

УДК 338.27

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ АВИАСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ФОРСАЙТА: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Н.П. ВЕЛИКАНОВА, О.И. КАРАСЕВ, А.А. ПОЛОЗОВ-ЯБЛОНСКИЙ

Какие самолеты будут востребованы через 20–40 лет? Какие угрозы и технологические прорывы ожидаются в будущем? Достаточно ли открыты возможности для достижения намеченных целей? На эти и иные вопросы стремятся дать ответ в прогнозных исследованиях ученые всего мира, используя традиционные и инновационные подходы, в том числе современные методики анализа больших данных и экспертной информации. Методология форсайта, сочетающая методы качественной оценки и количественных измерений, позволила создать собирательный «образ будущего» авиастроения, объединяющий широкий спектр потребностей и ожиданий людей всего мира.

Ключевые слова: авиастроение, прогнозирование, форсайт, глобальные вызовы.

В XXI веке форсайт превратился в инструмент формирования государственной и международной политики в странах Европы, Азии, Америки и Австралии. В последнее десятилетие цели, масштаб, тематика и уровень детализации форсайт-исследований развития авиастроения имеют заметные различия. Некоторые из них посвящены перспективам авиастроения в целом, другие – отдельным актуальным вопросам развития отрасли, таким как, например, обеспечение авиационной безопасности. Подавляющее большинство ученых рассматривают перспективы авиастроения в контексте глобальных *вызовов*, экологических и энергетических, технологических трендов – развития новых материалов, интеллектуальных технологий и др. Есть проекты, в которых все эти подходы представлены в комплексе (*Flying in 2050*) или детализированы в дорожных картах международного (*The IATA Technology Roadmap*) и глобального (*Global Aviation Safety Roadmap*) масштабов.

Анализ нескольких десятков форсайт-проектов в области авиастроения¹ показал, что доминирующей темой за рубежом стали вызовы будущего, сулящие как позитивные, так и негативные эффекты. Пришло понимание, что выявление этих проблем глобального, национального и отраслевого уровней может обеспечить защиту от их разрушительного воздействия или ускорить освоение новых технологических направлений, обеспечивающих устойчивое развитие отрасли и экономики в целом.

В ПОИСКАХ ОТВЕТА НА ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ

Одним из основных глобальных вызовов современности ученые называют загрязнение окружающей среды. Так, в Великобритании в ходе «авиационных» форсайтов изучается воздействие различных технологических решений на состояние внешней среды. Как правило, исследования проводятся при поддержке государственных, общественных и научных организаций. Например, спонсором форсайта экологического типа «*Устойчивое развитие – управление энергетикой и антропогенная среда*» (Foresight-project «Powering Our Lives: Sustainable Energy Management and the Built Environment») (SEMBE)) выступило Министерство (The Department for Communities and Local Government). В работе приняли участие более 200 экспертов и широкий круг заинтересованных лиц. Исследование проводилось в течение трех лет, и в декабре 2009 г. был опубликован итоговый доклад.

Специалисты сформулировали три ключевых фактора влияния на формирование энергетической политики – *изменение климата, энергетическая безопасность и дефицит топлива*. Были разработаны четыре сценария (рис. 1). По сценарию «Зеленое развитие» экологическая безопасность, обеспеченная разработкой новых энергетических систем, приведет к открытости и независимости страны.

¹ Исследование выполнено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ «Высшая школа экономики».

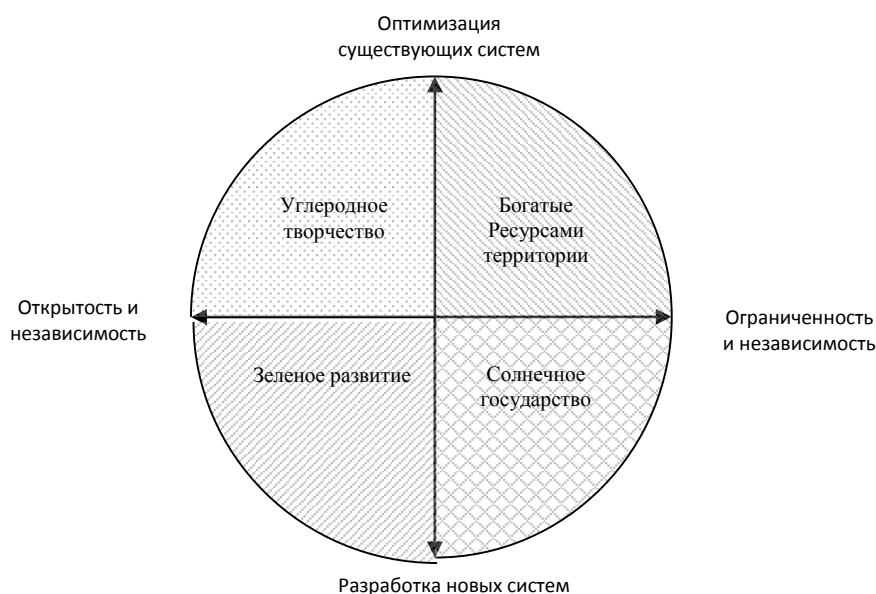


Рис. 1. Сценарии изменения энергетической системы и антропогенной среды

Источник: Foresight-project "Powering Our Lives: Sustainable Energy Management and the Built Environment" (SEMBE).

Ученые определили «окна возможностей» для сокращения выбросов углекислого газа на 80 %: снижение энергопотребления, содействие эффективному использованию энергии, сокращение выбросов углерода на единицу энергии, поощрение перехода на альтернативные виды топлива. Согласно докладу, к 2050 г. будет обеспечен переход к низкоуглеродным энергетическим системам, соответствующим требованиям экономики и ожиданиям людей. Причем, по мнению авторов, аэрокосмическая промышленность должна сыграть в этом процессе весомую роль.

По мнению экспертов, развитию конкурентоспособности авиационной отрасли способствовало бы повышение энергоэффективности и снижение уровня выбросов углекислого газа, а также внедрение технологий перехода на низкоуглеродистые источники энергии и поглощения выбросов углекислого газа для длительного хранения. Это примеры «прямого эффекта» от внедрения предложенных в проекте подходов. Однако существуют примеры и «обратного эффекта», когда переход на другие виды топлива может привести к увеличению стоимости энергии, а повышение энергетической эффективности – к увеличению потребления энергоресурсов. Согласно результатам исследования, после 2035 г. удастся достичь существенного снижения выбросов CO₂ за счет внедрения технологий его поглощения и хранения (рис. 2).

Тематическая область	Технологии						Рынки
	2010		2025		2040		
Энергетика и электро-сбережение		Светодиодные технологии		Уменьшение электропотребления			
				Технологии создания электросберегающих систем		Повышение энерго-эффективности	
Защита окружающей среды		Низкоуглеродистые материалы		Низкоуглеродистые технологии		Снижение выбросов CO ₂ на единицу энергии	Авиационная промышленность
				Использование альтернативных видов топлива (биотопливо, атомная энергия, энергия солнца и ветра)			
						Технологии поглощения и хранения выбросов углерода	

Рис. 2. Технологии для применения в авиационной промышленности

Источник: составлено на основе "Foresight-project «Powering Our Lives: Sustainable Energy Management and the Built Environment» (SEMBE)".

Дорожная карта «Технологии защиты окружающей среды для аэрокосмической отрасли Канады» (Canadian Aerospace Environmental Technology RoadMap (CAETRM), November 2008) стала первым инициативным проектом компании NRC Aerospace, реализованным ведущими научными институтами и центрами страны при поддержке министерств промышленности и транспорта и Национального научно-исследовательского совета (NRC). Цель проекта состояла в выявлении перспективных технологий и возможности создания инфраструктуры, которая необходима канадской аэрокосмической промышленности для выполнения экологических требований и устойчивого развития в течение ближайших десяти-пятнадцати лет (рис. 3).

Тематическая область	Технологии				Рынки
	2005	2015	2025		
Защита окружающей среды	Уменьшение воздействия на окружающую среду при наземных операциях				Авиакосмическая промышленность
		Ликвидация опасных материалов при производстве, техническом обслуживании, ремонте			
			Разработка альтернативных видов топлива		
		Снижение выбросов CO ₂	Улучшение экологических показателей		
			Новые материалы и покрытия		
Авиастроение		Решение экологических проблем винтокрылых летательных аппаратов			
			Экологическое проектирование		
			Разработка «экологически чистых» самолетов		
	Совершенствование авионики, шасси, кабины, электрических систем	Улучшение конструкции ВС			
	Повышение эффективности двигателей				
		Совершенствование каркасов летательных аппаратов			

Рис. 3. Технологии авиастроения и защиты окружающей среды в ДК Канады

Источник: составлено на основе "Canadian Aerospace Environmental Technology RoadMap (CAETRM)", November 2008.

ОБРАЗ БУДУЩЕГО

Особенный интерес вызывают исследования, в которых эксперты пытаются заглянуть в отдаленное будущее экономики и общества. Одним из таких проектов в сфере авиации можно назвать форсайт «Полеты в 2050 году» («Flying in 2050» Executive Summary of the work of the Foresight Commission of the Air and Space Academy Initial Report. 31 October 2011, updated 10 Nov. 2011). Исследование проводилось членами Академии авиации и космонавтики Франции в 2011 г. Ученых интересовали возможности обеспечения безопасности и увеличения скорости полетов, прокладки маршрутов через горы, океаны и подобные, причем развитию гражданской авиации придавалось исключительно высокое значение – как символу суверенитета страны.

Прогноз развития гражданской авиации до 2050 г. содержал перечень глобальных трендов отрасли авиаперевозок: замедление роста трафика; рост цен на энергоресурсы и, как следствие, потребности в альтернативных источниках энергии; ускорение технического прогресса и,

как следствие, рост экологической нагрузки; снижение аварийности; увеличение потребности в комплексе мер для поддержки ноу-хау и научно-технических знаний; усиление мер по борьбе с террористическими действиями – при сохранении уважения к индивидуальной свободе; улучшение качества услуг по перевозке пассажиров и грузов.

В форсайте был реализован комплексный подход – рассмотрены взаимосвязи между двумя сегментами рынка и пятью тематическими областями: защиты окружающей среды, повышения авиационной безопасности, авиастроения, сервиса, энергетики и энергосбережения (рис. 4).

Тематическая область	Тенденции					Рынки	
	2015		2030		2045		
Авиационная безопасность		Повышение безопасности полетов				Авиакомпании и аэропорты	
		Совершенствование методов управления воздушными перевозками					
Сервис			Повышение качества обслуживания				Авиационная промышленность
Защита окружающей среды					Использование альтернативных видов топлива		
Энергетика и электросбережение			Улучшение эффективности двигателей		Улучшение экологических показателей		
Авиастроение		Создание и поддержка ноу-хау		Новые конфигурации транспортных самолетов	Совершенствование каркасов летательных аппаратов		

Рис. 4. Технологии форсайт-проекта «Полеты в 2050 году»

Источник: составлено на основе "Flying in 2050" Executive Summary of the work of the Foresight Commission of the Air and Space Academy Initial Report. 31 October 2011, updated 10 Nov. 2011.

Широта рассмотренной тематики позволила всесторонне оценить будущие тенденции, прежде всего, в области безопасности полетов, повышения качества обслуживания, улучшения экологической обстановки, а также создания ноу-хау.

Одним из масштабных прогнозных исследований в Азии считается *технологический форсайт* в Японии. Он проводится Национальным институтом научной и технической политики Японии (NISTEP) каждые 5 лет с временным горизонтом прогнозирования в 30 лет. В девятом форсайте национального уровня (2010) приняли участие ученые (47 %), представители производства (29 %) и органов государственной власти (15 %). Они достигли консенсуса в определении глобальных вызовов, приоритетных тематических областей и технологических трендов (табл. 1).

Таблица 1

Ключевые технологии в сфере авиации и тематические области на период до 2040 года: Япония

Тематическая область	Технологии
Защита окружающей среды	улучшение экологических показателей
	технологии сокращения выбросов CO ₂ , NO ₂ и др.
Энергетика и энергосбережение	энергосберегающие технологии приводов
Интеллектуальные технологии	глобальные системы зондирования Земли
	сложные технологии моделирования для прогноза атмосферных условий
	технологии для создания сверхмощных компьютеров
Сквозные технологии	управление цепочками поставок техники
Авиастроение	сокращение объемов используемого топлива
	технологии ускорения элементарных частиц на основе лазерного ускорения
	технологии саморемонта для космических аппаратов
	технологии высокоточного литья (с точностью до 1 мкм)
	совершенствование каркасов воздушных судов

Тематическая область	Технологии
Бортовое оборудование	технологии бесконтактного мониторинга внутренней структуры продукта с использованием электромагнитных волн и/или нейтронного пучка
	широкополосные коммуникационные технологии
	автопилотные воздушные суда
	совершенствование бортового оборудования

Последний японский форсайт продемонстрировал устойчивые тенденции прогнозных исследований, выраженные в снижении интереса к развитию отдельных технологических направлений и формировании комплексных ответов на вызовы, стоящие перед экономикой и обществом.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ И «ОКНА ВОЗМОЖНОСТЕЙ»

Помимо формирования комплексного представления о возможном и желаемом будущем важной задачей форсайт-проектов является определение конкретных технологических приоритетов и разработка мер по их реализации. В этой связи особенный интерес представляет опыт стран, добившихся в последние десятилетия существенного прогресса в научно-технологической сфере.

Большой глубиной изучения *национального технологического потенциала* отличаются исследования, проводимые в Республике Корея. Так, приоритетные направления в разработках и технологиях, которые обладают наибольшим потенциалом для страны, определялись в рамках проекта «Корея-2030» (Korea 2030. Foresight Brief № 036. The European Foresight Monitoring Network. The Third Korean National Foresight Exercise). Прогноз охватывал период 2005–2030 гг. Итогом исследования стал перечень вызовов и приоритетов социально-экономического развития страны, разделенный на 15 категорий и 43 подкатегории; предложено 761 технологическое решение и построены сценарии социальной системы будущего, для которых сформулированы десять приоритетных направлений: космос и науки о Земле; материалы и производство на их основе; информация и знания; пища и биоресурсы; жизнь и здравоохранение; энергетика и окружающая среда; безопасность; социальная инфраструктура; управление и инновации; наука и техника для общества и культуры. По каждому из направлений выявлены основные тематические области и ключевые технологии, которые могут оказать влияние на развитие авиации (табл. 2).

Таблица 2

Ключевые технологии в сфере авиации и тематические области: «Корея-2030»

Тематическая область	Технологии
Нанотехнологии	нанотехнологии для низкоуглеродной энергетики
	технологии электроники с использованием новых наноматериалов и наноструктур
	электропроводящие клеи, краски, новые виды смазок
	жаропрочные, конструкционные, гидрофобные и самоочищающиеся материалы
	сверхлегкие, сверхпрочные, износ- и термостойкие, стойкие к коррозии материалы
Сокращение топливных расходов	микро- и нанопористые мембраны, нанопокрывтия
	термоэлектрические модули для повышения эффективности систем с высокими тепловыми потерями
	технологии для преобразования тепла, вибрации и электромагнитных волн в электричество
	технологии со сверхнизким энергопотреблением
Авиационная безопасность	топливные элементы высокой мощности
Авиационная безопасность	повышение безопасности воздушных судов
Авиационная безопасность	совершенствование двигателей
Совершенствование бортового радиоэлектронного оборудования	энергоэффективные комплементарные металлооксидные полупроводники (CMOS)
	интеллектуальные технологии обработки новых функциональных материалов
	оперативная память с высокой емкостью
	высокочувствительные микродатчики

Результаты исследования возможностей разработки и применения новых материалов отражены в дорожной карте «Композиционные материалы в аэрокосмической промышленности», разработанной в Великобритании (Technology Roadmap for Composites in the Aerospace Industry).

National Composites Network (NCN) – Roadmapping Workshop for the Aerospace Industry. June 2006.). Горизонт прогноза для этого исследования составил 20 лет.

Цель проекта заключалась в обеспечении лидерских позиций Великобритании в разработке и внедрении композиционных материалов для авиастроительства. В ходе исследования были изучены возможности снижения затрат на производство и выявления новых материалов, финансирования деятельности выставочных площадок и обучения высококвалифицированных инженеров, создания системы, способствующей повышению осведомленности в сфере композиционных материалов, кластеров, объединяющих инновационные компетенции, и партнерских отношений между заинтересованными сторонами и т. д. На рис. 5 представлены технологии, разработка которых, по мнению экспертов, окажет существенный положительный эффект на развитие авиационной промышленности Великобритании.

Тематическая область	Технологии					Рынки
	2010		2015		2020	
Интеллектуальные технологии		Интеллектуальные средства				Авиационная промышленность
		Технологии моделирования				
		Средства проектирования				
		Интеграция сенсорной техники и компонентов				
Авиастроение			Прямой впрыск без автоклава			
			Термопластические технологии			
		Вулканизация токами сверхвысокой частоты	Совершенствование технологий вулканизации			
			Технические средства сборки			
			Технологии формирования заготовок для снижения времени простоя			
			Складные фальцованные секции		Промышленные технологии создания материалов сердечника многослойного типа	
			Технологии более рентабельного производства материалов многослойной структуры			
Новые материалы			Конструкции систем композиционных материалов			
			Технологии соединения разнородных материалов			
			Выявление новых материалов (смолы, нано- и др.)			
			Разработка новых полимеров и технологий обработки поверхностей			

Рис. 5. Технологии, выявленные в ДК

Источник: составлено на основе "Technology Roadmap for Composites in the Aerospace Industry. National Composites Network (NCN) – Roadmapping Workshop for the Aerospace Industry".

«КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

Следует обратить внимание на то, что развитие многих направлений предполагает использование междисциплинарных решений, возникающих на стыке разных наук. На основе

совместного упоминания различных технологий в зарубежных форсайт-исследованиях нами разработана диаграмма их взаимосвязи, на которой показано количество технологий, упоминаемых в зарубежных форсайт-проектах в сфере авиастроения, относящихся одновременно к нескольким тематическим областям (рис. 6).

Таким образом, основные технологии, развитие которых было предложено в рассмотренных зарубежных проектах, можно объединить в 10 тематических областей: *авиационные конструкции; авиационные двигатели; новые материалы, методы их создания и разработки; авионика; информационные и коммуникационные технологии (ИКТ); экология и защита окружающей среды; энергетика и энергосбережение; наземные операции (в т. ч. эксплуатация аэропортов); авиационная безопасность; управление воздушным движением*. На рис. 7 показаны технологические тренды с горизонтом до 2050 г., обозначенные в нескольких проектах по всем рассматриваемым тематическим областям.

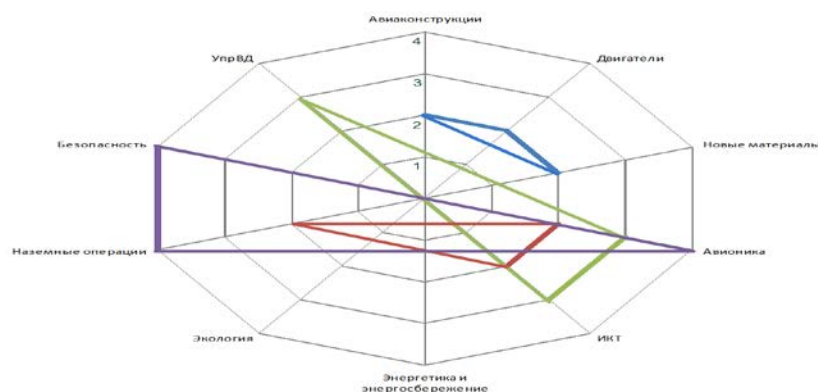


Рис. 6. Диаграмма взаимосвязи технологий

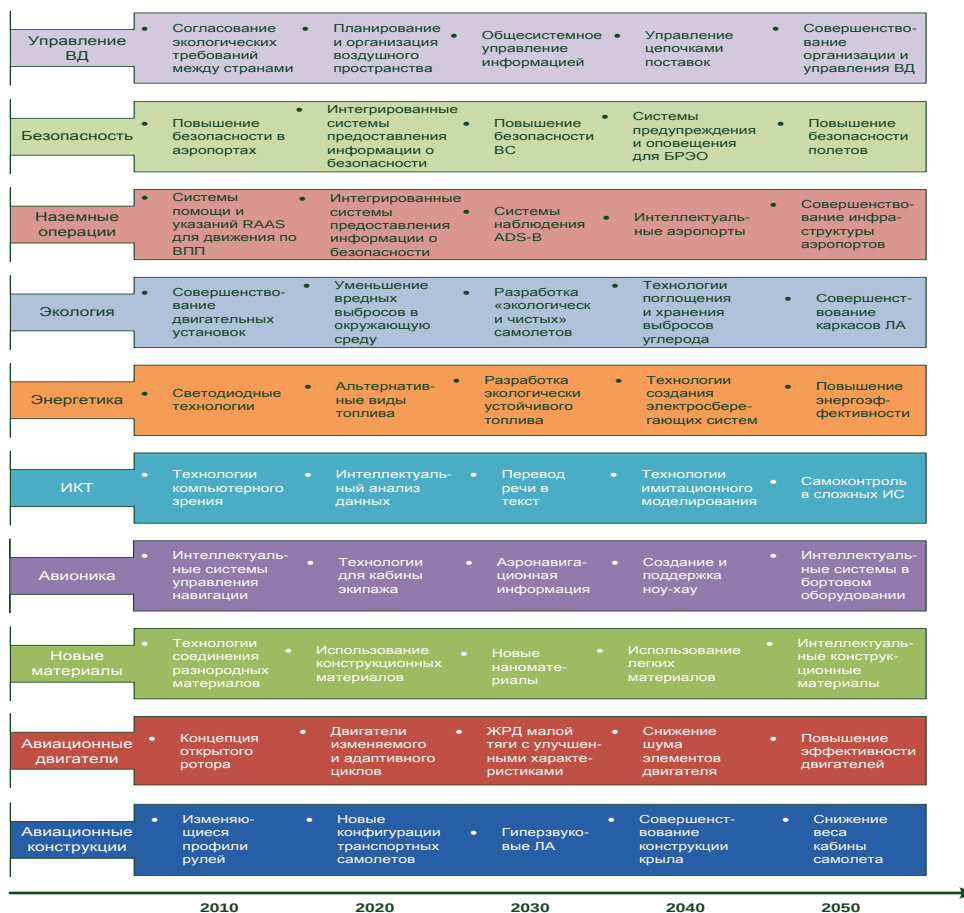
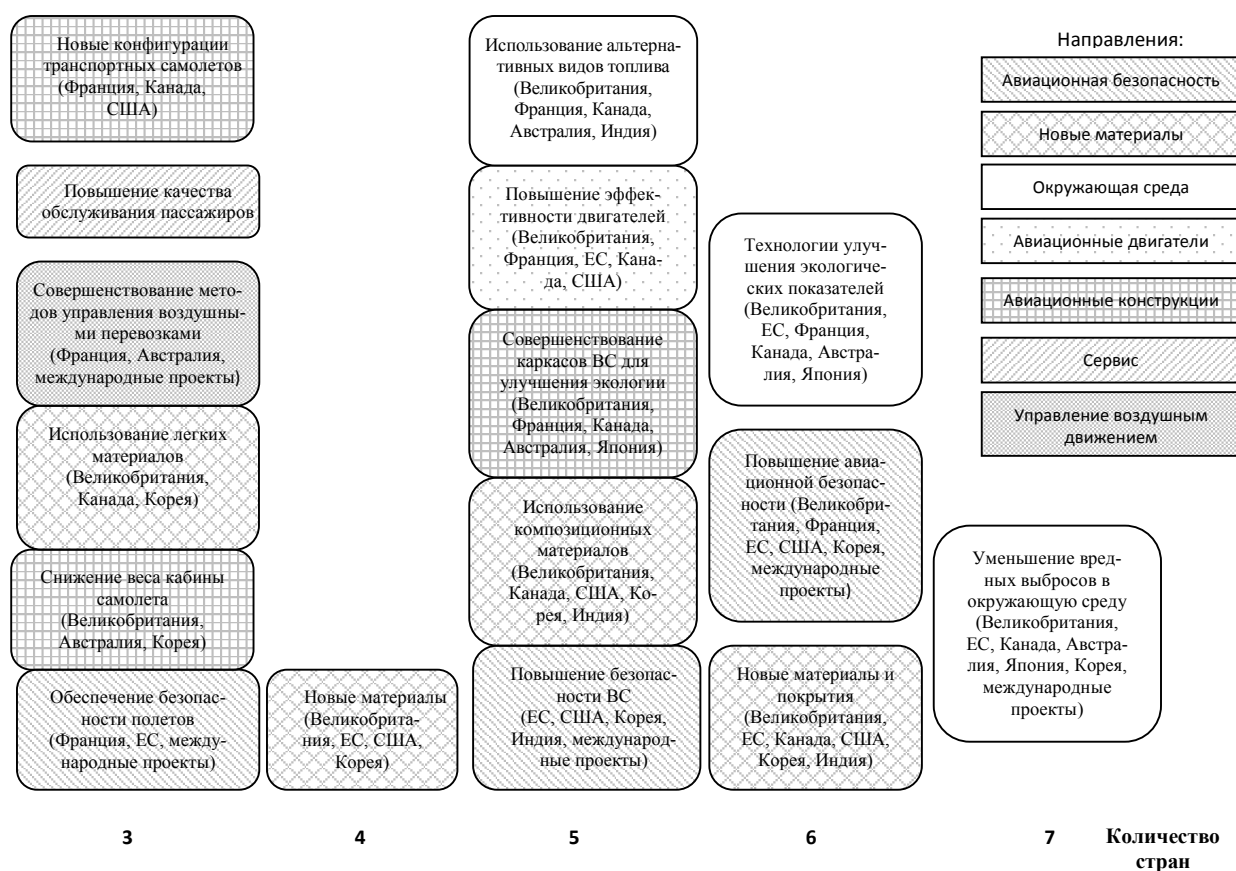


Рис. 7. Наиболее востребованные технологии

Источник: составлено на основе систематизации зарубежных форсайт-проектов в сфере авиастроения.

Очевидно, что при определении технологических приоритетов в сфере авиастроения рассматриваемые страны фокусируются на разных областях. Это отражает различия в целеполагании на национальном уровне, а также в имеющемся на сегодняшний день научно-технологическом потенциале. Между тем в прогнозных документах лидеров отрасли обнаружили устойчивые предпочтения – три группы перспективных технологий: *технологии улучшения экологических показателей и уменьшения вредных выбросов; разработка новых материалов и покрытий для авиационной промышленности; повышение авиационной безопасности*. Можно утверждать, что эти направления определяют глобальные тренды развития отрасли.

Не менее интересным оказался результат определения технологических предпочтений, упоминаемых в прогнозных документах наибольшего количества стран (рис. 8).

**Рис. 8.** Географическое распределение технологических приоритетов развития авиастроения

Источник: составлено на основе российских и зарубежных форсайт-проектов в сфере авиастроения.

Следует отметить, что российские прогнозы и стратегические документы находятся в русле мировых тенденций [1]. Причем основы государственной политики России в области авиационной деятельности определяются рядом документов стратегического планирования, которые регулируют отношения между участниками стратегического планирования и предусматривают цели, задачи и приоритеты развития, достижение лидерства в ведущих научно-технических и фундаментальных исследованиях в области авиастроения и авиаперевозок. Принятие стратегических документов в области российского авиастроения создает предпосылки преодоления отставания от мировых лидеров по развитию инфраструктуры и технического оснащения гражданской авиации.

Анализ зарубежных подходов к прогнозированию развития авиастроения показал важность усиления международной кооперации в сфере экологии, в частности, унификации требований по защите окружающей среды, применения междисциплинарного подхода в прогнозировании; ориентации на концепцию «глобальных вызовов», предполагающую переход от поддержки отдельных технологических направлений к поиску решений комплексных задач, стоящих перед мировым сообществом.

ЛИТЕРАТУРА

Карасев О.И., Вишневский К.О., Веселитская Н.Н., Великанова Н.П. и др. Форсайт развития авиационной науки и технологий до 2030 года и на дальнейшую перспективу / Науч. ред.: Б. Алешин, В. Бабкин, Л. Гохберг, А. Дутов, С. Желтов, Е. Каблов, Е. Федосов, С. Чернышев. М.: ЦАГИ, 2014.

FORECASTING OF AIRCRAFT USING THE METHODS OF FORESIGHT: FOREIGN EXPERIENCE

Velikanova N.P., Karasev O.I., Polozov-Yablonsky A.A.

In the article the forecasts of the aircraft industry made within the framework of international foresight studies of the last decade are discussed. The objectives, scope, topics and level of detail of these projects are defined. Comparative analysis of foresight studies of the EU, Canada, France, USA, Australia, Japan, Korea, India and Russia allows to create a collective "Image of the Future" of the global aircraft industry, reflecting the wide range of customers needs and expectations.

In the twenty-first century foresight became an instrument of public policy building in developed countries. The foresight studies for aviation sector demonstrate noticeable differences: some of them are dedicated to the prospects of aircraft industry as a whole, others are studying special issues such as aviation safety. Most part of modern foresight projects consider the aviation prospects within the context of global challenges, environmental, energy and technological trends (development of new materials, intelligent technology, etc).

Technologies considered by leading foresight projects are grouped into 10 thematic areas: aircraft design; aircraft engines; new materials, methods of their creation and development; avionics; information and communication technologies; ecology and environment protection; energy saving; ground operations (including operation of airports); aviation security; air traffic management. Despite the existing differences of sectoral goal-setting, some sustainable priorities were found. Among them there are three technological groups: technologies improving ecological performance and reducing harmful emissions; development of new materials and coatings for the aviation industry; the improvement of aviation safety.

The performed analysis of aviation foresight results has shown the importance of strengthening international cooperation in the area of ecology, in particular the harmonization of environment protection requirements, of multidisciplinary approach to forecasting; orientation to the concept of "Grand Challenges", which provides for the transition from separate technology areas support to the search of complex solutions of the problems facing the world community.

Key words: aircraft, forecasting, foresight, global challenges.

REFERENCES

Karasev O.I., Vishnevskij K.O., Veselitskaja N.N., Velikanova N.P. i dr. Forsajt razvitija aviacionnoj nauki i tehnologij do 2030 goda i na dal'nejshuju perspektivu / Nauch. red.: B. Aleshin, V. Babkin, L. Gohberg, A. Dutov, S. Zheltov, E. Kablov, E. Fedosov, S. Chernyshev. M.: CAGI, 2014.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Великанова Наталья Павловна, к.фил.н., ведущий научный сотрудник Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», nvelikanova@gmail.com.

Карасев Олег Игоревич, к.э.н., доцент, заведующий кафедрой статистики экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, k-o-i@yandex.ru.

Полозов-Яблонский Андрей Александрович, к.э.н., член Правления Клуба директоров по науке и инновациям, советник генерального директора – руководитель инновационного направления ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии», apolozov-yablonsky@aeroflot.ru.