



ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ
работаем из дома

SCIENCE
Bar Hopping

Бумага
paperpaper.ru

15 мая 2020 года

Что с нами будет? Письма ученых о самом важном

Каждую неделю — научно обоснованный сценарий будущего

Это восьмое письмо нашей научной рассылки. В нем инженер и старший преподаватель МГТУ им. Н. Э. Баумана Андрей Новиков рассказывает о новых материалах в авиастроении и их влиянии на расход топлива и стоимость полетов.

20 мая в 19:00 / вебинар

Задать вопросы и пообщаться с автором этого письма можно будет на [вебинаре](#) в следующую среду. А если у вас уже сейчас есть что спросить, пишите в [чат](#) рассылки.

[зарегистрироваться](#)

Кроме того, в это воскресенье, 17 мая, мы впервые проведем фестиваль [Science Bar Hopping](#) онлайн. Прямые трансляции лекций пройдут в [петербургском](#) и [московском](#) сообществах фестиваля во «ВКонтакте». За один вечер онлайн выступят десять ученых с лекциями о вакцинах, экономике после пандемии и связи эволюции и изоляции. [Регистрируйтесь](#) и присоединяйтесь!



Всем привет!

Меня зовут Андрей Новиков, я старший преподаватель кафедры «Ракетно-космические композитные конструкции» МГТУ им. Н. Э. Баумана и инженер в МИЦ «Композиты России».

В начале этого года «Аэрофлот» [получил](#) свой первый дальнемагистральный самолет Airbus A350-900. Крылья и другие части этого авиалайнера сделаны из композитов. Всего у российского перевозчика есть контракт на поставку 22 таких самолетов, а также [договор](#) на покупку 175 отечественных авиалайнеров MC-21, которые также производят с использованием композитных материалов.

Почему новые самолеты строят с применением композитов, что это за материалы и как новые конструкции авиалайнеров могут повлиять на стоимость авиабилетов?

Давайте разбираться.

Почему стекло может гнуться, а конструкции для авиационных двигателей делают из синтетики?

В современном авиастроении используют разные композитные материалы. Если говорить о конструкционных материалах, из которых делают крылья и фюзеляж, то они

обычно изготавливаются из полимерных композитов на основе пластика: стеклопластика, углепластика и органопластика. Например, углепластик состоит из углеродных волокон и полимера (пластика). Его более привычное, хоть и терминологически неверное название — карбон. Собственно, в его основе — пластик, который подобно тому, как стальная сетка усиливает бетон в железобетоне, усилен волокнами из стекла, углерода или арамида.

Именно волокна воспринимают нагрузку в композите. А для того, чтобы она распределялась равномерно, их «связывают» друг с другом матрицей. Вкратце принцип работы композитов можно описать так: у нас есть какой-то материал, например пластик, и его разрушению препятствуют волокна внутри.

Стекланные волокна — это, в общем, обычное стекло, только очень тонкое. Толщина таких волокон составляет от 8 до 15 мкм, что в 10 раз тоньше человеческого волоса. При такой толщине стекло становится очень гибким, и из таких волокон можно плести ткани. Кстати, этот эффект используется в смартфоне Samsung Z-Flip. Корейская компания [заявляет](#), что «обманула законы физики», создав первое в мире гибкое стекло, но на самом деле композитчики работают с ним [давно](#).

Арамидные волокна известны под торговой маркой Kevlar. Но не стоит называть их кевларом, это такая же ошибка, как называть фторопласт-4 тефлоном, а внедорожники — джипами. Это синтетические волокна с рекордной прочностью, поэтому из них, например, делают бронежилеты или конструкции для размещения авиационных двигателей. В первом случае пуля запутывается в волокнах, а во втором — при разрушении двигателя обломки не покидают пределы конструкции, в которой он находится, и не повреждают другие части самолета. По сути, арамидные волокна — это синтетика, дальняя родственница той, из которой делают



Углеродные волокна имеют уже абсолютно иную природу. Это очень дорогой материал. Если квадратный метр стеклянной ткани стоит 50–100 рублей, то углеродной — 2 тысячи рублей. Такая цена обусловлена очень ресурсоемким и сложным процессом производства. В некоторой степени его можно сравнить с обжигом, однако процесс производства углеродных волокон трехступенчатый и происходит при очень больших температурах. В итоге мы получаем волокно с высокими удельными характеристиками и толщиной от 5 до 8 мкм, а те преимущества, которые оно дает, окупают высокую стоимость производства.

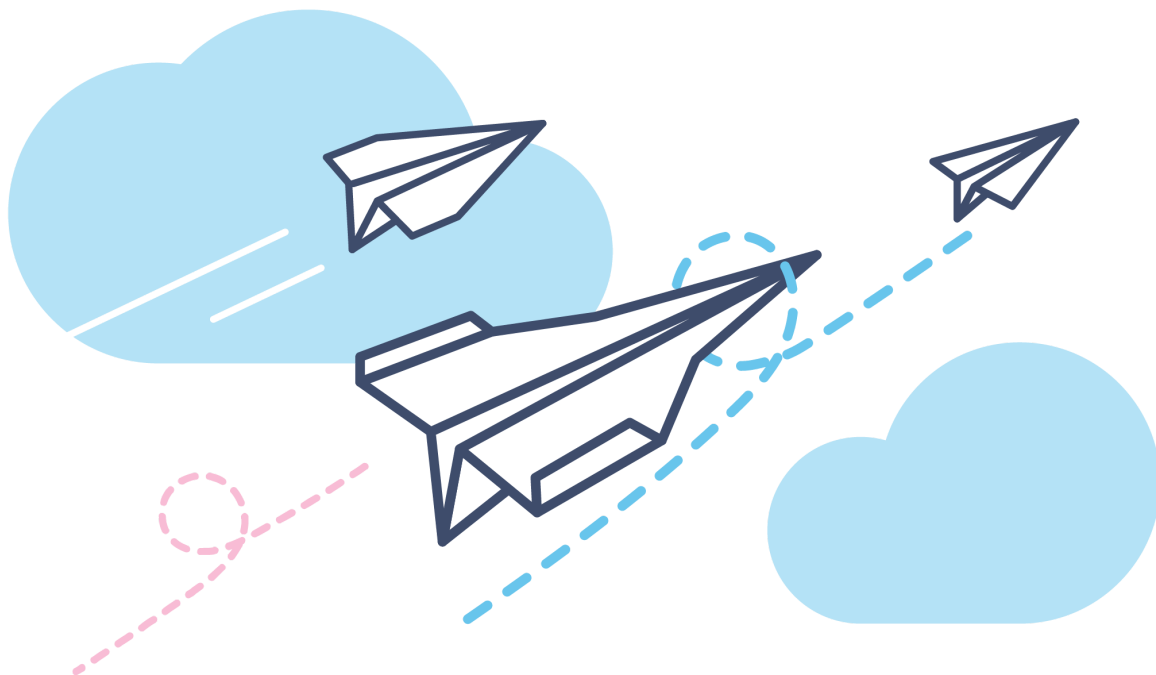
Сколько топлива расходуют старые модели самолетов и новые, сделанные с использованием композитов?

Главное преимущество углепластика — удельная жесткость, то есть жесткость на единицу массы. Другими словами, при аналогичной жесткости деталь из углепластика будет до

восьми раз легче, чем такая же, выполненная из стали. А масса — критически важный параметр для любого летательного аппарата. Она сказывается на расходе топлива.

У Airbus A350 расход топлива составляет 5800 кг/час, тогда как у сравнимого по размерам, но металлического Boeing 777 — 6700 кг/час. Средний налет Airbus A350 — 13,5 часа в сутки. За год A350 в среднем находится в воздухе почти 5 тысяч часов и тратит, соответственно, 29 тысяч тонн топлива. При аналогичном налете 777-й потребует 33 тысячи тонн. 1 тонна топлива в российских аэропортах стоит около 50 тысяч рублей (сейчас даже больше). Итого годовые затраты на топливо Airbus A350 составят примерно 1 млрд 450 млн рублей, а у Boeing 777 — 1 млрд 650 млн. Получается, что A350 выгоднее на 200 млн рублей в год.

Оплата топлива, которое авиалайнер расходует во время полета, составляет больше четверти стоимости билета. Поэтому, уменьшая массу самолета, мы сокращаем расход топлива, что приводит к снижению выбросов в окружающую среду и может повлиять на цену билетов. Кроме того, немалую часть стоимости авиаперелетов составляют затраты на техническое обслуживание. Например, с введением композитных тормозов увеличилась как эффективность торможения, так и срок их службы. А чем реже нужно менять тормоза, тем меньше времени самолет проведет в ангаре и больше рейсов совершит. Кстати, из композитных материалов [производят](#) тормоза для автомобилей Формулы-1.



На что влияет форма крыльев и почему Boeing 747 становится невыгодным?

Вообще, в самолетах Airbus A350 и MC-21 из композитов сделаны многие элементы: крылья, фюзеляж, носовой обтекатель, оперение, механизация. При этом используется не только углепластик, но и стекло- и органопластик.

У Airbus A350, например, — рекордные по площади и необычные по форме композитные крылья. В частности, очень отличаются их законцовки, так называемые [шарклеты](#), призванные успокаивать воздушные потоки, снижая сопротивление и, как следствие, расход топлива. При этом для обеспечения дальности полета использованы крылья большой площади, чтобы в них поместилось больше топлива. Конструкторы MC-21 пошли немного по другому пути: у MC-21 крылья плоские, но длинные. А чем больше удлинение, тем меньше сопротивление воздуха и, опять же, расход топлива.

Дальность полета Airbus A350 превышает 15 тысяч километров, что больше, чем у любой модификации известного Boeing 747. Еще одному композитному самолету

— Boeing 787 Dreamliner — сейчас принадлежит рекорд по длительности перелета. Он находился в небе 19 часов и 16 минут при перелете из Нью-Йорка в Сидней.

Появление таких эффективных самолетов ставит, к сожалению, крест на гигантах с четырьмя двигателями, таких как уже упомянутый Boeing 747 и относительно новый Airbus A380. Обе компании не исключают возможность [прекращения](#) производства этих лайнеров. Да, их вместимость почти в два раза больше, чем у A350 и 787, однако четырьмя двигателями они сжигают столько топлива, что их использование становится невыгодным. Тем более современные легкие самолеты могут преодолевать большие или сравнимые расстояния всего на двух двигателях.

В общем, преимуществ использования композитов в авиастроении, как видите, много, но есть и недостатки. Большая проблема — экологичность производства и утилизации. Пока комплексных решений по утилизации композитов нет. Используются полумеры, например замешивание измельченных композитных частиц в асфальт, но этого, конечно, недостаточно. Тем не менее работы в этом направлении ведутся, и, я думаю, решение обязательно появится.

Где можно узнать обо всем этом подробнее?

Советую книгу «[Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов](#)». Также неплохие образовательные материалы о композитах, написанные простым языком, доступны [здесь](#).

Кроме того, рекомендую посмотреть [видеоролики](#) с итальянского завода Pagani. Это производитель суперкаров, основанный энтузиастом в области композитов Горацио Пагани. Еще в 1980-е годы, работая в компании Lamborghini,

он предлагал сделать композитный суперкар и даже создал прототип Lamborghini Countach Evoluzione из углепластика, однако в те годы этот материал был еще дороже, и даже покупателям Lamborghini такой автомобиль был бы не по карману.

Кстати, до пандемии в детском технопарке [Инжинириум](#) в МГТУ им. Н. Э. Баумана школьники старше 14 лет могли сделать свой проект из авиационных материалов. Мы выдавали им средства индивидуальной защиты, которые сегодня, к сожалению, вызывают другие ассоциации, и они изготавливали из композитов всё, что пожелают: карбоновую гитару, скейтборд, радиоуправляемый самолет или квадрокоптер. Еще одно преимущество композитов — доступность технологий. Конечно, при массовом производстве крыльев самолета используются немного иные технологии, но суть такая же.

На этом у меня всё. Увидимся на [вебинаре](#)!

Science Bar Hopping — это совместный проект [Фонда инфраструктурных и образовательных программ](#) ([Группа РОСНАНО](#)) и «[Бумаги](#)». Обычно мы проводим научно-популярный фестиваль в Москве и Петербурге, но во время пандемии проект перешел в онлайн. Теперь мы делаем научную рассылку, вебинары и подкаст, и скоро проведем онлайн-фестиваль.

Вы получили это письмо, потому что подписались на рассылку проекта [Science Bar Hopping](#). Спасибо!

[Отписаться](#)