-25 п.25.795 (устойчив к проникновению пули калибра .44 Магнум, массой 15,6 г., скоростью 436 м/с)
Горючесть	Трудносгорающий (по АП-25 п.25.853)
Коррозионная безопасность	Может применяться в контакте с алюминиевыми, титановыми сплавами и сталями

Пуля калибра .44 Магнум между слоями ВКО-2ТБ:



Препрег арамидного слоисто-тканого материала с локальным нанесением связующего



Баллистическая стойкость комбинированной брони

Состав	Поверхностная плотность, кг/м ²	Условия воздействия	Характер повреждения
Керамика + ВКО-2ТБ	35,0	Пуля Б-32 калибра 7,62 мм, скорость 800 м/сек	Нет сквозных повреждений
Титан + ВКО-2ТБ	61,6	Стальной шарик (вес 3 г, скорость 2000 м/сек)	Нет сквозных повреждений





АНТИФРИКЦИОННЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ

Свойства	Оргалон АФ-1М-260	Оргалон АФ-1М-500
Толщина, мм	0,25-0,32	0,45-0,52
Коэффициент трения, отн. ед	0,08-0,12	0,08-0,12
Прочность при отслаивании, кгс/см	1,2	1,2
Скорость скольжения, не более м/с	0,05	0,05

Назначение:

- тяжело нагруженные узлы трения скольжения самолетов и вертолетов

Ролики предкрылка и закрылка

Тяги управления двигателей и системы швартовки

Шарнир закрылка и предкрылка

Шарниры проводки ручного управления

Привод и шарниры руля

Самолеты

Вертолеты

Шарниры крепления внешней подвески

Привод и шарниры воздухозаборника

Шарниры крепления внешней подвески

Шарниры ручного управления

Шарниры крепления демпфера лопастей

Привод и шарниры стабилизатора

Шарниры стоек шасси

Шарниры амортизаторов и системы уборки носового и основного шасси

Ползун несущего винта, шарниры подвески и рычага

Подшипники рычага и управления шагом рулевого винта

Верхние и нижние подшипники опоры крыла

Верхние и нижние подшипники внутреннего и внешнего пилона

Привод и шарниры интерцепторов

Обеспечивают:

- надежность работы в условиях повышенной запыленности, воздействия динамических нагрузок
- сокращение трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт;
- сокращение количества деталей в конструкции узла трения

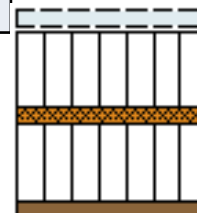
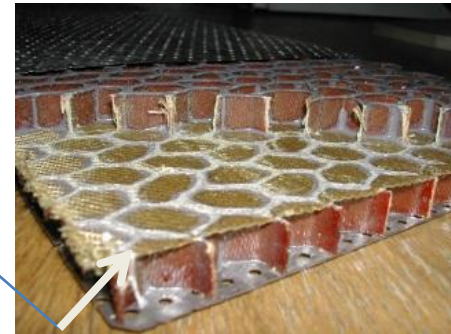


ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМЫЕ ОРГАНОПЛАСТИКИ

Марка материала	Нормативная документация	ρ , г/см ³	σ_B , МПа
Органит 15 ТМ-0.3	ТУ 1-595-11-679-2002	0,60-0,65	450
Органит 15 ТМО		0,45-0,50	350

Назначение:

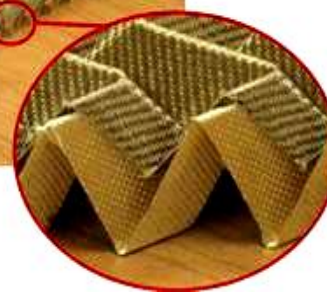
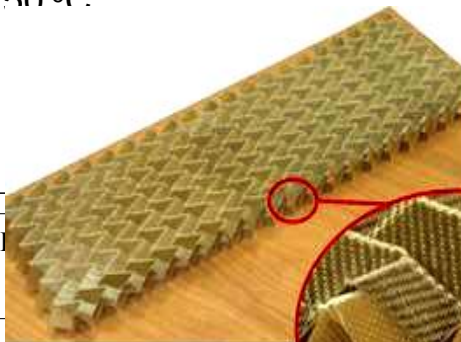
Широкополосные звукопоглощающие конструкции



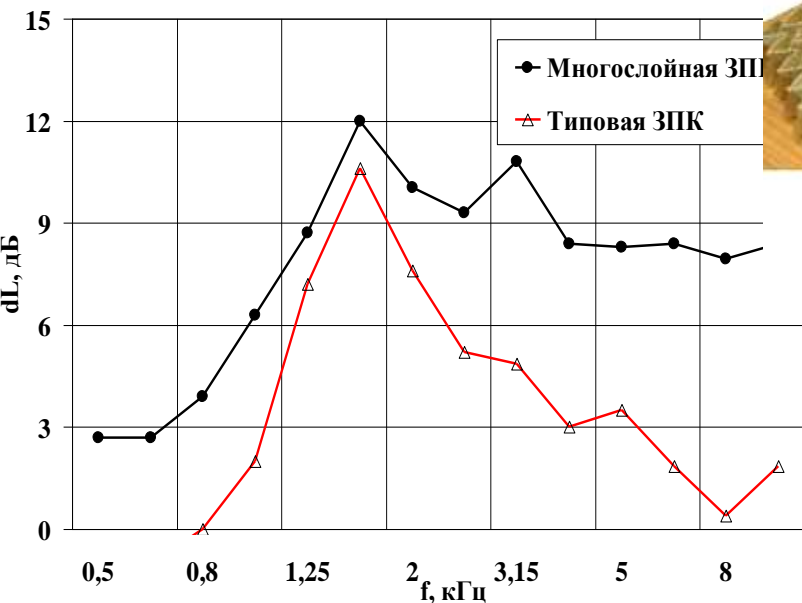
Органит 15 ТМ

- ✓ Коэффициент звукопоглощения 0,8 – 1,0 (в диапазоне частот 1500 – 6000 Гц);
- ✓ Акустическое сопротивление 1,3 – 1,8;
- ✓ Толщина слоя 0,3 мм;
- ✓ Температура эксплуатации – до 150 °С.

Заполнители для многослойных ЗПК



Обеспечивают:



- Расширение полосы звукопоглощения 1500-8000 Гц;
- Повышение акустической эффективности на 5-10 дБ по сравнению с типовыми однослойными ЗПК
- Независимость акустических характеристик от уровня звукового давления;



СВОЙСТВА АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН

Серийные арамидные волокна

Свойства	Россия			США		Япония (Голландия) Тварон
	СВМ ОАО «Каменск- волокно»	Русар ОАО «Каменск- волокно»	Русар-С ООО «НПО Термотекс»	Кевлар	Кевлар НТ	
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	200-210	230-260	250-300	180-220	235	180-200
Прочность нити в микропластике, МПа	3800 – 4000	4500 - 5000	6000 - 6500	3800 - 4000	4200	3800
Модуль упругости, ГПа	110-120	145-150	160-165	60-120	140-160	135

Перспективные арамидные волокна

Арамидные волокна **третьего поколения типа Русар НТ** (ООО «НПО Термотекс») на основе нового мономера (хлорированного парафенилендиамин):

- **прочность нити в микропластике 6500 МПа**
- **модуль упругости 175 ГПа**
- **снижение равновесного водопоглощения в 3 раза**
- **не требуют нейтрализации в процессе изготовления**

ЛИТЕРАТУРА

1. «Особенности разрушения органопластиков при ударных воздействиях» Г.Ф. Железина. Авиационные материалы и технологии. Юбилейный научно-технический сборник, 2012, с. 272-277.
2. «Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов», Гуняев Г.М., Кривонос В.В., Румянцев А.Ф., Железина Г.Ф. Журнал «Конверсия в машиностроении», 2004, №4 (65), с.65-69.
3. «Авиационные органопластики на основе арамидного волокна Русар» Гуняев Г.М., Железина Г.Ф., Зеленина И.В., Кривонос В.В., Кувшинов Н.П., Орлова Л.Г., Сидорова В.В. Труды 4-й международной конференции 26-29 апреля 2005, Москва, Россия «Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ). Корпоративные нано- и CALS-технологии в наукоемких отраслях промышленности», с. 739-743.
4. «Полимерные композиты для звукопоглощающих конструкций авиационных двигателей» Гуняев Г.М., Гуляев И.Н., Железина Г.Ф., Кривонос В.В., Соловьева Н.А., Сидорова В.В. Труды 4-й международной конференции 26-29 апреля 2005, Москва, Россия «Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ). Корпоративные нано- и CALS-технологии в наукоемких отраслях промышленности», с. 735-7338.
5. «Перспективные полимерные композиционные материалы (органопластики) для авиационных звукопоглощающих конструкций (ЗПК)» Гуняев Г.М., Железина Г.Ф., Гуляев И.Н., Соловьева Н.А. Труды международной конференции 27-30 августа 2003, Москва, Россия «Теория и практика технологий производства изделий из композиционных материалов и новых металлических сплавов (ТПКММ). с. 77-81.
6. «Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов». Г.М. Гуняев, Г.Ф. Железина, В.В. Кривонос, А.Ф. Румянцев. Авиационные материалы и технологии. Научно-технический сборник Выпуск: Полимерные композиционные материалы, 2002, с. 12 – 20. Авиационные материалы и технологии. Научно-технический сборник. Выпуск: Полимерные композиционные материалы, 2002, с. 50-58.