
Опыт применения стекло- и углепластиков разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ в двигателестроении

А.О. Курносов¹, А.В. Славин¹, А.Г. Гуняева¹, И.А. Зимнюков²

¹ НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, Москва

² АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь

Создание современных двигательных установок было бы невозможным без разработки, всестороннего исследования и применения материалов нового поколения, к которым относятся полимерные композиционные материалы. В НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ уже много лет ведется разработка и успешно внедряются полимерные композиционные материалы (стекло- и углепластики) в конструкции отечественных двигательных установок ПС-90А, ПД-14, ПД-8.

Experience in the use of glass and carbon plastics processing NRC «Kurchastovsky institute» – VIAM in engine building

A.O. Kurnosov¹, A.V. Slavin¹, A.G. Gunyaeva¹, I.A. Zimnyukov²

¹ NRC “Kurchatov Institute” – VIAM, Moscow, Russia

² JSC “UEC-Aviadvigatel”, Perm, Russia

The creation of modern propulsion systems would not be possible without the development, comprehensive research and implementation of new generation materials, which include polymer composite materials. NRC “Kurchatov Institute” – VIAM have been working for many years on the development and successful implementation of polymer composite materials (carbon and fiberglass) in the design of domestic propulsion systems PS-90A, PD-14, PD-8.

1. Введение

Двигателестроение – одна из наиболее высокотехнологичных отраслей отечественной промышленности. Создание современных авиационных двигательных установок (ДУ) было бы невозможным без разработки, всестороннего исследования и применения полимерных композиционных материалов (ПКМ). Применение ПКМ в составе авиационных двигателей позволяет уменьшить массу конструкции, увеличить топливную эффективность, повысить надежность и увеличить межремонтный ресурс и, соответственно, сократить прямые эксплуатационные расходы. Применение ПКМ дополнительно позволяет применить новые подходы к конструированию ДУ, в

том числе внедрить новые звукопоглощающие конструкции.

Авиационный двигатель эксплуатируется при критической частоте вращения роторов, высокой температурной нагруженности отдельных элементов конструкции и значительных перепадах температуры в разных климатических зонах. Поэтому к качеству выполнения деталей и сборочных единиц авиационного двигателя, от которых напрямую зависит эффективность работы всего двигателя, предъявляются высокие требования [1].

В данной работе рассмотрены стекло- и углепластики, применяемые в составе выпускаемых двигательных установок ПС-90А, ПД-8 и ПД-14, предназначенных для самолетов гражданской авиации.



Рис. 1. Двигатель ПС-90А

ПС-90А и его модификации (рис. 1) – российский турбореактивный двухконтурный двигатель (ТРДД), одно из важнейших достижений российского авиационного моторостроения 1980...90-х гг., первый российский авиадвигатель четвертого поколения, сертифицированный по международным стандартам.

Разработка двигателя четвертого поколения потребовала внедрения самых передовых на тот момент конструкторских решений и технологий: новых методов проектирования и доводки, значительной реконструкции испытательной базы, внедрения новейших производственных технологий и материалов.

По заданному уровню термодинамических и удельных параметров ПС-90А соответствовал нормам научно-технического уровня 1990-х годов и не уступал по основным характеристикам и параметрам рабочего процесса лучшим зарубежным аналогам, которые находились в разработке в 1980-х годах и вошли в эксплуатацию в 1990-е годы.

Двигатель ПС-90А устанавливается на пассажирские самолеты семейства Ил-96 (Ил-96-300 и Ил-96-400) и Ту-204 (Ту-204-100, Ту-204-300, Ту-214) и за годы эксплуатации данные самолеты зарекомендовали себя на международных и внутренних авиалиниях как безопасные и комфортабельные лайнеры.

В узлах двигателя ПС-90А применяются разработанные и серийно поставляемые НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ угле- и стеклопластики на основе растворного эпоксидного связующего: углепластик марки КМУ-4э-2М и стеклопластики марки ВПС-33 и ВПС-34. Данные материалы применены в составе звукопоглощающих конструкций и реверсивном устройстве (рис. 2), которые представляют собой сложную многослойную конструкцию, изготовленную из углепластиковой трубчатой сэндвич-панели с комбинированными обшивками из углепластика и стеклопластика.



Рис. 2. Реверсивное устройство двигателя ПС-90А

Долгие годы ПС-90А был флагманской разработкой отечественного двигателестроения, но в июне 2008 года было принято решение о создании новейшего российского газотурбинного двигателя ПД-14.

Одной из важнейших проблем при создании ДУ ПД-14 являлась разработка мотогондолы.

Впервые в отечественной инженерной и технологической практике АО «ОДК-Авиадвигатель» совместно с НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ сконструировали мотогондолу двигателя ПД-14, состоящую ~60% по массе из ПКМ, обеспечивающую высокую весовую эффективность по сравнению с металлическими аналогами при сохранении требуемых упруго-прочностных свойств, в том числе высоких ударной вязкости и стойкости к климатическим факторам, и отвечающую требованиям по шуму как внутри салона, так и на местности.

Перед сотрудниками НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ и АО «ОДК-Авиадвигатель» стояла задача по разработке и проведению общей и специальной квалификации комплекса ПКМ нового поколения на основе высокодеформативной полимерной матрицы и стекло- и углеродных наполнителей, организации серийного производства их полуфабрикатов для изготовления узлов мотогондол перспективных двигательных установок. С 2013 года в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ начал активно проводить данные работы.

В результате проведенных научно-исследовательских работ был создан комплекс ПКМ (углепластики типа ВКУ-25, ВКУ-29, ВКУ-39 и стеклопластики типа ВПС-48) на основе расплавленного эпоксидного связующего ВСЭ-1212, обладающих высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных характеристик, являющихся конкурентоспособными на мировом рынке, которые успешно внедрены в конструкцию мотогондолы ДУ ПД-14 (рис. 3), определенного для самолета МС-21. При разработке данных материалов была выпущена вся необходимая нормативно-технологическая



Рис. 3. Мотогондола двигателя ПД-14

документация для их внедрения в производство, а при проведении общей специальной квалификации было испытано более 25 000 шт. зачетных образцов ПКМ.

Разработанные ПКМ нашли свое применение для изготовления створок капота, реверсивного устройства и воздухозаборника, были внесены в спецификацию и серийно поставляются на предприятия – изготовители деталей (АО «ПЗ «Машиностроитель», филиал ПАО «Ил» – ВАСО, АО «ОНПП «Технология им. А.Г. Ромашина») и сборочных единиц мотогондол двигательных установок.

Благодаря проведению комплекса научно-исследовательских работ по разработке и общей квалификации ПКМ, их успешному внедрению в конструкцию двигательной установки ПД-14 (рис. 3) стало возможным применение этих же материалов в конструкции двигательной установки ПД-8, определенной для самолета SJSJ-New, для замены зарубежного двигателя SaM146 компании PowerJet.

В настоящее время наблюдается общемировая тенденция расширения применения ПКМ в конструкции авиационной техники за счет изготовления из них теплонагруженных элементов планера (капотов двигателей, обтекателей теплообменников, панелей газогенераторов и пр.). Для внедрения материалов нового поколения в теплонагру-

Рабочая температура, °C	Термостойкие связующие	Марки связующих	Марки ПКМ
	Фталонитрильные Траб. до 400°C	ВСН-31	ВКУ-38ТР, ВКУ-38ЖН, ВКУ-38ТП
	Кремнийорганические Траб. 300-350°C	К-9-70С, К-9ФА	СК-9ФА, СК-9ДФ, МСТ-5К
	Полиимидные Траб. 250-320°C	СП-97с, СП-97к, ВС-51	СТП-97с, СТП-97К, ВКУ-61, ВПС-72
	Бисмалеинимидные Траб. до 220°C	ПАИС-104, ВСТ-57	КМУ-8, ВКУ-74, ВПС-75
	Цианэфирные Траб. 180-200°C	ВСТ-1208, ВСЦ-14, ВСТ-32, ВСТ-1210	ВКУ-42, ВКУ-48, ВПС-47/7781, ВПС-41

Рис. 4. Высокотемпературные ПКМ

женные элементы конструкций авиационной техники и увеличения в них доли ПКМ необходимо расширение температурного диапазона и повышение эксплуатационных характеристик данного класса материалов.

Так, для вышеуказанных задач в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ разработана широкая линейка материалов (рис. 4) на основе разных классов связующих (цианэфирные, бензоксазиновые, кремнийорганические, бисмалеинимидные, полиимидные, фталонитрильные), работоспособных при температуре свыше 200°C, среди которых особый интерес представляют ПКМ на основе полиимидных связующих.

2. Заключение

В результате многолетней работы в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ создан широкий ассортимент отечественных ПКМ, обладающих высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных характеристик, которые успешно внедрены в конструкцию двигателей ПС-90А, ПД-14 и ПД-8.

Список использованных источников

- [1] Рубцов С.М. Применение современных полимерных композиционных материалов в элементах и узлах газотурбинных авиационных двигателей: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Пермь, 2009. 17 с.
- [2] ПКМ нового поколения для мотогондолы двигателя ПД-14 / А.О. Курносоев, И.И. Соколов, Д.А. Мельников, А.Е. Раскутин // Сборник тезисов докладов. Всероссийская научно-техническая конференция «Авиадвигатели XXI века». М.: ЦИАМ, 2015. С. 706.
- [3] Курносоев А.О., Соколов И.И., Мельников Д.А. Композиционные материалы на основе термореактивных связующих и стеклянных наполнителей для изделий авиационной техники // Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения. М.: ВИАМ, 2017. С. 102–115.
- [4] Гуняева А.Г., Курносоев А.О., Гуляев И.Н. Высокотемпературные полимерные композиционные материалы, разработанные во ФГУП «ВИАМ», для авиационно-космической техники: прошлое, настоящее, будущее (обзор) / Труды ВИАМ : электрон. науч.-техн. журн. 2021. №1 (95). С. 43–53.