

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ПАССАЖИРСКОЙ АВИАЦИИ В РОССИИ

МАИ, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет):

Вячеслав Михайлович Краев, д.т.н., доцент, профессор кафедры "Управление персоналом"

Алексей Иванович Тихонов, к.т.н., доцент, директор Института инженерной экономики и гуманитарных наук,

Сергей Вячеславович Новиков, к.э.н., заместитель директора Института инженерной экономики и гуманитарных наук

Рассматриваются возможности создания пассажирских сверхзвуковых самолетов второго поколения. Проводится анализ российских и зарубежных научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по сверхзвуковой тематике. Рассматривается экономическая эффективность эксплуатации самолетов гражданского назначения с перспективой полета на сверхзвуковой скорости. Предлагается рассмотреть возможность изготовления отечественного бизнес-джета с салоном на 20 пассажиров, использующего комбинированную двигательную установку.

In article the possibilities of creation of passenger supersonic planes of the second generation are considered. The analysis Russian and foreign research and construction work on supersonic subject is carried out. The economic efficiency of operation of planes of civil appointment with the prospect of flight at a supersonic speed is considered. It is offered to consider the possibility of production of the domestic business Jett with salon on 20 passengers using the combined propulsion system.

Ключевые слова: авиация, авиационные перевозки, сверхзвуковой пассажирский самолет, Объединенная авиастроительная корпорация, конкурентоспособность, авиационные двигатели.

Keywords: aircraft, air transportation, supersonic passenger plane, United Aircraft Corporation, competitiveness, aviation engines.



Tu-144



Concorde

Пассажирские авиaperезовки на сверхзвуковой скорости еще во второй половине XX века стали новой тенденцией в гражданской авиации. В Европе был создан "Конкорд" (Concorde), а в СССР - Ту-144. Технические решения того времени опережали экономические и технологические возможности стран, создавших эти машины. Эпоха сверхзвуковой пассажирской авиации завершилась в 2003 году, спустя 3 года после катастрофы "Конкорда" в парижском аэропорту.

Хочется верить, что эпоха сверхзвуковой пассажирской авиации не завершилась, а лишь замедлила свое движение. И в России, и за рубежом научно-исследовательские работы продолжаются, хотя не так активно, как при создании "Конкорда" и Ту-144. Более того, в начале 2018 года знаковое заявление о возможности создания сверхзвукового самолета прозвучало из уст Президента РФ В.В. Путина [1]. Ректор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), академик РАН М.А.Погосян в своем выступлении на Всемирном фестивале молодежи и студентов в Сочи в октябре 2017 года выразил убеждение, что "сверхзвуковой пассажирский самолет - это одно из направлений авиации будущего, и второе поколение ... может появиться уже в 2020-х годах". "Важнейшим трендом будущего авиостроения" называет сверхзвуковую авиацию также и Генеральный директор Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) С.Л. Чернышев [2].

Рассмотрим подробнее необходимость применения, техническую и технологическую возможность создания и эксплуатации таких машин. В статье [3] был проведен анализ научно-технологического задела первых сверхзвуковых самолетов. Такой анализ необходим при создании стратегии развития сверхзвуковых самолетов следующего поколения. Были получены результаты, показывающие важ-

ность соблюдения экологических требований, таких как звуковой удар, шум в зоне аэропорта, загрязнение окружающей среды. Сверхзвуковые пассажирские машины смогут успешно конкурировать с традиционными дозвуковыми только тогда, когда эффект от скорости перемещения в пространстве будет играть ведущую роль и быть выше, нежели чем повышенные траты на их эксплуатацию. Учитывая, что на набор высоты и снижение при посадке требуется около 400-600 км [4], а весь эффект высокой скорости реализуется на крейсерском участке траектории, то эффективность "сверхзвука" будет расти с протяженностью маршрута. С уверенностью можно сказать, что на направлениях перевозок до 3 тыс.км, пассажиры не получат существенного увеличения скорости перемещения. Реальная привлекательность для требовательных к скорости перемещения пассажиров, начинается с расстояния в 4-5 тыс.км. Этому условию удовлетворяет практически любой перелет из европейской части России в Сибирь и далее, на Дальний Восток. Т.е. наша страна благодаря своим масштабам обладает естественным большим внутренним рынком сверхзвуковых пассажирских перевозок. В Российской Федерации перспективными для сверхзвуковых пассажирских самолетов могут быть воздушные линии трех диапазонов: 5 - 6 тыс.км, 6 - 7 тыс.км, 7 - 9 тыс.км. Это могут быть такие маршруты, как: Москва - Анадырь (9300 км), Москва - Благовещенск (6800 км), Москва - Владивосток (9100 км), Москва - Магадан (7800 км), Москва - Хабаровск (6200 км) [5].

Конечно, такой вид пассажирского транспорта не сможет полноценно конкурировать с традиционными дозвуковыми самолетами по стоимости перевозки, и цене билета, соответственно. Однако у "сверхзвука" есть своя ниша, в которую, как минимум попадают перевозки деловой авиации, когда цена на билет не является основным критерием. Именно скорость перемещения становится определяющей, особенно, при дальних перелетах. Среди факторов,

определяющих возможность применения "сверхзвука" есть негативное экологическое воздействие на наземные объекты, в первую очередь, на людей. Учитывая низкую плотность населения на Урале, в Сибири и Дальнем Востоке, можно считать, что такое воздействие будет минимальным. В Европе же применение "сверхзвука" будет ограничено в первую очередь по этим соображениям.

Минпромторг РФ заявил, что "...на предприятиях ОАК имеется научно-технический задел по сверхзвуковым административным самолетам. По предварительным оценкам, на проектирование и создание первого демонстрационного летного образца промышленности может потребоваться около семи-восьми лет". Можно прогнозировать спрос на внутреннем рынке около 30 сверхзвуковых самолетов, стоимостью до 120 млн.долл. Есть уверенность и в наличии значительного экспортного потенциала российской сверхзвуковой техники гражданского назначения [1].

Рассмотрим потенциальных конкурентов - зарубежные компании, ведущие разработки в области пассажирских сверхзвуковых перевозок. В Европе и США в последние несколько лет появилось большое количество проектов подобных небольших сверхзвуковых самолетов, которые на данный момент находятся на различных стадиях реализации. К созданию сверхзвукового бизнес-джета ближе всех подошли американцы: на 2023 год намечен первый полет 12-ти местного сверхзвукового самолета Корпорации Аэрон (Aerion) AS2. Разработчики называют его "истребитель" для бизнеса [6].



Корпорация Aerion (США) была организована для разработок в области сверхзвуковых полетов. За 15 лет она разработала технологию крыла, работающего в условиях сверхзвукового естественного ламинарного обтекания и занималась поиском силовой установки для AS2. Главный вопрос заключается в том, будет ли такой самолет востребован рынком. Компания приводит скептикам такой пример: полет из Токио в Нью-Йорк с совершением посадки в Анкоридже (отдых 1 час) на новом самолете AS2 займет лишь 9 часов 33 минуты, включая само время отдыха, в то время как рейс без отдыха (но с совершением одной дозаправки) на самолетах бизнес-класса занимает 14 часов 21 минуту. При этом максимальная дальность полета равняется практически 8 тыс. км. при крейсерской скорости полета 1,4 Маха. [7]. Ожидается, что самолет AS2 сможет сократить трансатлантические перелеты на целых три часа. В 2015 году Aerion объявила о заказе на 20 машин у оператора деловой авиации Flexjet [8]. Специалисты компании оценивают современный рынок сверхзвуковых самолетов бизнес-класса приблизительно в 300-400 самолетов в год. К основным отличительным чертам проекта AS2 можно отнести крыло оригинальной конструкции: инженеры компании решили отказаться от крыла дельтовидной формы в пользу использования собственной разработки. Согласно утверждению специалистов, такие форма и профиль крыла дают существенный рост площади ламинарного обтекания, что в свою очередь позволяет уменьшить общую площадь планера сразу на 20%. Свои утверждения они подтверждают данными, которые были получены во время продувки модели в аэродинамической трубе НАСА [9]. Изначально разработчики проекта планировали установить на самолет AS2 2 двигателя Pratt & Whitney JT8D в сверхзвуковой версии. Затем количество двигателей увеличилось до 3-х. Стоит отметить, что данный двигатель был создан еще 50 лет назад, и с тех пор устанавливался на многие популярные самолеты, в част-

ности B727, MD80, DC9 и многие другие.

Несколько позже сверхзвуковым пассажирским лайнером занялись в Европе. Однако, по своим предполагаемым характеристикам самолет должен существенно превосходить AS2. В 2011 году EADS в день открытия Парижского авиасалона продемонстрировала концепцию самолета будущего, которая предусматривает перелет со скоростью, превышающей 4 Маха. Разработчики предполагают долететь из Токио в Лондон менее, чем за 2,5 часа. Проект назвали ZEHST (Zero Emission HyperSonic Transport - Высокоскоростной транспорт с нулевым уровнем выбросов). Самолет имеет три типа двигательных установок и может перевозить пассажиров на высоте 32 км, при этом соблюдая требования Европейской Комиссии по снижению шума, выбросов CO2 и NOX к 2050 году. Всего один час может составить время трансатлантического перелета из Лондона в Нью-Йорк, совершаемого на ZEHST, запатентованном в США авиастроительной компанией Airbus. Как известно, в настоящее время на это уходит 7-8 часов. Из Парижа до Сан-Франциско можно будет добраться за 3 часа - почти в четыре раза быстрее, чем сейчас. Авиалайнер способен развить скорость, равную 4 Маха. [10].

Работа трехуровневой силовой установки определяется этапом полета. На первом этапе тяга осуществляется за счет турбореактивных двигателей, используемых для взлета и подъема на высоту 5 км с дозвуковой скоростью 0.8 Маха. Затем жидкостные



ракетные двигатели обеспечивают набор высоты до 23 км и увеличение скорости до 2.5 Маха. На третьем, крейсерском, этапе тяга обеспечивается за счет прямоточных воздушно-реактивных двигателей для достижения скорости 4 Маха и высоты около 32 км. При снижении и посадке турбореактивные двигатели будут включены еще раз [11].

В настоящее время ведется работа британской Reaction Engines по выводу на рынок нового сверхзвукового пассажирского авиалайнера A-2 вместимостью 300 пассажиров. Еще в 2008 году были представлены разработки этого экологически чистого самолета, работающего на жидком водородном топливе и способного развивать скорость 5 Мах. В результате расстояние от Брюсселя до Сиднея он способен преодолеть чуть более, чем за 4,5 часа. Как утверждают создатели, без дозаправки судно может пролететь до 20 тыс. км. По прогнозным оценкам пройдет не менее 25 лет, прежде чем A-2 будет выведен на рынок [12].

Как видно, зарубежные авиастроители активно развивают сверхзвуковые пассажирские самолеты. Стоит отметить, что такие проекты сопряжены со значительными объемами научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Самолет ZEHST - наглядный пример. Ведь необходимо разработать практически с "нуля" силовую установку и обеспечить тепловую защиту на скорости 4 Маха. Стоит отметить, что подобные проблемы успешно решались в нашей стране на технологическом уровне того времени.

Вернемся к отечественной авиации, точнее к сверхзвуковому самолету Ту-160. Сам принцип коммерциализации военных разработок используется во всех странах мира, где интеллектуальный уровень вооружений высок. Именно на оборону, т.е. на военную технику, государства тратят значительные суммы, не задаваясь вопросами о целесообразности таких расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.



После высказывания Президента РФ [1] о возможной коммерциализации Ту-160 руководители авиационных компаний поддержали этот тезис, заявив, что по этой тематике имеется существенный научно-технический задел. И с этим не поспоришь. Однако возникает вопрос о целесообразности простой переделки стратегического военного самолета в пассажирский лайнер. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны такого подхода. Как известно, военная техника по своей конструкции, системам и компонентам является секретной. При "превращении" ее в гражданскую необходимо исключить возможность утечки информации, т.е. конструкция, системы и компоненты должны быть изменены таким образом, чтобы исключить в них наличие такой информации. Попросту говоря, упростить элементы системы. По всей видимости, такое упрощение приведет к существенной потере характеристик самолета. Вторая проблема заключается в необходимости герметизации фюзеляжа, т.е. пассажирского салона. В Ту-160 герметизирована только кабина экипажа. Третий вопрос - будет ли востребован на рынке деловой авиации самолет, вместимостью около 50 пассажиров? Скорее всего потребность по вместимости на этом рынке составляет 10-20 пассажиров. Т.е. Ту-160 слишком большой для модификации его до пассажирского формата. Еще один вопрос - двигательные установки Ту-160: НК-32 позволяют совершать основную часть полета только с крейсерской дозвуковой скоростью менее 1 Маха [13]. При переходе на сверхзвуковой режим полета существенно возрастает расход топлива. Учитывая замечания выше, целесообразно не проводить коммерциализацию Ту-160, а создать на базе научно-технологического задела Ту-160 новый сверхзвуковой пассажирский самолет, вместимость которого должна быть 20 пассажиров.

Учитывая существенный рост расхода топлива при сверхзвуковом режиме полета у турбореактивного двигателя, логично применять силовые установки двух типов. На этапе взлета, набора высоты и разгона до сверхзвуковой скорости - турбореактивные двигатели. На крейсерском участке полета включать сверхзвуковые прямоточные двигатели, а турбореактивные двигатели - выключать. Сверхзвуковые прямоточные двигатели обладают рядом неоспоримых преимуществ перед турбореактивными двигателями. Целесообразность применения прямоточных воздушно-реактивных двигателей в двухрежимных условиях в составе силовых установок авиационно-космических систем рассматривалась в 2011 году [14].

По информации экспертов [15] задача с турбореактивной силовой установкой для сверхзвукового пассажирского самолета может быть решена на базе научно-технического задела, созданного при разработке газогенератора ПД-14 для сверхзвукового применения. Однако создание двигателя для сверхзвукового пассажирского самолета в целом, конечно, займет не один год. На базе газогенератора ПД-14 для создания такой силовой установки уйдет 3-5 лет, а если разрабатывать полностью новый двигатель, то около 10 лет.

Сверхзвуковые прямоточные двигатели идеальны для полетов в диапазоне 1-5 Мах. Давление в камере сгорания обеспечивается за счет торможения сверхзвукового газового потока. В сверхзвуковом диапазоне скоростей прямоточные двигатели значительно более эффективны, чем в дозвуковом, а в диапазоне 3-5 Мах сверхзвуковые прямоточные двигатели превосходят по эффективности воздушно-реактивные двигатели всех других типов. Учитывая прос-

тоту конструкции и отсутствие подвижных элементов, таких как компрессор и турбина, то применение сверхзвуковых прямоточных двигателей оправдано вдвойне.

Авиационный двигатель является ключевым звеном любого летательного аппарата, определяющим его летно-технические характеристики, безопасность, надежность, экономичность и стоимость эксплуатации. Разработка двигателя занимает в 1,5-2 раза больше времени, чем планера и авиационного оборудования [16]. Т.е. в авиационном двигателестроении необходимо опережение по формированию научно-технического задела для одновременного завершения конструкторских работ для всего самолета в целом. Россия имеет большой опыт по созданию сверхзвуковых прямоточных двигателей, наша инженерная школа - одна из лучших в мире. Обратим внимание на спектр сверхзвуковых прямоточных двигателей, которые разработаны ПАО Тураевским МКБ "Союз" [17]:

- Двигатели ЗД80 и ЗД81 - установлены на крылатой ракете "корабль-корабль" ЗМ80 ОКБМ "Радуга".

- Двигатель ЗД83 - представляет собой модификацию базового двигателя ЗД81. Разработано и внедрено в конструкцию регулируемое двухпозиционное сопло, для привода которого используется энергия основного потока газа.

- Маршевый двигатель З1ДПК - оснащен оригинальной автоматической системой многоразового розжига с оптическим сигнализатором горения. Обеспечивает разгон ракеты и маршевый полет в диапазоне скоростей 1,8-3,5 Маха и высот 0-16,5 км.

Описанные выше сверхзвуковые прямоточные двигатели разработаны для применения в военной технике и просто для установки на пассажирский самолет не подходят. Во-первых, требуемая тяга в разы выше, чем у производимых прямоточных двигателей. Во-вторых, их ресурс работы при военном применении не превышает нескольких минут. Наличие научно-технологического задела в области создания сверхзвуковых прямоточных двигателей в России позволит разработать сверхзвуковой прямоточный двигатель большей тяги, до 6000-8000 кгс, а также обеспечить ресурсные характеристики двигателя. Стоит отметить, что работы по исследованию прямоточных двигателей в диапазоне 4-8 Мах в нашей стране ведутся, и, что важно, с использованием непрерывно-детонационного процесса горения. Более того, исследования уже находятся на экспериментальном этапе [18].

В ЦАГИ им. Н. Жуковского созданием нового поколения сверхзвуковых гражданских самолетов начали заниматься в 90-х годах прошлого века. С 2011 года работы выполняются в рамках государственных контрактов, заключенных с Минпромторгом России. Научно-исследовательские работы входят в Федеральную целевую программу "Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года" [19]. В международном проекте по разработке высокоскоростного гражданского самолета HEXAFLY-INT участвуют ведущие мировые и российские научные организации: ЦАГИ им. Н. Жуковского, ЦИАМ им. П.И. Баранова, ЛИИ им. М.М. Громова, МАИ, МФТИ, Европейское космическое агентство (ESA), ONERA, Германский центр авиации и космонавтики (DLR), CIRA, Университет Сиднея. Цель проекта - создание летательного аппарата на водородном топливе, способного достигать скорости порядка 7-8 тыс.км/ч, что позволит преодолеть, например, расстояние от Москвы до Сиднея за три часа [20].

ЦАГИ и "Гражданские самолеты Сухого" предложили и запа-

тентовали новый метод снижения звукового удара с использованием особой формы конструкции планера (включая надлом крыла по типу "чайки"). Если вспомнить Ту-144, то у него этот показатель давления был очень высоким: порядка 120 Па. А сейчас речь идет о допустимом уровне давления в 20...50 Па [15]. В работе ЦАГИ представлена расчетная оценка уровня звукового удара перспективных коммерческих сверхзвуковых самолетов в крейсерском сверхзвуковом полете [21]. Авторы небезосновательно полагают, что без решения проблемы звукового удара развитие сверхзвукового пассажирского авиатранспорта невозможно.

Создание сверхзвукового пассажирского самолета своевременно и необходимо для деловой авиации. Целесообразно разрабатывать машину вместимостью салона 20 пассажиров и применять комбинированную силовую установку: турбореактивные двигатели для взлета, набора высоты, разгона, снижения и посадки, и сверхзвуковые прямоточные двигатели для полета на основном участке полета с крейсерской сверхзвуковой скоростью. **А**



content/uploads/2017/01/SNLF-Backgrounder.pdf

10. Из Лондона в Нью-Йорк - за один час. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.dw.com/ru/из-лондона-в-ню-йорк-за-один-час/a-18632858>

11. EADS ZEHST concept plane: How does Tokyo to London in just over two hours sound? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://newatlas.com/eads-zehst-concept-plane/18967/>

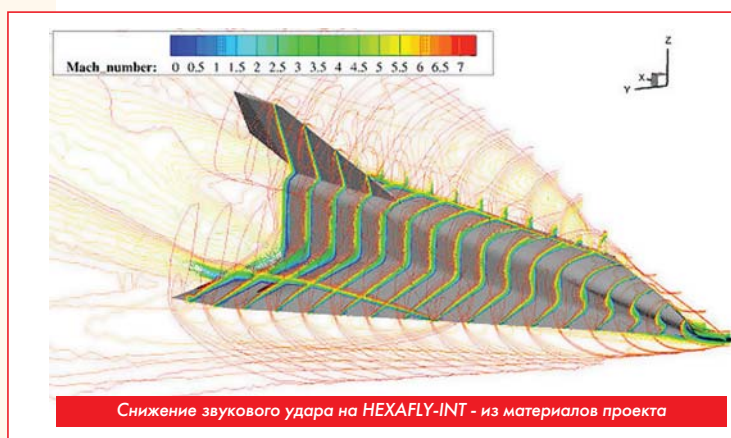
12. Airbus запатентовала новый сверхзвуковой самолет. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.interfax.ru/world/459308>

13. Стратегический бомбардировщик Ту-160. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.airwar.ru/enc/bomber/tu160.html>

14. Дулепов Н.П., Ланшин А.И., Луквников А.В. Эффективность применения двухрежимного ГПВРД в составе комбинированной силовой установки авиационно-космической системы // Вестник машиностроения. № 8. 2011. С.51-57.

15. Мирзоян А.А. Сверхзвуковой пассажирский самолет: оценки и прогнозы. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://agnc.ru/publication/8767>.

16. Бабкин В.И., Ланшин А.И., Полев А.С. Создание конкурентоспо-



Снижение звукового удара на HEXAFLY-INT - из материалов проекта



Продувочная модель HEXAFLY-INT на стенде ЦАГИ на МАКС-2017

Литература

1. Первый в РФ сверхзвуковой гражданский самолет может быть спроектирован за семь-восемь лет. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tass.ru/ekonomika/4911172>
2. Погосян М.А. Второе поколение сверхзвуковых самолетов может появиться в 2020-х годах. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tass.ru/wfys2017/articles/4650115>
3. Давыдов Ю.В., Лищинский М.А., Рулин В.И. Предварительные этапы решения задачи глобальной транспортной системы сверхзвуковых перевозок // Вестник МАТИ. - 2012. - №19 (91). - С. 96-105.
4. Фомин В.М., Аульченко С.М., Звезгинцев В.И. Анализ траекторий полета летательного аппарата с прямоточным воздушно-реактивным двигателем // Прикладная механика и техническая физика. - 2014. - Т. 55. - № 6.
5. Меднякова Т.В. Сверхзвуковые пассажирские самолеты: история эксплуатации и перспективные проекты. Новосибирск. Материалы 54-й международной научной конференции. 2016. С.37-38
6. Aerion and Lockheed Martin Join Forces to Develop the AS2. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.aerionsupersonic.com>
7. Aerion AS2 SBJ - "истребитель" для бизнеса. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://topwar.ru/49520-aerion-as2-sbj-istrebitel-dlya-biznesa.html>
8. Flexjet to Become First Fleet Customer for Aerion Supersonic Business Jet. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.aerionsupersonic.com/wp-content/uploads/2017/01/FlexJet-Press-Release.pdf>
9. Supersonic Natural Laminar Flow Technology. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.aerionsupersonic.com/wp-](https://www.aerionsupersonic.com/wp-content/uploads/2017/01/SNLF-Backgrounder.pdf)

собных авиационных двигателей 2025-2030 г. // ЦИАМ. Межотраслевой альманах. 2015. №49. С.25-29

17. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели "Союз". [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tmkb-soyuz.ru/41>

18. Фролов С.М., Звезгинцев В.И., Иванов В.С. Макет-демонстратор непрерывно-детонационного прямоточного воздушно-реактивного двигателя // Доклады Академии Наук. Физическая химия. 2017. Т.474. №1. С.51-55.

19. Юдин В.Г. До Владивостока за три часа. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://agnc.ru/people/6207>

20. Россия участвует в создании сверхзвукового самолета на водородном топливе. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tass.ru/opinions/interviews/4809167>

21. Бирюк В.И., Ибрагимов М.Р., Коваленко В.В. Перспективы снижения уровня звукового удара коммерческих сверхзвуковых самолетов нового поколения // Ученые записки ЦАГИ. Том ХLI. 2010. № 5. С. 13-18.

22. Краев В.М., Тихонов А.И., Новиков С.В. Конверсия авиационных технологий // СТИН. 2017. № 10. С. 40-44.

23. Краев В.М., Тихонов А.И. Эффективность внедрения программы импортозамещения в авиационное двигателестроение // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2017. № 2. С. 157-161.

24. Тихонов А.И., Краев В.М. Современное состояние и перспективы развития гражданского авиастроения России // Экономика и управление в машиностроении. 2017. №6. С. 25-32.

Связь с авторами: kraevvm@mail.ru
engecin_mai@mail.ru
ncsrn@mail.ru