

УДК 656. 132

А.Р. Носкова, В.П. Постников

A.R. Noskova, V.P. Postnikov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РЫНКЕ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

STUDY OF THE INTRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS IN AIRCRAFT ENGINE MANUFACTURING MARKET

Работа посвящена инновационной деятельности, осуществляемой в сфере авиационной промышленности. Разработка и реализация инновационных проектов, направленных на улучшение технико-экономических характеристик авиационной техники посредством внедрения композиционных материалов, способствует не только улучшению результатов финансово-хозяйственной деятельности предприятий, но и развитию конкурентоспособности отечественной авиационной промышленности и, как следствие, экономическому росту страны. В ходе исследования проведен подробный анализ рынка композиционных материалов в сфере авиастроения, сделан вывод о внедрении композиционных материалов как одного из направлений инновационного развития отрасли отечественного двигателестроения.

Ключевые слова: инновационный проект, авиационная промышленность, перспективные двигатели, композиционные материалы.

The work is dedicated to innovation activities carried out in the sphere of aviation industry. Development and implementation of innovative projects aimed at improving the technical and economic characteristics of aviation technology through the introduction of composite materials, contributes, not only to improve the results of financial and economic activities of enterprises, but also the development of competitiveness of domestic aviation industry and, as a consequence, the economic growth of the country. The detailed analysis of the market of composite materials in the field of aircraft construction, the conclusion about the introduction of composite materials as one of the directions of innovative development of the domestic engine industry.

Keywords: innovative project, the aviation industry, promising engines, composite materials.

В рамках деятельности хозяйствующего субъекта инновационная деятельность является инструментом формирования конкурентных преимуществ в условиях быстроменяющегося внешнего мира и ограниченности ресурсов, а также инструментом поддержания высоких темпов доходности предприятия. Кроме того, инновационная направленность хозяйственной деятельности, выражающаяся в осуществлении технологических инноваций, выступает

одним из основных факторов ускорения научно-технического прогресса и экономического развития страны.

К технологиям российской промышленности, способным стать источником качественного экономического роста и долговременного сохранения лидирующих позиций как на внутреннем, так и на внешнем рынке, относятся, в частности, технологии авиационной промышленности. Инновационная деятельность предприятий авиастроения направлена на повышение спроса на отечественные самолеты посредством их модификации, способствующей улучшению технико-экономических характеристик. Разработка инновационных проектов в сфере авиастроения является вектором, создающим предпосылки для развития комплекса высокотехнологичных предприятий, импортозамещения и экспорта прогрессивной продукции, что подтверждает актуальность темы исследования.

Целью исследования является анализ рынка композиционных материалов и перспектив внедрения композитов в изделия авиационных двигателей.

Теоретическая значимость исследования выражается в систематизации и анализе информации, раскрывающей перспективы применения композиционных материалов в авиационной промышленности.

Композиционные материалы – материалы, состоящие из двух или более компонентов, которые существенно отличаются по свойствам и в сочетании дают некий синергетический эффект. Как правило, один из компонентов является наполнителем (армирующим элементом), обеспечивающим необходимые механические характеристики материала, другой – матрицей (наполнителем), обеспечивающей монолитность материала и его защиту от механических повреждений и агрессивной химической среды [1].

По состоянию на 2015 г. объем мирового рынка композиционных материалов составляет 10–12 млн т в год, или в денежном выражении – 80–90 млрд евро. Наблюдается тенденция увеличения объема мирового рынка композитов, характеризующаяся ежегодным ростом на 6–8 %.

Доля российского рынка формирует не более 1 % мирового объема производства композитов, в 2015 г. объем российского рынка композиционных материалов составил 150 тыс. т, что составляет 0,9 млрд евро (41,2 млрд руб.). Однако темпы роста объема российского рынка существенно превышают темпы роста мирового рынка: в 2015 г. рост объема российского рынка композитов составил 23,3 %.

Существует ряд причин, объясняющих недостаточное развитие композитной отрасли в России, главные из которых [2]:

- технологическая отсталость отечественного производства;
- отсутствие крупных потребителей композитных материалов в тех отраслях промышленности, где композиты способны заменить традиционные материалы;

– отсутствие действующей и работоспособной системы технического регулирования, отсутствие современных стандартов, регламентирующих производство и методы испытаний композитов.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) – углепластики и стеклопластики – находят широкое применение в аспекте решения приоритетных задач развития современной авиационной техники. Композиты, преимущество которых перед традиционными материалами заключается в их легкости, сочетающейся с высокими прочностными и другими физико-механическими характеристиками, позволяют:

- значительно снизить вес самолетов и, соответственно, расход топлива;
- снизить временные и стоимостные затраты на диагностику;
- увеличить срок службы самолетов;
- повысить безопасность полетов посредством роста трещиностойкости и усталостной прочности конструкций самолетов.

Кроме того, применение композиционных материалов в авиационной промышленности значительно снижает материалоемкость конструкций самолетов, а также трудоемкость изготовления за счет уменьшения количества оснастки и входящих в эти конструкции деталей [3].

Удельный вес аэрокосмического сектора в структуре мирового потребления композиционных материалов составляет 11 %. Наблюдается рост потребности сектора в применении композитов, что выражается, в частности, в увеличении спроса более чем в 2 раза в период 2010–2015 гг. Динамика спроса на композиционные материалы в аэрокосмическом секторе отражена на рис. 1.

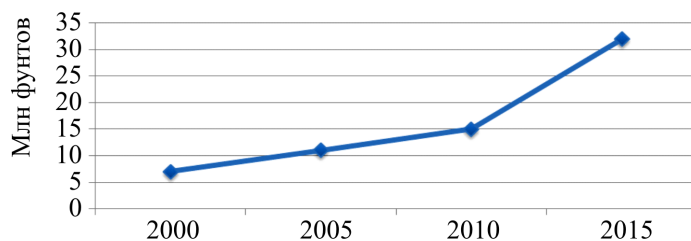


Рис. 1. Динамика спроса в аэрокосмическом секторе за период 2000–2015 гг. [4]

Рост объемов мирового рынка композиционных материалов в авиастроительном секторе напрямую связан с реализацией программ Boeing (США), Airbus Ind. (Европа), других зарубежных компаний и российских «Объединенной авиастроительной корпорации» (ПАО «ОАК») и «Объединенной двигателестроительной корпорации» (АО «ОДК»).

Ранние модели самолетов компаний Boeing и Airbus, разработанные в 1980-е гг., содержали всего 5–6 % стекловолоконных композиционных ма-

териалов, т.е. на самолет использовалось 500–1500 кг ПКМ, из которых изготавливались слабо- и средненагруженные элементы механизации крыла, рули, панели люков. В последующих моделях, в которых были внедрены также более перспективные материалы – композиционные материалы на основе углеродного волокна, доля ПКМ в конструкции составляла уже 10–15 %. В современных самолетах Boeing 787 и A350 удельный вес композитов по массе превышает 50 %. Структура применения материалов в современных самолетах зарубежного и отечественного производства отображена на рис. 2.

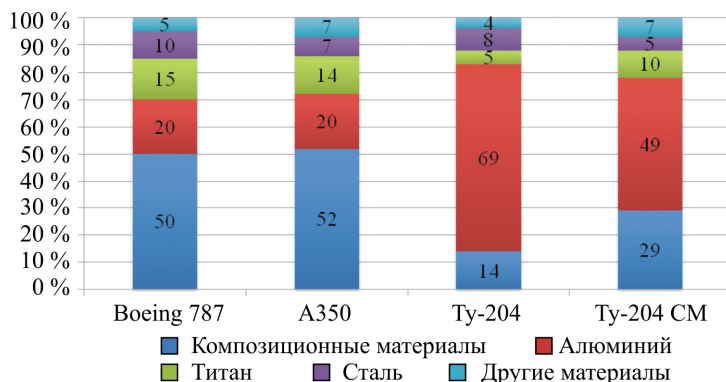


Рис. 2. Структура применения материалов в современных самолетах

Таким образом, в конструкции Airbus A350 применение углепластиков увеличено до 14–16 т на самолет, в конструкции Boeing 787 – до 25 т, из композиционных материалов изготавливают, в частности, крыло, фюзеляж, киль [5]. Крыло этих самолетов имеет определенный изгиб, обусловленный гибкостью деталей, произведенных из композитов. В отличие от металлического крыла, композитное обладает значительно лучшими аэродинамическими свойствами.

В настоящее время российские самолеты имеют относительно невысокую долю содержания композиционных материалов. Например, выпущенный в начале 1990-х гг. отечественный среднемагистральный самолет Ту-204 состоит из композитов на 14 %, его модификация Ту-204 СМ – на 29 %. Из ПКМ произведены, в частности, элементы механизации крыла, рули высоты и направления, панели люков, полов.

Три четверти парка самолетов российских компаний-авиаперевозчиков являются зарубежными, и лишь одна четверть приходится на отечественные современные самолеты (Ту-204/214, Ан-148, Sukhoi Superjet 100) и отечественные самолеты старых модификаций Ту, Ан и Як. Конкуренция с иностранными авиастроителями как на внутреннем, так и на внешнем рынке, с которой российская авиационная промышленность столкнулась после перехода страны к рыночной экономике, выявила невысокую конкурентоспособность россий-

ских самолетов гражданского назначения. Текущее состояние отрасли Министрство промышленности характеризует «технологическим отставанием на полтора поколения от уровня ведущих стран-производителей» [6].

Перспективным российским самолетом, в конструкцию которого широко внедрены высокопрочные и высокомодульные ПКМ, является самолет МС-21. Он оснащен композитным крылом, что является инновацией для российских самолетов. Кроме того, из композиционных материалов изготовлены отдельные элементы фюзеляжа, центроплан и оперение. Таким образом, доля углеродных композиционных материалов в МС-21 достигает 40 %, что позволяет уменьшить массу конструкции самолета на 25–30 %, снизить трудоемкость изготовления в 1,2–1,5 раза.

МС-21 является проектом ближне- и среднемагистрального пассажирского самолета, который должен прийти на смену Ту-204, а также выйти на международный рынок, где будет конкурировать с Boeing 737 и Airbus A320.

Главным преимуществом МС-21 является его вместительность – 211 пассажиров в версии МС-21-300. Кроме того, российский самолет имеет увеличенный объем багажных полок, ширины кресел и прохода, что позволяет быстрее осуществлять загрузку и выгрузку пассажиров и сократить время на обслуживание машины в аэропорту. Новые модели Airbus и Boeing, в отличие от самолета МС-21, разработанного с нуля, имеют фюзеляжи предшественников.

Также конкурентным преимуществом МС-21 выступает его относительно невысокая стоимость: цена по каталогу составляет 78 млн долл., что на 24,8 млн долл. меньше стоимости аналогичного Airbus 320Neo и 28,9 млн долл. – стоимости Boeing 737 Max-8.

Общий портфель заказов на МС-21 составляет 285 самолетов: на 185 машин заключены твердые контракты, на 100 машин достигнуты предварительные договоренности и подписаны рамочные соглашения. Единственным иностранным покупателем МС-21 является индонезийская лизинговая компания Gecom Burj Berhad, сделавшая заказ на 25 самолетов. Наиболее крупный российский заказчик, подписавший контракт на 50 самолетов, – ПАО «Аэрофлот». Также соглашения о приобретении МС-21 подписали различные российские лизинговые компании. Практически все покупатели заказали МС-21 с американскими двигателями Pratt&Whitney, только ПАО «Аэрофлот» заявило о приобретении 35 самолетов МС-21 с двигателем ПД-14.

Согласно прогнозам зарубежных экспертов, на мировой рынок узкофюзеляжных магистральных самолетов (без учета рынка РФ и СНГ) в период 2016–2035 гг. будет поставлено 38 000 единиц авиационных двигателей. Доля самолетов МС-21 в данном сегменте оценивается на уровне 1 %, доля двигателей ПД-14 в поставках МС-21 – на уровне 30–40 %.

Двигатели ПД-14 считаются прорывом в отечественном двигателестроении, предназначены для ближне- и среднемагистральных самолетов и промышленных газотурбинных установок. Разработанная для двигателя ПД-14 мотогандола (воздухозаборник и наружные корпуса двигателя установки), ранее изготавливаемая в основном из металлических материалов, состоит из композиционных материалов на 65 %. Также композиты применяются в реверсивном устройстве авиадвигателя.

ПД-14 превосходят отечественные авиадвигатели прошлых поколений по ряду параметров, технические характеристики двигателей ПД-14 позволяют:

- снизить вес двигателя до 3 780 кг;
- снизить удельный расход топлива на 10–15 %;
- сократить стоимость жизненного цикла на 15–20 %;
- сократить стоимость эксплуатации двигателя на 14–17 %;
- установить показатели эмиссии ниже норм на 30–45 %;
- установить показатели уровня шума ниже норм на 15–20 %.

ПД-14 по технико-экономическим параметрам способны конкурировать с аналогичными продуктами лидеров мирового авиационного двигателестроения: с двигателями PW1400G и PW1100G компании Pratt&Whitney (США), а также с двигателями Leap-1A и Leap-1B консорциума CFMI (США, Франция).

Главным разработчиком ПД-14 является АО «Авиадвигатель», головным производителем – АО «ОДК-Пермские моторы». Серийный выпуск двигателей ПД-14 начнется в 2020 г., годовой объем выпуска составит 20–30 единиц. Всего за период 2017–2037 гг. планируется произвести 990 единиц двигателей, реализуемых для самолетов МС-21, многоцелевых транспортных самолетов, а также в рамках государственного заказа и на обеспечение резерва. Программа продаж авиационных двигателей ПД-14 представлена в таблице.

Программа продаж авиадвигателей ПД-14 на период 2017–2037 гг.

Назначение двигателя	Количество самолетов	Количество двигателей
МС-21-200	100	200
МС-21-300	175	350
Многоцелевой транспортный самолет	75	150
Государственный заказ	85	170
Резерв	60	120
Итого		990

Развитию конкурентоспособности отечественной дальнемагистральной авиации будет способствовать перспективный двигатель тягой 35 т (ПД-35), предназначенный для широкофюзеляжных пассажирских и транспортных самолетов.

Разработка ПД-35 началась летом 2016 г. одновременно на АО «Авиадвигатель» и ПАО «НПО «Сатурн». Серийное производство планируется запустить в 2026 г.

Двигателями ПД-35 планируется оснащать российско-китайский дальнемагистральный самолет пассажировместимостью в 250–320 человек. Разработка самолета, окончание которой намечено к 2025–2027 гг., будет осуществляться в подмосковном Жуковском, сборка – на производственных мощностях китайских компаний. Помимо этого, с помощью ПД-35 планируется провести ремоторизацию модернизированного Ил-96-400 – заменить установленные четыре двигателя прошлого поколения на два ПД-35.

Одним из направлений инновационного развития отрасли отечественного двигателестроения должно стать активное внедрение композиционных материалов. Инновационность данных проектов обусловлена рядом факторов. Во-первых, в проекте используются уникальные ресурсы: композиционные материалы, разработанные специально для изделий перспективных двигателей, а также уникальная технология их обработки. Во-вторых, на всех стадиях развития проекта наблюдается высокая степень неопределенности, выражающаяся в неопределенности параметров проекта, главным образом технического характера. В-третьих, помимо финансовой целесообразности реализации проекта учитывается конкурентоспособность изделий авиационного двигателя, характеризующаяся конкурентоспособными технико-экономическими параметрами авиадвигателя, рассмотренными выше.

При реализации проектов внедрения новых материалов в детали перспективных двигателей важной составляющей является экономическая оценка проектов, в том числе расчет показателей экономической и бюджетной эффективности, поскольку финансирование проекта осуществляется отчасти за счет средств федерального бюджета, выделенных в качестве субсидии в рамках государственной программы развития авиационной промышленности.

Таким образом, согласно проведенному анализу применения композиционных материалов в авиастроении отечественные предприятия значительно отстают от лидеров мирового рынка – компаний Boeing и Airbus. Росту конкурентоспособности российской авиационной промышленности будет способствовать наладка серийного производства перспективного самолета МС-21, доля композиционных материалов в котором достигает 40 %, и разрабатываемых перспективных двигателей ПД-14 и ПД-35, мотогондола которых состоит из композитов на 65 %, также композиционные материалы применяются в реверсивном устройстве двигателей. Внедрение углепластика в данные авиадвигатели позволит снизить вес двигателя, удельный расход топлива, тем самым уменьшить стоимость эксплуатации двигателя и стоимость его жизненного цикла.

Список литературы

1. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградов, Г.С. Головкин [и др.]; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
2. Перспективы применения композитных материалов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ft-publishing.ru/upload/file/books/article_06.pdf (дата обращения: 13.05.17).
3. Савин С.П. Применение современных полимерных композиционных материалов в конструкции планера самолетов семейства МС-21 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – № 4. – С. 686–693.
4. Транспортные средства и системы. Новые технологии авиастроения // Глобальные технологические тренды: трендлеттер. – 2016. – № 9.
5. Перспективы развития производства авиационных деталей из композиционных материалов / А.В. Калгин [и др.] // Вестник ВГТУ. – 2011. – № 112. – С. 146–153.
6. Приворотская С.Г. Авиастроение в России: факторы конкурентоспособности и перспективы развития // ТДР. – 2013. – № 6. – С. 76–78.

Получено 27.03.2018

Носкова Александра Романовна – студентка, гуманитарный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: noskovaaleksandra95@gmail.com.

Научный руководитель – **Постников Владимир Павлович**, старший преподаватель кафедры «Экономика и управление промышленным производством», гуманитарный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: v.p.o.s.t.v@mail.ru.