

А.В. ДУТОВ,

д.т.н., к.э.н., генеральный директор Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва, Россия, dutov@nrczh.ru

В.В. КЛОЧКОВ,

д.э.н., к.т.н., заместитель генерального директора по стратегическому развитию Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва, Россия, klochkovv@nrczh.ru

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ПРОДУКЦИИ И ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГРАЖДАНСКОГО АВИАСТРОЕНИЯ)

УДК 001.89: 338.27:629.7

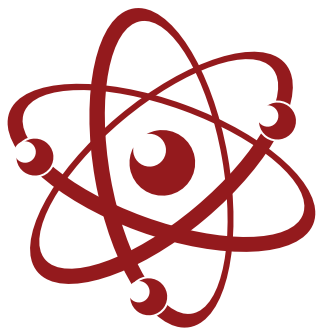
Дутов А.В., Клочков В.В. Методы оценки влияния технологий на характеристики перспективной продукции и достижение целей научно-технологического развития (на примере гражданского авиастроения) (Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», ул. Викторенко, д. 7, г. Москва, Россия, 125319)

Аннотация. Предлагается методологический подход к оценке влияния новых технологий на достижение целей научно-технологического развития отрасли (на примере авиастроения). Он предполагает иерархическую связь между характеристиками отдельных технологий, характеристиками изделий (летательных аппаратов) и интегральными характеристиками авиатранспортных систем. Учитывается, что на стадии прикладных исследований и разработок разрабатываются не реальные, а гипотетические объекты. Описан состав и взаимосвязи необходимого комплекса математических моделей.

Ключевые слова: стратегическое планирование, прогнозирование, научно-технологическое развитие, генеральные цели, технологии, эффективность, оценка влияния, математические модели.

DOI 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-35-45

Цитирование публикации: Дутов А.В., Клочков В.В. (2020) Методы оценки влияния технологий на характеристики перспективной продукции и достижение целей научно-технологического развития (на примере гражданского авиастроения) // Экономика науки. Т. 6. № 1–2. С. 35–45.



Введение

Прикладные исследования и разработки должны быть направлены на повышение уровня технического совершенства перспективной наукоемкой продукции. Суть стратегического планирования научно-технологического развития авиастроения состоит в формировании программы прикладных научно-исследовательских работ (НИР), нацеленных на развитие определенных перспективных технологий. При тактическом управлении реализацией стратегического плана проводится контроль разработки этих технологий и корректировка программы в соответствии с полученными результатами. Основой для принятия решений о включении предлагаемых научно-исследовательских работ в стратегический план прикладных НИР, а также об их продолжении или прекращении в рамках тактического управления, служат:

- оценка эффективности технологий, развиваемых в рамках данных НИР, по отношению к задачам систем, где эти технологии в дальнейшем будут внедряться и применяться (летательных аппаратов, авиатранспортных систем, национальной экономики);
- оценка степени проработанности разрабатываемых технических решений, рисков их дальнейшего применения в промышленности и сроков, необходимых для завершения разработки;
- оценка объема ресурсов (трудовых, финансовых, объемов использования объектов экспериментальной базы).

Итак, первоочередной проблемой является оценка эффективности технологий, их влияния на характеристики систем всех уровней. Традиционно в этой области преобладали экспертные методы оценивания – такие как метод анализа иерархий и др. (см., например, [1]). Следует учитывать, что принимать решения о выборе направлений научно-технологического развития, о начале или завершении прикладных НИР приходится в условиях высокой неопределенности, отсутствия предшествующего опыта «подобных» исследований и разработок, а также конфликта интересов. Эксперты, оценивающие полезность тех или иных технологий, как правило, являются и заинтересованными лицами, в силу малочисленности профессионального сообщества. В настоящее время развиваются т.н. неманипулируемые методы экспертизы (подробнее см., например, [2]). Однако даже если удастся устранить фактор необъективности и заинтересованности отдельных экспертов, остается фундаментальная проблема их ограниченной рациональности, неполноты их знаний – тем более что приходится выбирать технологии, которые будут применяться в будущем. Экспертным образом предугадать отклик сложных, многосвязных и нелинейных систем практически невозможно. Когнитивное моделирование [3] позволяет исследовать сложные многосвязные системы, но, в основном, на качественном уровне. Объективно и, по возможности, в количественном выражении оценить степень достижения генеральных целей развития науки и технологий в авиастроении можно лишь путем математического моделирования (желательно,

уходя от экспертных оценок и волонтаристских решений, что необходимо для повышения качества управления прикладными НИР, см. [4]). Это требует разработки модельно-математического инструментария комплексной и «сквозной» оценки влияния технологий на интегральные показатели достижения генеральных целей научно-технологического развития.

За рубежом, в странах, являющихся лидерами как, собственно, в сфере научно-технологического развития, так и в сфере управления им, соответствующий модельный аппарат развивается довольно успешно (см., например, [5]). Развиваются методы многодисциплинарного моделирования, позволяющие оценивать влияние новых технологий на интегральные характеристики летательных аппаратов в комплексе, см. [6–7]. На основе таких оценок формируются стратегические планы, программы и дорожные карты (см., например, [8]). Однако непосредственное заимствование зарубежного инструментария для нужд российской прикладной науки и невозможно, и нецелесообразно. Прежде всего, перед российской авиацией и авиастроением стоят специфические проблемы, имеется страновая специфика как авиатранспортной системы, так и ее связей с другими отраслями (подробнее см., например, [9–11]). Поэтому неизбежно потребуются разработка адекватного этой специфике модельного аппарата (отдельные примеры описаны в источниках [12–14]). Кроме того, важен не столько сам набор разнообразных моделей, сколько системная методология их построения и применения для комплексной оценки эффективности новых технологий. Эти соображения определяют актуальность данной методологической работы.

Основные понятия, используемые в сфере прогнозирования и стратегического планирования научно-технологического развития

Продукция гражданского авиастроения используется для выполнения авиационных работ (ранее объединявшихся аббревиатурой ПАНХ – применение авиации в народном хозяйстве) и оказания услуг (прежде всего, транспортных, но не только). Поэтому с точки зрения

функционального назначения гражданские воздушные суда (ВС) обслуживают различные сегменты или ниши рынков авиатранспортных и др. услуг, а также авиационных работ – например, рынки магистральных перевозок в дальнем сообщении, рынки доставки малых грузов в городских и пригородных районах, рынки авиационных работ, строительно-монтажных работ, и т.п. Однако это – именно рынки конечных услуг, оказываемых с помощью авиации (что, впрочем, необязательно – так, перевозки пассажиров и грузов даже на одних и тех же маршрутах выполняются многими конкурирующими видами транспорта, а работы по мониторингу и патрулированию территорий и объектов могут выполняться, в том числе, космическими средствами или даже неподвижными, немобильными средствами).

Потребности в авиационных работах и услугах могут удовлетворяться различными группами ВС, которые здесь называются *платформами*. Подчеркнем, что это – не конструктивные общности ВС¹ (например, вертолеты), а именно функциональные общности (например, вертикально взлетающее ВС – а это требование может обеспечить, помимо вертолета, также дирижабль, конвертоплан, самолет вертикального взлета и посадки с подъемными или подъемно-маршевыми двигателями).

Итак, платформы – это группы ВС (возможно, существенно различающихся по конструкции и принципам функционирования), удовлетворяющие определенным «внешним» функциональным требованиям. Их соотношение с ранее выделенными нишами рынков услуг и работ таково. В принципе, одна и та же ниша рынка конечных услуг может требовать различных классов авиационной техники. Например, перевозки в местном сообщении могут выполняться легкими воздушными судами как вертикального взлета и посадки, так и короткого взлета и посадки (соответственно, ЛВС ВВП и ЛВС КВП). Другой пример: магистральные перевозки в дальнем сообщении на расстояние порядка

нескольких тысяч км, как правило, с дозвуковой скоростью порядка 800–900 км/ч (подчеркнем, что это – именно характеристики транспортной услуги) могут выполняться как широкофюзеляжными самолетами пассажироместимостью 300–500 и более человек, так и узкофюзеляжными с пассажироместимостью 100–200 человек (соответственно, ШФС и УФС), и даже деловыми самолетами пассажироместимостью порядка 10 человек. Подчеркнем, что они все выполняют одну и ту же транспортную задачу, и пассажиру, строго говоря, безразлично, сколько человек летит одновременно с ним². Приведенные примеры ЛВС ВВП и ЛВС КВП, УФС и ШФС – разные платформы, хотя и работающие в одних и тех же сегментах рынка авиaperевозок. Это разные функциональные группы ВС, поскольку к ним предъявляются различные требования по грузоподъемности или пассажироместимости, *взлетно-посадочным характеристикам* (ВПХ), и т.п.

В свою очередь, выполнены эти требования могут быть различными способами. Например, ЛВС КВП может быть как самолетом, так и автожиром, а ЛВС ВВП – вертолетом, конвертопланом, мультикоптером и т.п. Эти альтернативы уже представляют собой пример *технических концепций авиационной техники* (ТКАТ), то есть конкретных совокупностей взаимосвязанных технических решений, взаимосвязанных технологий, которые являются путями (способами) выполнения требований к платформе. Если платформа – это совокупность требований к характеристикам ВС, отвечающая на вопрос «что именно и как³ нужно сделать?», то ТКАТ – это возможный ответ на эти требования, конкретизирующий, «каким способом (технологически) это можно сделать».

ТКАТ и платформы находятся в отношении «многие ко многим», т.е. нельзя утверждать, что

¹ В официальных классификациях ВС выделяют *типы* и *классы* ВС именно как конструктивные общности. Также используется термин «*категория*» – например, самолеты с максимальной взлетной массой или пассажироместимостью до определенного порога.

² Примечательно, что для грузовых перевозок аналогичное правило уже несправедливо. Т.е., например, возможность одновременной перевозки груза массой 25 т (причем, с технической точки зрения важно именно то, что это моногруз, с точки зрения центровки ВС, сосредоточенных нагрузок на грузовой пол, возможности погрузки и выгрузки через люки и т.п.) не равноценна возможности перевезти 5 раз по 5 т.

³ Вопрос «как» здесь понимается именно в плане требований, т.е., например, перевезти 1 т на 100 км со скоростью 300 км/ч («что» – транспортная услуга), взлетая и садясь без разбега («как» – требования к функционалу ВС).

некоторый набор ТКАТ «входит в платформу». В принципе, и платформы соотносятся с нишами рынков авиационных работ и услуг как «многие ко многим». Так, ЛВС ВВП (кстати, как и ЛВС КВП) могут также, помимо авиаперевозок на местных воздушных линиях (МВЛ),

решать задачи мониторинга и патрулирования, поисково-спасательные задачи, и т.п.

Схематично можно представить взаимосвязь вышеописанных понятий в области гражданского авиастроения в следующем виде (см. рисунок 1 и 2, иллюстрирующие вышеописанные примеры).



Рисунок 1. Иерархическая связь сегментов рынков авиационных работ и услуг, платформ гражданской авиационной техники и технических концепций (пример местных авиаперевозок, поисково-спасательных операций и легких ВС)



Рисунок 2. Иерархическая связь сегментов рынков авиационных работ и услуг, платформ гражданской авиационной техники и технических концепций (пример магистральных авиаперевозок и ВС)

Формирование состава платформ и ТКАТ, а также определение значений их характеристик (для платформ – целевых, для ТКАТ – достижимых) и составляет суть задач стратегического планирования технологического развития авиационного строения.

Характеристики – количественные и качественные показатели свойств изделий и систем в целом, их подсистем и элементов. Это могут быть как частные характеристики систем всех уровней (изделий, подсистем, элементов), так и интегральные характеристики изделия в целом, характеризующие его с точки зрения *надсистемы* – парка воздушных судов, авиатранспортной системы и т.п., – и, таким образом, определяющие влияние изделия на достижение генеральных целей развития данной области техники. Характеристики воздушного судна в целом могут быть как частными (расход топлива на различных режимах полета, силы и моменты, действующие на самолет при отказе системы сдува/отсоса пограничного слоя, и т.п.), так и интегральными (стоимость единицы транспортной работы, длительность транзитного технического обслуживания, ТО, вероятность развития катастрофической ситуации в определенных условиях полета, и т.п.). Сами по себе характеристики могут быть не скалярными, а векторными, или даже более сложными объектами – например, могут представлять собой некоторые функциональные зависимости, как, например, поляры крыла или планера в целом, дроссельные и высотно-скоростные характеристики двигателей.

Совокупность характеристик произвольных подсистем и элементов изделий авиационной техники, а также частных характеристик воздушных судов (ВС) в целом обозначим $P = [\vec{p}_1, \dots, \vec{p}_N]^T$, где $\{p_i\}$, $i = 1, \dots, N$ – отдельные подсистемы и элементы⁴. Размерность этого «метавектора» может быть очень большой, тем более что в нем могут быть представлены компоненты разных уровней иерархии. Здесь преднамеренно не

делается попытки их разделить и четко описать соответствующую иерархию.

Интегральные характеристики воздушных судов обозначим $\{r_j\}$, $j = 1, \dots, M$. Они зависят от частных характеристик воздушных судов и характеристик отдельных систем и подсистем (причем, в общем случае, от всех):

$$r_j = r_j(P), \quad j = 1, \dots, M.$$

Кроме того, и частные характеристики, и, тем более, интегральные, зависят от условий (внешних, не контролируемых проектантом). Причем, как правило, чем выше уровень характеристики, тем сильнее она зависит именно от внешних условий, а не от технологий и конструктивных параметров. Это могут быть как определенные условия (на которые проектант может ориентироваться) – например, параметры стандартной атмосферы, так и неопределенные, например, цены на авиатопливо. Более корректно предыдущее выражение можно переписать так:

$$r_j = r_j(P, E), \quad j = 1, \dots, M,$$

где E – «метавектор» условий. Причем, условия могут изменяться сложным, заданным проектантом, образом. Например, параметры атмосферы по мере изменения высоты полета могут меняться по определенным законам (в простейшем случае эти зависимости формализованы в виде международной стандартной атмосферы, МСА). Процессы эксплуатации воздушных судов и авиадвигателей, изменения режимов их работы, нагружения их элементов могут задаваться в виде обобщенного типового полетного цикла (ОТПЦ), и т.п. Поэтому здесь и далее рассматривается именно подобная «свертка» условий, а зависимости характеристик от этой свертки представляют собой некоторый функционал, а не просто функцию, даже многих переменных.

Совокупность интегральных характеристик воздушных судов в целом обозначим $R = [\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_M]^T$. В свою очередь, интегральные характеристики воздушных судов являются входными данными для оценки показателей достижения генеральных целей развития области техники – например, повышения доступности авиатransпортов, их качества, повышения безопасности полетов и снижения экологического ущерба. Показатели достижения генеральных целей обозначим

⁴ На стадии НИР можно говорить лишь о характеристиках гипотетических перспективных изделий, которые могут быть созданы на основе исследуемых технологий. Соответственно, имеют место не истинные значения характеристик, а их оценки, получаемые в процессе прикладных НИР. Для простоты символ «^», обозначающий оценочный характер характеристик, в данной работе опускается.

$\{s_k\}$, $k=1, \dots, L$. Они зависят от интегральных показателей ВС (тоже, в общем случае, всех) и, опять же, от внешних условий:

$$s_k = s_k(R, E), \quad k=1, \dots, L.$$

Совокупность показателей достижения генеральных целей обозначим $S = [\vec{s}_1, \dots, \vec{s}_L]^T$.

Иерархия и взаимосвязь описанных характеристик и показателей схематично показаны на рисунке 3.

Задачи и инструменты оценки влияния технологий на характеристики перспективной продукции и на достижение целей НТР авиастроения

Согласно разработанной методологии прогнозирования и стратегического планирования научно-технологического развития (НТР) авиастроения, прогноз НТР включает в себя:

- форсайт спроса, т.е. прогноз потребностей в развитии технологий, представляющий собой систему формализованных и выраженных в т.ч. в количественной форме требований к перспективной авиационной технике и, в конечном счете, к технологиям;

- форсайт предложения, т.е. прогноз технологических возможностей – достижимых с использованием тех или иных новых технологий характеристик перспективной авиационной техники.

Для реализации этих двух процессов необходимы инструменты получения объективных оценок:

- показателей достижения генеральных целей развития авиастроения при заданных характеристиках изделий авиационной техники (в т.ч. гипотетических),
- характеристик изделий авиационной техники, достижимых при использовании тех или иных комплексов технологий.

Поскольку рассматриваются будущие, гипотетические изделия авиационной техники и области их применения, основным средством получения необходимых оценок является математическое моделирование. Необходимо разработать методы и программные средства моделирования:

- систем высшего уровня, в которых применяются изделия авиационной техники (авиатранспортной системы, группировки Воздушно-космических сил) – ситуационного моделирования,

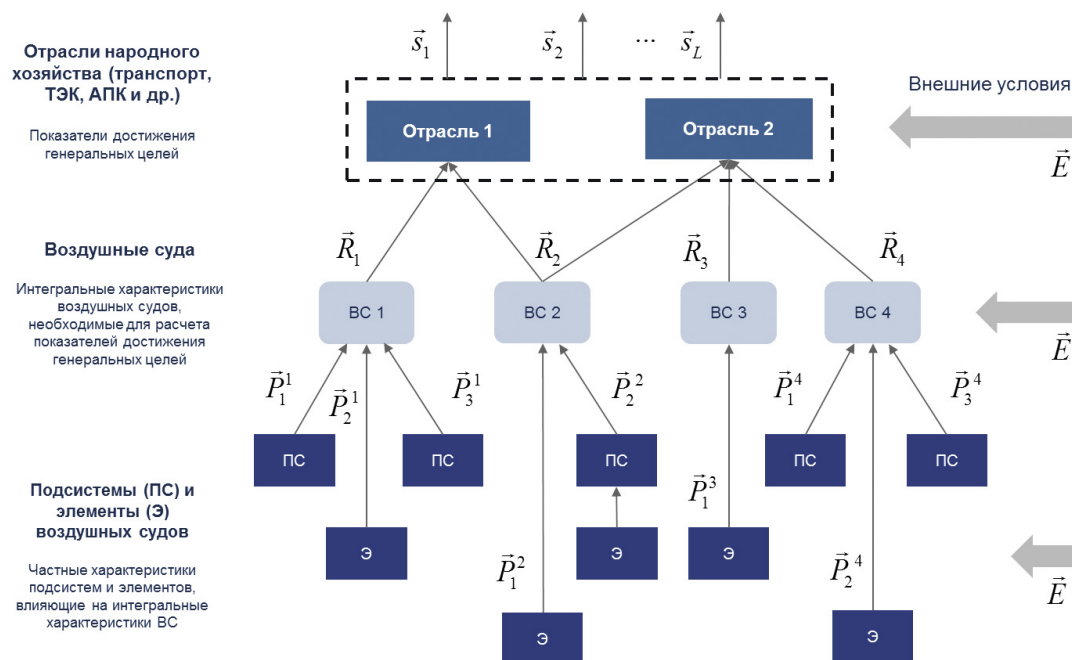


Рисунок 3. Взаимосвязь интегральных и частных характеристик воздушных судов и их элементов, показателей достижения генеральных целей и внешних условий

- самих изделий авиационной техники как сложных систем, в конструкции и процессах функционирования которых воплощены технологии авиастроения, новые, существующие и перспективные – инженерного моделирования.

Первая группа инструментов применяется преимущественно в рамках форсайта спроса, вторая – в рамках форсайта предложения. Разумеется, этот инструментарий не может быть универсальным. Системные модели разрабатываются под каждую существующую или предполагаемую область применения авиации в национальной экономике и обороне, а инженерные модели – зачастую под каждую техническую концепцию, и даже под каждую новую или предполагаемую технологию. Причем, например, при построении системных моделей необходимо учитывать уникальные страновые особенности Российской Федерации, специфику ее природно-географического, социально-экономического, геополитического положения.

Платформы, т.е. группы авиационной техники, выполняющие определенные функции (виды авиaperевозок или авиационных работ) и удовлетворяющие определенным требованиям, должны способствовать достижению генеральных целей научно-технологического развития авиастроения и, в конечном счете, социально-экономическому развитию страны. Этими соображениями и должны определяться рациональный состав платформ и требования к их характеристикам.

Существуют следующие механизмы влияния научно-технологического развития авиастроения на социально-экономическое развитие:

1) Совершенствование гражданских ВС как средств воздушного транспорта⁵ улучшает транспортное обслуживание страны (в частности, доступность, качество, безопасность авиатранспортных услуг), а также, возможно, снижает вредное экологическое воздействие авиации на окружающую среду.

⁵ Строго говоря, гражданская авиационная техника, помимо оказания авиатранспортных услуг (перевозок), может использоваться и для выполнения авиационных работ. Поэтому далее, говоря о «транспортных» аспектах применения гражданской авиационной техники, будем иметь в виду и авиационные работы, которые нередко не сводятся к решению транспортных, перевозочных задач.

2) Сам процесс производства и реализации изделий гражданской авиационной техники вносит вклад в валовый внутренний продукт (ВВП), занятость квалифицированных кадров, высокотехнологичный экспорт и т.п.

3) Возможен трансфер технологий, разработанных в интересах авиастроения, в другие отрасли, а также межотраслевая интеграция исследований и разработок между авиастроением и другими отраслями.

Поэтому для обоснования состава и требований к характеристикам платформ в гражданском авиастроении необходимо количественно оценить влияние гипотетического набора платформ с заданными характеристиками на реализацию вышеперечисленных механизмов. Иногда они будут конфликтными – например, достижение социально-экономических целей в области транспортного обслуживания, и достижение коммерческих целей производства и продажи продукции авиастроения. Для определения глобального оптимума потребуются агрегирование этих механизмов, их вклада в социально-экономическое развитие.

Но прежде необходимо получить хотя бы оценки отдельных, частных показателей:

- «транспортной»⁶ (включая не только доступность и качество авиатранспортных услуг, но и их безопасность и экологические характеристики),
- производственной (т.е. с точки зрения влияния их производства на доходы авиационных предприятий и их прибыль, занятость кадров),
- и «технологической»⁷ эффективности гипотетических платформ с определенными характеристиками.

Для этого используются следующие виды математических моделей:

А) Модели авиатранспортной системы с входными данными в виде гипотетических платформ, описываемых заданным набором характеристик уровня научно-технического совершенства. Другая группа входных параметров

⁶ С учетом ранее сделанного уточнения, т.е. учитываются и разнообразные авиационные работы.

⁷ Под таковой понимается эффективность платформы как источника технологий, которые могут быть применены или адаптированы в других отраслях экономики.

этих моделей – цены самих изделий авиационной техники, послепродажных услуг, а также используемых в эксплуатации ресурсов, в т.ч. энергоносителей и труда. Выходом этих моделей должны быть показатели достижения генеральных целей развития науки и технологий в гражданском авиастроении, т.е. повышения доступности, качества, безопасности авиатранспортных услуг и экологичности воздушного транспорта.

Б) Производственно-экономические модели авиастроительных программ разработки, производства и послепродажного обслуживания гипотетических ВС с заданными характеристиками уровня научно-технического совершенства. Одним из главных входных параметров в этих моделях является планируемый объем выпуска соответствующих изделий за их жизненный цикл. Он, в свою очередь, оценивается исходя из моделей спроса на авиаперевозки (или авиационные работы) при заданных показателях их доступности и качества, которые и определяются в предыдущем пункте.

В этих моделях значимыми факторами, помимо серийности выпуска изделий, являются факторы сложности используемых технологий (в т.ч. продуктовых технологий, воплощенных в конструктивных решениях и принципах функционирования изделий, а также используемых материалов). Косвенно на нее влияют требования, предъявляемые к платформе (они уточнялись выше с помощью моделей авиатранспортной системы). Но все-таки, строго говоря, стоимость:

- создания технологий (т.е. прикладных научно-исследовательских работ, НИР),
- разработки образцов авиационной техники (т.е. опытно-конструкторских работ, ОКР),
- производства⁸,

зависит не столько от требований к ВС, сколько от конкретного пути выполнения этих требований, т.е. от выбора конкретных ТКТА для каждой платформы. Поэтому важным «входом» для таких моделей является состав конкретной

ТКАТ, перечень и характеристика входящих в нее технологий.

Выходные показатели этих моделей – это показатели коммерческой эффективности авиастроительных проектов (прибыль, рентабельность и т.п.), а также их результативности именно с производственной точки зрения – например, занятости кадров, средней производительности труда и т.п.

Строго говоря, следует оценивать производственную эффективность не отдельных проектов разработки и производства изделий для каждой платформы, а портфеля проектов, с учетом их совместной реализации в авиационной промышленности (и дефицитности общих ресурсов), возможной технологической общности различных платформ (точнее, ТКТА, выполняющих их функции) и т.п.

Для количественной оценки третьего вида влияния изменений авиационных технологий на социально-экономическое развитие – трансфера технологий и межотраслевой интеграции – необходимы модели, аналогичные описанным выше моделям типов (А) и (Б), а именно:

- Модели применения изделий других отраслей (например, применения изделий энергетического машиностроения в энергетике). Эти модели также должны определять эффективность применения данных изделий – например, стоимость энергии для потребителей, уровень экологического воздействия энергетики на окружающую среду, и т.п.
- Производственно-экономические модели разработки и производства изделий других отраслей, использующих авиационные технологии – эти модели практически аналогичны таковым для авиастроения.

«Технологическая» эффективность также должна оцениваться для совокупности ТКТА и портфеля входящих в них технологий. Некоторые ТКТА требуют разработки общих технологий, которые, кроме авиастроения, также могут применяться в других отраслях. Именно технологическая общность с другими отраслями и определяет возможности трансфера технологий и межотраслевой интеграции их разработки. Они и являются источником «технологической» эффективности.

⁸ А также длительность НИР и ОКР, что немаловажно при анализе жизненного цикла изделия, его коммерческой и «транспортной» эффективности.

Цены продукции авиастроения (включая сами изделия авиационной техники и их послепродажное обслуживание) также являются входами для моделей авиастроительных проектов (моделей типа Б). Но если при оценке доступности авиатранспортных услуг их повышение играет негативную роль, то здесь увеличение цен на продукцию авиастроения повышает коммерческую эффективность программ разработки и производства изделий. Таким образом, цены продукции балансируют «транспортную» и «коммерческую» эффективность программ разработки и производства авиационной техники в рамках определенных платформ и ТКАТ. Здесь цены продукции авиастроения не связаны напрямую с ее себестоимостью. Это справедливо и на свободном рынке, где авиастроительные компании могут проводить гибкую ценовую политику, и в случае реализации программы создания изделия (а также, возможно, его эксплуатации) под государственным контролем, когда решения должны приниматься не по коммерческим, а по народнохозяйственным критериям. В последнем случае цена изделия может быть даже ниже себестоимости, что приведет к убыточности его

разработки и производства. Но это может быть оправдано, например, повышением доступности авиатранспортных услуг и сокращением потребности в их дотировании со стороны государства. Аналогичным образом следует «увязывать» коммерческую и «технологическую» эффективность авиастроительных проектов.

Таким образом, состав и взаимосвязь моделей, необходимых для комплексной оценки эффективности гипотетического набора платформ в гражданском авиастроении и реализующих их функции ТКАТ, могут быть схематично представлены в виде, показанном на *рисунке 4*.

Заключение

Описанные в статье модели и методы предназначены для оценки влияния разрабатываемых или предлагаемых к разработке технологий на показатели достижения генеральных целей развития науки и технологий в авиастроении. Они обеспечивают комплексную и «сквозную», вплоть до влияния на достижение генеральных целей создания научно-технического задела, оценку эффективности технологий в рамках выбранных критериев.

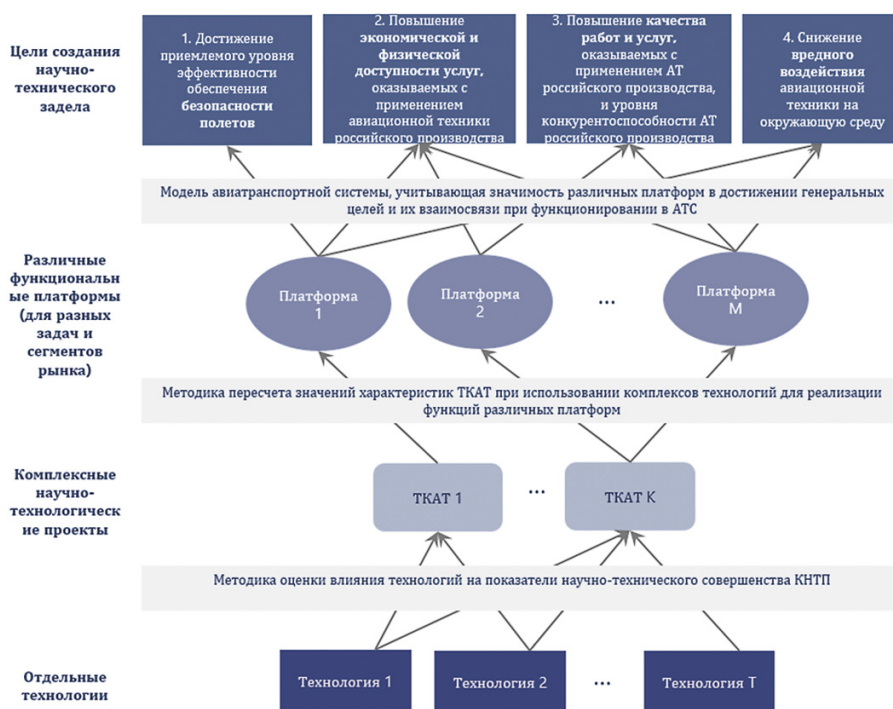


Рисунок 4. Система моделей оценки эффективности платформ и технических концепций в гражданском авиастроении

Оценка эффективности как таковая (по каким бы методикам она ни выполнялась) ни в коем случае не является самоцелью, и рассматривается лишь как средство (причем, одно из нескольких необходимых) обоснования управленческих решений. В сочетании с показателями уровней готовности технологий (косвенно характеризующими риск их дальнейшей разработки, а также необходимые для завершения разработки сроки), а также оценками потребного объема ресурсов (трудовых,

финансовых, объемов использования объектов экспериментальной базы и т.п.), оценки эффективности технологий служат основой для принятия решений о включении предлагаемых научно-исследовательских работ (нацеленных на развитие определенных технологий, на доведение их до некоторого уровня готовности) в программу прикладных НИР по созданию научно-технического задела в авиастроении. Это основная задача стратегического планирования научно-технологического развития отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саати Т. (2013) Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь. 320 с.
2. Korgin N., Rozhdestvenskaya S.M. (2017) Concordant Approach for R&D Projects' Evaluation and Ranking for Formation of Programs. 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT).
3. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. (2007) Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления. № 3. С. 6–12.
4. Клочков В.В., Рождественская С.М. (2016) Анализ эффективности формализации целеполагания в прикладных научных исследованиях и разработках // Russian Journal of Management. Т. 4. № 1. С. 82–92.
5. Bilbro J.W. (2007) A Suite of Tools for Technology Assessment. AFRL Technology Maturity Conference. Air Force Research Lab.
6. Delaurentis D.A., Mavris D.N. (2000) Uncertainty Modeling and Management in Multidisciplinary Analysis and Synthesis. AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit.
7. Jimenez H., Mavris D.N. (2014) Characterization of Technology Integration Based on Technology Readiness Levels // Journal of Aircraft. P. 1–12.
8. Mankins J.C. (2002) Approaches to Strategic Research and Technology Analysis and Road Mapping // Acta Astronautica. V. 51. № 1–9. P. 3–21.
9. Клочков В.В., Рождественская С.М., Фридлянд А.А. (2018) Обоснование приоритетных направлений развития авиационной техники для местных воздушных линий // Научный вестник ГосНИИ ГА. № 20 (331). С. 93–102.
10. Смирнов А.В., Егошин С.Ф. (2018) Авиатранспортная доступность и транспортная дискриминация населения в субъектах Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. Т. 21. № 3. С. 78–90.
11. Gorshkova I.V., Klochkov V.V. (2011) Economic analysis of development prospects for air transport in Russia's sparsely populated regions // Studies on Russian Economic Development. Vol. 22. № 6. P. 611–621.
12. Дутов А.В., Сыпало К.И., Топоров Н.Б. (2018) Управление созданием научно-технического задела в авиастроении с использованием ситуационного моделирования // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. № 11. С. 77–86.
13. Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского») (2017) под ред. Б.С. Алешина, А.В. Дутова. М.: ГосНИИАС. 160 с.
14. Рождественская С.М., Клочков В.В. (2017) Методический инструментальный формирование программ технологического развития и перечня критических технологий в авиастроении // Россия: тенденции и перспективы развития (ежегодник). Вып. 12. Ч. 2. С. 496–503.

REFERENCES

1. Saati T. (2013) Decision Making. Hierarchy Analysis Method. Moscow: Radio and communication. 320 p.
2. Korgin N., Rozhdestvenskaya S.M. (2017) Concordant Approach for R&D Projects' Evaluation and Ranking for Formation of Programs. 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT).
3. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I., Maksimov V.I. (2007) cognitive approach to management // Problems of management. № 3. P. 6–12.
4. Klochkov V.V., Rozhdestvenskaya S.M. (2016) Analysis of the effectiveness of formalizing goal setting in applied research and development // Russian Journal of Management. V. 4. № 1. P. 82–92.
5. Bilbro J.W. (2007) A Suite of Tools for Technology Assessment. AFRL Technology Maturity Conference. Air Force Research Lab.
6. Delaurentis D.A., Mavris D.N. (2000) Uncertainty Modeling and Management in Multidisciplinary Analysis and Synthesis. AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit.
7. Jimenez H., Mavris D.N. (2014) Characterization of Technology Integration Based on Technology Readiness Levels // Journal of Aircraft. P. 1–12.
8. Mankins J.C. (2002) Approaches to Strategic Research and Technology Analysis and Road Mapping // Acta Astronautica. V. 51. № 1–9. P. 3–21.
9. Klochkov V.V., Rozhdestvenskaya S.M., Fridlyand A.A. (2018) Justification of priority areas for the development of aircraft for local airlines // Scientific Herald of the State Research Institute of Civil Aviation. № 20 (331). P. 93–102.
10. Smirnov A.V., Egoshin S.F. (2018) Air transport accessibility and transport discrimination of the population in the constituent entities of the Russian Federation // Scientific Herald of the MSTU CA. V. 21. № 3. P. 78–90.
11. Gorshkova I.V., Klochkov V.V. (2011) Economic analysis of development prospects for air transport in Russia's sparsely populated regions // Studies on Russian Economic Development. V. 22. № 6. P. 611–621.
12. Dutov A.V., Sypalo K.I., Toporov N.B. (2018) Managing the creation of a scientific and technical reserve in the aircraft industry using situational modeling // Flight. All-Russian scientific and technical journal. № 11. P. 77–86.
13. Methodological foundations and regulations for the management of research and development in high-tech industries (for example, the National Research Center «Institute named after NE Zhukovsky») (2017) under the editorship of B.S. Aleshina, A.V. Dutova. Moscow: GosNIIAS. 160 p.
14. Rozhdestvenskaya S.M., Klochkov V.V. (2017) Methodological tools for the formation of technological development programs and a list of critical technologies in the aircraft industry // Russia: trends and development prospects (annual). V. 12. Part 2. P. 496–503.

UDC 001.89: 338.27:629.7

Dutov A.V., Klochkov V.V. *Methods for assessing the impact of technologies on the characteristics of promising products and achieving the goals of scientific and technological development (exemplified by the national aircraft industry)* (The National Research Center «Zhukovsky Institute», Viktorenko Str., 7, Moscow, Russia, 125319)

Abstract. A methodological approach is proposed to assess the impact of new technologies on achieving the goals of scientific and technological development of the industry (for example, aircraft manufacturing). It assumes a hierarchical relationship between the characteristics of individual technologies, the characteristics of products (aircraft) and the integral characteristics of air transport systems. It is considered that at the stage of applied research and development not hypothetical but real objects are developed. The composition and relationships of the necessary complex of mathematical models are described.

Keywords: strategic planning, forecasting, scientific and technological development, general goals, technologies, efficiency, impact assessment, mathematical models.