

УДК: 338.27

Применение методов Форсайта для выявления приоритетов технологического развития авиационно-промышленного комплекса¹

Карасев О.И., Вишневецкий К.О, Веселитская Н.Н

Аннотация: В статье проводится анализ серии отечественных и зарубежных Форсайт-проектов, посвященных изучению будущего развития авиационной промышленности. Особое внимание уделяется проекту Института статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ) НИУ ВШЭ, выполняемого по заказу ОАО «Роснано» — разработке дорожной карты «Использование нанотехнологий в авиационной промышленности».

Ключевые слова: авиационная промышленность, Форсайт, дорожные карты, инновационные стратегии.

Введение

В середине XX—начале XXI столетия одной из ключевых тенденций в мире стало активное развитие прогнозных исследований, нацеленных на выявление перспективных направлений научно-технологического и инновационного развития отраслей национальной экономики. В условиях нарастающей конкуренции на глобальных рынках становится все более очевидной невозможность проводить исследования одновременно по полному спектру научных направлений. Для успешного развития экономики необходимо адекватно и своевременно выделять приоритеты инновационного развития. Инструментом, позволяющим это сделать, является Форсайт и его центральный элемент — дорожные карты.

Форсайт представляет собой «систему методов экспертной оценки стратегических перспектив инновационного развития, выявления технологических прорывов, которые

¹ Исследование осуществлено в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2011 году. Статья подготовлена по результатам поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

способны оказать максимальное воздействие на экономику и общество в средне- и долгосрочной перспективе». [1]

Форсайт является междисциплинарным инструментом и включает в себя методы, относящиеся к самым разным областям знания — социологические, математические, статистические и т.п.

Для наглядной систематизации методов Форсайта специалистом Университета Манчестера Р. Поппером была разработана схема, получившая название «Форсайт-ромб» [2] (рис. 1).

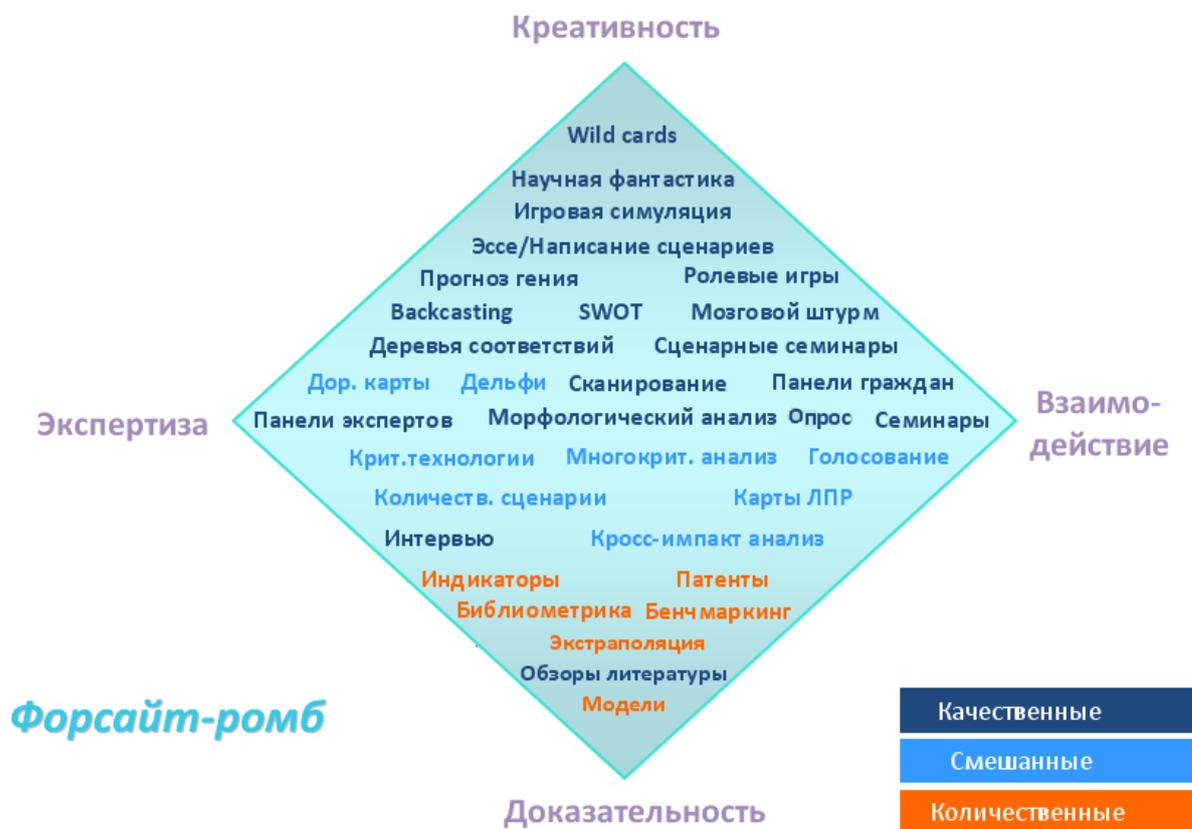


Рис. 1 Система методов Форсайта

Тема прогнозирования развития авиационной промышленности получила широкое распространение в мировой практике Форсайт-исследований.

Пионером проведения такого рода исследования является Япония, где начиная с 1971 г. каждые пять проводится крупномасштабный Форсайт по методу Дельфи.

Дельфи — методика, основанная на серии опросов одних и тех же респондентов; в каждом следующем раунде им предоставляются сводные (иногда анонимные) результаты предыдущего раунда опроса [3].

В качестве одной из ключевых тенденций долгосрочного развития было выделено развитие направления «Транспортные системы», в которое включаются темы, относящиеся к авиационной промышленности. В процессе анализа каждой из тем были выявлены ключевые технологии, способствующие ответу на важнейшие вызовы, обозначенные в прогнозе. В частности, были выявлены технологии, которые могут оказать влияние на развитие авиации (табл.1).

Таблица 1

Возможности применения технологий, выявленных в Форсайте, в авиации

Технология	Возможности применения в авиации
Широкополосные коммуникационные технологии	Использование на борту авиалайнеров для пилотов и пассажиров (транслирование ТВ передач, обеспечение видео конференций, информирование экипажа о метеоусловиях непосредственно в районе полета и т.д.)
Глобальные системы наблюдения Земли, позволяющие идентифицировать выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ с высокой точностью	Потребуется создание более «чистых» авиатехнологий
Технологии создания сверхмощных компьютеров	Использование при создании и эксплуатации авиалайнеров. Обеспечат повышение точности, безопасности продукции авиационной промышленности
Технологии саморемонта для космических аппаратов	Возможно заимствование в авиационной промышленности. Обеспечат повышение безопасности и увеличению продолжительности полета
Технология ускорения элементарных частиц, основанная на принципе лазерного ускорения	Сокращение минимально необходимого объема топлива
Сложные технологии моделирования для прогнозирования атмосферных условий,	Использование информации данного рода сделает авиаполеты более рациональными и безопасными.
Технологии по сокращению выбросов NO ₂	Сокращение вредных выбросов от авиапромышленности
Управление цепочками поставок техники	Снижение себестоимости авиапродукции и ее ремонта
Теплоизлучающие и энергосберегающие технологии приводов	Использование в бортовом оборудовании
Точнейшая технология литья, спекания с точностью до 1 мкм	Использование при производстве корпусов авиалайнеров. Обеспечит повышение качества и длительности эксплуатации, как следствие, снижение себестоимости производства и эксплуатационных расходов.
Использование технологий бесконтактного	Использование при производстве корпусов

измерения для внутренней структуры продукта с использованием электромагнитных волн и / или нейтронного пучка	авиалайнеров. Обеспечит повышение качества и длительности эксплуатации, как следствие, снижение себестоимости производства и эксплуатационных расходов.
--	---

Источник: составлено авторами на основе [4]

Значительное внимание к вопросам развития транспортных систем, включая авиацию, уделяется и в рамках отечественных Форсайт-проектов. Одними из первых широкомасштабных исследований такого рода являются прогноз развития авиационно-космических и транспортных систем, сформированный в рамках Долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2025 г., а также прогноз развития технологий создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта и технологий создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения, сформированный в рамках Долгосрочного прогноза научно-технологического развития России до 2030 г. Объектом исследований явились инновационные продукты, технологии (прорывные либо задающие скорость развития узкой технологической области) и фундаментальные научные результаты, на базе которых могут быть получены радикальные инновации [4].

В исследованиях последовательно использовался набор методов Форсайта, основным из которых в работе был метод Дельфи. [5] Схематично последовательность методов в исследованиях представлена на рис. 2.



Рис. 2 Последовательность методов при построении прогноза до 2025 г.

Построение прогноза проводилось в несколько этапов (рис. 3) [6]:



Рис. 3 Логика реализации научно-технологического блока прогноза до 2030 г.

1) Подготовительный этап. Формулировка тем

Авторами прогнозов проводился анализ лучших зарубежных Форсайт-исследований, библиометрический и патентный анализ, отбор экспертов, бенчмаркинг, выявление исследовательских фронтов. В исследованиях использовался перечень приоритетных направлений и критических технологий, утвержденный президентом РФ в 2006 году.

В результате был сформирован предварительный перечень тем для дальнейшего анализа.

2) Экспертные панели

При построении прогноза до 2025 г. на основе экспертных панелей были сформулированы уточненный перечень тем для опроса Дельфи. Среди всего перечня тем прогноза были выделены следующие направления исследования:

- «материалы, технологии их создания и обработки»;
- «двигатели и энергетические установки»;
- «методы и средства создания и обеспечения функционирования авиационной и космической техники»;
- «авиационные и космические летательные аппараты»;

- «функциональные системы и комплексы».

Также была определена система социально-экономических целей, на решение которых должны быть направлены разрабатываемые технологии.

В ходе опроса экспертам было предложено ответить на вопросы по тем темам, в которых они считали себя достаточно компетентными. При этом эксперт мог выделить степень своей компетентности: высокий, средний или невысокий. Для каждой темы требовалось определить:

- 1) ее важность для России,
- 2) ожидаемые сроки появления принципиального научно-технического решения (в России или за рубежом),
- 3) уровень научных исследований и разработок в России по сравнению с мировым, страны-лидеры по данной теме,
- 4) меры необходимой поддержки исследований и разработок в России,
- 5) ожидаемые сроки коммерциализации и освоения (в России или за рубежом),
- 6) меры поддержки для обеспечения высокой конкурентоспособности и выхода на внутренний и внешний рынки, возможные результаты внедрения.

Вопросы содержали варианты ответов. Специалистам предлагалось указать сроки появления научных решений и коммерциализации инновационных продуктов с градацией по следующим интервалам: до 2015 г., 2016–2020 гг., 2021–2025 гг., после 2025 г.

В рамках прогноза до 2030 г. было выделено два магистральных направления исследования: технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта и технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения.

Научно-технологические группы тематической области *«Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта»* следующие:

1. технологии создания автоматизированной системы управления всеми видами транспорта;
2. технология создания тренажеров пилотов и диспетчеров на рабочих местах и аэродромные диспетчерские системы, не зависящие от погодных условий и времени суток;

3. технология создания автоматизированной системы управления высокоскоростными транспортными средствами, включая скоростные магистрали;
4. технология создания автоматизированной системы транспортной информации.

Научно-технологические группы тематической области «*Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения*» таковы:

1. методы проектирования летательных аппаратов нетрадиционных компоновочных систем;
2. технология создания экологически чистых двигателей;
3. методы компьютерного моделирования кинетики термомеханических процессов и структурных превращений в элементах машиностроительных конструкций;
4. технология комплексного создания базовых элементов на основе композиционных материалов;
5. технология изготовления и обработки изделий и конструкций для получения повышенной водонепроницаемости, морозостойкости и трещиностойкости;
6. технология создания высокоскоростного транспорта для скоростей движения свыше 350 км в час;
7. технологии создания жидкостных ракетных двигателей;
8. технологии создания ракет носителей и разгонных блоков.

В отличие от прогноза до 2025 г., в рамках последующего раунда прогнозных работ анализировались более конкретные направления исследований в сфере авиационных и космических транспортных средств.

3) Опрос Дельфи

Экспертное исследование, согласно широко распространенному подходу Дельфи, было проведено в два раунда. В первом раунде эксперты отвечали на вопросы анкеты. Полученные результаты были обработаны и повторно представлены на рассмотрение экспертной группы во втором раунде. С учетом этих обобщенных результатов специалистам было предложено заполнить анкету повторно, при этом можно было как скорректировать свое мнение, так и сохранить первоначальный вариант ответа.

4) Анализ результатов и подготовка итогового отчета.

Форсайт-исследования позволило оценить перспективные продукты и технологии авиационной промышленности с различных позиций — с точки зрения как имеющегося потенциала для их практической реализации в будущем, так и возможных эффектов. Перечень наиболее значимых продуктов и технологий отрасли представлен в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ наиболее перспективных технологий и продуктов

Прогноз до 2025 г.		Прогноз до 2030 г.	
Раздел	Технологии и продукты	Раздел	Технологии и продукты
Новые двигатели и энергетические установки	<ul style="list-style-type: none"> • высокоэффективные ракетные и авиационные двигатели, работающие на альтернативных видах топлива, в том числе криогенных (жидкий водород, сжиженный природный газ), • жидкостные ракетные двигатели многоразового использования на топливах кислород + углеводородное горючее (метан, керосин) и кислород + водород с упрощенной технологией межполетного обслуживания и требуемыми стоимостными и энерго-массовыми характеристиками, ресурсом и кратностью использования, • ЖРД малой тяги с улучшенными характеристиками, включая двигатели малой тяги на экологически безопасных топливах и использующих электролиз воды, • система лазерного зажигания камер маршевых жидкостных ракетных двигателей и жидкостных ракетных двигателей малой тяги при старте ракет-носителей в полете, 	Методы проектирования летательных аппаратов нетрадиционных компоновочных схем.	<ul style="list-style-type: none"> • Новое поколение пилотируемых и дистанционно пилотируемых воздушных судов для применения в труднодоступной местности для решения специфических задач. • Самолеты с двигателями, работающими на криогенном топливе, и вертолеты с двигателями, работающими на сжиженном нефтяном газе. • Отдельные типы авиационных летательных аппаратов, в т.ч. тяжелые коммерческие самолеты с нагрузкой 75—100 т и более и дальностью полета порядка 13000 км. • Самолеты-барражировщики для поддержания мобильной связи в труднодоступной местности. • Аэростатические и гибридные летательные аппараты для перевозки негабаритных грузов с невысокими требованиями к аэродромам. • Двигатели нового поколения для воздушных судов с улучшенными экологическими характеристиками. • Слоистые звукопоглощающие и звукоизолирующие конструкции фюзеляжа с меньшим весом и высотой. • Конструкции, обладающие высокой степенью адаптации к условиям полета (интеллектуальные конструкции). • Беспилотный летательный

	<ul style="list-style-type: none"> • космические ядерные энергетические установки, в т.ч. ядерных ракетных двигателей и разработка концепции детонационных двигателей. 		<p>аппарат для выполнения авиационных работ и специальных задач (в том числе распыления сыпучих и жидких веществ для нужд сельского и лесного хозяйства, мониторинга нефте- и газопроводов).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Гиперзвуковые двигатели и летательные аппараты.
Авиационные и космические летательные аппараты	<p>а. Самолеты</p> <ul style="list-style-type: none"> • «экологически чистый пассажирский самолет» с уменьшенным в 2-4 раза уровнем шума на местности, на 60-70% меньшей эмиссией вредных веществ, имеющий в 1.5–2 раза более низкий расход топлива на пассажирокилометр и на 50% меньшие операционные расходы, • беспилотный летательный аппарат для выполнения авиационных работ и специальных задач (в том числе распыления сыпучих и жидких веществ для нужд сельского и лесного хозяйства, мониторинга нефте- и газопроводов). <p>б. Космические аппараты</p> <ul style="list-style-type: none"> • автоматические космические аппараты (коммуникационные, навигационные, для фундаментальных космических исследований социально-экономического назначения); • космические комплексы нового поколения тяжелого и среднего классов КА повышенной грузоподъемности • космический комплекс системы подвижной спутниковой связи и многофункциональной системы ретрансляции. 	Технологии создания экологически чистых двигателей.	<ul style="list-style-type: none"> • Системы быстрого действия контроля промышленных выбросов и состояния окружающей среды. • Ракеты-носители и транспортные средства на экологически чистых топливах. • Двигатели внутреннего сгорания с наддувом на природном газе, обеспечивающие выполнение норм по вредным выбросам Евро-5. • Гибкие электроуправляемые топливные системы, обеспечивающие возможность создания современных дизелей с минимальными вредными выбросами.
Технологии	• технологии изготовления	Технологии	• Интеллектуальная система

<p>создания и обработки материалов</p>	<p>герметичных корпусов приборов с улучшенными массогабаритными, тепловыми и защитными характеристиками на основе би-, триметаллов и алюминиевых сплавов с редкоземельными металлами, обеспечивающих срок активного существования;</p> <ul style="list-style-type: none"> • технологии создания конструкций, обладающих высокой степенью адаптации к условиям полета (интеллектуальные конструкции); технология изготовления высокопрочных нагруженных отливок деталей перекачивающих установок жидкостных ракетных двигателей из высоколегированных жаропрочных сплавов с применением лигатур и огнеупорных материалов на основе нанопорошков. • разработка технологических процессов получения неразъемных соединений методами сварки плавлением и высокотемпературной пайки конструкций из сталей и сплавов; • создание супержаропрочных материалов для изготовления узлов авиационных двигателей и элементов конструкций гиперзвуковых летательных аппаратов 	<p>создания автоматизированной системы управления всеми видами транспорта.</p>	<p>управления единым транспортным комплексом России.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Системы управления воздушным движением, не зависящие от погодных условий. • Системы распознавания трехмерных сцен и принятия решений, достаточно точных, чтобы обеспечить безопасное автоматическое управление транспортным средством на определенных участках дороги. • Высокоскоростная перевозка грузов и пассажиров на большие расстояния. • Система предварительного обслуживания пассажиров, обеспечивающая существенное снижение потерь времени перед полетом и после его завершения. • Системы управления средств выведения на основе использования бортовых навигационных комплексов, включая командные приборы платформенного и бесплатформенного типов. • Система ориентации на основе комплексирования унифицированной бортовой системы определения углового положения космического аппарата по сигналам аппаратуры спутниковой навигации и традиционных измерителей. • Быстродействующие малоинерционные органы управления, позволяющие существенно снизить циклические нагрузки на летательные аппараты. • Перспективные интегрированные комплексы авионики и бортовых информационных систем с возможностями комплексирования разнородной информации.
--	---	--	---

Источник: составлено авторами на основе материалов Долгосрочных прогнозов научно-технологического развития России на период до 2025 и 2030 гг.

По результатам Форсайта выбираются приоритетные направления развития предметной области. Для того чтобы обеспечить успешное развитие выделенных направлений требуется разработка дорожных карт, позволяющих сформировать долгосрочных план конкретных действий, способствующих развитию авиационной промышленности. Примером такого рода исследований является проект, реализуемый Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики» по заказу ОАО «РОСНАНО» — дорожная карта «Использование нанотехнологий в авиационной промышленности».

Карта обобщает мнение экспертного сообщества о важнейших технологиях, используемых при производстве пассажирских самолетов, и продуктах, основные потребительские свойства которых определяются применением в их конструкциях нанокomпонентов и наноматериалов. Документ описывает структуру спроса на продукты, связанные с нанотехнологиями, применимые в производстве авиационной техники, и указывает перспективные рынки, на которые может быть ориентирован выпуск указанных продуктов. Дорожная карта оценивает возможности технологий по обеспечению ключевых потребительских свойств продукции авиастроения, позволяющие сформировать ее существенные конкурентные преимущества.

Исследование основано на широком участии экспертов, представляющих различные области знаний, относящиеся к авиационной отрасли. К экспертам проекта предъявлялись жесткие квалификационные требования, в числе которых – наличие высокоцитируемых публикаций в реферируемых научных журналах, соответствующих патентов; опыт работы на ведущих предприятиях и организациях отрасли; известность в профессиональной среде, оцениваемая методом кономинации (эксперт должен быть номинирован не менее чем тремя ранее опрошенными специалистами) и др.

В процессе исследования выделены следующие основные области применения продуктов, связанных с нанотехнологиями в гражданском самолетостроении:

- конструкционные материалы;
- функциональные материалы;
- материалы силовой установки;
- бортовоерадиоэлектронное оборудование (БРЭО);
- другие материалы.

Эксперты проекта отмечают, что в настоящее время в мире происходит постепенный технологический переход к использованию новых материалов в отрасли. Применение нанотехнологий позволяет улучшить технические показатели авиационной техники в большей степени, нежели путем совершенствования и модификации традиционных материалов. Это открывает широкие возможности для использования нанотехнологических решений в отрасли и делает их критически важными для развития пассажирской техники.

Согласно мнению экспертной группы, применение нанотехнологий в гражданском самолетостроении призвано содействовать решению ряда ключевых задач, стоящих перед отраслью, в числе которых:

- повышение весовой эффективности использования материалов в планере самолетов на 25%;
- увеличение ресурса работы агрегатов по отдельности и всего самолета в целом в 1.5–2 раза;
- увеличение пассажироместимости и взлетного веса;
- рост экологичности и снижение уровня шума;
- повышение топливной эффективности;
- снижение производственных и эксплуатационных затрат самолета для выбора техники эксплуатантами.

Драйвером развития нанотехнологий является динамика развития отрасли в целом, которая определяется:

- государственными программами развития авиационной и авиакосмической отраслей;
- координационной деятельностью основных участников рынка, обеспечивающей концентрацию потенциала развития на ключевых направлениях;
- динамикой спроса на услуги отрасли;
- политической конъюнктурой и развитием международных отношений.

Оптимистические оценки будущего спроса на инновационные решения в отрасли ориентируются на показатели роста российской экономики в целом. Этот процесс, как ожидается, должен привести к росту спроса и предложения авиационных услуг за счет таких факторов, как усиление деловой активности, развитие межрегиональной и международной интеграции, рост мобильности населения и др. Это, в свою очередь, должно способствовать повышению спроса на инновационные продукты, услуги и обеспечивающие их технологические решения. Сторонники пессимистического сценария развития полагают, что

временный спад рынка перевозок будет преодолен лишь в 2012 году, существенное негативное влияние на развитие авиационного рынка при этом окажет недостаточная конкурентоспособность российских авиатранспортных услуг. Сторонники умеренной (средней) оценки рассчитывают, что спад российской экономики будет преодолен достаточно быстро. Постепенное оживление экономики будет сопровождаться ростом деловой и туристической активности, в связи с чем темпы роста пассажиро- и грузопотока, будут примерно соответствовать общемировому уровню и составят 4.9 % в год.

В рамках указанных сценариев дорожная карта отображает перспективные направления технологического развития отрасли, способствующие достижению стоящих перед ней задач. Карта включает следующие основные разделы:

- технологическое развитие;
- наноконпоненты и наноматериалы;
- потенциальный объем спроса на изделия с наноконпонентами;
- сегменты рынка отрасли.

Раздел «Технологическое развитие» отображает ключевые нанотехнологии, необходимые для создания конпонентов и изделий авиационной промышленности, и ожидаемый год их разработки. Технологии структурированы с привязкой к группам конпонентов (наноконпонентов, наноматериалов), при производстве которых они используются.

В разделе «Наноконпоненты и наноматериалы» показаны перспективные промежуточные конпоненты, создаваемые с использованием указанных нанотехнологий и применимые в авиационной отрасли. Элементы раздела также структурированы по группам. Для каждого наноконпонента указаны его преимущества и недостатки по сравнению с альтернативами, основные характеристики и прогноз их изменения на долгосрочную перспективу.

Раздел отображает возможности использования конпонентов, созданных с применением нанотехнологий, при изготовлении соответствующих агрегатов планера и силовых установок, а также конпонентов бортового радиоэлектронного оборудования. В нем также представлен ожидаемый вклад нанотехнологической конпродукции в решение ключевых задач отрасли. Приведен прогноз стоимости наноконпонентов, применяемых в конструкциях планеров, силовых установок и в бортовой радиоэлектронной аппаратуре в среднесрочном (2015 г.) и долгосрочном (2020 г.) периодах. Помимо конпродуктов наноиндустрии, карта также

отображает показаны альтернативные материалы и компоненты, которые могут использоваться или фактически используются для решения аналогичных задач.

Раздел «Потенциальный объем спроса на изделия с нанокomпонентами» предназначен для того, чтобы оценить прогнозный объем спроса на соответствующие изделия при различных сценариях развития — пессимистическом, умеренном (среднем) и оптимистическом. В разделе «Сегменты рынка отрасли» показана общая структура спроса в отрасли, также с выделением трех сценариев.

Выводы

Российская практика прогнозных исследований подтверждает выводы зарубежных исследователей о необходимости применения методов Форсайта в сфере авиации. Проведение таких исследований позволяет обобщить представления широкого круга экспертов о путях инновационного развития отрасли, сформировать их согласованное видение на уровне всех ключевых организаций, относящихся как к сфере исследований и разработок, так и к реальному сектору экономики.

Применение методов Форсайта призвано содействовать разработке конкретных рекомендаций по выбору приоритетов развития (например, выделение «точек роста») и механизмам их практической реализации (дорожные карты). При этом его эффективность будет напрямую зависеть от того, насколько основные рекомендации будут использованы в конкретных управленческих решениях. Практическое использование выводов, сделанных в ходе проведения Форсайта, будет способствовать повышению конкурентоспособности отечественного авиастроения, формированию политики опережающего реагирования на будущие вызовы и возможности.

Библиографический список

1. Гохберг Л.М. Будущее как стратегическая задача // Форсайт. — 2007. — № 1 (1).
2. Popper R. How are foresight methods selected? // Foresight — 2008. — Vol. 10. № 6.
3. Martin B. Foresight in Science and Technology // Technology Analysis and Strategic Management. — 1995. — Vol. 7. № 2.
4. The Ninth Technology Foresight in Japan // <http://www.transhumanism-russia.ru/content/view/99/110/>.

5. Соколов А.В. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России до 2025 года // Форсайт. — 2009. — №3 (11).
6. Гохберг Л.М. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу: цели, задачи и результаты второго раунда // <http://www.iacenter.ru/publication-files/25/21.pdf?1.0%20Mb>.
7. Вишневский К.О. Социально ориентированный Форсайт как инновационный инструмент в модернизационных процессах // Человеческий капитал. — 2010. — № 8 (20).
8. Вишневский К.О. Форсайт как инструмент государственной политики // Человеческий капитал. — 2010. — № 5 (17).
9. Карасев О.И., Вишневский К.О. Прогнозирование развития перспективных материалов с использованием методов Форсайта // Форсайт. — 2010. — № 2.
10. Карасев О.И., Лавров В.А. Форсайт и дорожные карты в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности // Информационные ресурсы России. — 2010. — № 4.
11. Карасев О.И., Соколов А.В. Форсайт и технологические дорожные карты для nanoиндустрии // Российские нанотехнологии. — 2009. — Т. 4. № 3–4.
12. Соколов А.В. Форсайт: взгляд в будущее // Форсайт. — 2007. — № 1 (1).
13. Соколов А.В., Карасев О.И., Рудь В.А., Шашнов С.А. Долгосрочный прогноз развития российской nanoиндустрии с использованием метода Дельфи // Российские нанотехнологии. — 2009. — Т. 4. № 5–6.

Карасев Олег Игоревич, заместитель директора Международного научно-образовательного Форсайт-центра Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 101000 г. Москва, ул. Мясницкая, д. 18

тел.: +7 (495) 772-95-90, доп. 1564; e-mail: okarasev@hse.ru

Вишневский Константин Олегович, научный сотрудник Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

101000 г. Москва, ул. Мясницкая, д. 18; тел. +7 (495) 772-95-90, доп. 1544; e-mail: kvishnevsky@hse.ru

Веселитская Наталия Николаевна, стажер-исследователь Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

101000 г. Москва, ул. Мясницкая, д. 18; тел. +7 (495) 772-95-90, доп. 1624; e-mail: nveselitskaya@hse.ru