УДК 001.89:65.014

JEL C60, D81, O32

DOI: 10.17213/2312-6469-2019-1-177-191

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ ЗНАНИЯМИ (НА ПРИМЕРЕ АВИАСТРОЕНИЯ)

© *А.В. Дутов, В.В. Клочков, С.М. Рождественская* 2019

*Национальный исследовательский центр «Институт
им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия*

В статье уточняется постановка задач управления технологическим развитием на уровне отдельной отрасли и на межотраслевом уровне в условиях сильной неопределенности, присущей периоду смены технологических укладов. Показано, что на высшем уровне управления должны определяться оптимальные (по критериям высшего уровня иерархии) функции отдельных областей техники в национальной экономике и обороне. В каждой области техники выбираются оптимальные для выполнения этих функций макротехнологии, или технические концепции, т.е. комплексы взаимодополняющих технологий. Особое внимание уделено иерархической организации процессов планирования и принятия решений, моделирования для формирования этих решений, управления необходимыми компетенциями и знаниями.

Ключевые слова: *технологии, технологическое развитие, стратегическое управление, иерархия, моделирование, технические концепции, компетенции.*

STRATEGIC MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND SCIENTIFIC-TECHNICAL KNOWLEDGE (THE CASE OF AIRCRAFT INDUSTRY)

© *A.V. Dutov, V.V. Klochkov, S.M. Rozhdestvenskaya* 2019

National research center «N.E. Zhukovsky», Zhukovsky, Russia

The article clarifies the formulation of tasks of technological development management at the level of a particular industry and at the inter-industry level in the conditions of strong uncertainty inherent in the period of technological structures change. It is shown that at the highest level of management should be determined the optimal (for the highest level criteria) roles of certain areas of technology in the national economy and defense. In each field of technology, the optimal macro-technologies or technical concepts, i.e. sets of complementary technologies, are selected to perform these roles. Particular attention is paid to the hierarchical organization of planning and decision-making processes, modeling for the formation of these decisions, management of necessary competencies and knowledge.

Keywords: *technologies, technological development, strategic management, hierarchy, modeling, technical concepts, competences.*

Задачи управления технологическим развитием авиастроения в период смены технологических укладов

Новые технологии авиастроения создаются, как обычно декларируется, для улучшения характеристик перспективной авиационной техники. Однако желательные направления этого улучшения и количественное его измерение определяются на уровне надсистем более высокого уровня – авиатранспортной системы в гражданской сфере и Воздушно-космических сил в военной сфере. В свою очередь, эти системы также являются лишь подсистемами, выполняющими определенные функции, соответственно, в единой транспортной системе (где воздушный транспорт является лишь одним из видов транспорта) и в Вооруженных силах страны (где, опять-таки, ВКС являются лишь одним из видов). Их характеристики и выполняемые ими функции в системах более высокого уровня должны соответствовать, по возможности, оптимальному месту авиации в национальной экономике и в национальной обороне. На это и должно быть нацелено стратегическое управление технологическим развитием авиастроения.

В период смены технологических укладов (а в настоящее время именно такой период имеет место в большинстве отраслей и областей техники, не только в авиации) вероятно, что место и функции авиации будут меняться, как в силу ее технологического развития, так и в силу развития технологий в иных отраслях и областях техники. Так, например, в военной сфере вполне возможно, что часть функций, которые традиционно выполняет авиация, будет перераспределена в пользу космических и наземных стационарных средств (как поражения, так и обнаружения, разведки, целеуказания и т.п.), ракетного вооружения, флота. При этом появятся и принципиально новые функции, а некоторые современные задачи будут решаться на более высоком уровне. В гражданской сфере, с одной стороны, новые скоростные виды наземного транспорта частично потеснят гражданскую авиацию в скоростных перевозках в густонаселенных регионах (это уже наблюдается, например, в наиболее развитых странах ЕС и в КНР, где высокоскоростное железнодорожное сообщение стало сильным конкурентом гражданской авиации на расстояниях порядка 1000 км и даже более). Но, с другой стороны, возникают новые обширные сферы применения авиации в народном хозяйстве, новые виды авиационных работ и услуг, в значительной мере основанные на развитии беспилотных авиационных систем.

В такие периоды особенно высока неопределенность возможностей и пределов технологического развития разных областей техники. Соответственно, неизвестно заранее, как именно выгоднее (с точки зрения надсистем – национальной экономики и национальной обороны) перераспределить

между ними функции решения целевых задач системы верхнего уровня. Также заранее неизвестно, в какой степени эти задачи могут и должны быть решены. Как обосновано в работах [3, 5], планировать долгосрочное технологическое развитие следует, учитывая неопределенность и риск, присущие развитию технологий. Неизвестно заранее, какие именно новые технологии из числа потенциально перспективных действительно окажутся работоспособными, наиболее результативными и эффективными, в какие сроки их удастся разработать до уровня готовности, позволяющего внедрить их на практике. Также неизвестно заранее, как повлияет на работоспособность и эффективность технологий их взаимодействие, интерференция, поскольку различные технологии, как новые, так и известные, могут и «гасить» друг друга, и усиливать. Эти две группы рисков названы, соответственно, *инновационными* и *интеграционными рисками* [2].

Рациональный методологический подход к стратегическому планированию технологического развития в условиях описанных рисков таков, см. [3, 5].

Вначале следует определить глобальные целевые задачи для надсистемы и количественные показатели их решения. Это должны быть задачи фундаментального характера, не зависящие от средств их решения (например, для единой транспортной системы страны – обеспечение транспортной мобильности населения и грузов с заданным уровнем качества, для Вооруженных сил – обнаружение и поражение противника (с заданными характеристиками, действующего в рамках заданной тактики и стратегии) с заданным уровнем ущерба, и т.п.).

Затем следует оценить возможности решения этих задач с помощью различных, альтернативных областей техники, в зависимости от достижимых в будущем уровней совершенства технологий в этих областях. Однако важно, что эти уровни не единственны, и зависят от конкретного набора технологий, которые будут разработаны и внедрены в данной области техники. Формирование и оптимизация этого набора и составляет суть планирования технологического развития.

Конкретные образцы новой техники будут создаваться на основе тех или иных *технических концепций* – комплексов взаимодополняющих технологий. Эти комплексы технологий можно рассматривать как «макротехнологии», определяющие технологический облик данной области техники. Так, в современной транспортной авиации (пассажирской, грузовой) преобладает техническая концепция самолета (классической аэродинамической схемы) с турбореактивными двухконтурными двигателями, ТРДД.

Чаще всего, хотя технологии в рамках технической концепции и являются взаимодополняющими, но их состав в этой технической концепции вариативен. Т.е., например, самолет классической схемы может включать в себя ответственные элементы конструкции из полимерно-композитных материалов, ПКМ, но может иметь и традиционную цельнометаллическую

конструкцию. Наличие ПКМ может улучшить характеристики самолета, но не является строго обязательным для данной концепции. Тогда как, например, концепция сверхзвукового самолета все-таки требует именно турбореактивного двигателя, хотя на дозвуковых самолетах могут использоваться как ТРДД, так и турбовинтовые двигатели, ТВД.

В одной области техники может одновременно сосуществовать несколько технических концепций – так, в современной авиации, помимо классических самолетов с ТРДД, также, хотя и менее массово, используются самолеты с турбовинтовыми и поршневыми двигателями, ТВД и АПД, вертолеты – как с газотурбинными двигателями, ГТД, так и с АПД, причем, вертолеты различных схем – и классической, с хвостовым винтом, и соосной, и т.п.

Как правило, в период технологической зрелости данной области техники в ней складывается близкий к оптимальному состав технических концепций, каждая из которых занимает свою нишу. Например, вертолеты, хотя они и уступают самолетам в скорости и экономичности крейсерского полета, тем не менее, как менее требовательные к наземной аэродромной инфраструктуре воздушные суда, преобладают на воздушном транспорте в малонаселенных и труднодоступных местностях, поскольку там было бы невыгодным содержание дорогостоящей, но малозагруженной инфраструктуры. Однако в периоды смены технологических укладов заранее неясно, какая именно техническая концепция (или совокупность концепций) в каждой области техники лучше позволяет решать те или иные целевые задачи. В период смены технологических укладов можно говорить лишь о технологиях и макротехнологиях-«кандидатах» на роль господствующих в данной области техники, а их реальные возможности еще не известны доподлинно. Эта неопределенность снижается по мере повышения *уровней готовности технологий* (УГТ, англ. TRL, Technology Readiness Level, см. [8, 9]).

Следует оценить показатели решения целевых задач с помощью альтернативных технических концепций из различных областей техники. Для этого, разумеется, каждую техническую концепцию следует разрабатывать до высоких уровней готовности¹. Различные целевые показатели могут быть противоречивыми, как и сами целевые задачи (например, задача повышения транспортной мобильности может противоречить задаче сокращения экологического воздействия транспорта на окружающую среду), поэтому задачи выбора путей их решения будут многокритериальными. В конечном счете, оптимальное решение придется принимать по некоторому обобщающему функционалу этих показателей².

¹ По мере повышения определенности, явно доминируемые концепции следует отбрасывать, что позволяет экономить ресурсы и концентрировать их на более перспективных технологиях и концепциях.

² В математической экономике доказана теорема Дебрэ (Жерар Дебрэ – нобелевский лауреат 1983 г.), см, например, [4], о том, что, если предпочтения на множестве многокритериальных альтернатив непротиворечивы – рефлексивны и транзитивны – то их можно представить в виде скалярной *функции полезности*,

Разумеется, как и все задачи планирования военного строительства, задачи оптимального планирования технологического развития продукции военного назначения следует решать с учетом экономических критериев и ограничений. Либо максимизируется уровень решения именно целевых задач (в узком смысле – обнаружения и поражения противника, перемещения войск и техники, и др.) при заданном военном бюджете, либо иной функционал, но обязательно включающий в себя как решение собственно целевых задач, так и необходимые затраты. То же самое касается и гражданской сферы: помимо уровня решения глобальных социально-экономических задач (например, обеспечения качества транспортного обслуживания населения и, в конечном счете, качества жизни), следует учитывать и затраты государственного бюджета – если рассматривается задача управления технологическим развитием на государственном уровне.

Итак, необходимо выбрать глобально оптимальное (с точки зрения максимизации функционала показателей решения задач высшего уровня иерархии) сочетание альтернативных технических концепций из различных областей техники.

Например, задачу огневого поражения техники и живой силы противника можно решать с помощью самолетов-штурмовиков в авиации и танков в сухопутных войсках, а можно – с помощью ударных вертолетов, самоходных орудий и боевых машин пехоты. Иной пример: задачу противовоздушной обороны (ПВО) можно решать с помощью скоростных истребителей-перехватчиков и самолетов дальнего радиолокационного обнаружения и целеуказания, ДРЛОУ, а можно – с помощью наземных и морских зенитно-ракетных комплексов и радиолокационных станций, ЗРК и РЛС, космических средств обнаружения и целеуказания, и т.д. Предположим, что вероятность поражения цели одной ракетой существенно ниже 1 и слабо возрастает с ростом скорости полета перехватчика, как показано на рис. 1.

Но стоимость жизненного цикла перехватчика с ростом скорости его полета растет прогрессирующим образом (особенно по мере приближения к физическому пределу для данной концепции), см. рис. 2.

При этом одновременный пуск по цели нескольких ракет, каждая из которых в отдельности обеспечивает вероятность поражения цели существенно ниже 1, способен существенно повысить эту вероятность, приближая ее к 1, см. рис. 3.

которая принимает большие значения для более предпочтительных альтернатив и меньшие – для менее предпочтительных, а для равноценных – равные значения. Т.е. задача выбора оптимальной (в рамках данной системы предпочтений) альтернативы сводится к максимизации этой скалярной функции – при имеющихся ограничениях (ресурсных и др.).

Рис. 1. Зависимость вероятности поражения цели от скорости полета перехватчика (условный пример)

Рис. 2. Зависимость стоимости жизненного цикла перехватчика от скорости его полета (условный пример)

Рис. 3. Зависимость вероятности поражения цели от числа пущенных ракет (условный пример)

Тогда вполне возможно, что максимальную вероятность поражения целей при заданном бюджете на систему ПВО (или минимальные затраты при обеспечении заданной вероятности поражения целей) обеспечит второй, менее технологически сложный и рискованный (по сравнению с созданием еще более скоростных самолетов-перехватчиков), вариант. Как видно из этого примера, для обоснованного принятия соответствующих стратегических решений необходимо знать зависимости, подобные приведенным на рис. 1, 2, 3. Причем, они должны отражать прогнозы развития технологий в соответствующей области техники.

Иерархическая организация моделирования и принятия решений в процессе планирования технологического развития

Разумеется, описанные задачи управления технологическим развитием решаются конкретными органами управления и организациями, имеющими свои интересы, что влияет на принимаемые решения и их реализацию. Поэтому особое внимание нужно уделить организационным аспектам управления технологическим развитием – как отдельных отраслей и областей техники, так и страны в целом.

Вполне возможно, что для каких-то областей техники оптимальное решение вышеописанной задачи будет содержать «нулевую компоненту». Т.е. глобальные целевые задачи национальной экономики или обороны могут быть наилучшим образом решены вообще без помощи данной области техники. Однако в силу многообразия целевых задач (даже на высшем уровне) и конкретных условий, в которых их приходится решать, как пра-

вило, для каждой области техники находится та или иная ниша (и не одна), как в гражданской, так и в военной сферах. В то же время, переход к новому технологическому укладу почти наверняка приведет к значительному перераспределению функций и задач между различными областями техники, а также техническими концепциями внутри каждой из них (новые концепции могут существенно потеснить современные). Да и сама смена привычных ниш и ролей на новые, пусть даже и более перспективные, требует времени и ресурсов. Такие изменения неизбежно затрагивают интересы различных отраслей, организаций (как в промышленности, так и в сфере эксплуатации – например, в Вооруженных силах), персонала, и наверняка будут встречать разнообразное сопротивление на всех этапах – от собственно стратегического планирования и научного обоснования планов развития технологий, и до внедрения новых технологий в практику. Поэтому соответствующие задачи стратегического управления могут быть поставлены и успешно решены только на межотраслевом, межведомственном, межвидовом – иначе говоря, на общегосударственном уровне. Если оставить решение этих задач на уровне отдельных областей техники, видов Вооруженных сил, отраслей экономики, глобальный оптимум не будет достигнут (и даже найден). Будут упущены возможности более эффективного, благодаря новым технологиям, решения национальных задач (народнохозяйственных и оборонных), будет законсервирована сложившаяся – необязательно оптимальная даже сейчас, а, тем более, в будущем технологическом укладе – структура национальной экономики и Вооруженных сил. Соответствующее отставание может критически отразиться на национальной конкурентоспособности и безопасности страны.

В процессе планирования развития новых, часто еще только предполагаемых технологий, выбор придется делать на основе прогнозов достижимых уровней совершенства образцов, создаваемых в рамках различных технических концепций. Объективная оценка достижимых показателей уровня решения целевых задач с помощью тех или иных перспективных технологий и технических концепций (оценка зависимостей наподобие приведенных в примере на рис. 1, 2, 3) требует математического моделирования. Причем, необходимая для этого система моделей является многоуровневой, иерархической, и включает в себя:

- модели физических процессов в элементах систем изделий (в числе их «входов» – первичные данные о технологиях, их элементарные параметры – например, допустимая температура и напряжения для материалов, форма аэродинамических обводов планера, параметры законов управления в системах управления, и т.п.);
- модели систем и подсистем изделий;
- модели изделий в целом, на выходе которых – их интегральные характеристики, с точки зрения решаемых ими задач (например, для транспортного воздушного судна – грузоподъемность или пассажиромести-

мость, скорость и дальность полета, удельные эксплуатационные расходы и выбросы вредных веществ на единицу транспортной работы, и т.д.);

- модели операций, выполняемых парками изделий, т.е. решения ими различных целевых задач – транспортных, иных народнохозяйственных, боевых (как правило, на этом уровне учитываются также процессы технической эксплуатации изделий в парке, их технического обслуживания и ремонта, организация этих процессов);

- модели систем, в которых техника находит конечное применение (в авиации это модели авиатранспортной системы или группировки ВКС, на выходе которых уже – интегральные характеристики решения ими глобальных задач национальной экономики или Вооруженных сил).

Подробнее иерархия моделей и состав комплексов моделирования, необходимых для научно обоснованного планирования технологического развития авиастроения, описаны в работе [7] и др.

Итак, задача планирования технологического развития состоит в определении оптимальных (по глобальному критерию) наборов технических концепций для каждой области техники. Причем, решаться такая задача должна обязательно на высшем государственном уровне, межотраслевом и межвидовом. В то же время, ее научно обоснованное решение требует использования всей вышеописанной иерархической системы моделей. Означает ли это, что на высшем уровне управления некий «мозговой центр» должен владеть всей совокупностью моделей перечисленных уровней, и постоянно проводить расчеты с их помощью? Кто выступит разработчиком (разработчиками) такой системы моделей? Насколько это реалистично?

Как показано в целом ряде работ по теории организации, теории управления крупномасштабными социально-экономическими и организационно-техническими системами [6], иерархические структуры потому и приходится создавать, несмотря на порождаемые ими проблемы¹, что централизованное управление крупномасштабной системой невозможно, даже при условии автоматизации процессов сбора, обработки, передачи информации. В самом возникновении иерархических систем управления важная роль принадлежит проблеме управления знаниями и компетенциями. Особенно это актуально в «сложных» областях (к которым, безусловно, относится и прикладная наука), где квалификация рядового научного сотрудника может быть не ниже квалификации руководителя – просто у них разные функции.

Здесь, применительно к управлению технологическим развитием, предлагается следующая иерархия уровней принятия решений и их формирования (с помощью моделирования).

¹ См., например, описанную в работе [1] проблему снижения устойчивости системы управления с ростом количества уровней иерархии.

На верхнем, межотраслевом уровне принятия решений, используются уже агрегированные, обобщенные показатели, а именно – интегральные характеристики перспективных образцов техники, построенных на базе тех или иных технических концепций. Они являются входами для моделей операций, выполняемых парками изделий, и, наконец, для моделей систем верхнего уровня. Но они же являются и выходами «пирамиды» моделей нижестоящих уровней – от моделей физических процессов и элементов систем изделий до агрегированных моделей самих изделий.

Низшие уровни иерархии моделей наиболее многочисленны, разнообразны и специфичны (иногда приходится, фактически, для каждой конкретной новой технологии строить модели ее влияния на физические процессы функционирования систем летательного аппарата и на характеристики изделия в целом). Их разработка и развитие – прерогатива специалистов в конкретных предметных областях авиационной науки и техники. Фактически, такие модели приходится разрабатывать самим исследователям, работающим в прикладной науке и создающим новые технологии. В значительной мере прикладные исследования, разработка новых технологий и повышение уровня их готовности к внедрению и состоят в разработке соответствующих моделей и получении количественных оценок влияния технологий на системы более высоких уровней иерархии. Математические модели сегодня являются неотъемлемой частью наукоемкой продукции, даже входят в «комплект» поставки самих сложных изделий (отсюда – понятие *цифрового двойника* изделия). Тем более это касается технологий. Их формализованное описание, *паспорт технологии*, в обязательном порядке включает математические модели технологий, их влияния на системы летательных аппаратов и протекающие в них процессы. В современном понимании, помимо материальной части, наукоемкая продукция включает в себя и нематериальную, в т.ч. соответствующие знания.

Сама разработка всей совокупности моделей для анализа информации не может быть выполнена лишь силами управляющего «центра». Модели нижних уровней разрабатываются и применяются для проведения прогнозных расчетов в организациях прикладной науки в различных отраслях и областях техники. «Центр» просто не может обладать всеми необходимыми для этого знаниями – а если бы задался такой целью, был бы вынужден, фактически, продублировать (или включить в свой состав) все управляемые им научные организации. Носителями компетенций, необходимых для разработки моделей низших уровней, являются именно предметные специалисты отраслевой науки. Поэтому комплекс моделей, необходимый для научно обоснованного планирования технологического развития, неизбежно должен быть распределенным. Он заведомо не может и не должен полностью разрабатываться и применяться только на самом верхнем уровне управления технологическим развитием.

Результаты применения моделей нижнего уровня, интегральные характеристики будущих изделий, построенных на базе новых технических концепций, уже представляются на верхний уровень моделирования и принятия решений. Именно организация (или организации), ответственные за межотраслевую координацию технологического развития и его планирование на общенациональном уровне, должны быть «держателями» моделей верхнего уровня, на входе которых – агрегированные характеристики перспективных изделий разных видов техники, построенных на базе альтернативных технических концепций (т.е. фактически – обобщенные характеристики макротехнологий), а на выходе – показатели решения глобальных целевых задач. Эти группы моделей, наоборот, достаточно универсальны и относительно немногочисленны.

Необходимо уточнить, какие же агрегированные характеристики макротехнологий передаются с нижних уровней моделирования на верхние. Достижимые в рамках каждой конкретной технической концепции уровни характеристик летательных аппаратов, как правило, не единственны. В многомерном пространстве показателей это не единственная точка, вектор, а гиперповерхность. Как правило, при заданном наборе используемых технологий в процессе проектирования изделий возможен «размен» между различными характеристиками. Так, можно сократить расход ГСМ (попутно улучшая и некоторые связанные с ним характеристики), но некоторые решения, используемые для этого, могут увеличить стоимость изделий, частоту их технического обслуживания и ремонта (ТОиР), и др. Какое сочетание проектных параметров будущих образцов техники будет оптимальным с глобальной точки зрения – заранее неясно. Поэтому лицам, принимающим решения, ЛПР, на верхнем уровне (межотраслевом, межвидовом) управления технологическим развитием следует предоставлять прогноз достижимых (в рамках различных технических концепций) характеристик изделий в виде указанных гиперповерхностей, множеств Парето в пространстве характеристик изделий.

Схематично иерархию моделей, а также обоснованное здесь их разделение на верхний и нижний уровни, с точки зрения принятия управленческих решений, можно представить в виде, показанном на рис. 4.

Предлагаемая здесь структура моделей и инструментов принятия оптимальных решений естественным образом определяет и организационную структуру прикладной науки. Функции организаций разных уровней иерархии определяются более четко и прозрачно.

На высшем уровне иерархии – организация или организации, координирующие и планирующие технологическое развитие страны на межотраслевом и межвидовом уровне¹.

¹ Следует подчеркнуть, что в современной России эти функции пока не выполняются в полной мере, даже не определены органы управления, ответственные за их выполнение. В оборонной сфере эту роль может играть Военно-промышленная комиссия (при условии расширения ее

Рис. 4. Иерархическая система моделей, необходимых для обоснования стратегии технологического развития

Для них научные организации, проводящие прикладные исследования в своих отраслях и видах техники – например, в авиастроении, газотурбостроении, судостроении, лазерной технике и т.п. – формируют Парето-оптимальные множества значений характеристик соответствующих видов техники, достижимых на основе тех или иных технических концепций. Например, центры авиационной науки должны оценить, каких максимальных уровней характеристик (летно-технических, эксплуатационных, экономических, экологических и т.п.) могут достичь самолеты традиционной схемы и самолеты с новыми аэродинамическими компоновками, с газотурбинными двигателями и гибридными турбоэлектрическими силовыми установками, вертолеты различных схем, конвертопланы и мультикоптеры, и т.п. Причем, эти оценки они должны выдать не в виде единственной точки в многомерном пространстве параметров, а в виде гиперповерхности в этом пространстве, множества Парето.

Организациям прикладной авиационной науки (в других областях техники – аналогично) придется обобщить на уровне изделий авиационной техники достижимые уровни параметров альтернативных концепций, начиная с систем летательных аппаратов, и заканчивая аппаратами в целом. Для этого им необходимо получить такие же множества Парето, но уже с

функций и подчинения ей соответствующих научных организаций). В гражданских отраслях экономики эта задача вообще практически не решается, пока лишь анализируется опыт СССР, в котором действовал Государственный комитет по науке и технике, ГКНТ.

нижестоящих уровней управления – от центров компетенции по отдельным системам летательных аппаратов и по отдельным технологиям (например, композитным материалам, электрическим и гибридным силовым установкам, силовым установкам с ГТД, и т.п.).

Исходя из этих рассуждений, внутри организаций прикладной науки организационная структура должна быть матричной. С одной стороны, есть объективно сложившаяся (подчеркнем, в рамках известных технических концепций) структура самих изделий, их систем и подсистем. Например, в авиастроении это планер летательного аппарата, силовая установка, бортовое оборудование и система управления, и т.д. Заметим, что в процессе технологического развития, особенно в периоды смены технологических укладов, эта структура может меняться, и на уровне организаций отраслевой науки придется преодолевать естественный консерватизм соответствующих подразделений, меняя их роль, возможно, ликвидируя и вводя новые (аналогичную задачу, как было отмечено, придется решать и на высшем общегосударственном уровне). С другой стороны, есть тематические направления, соответствующие известным и возможным новым технологиям (в авиастроении, например – в части материалов, процессов горения и теплообмена, течений жидкостей и газов, прочности конструкций, динамики и управления движением, и т.п.). И эти технологии, в общем случае, «пронизывают» все системы летательных аппаратов. Причем, необходима еще их системная интеграция, согласование, поскольку взаимодействие различных технологий может приводить к неочевидным эффектам. Эта матричная структура организаций прикладной науки подразумевает и такую же структуру компетенций и моделей, развиваемых в соответствующих центрах компетенций.

Решая на своем уровне задачи Парето-оптимизации, организации отраслевой прикладной науки фактически будут управлять этими компетенциями. Кроме того, они же отчасти будут управлять и развитием макротехнологий – хотя, строго говоря, на уровне отрасли или области техники принять окончательное решение о выборе конкретной макротехнологии (технической концепции), как правило, нельзя. Причина в том, что в паретовском множестве, определяющем максимально достижимые уровни развития данной области техники – например, в авиации – могут присутствовать «куски» гиперповерхностей, соответствующие различным техническим концепциям. Так, если потребуется построить для авиации гиперповерхность, отражающую наилучший достижимый уровень характеристик воздушного транспорта, вероятно, в ее составе будут участки, соответствующие самолетам, и участки, соответствующие вертолетам. И только на более высоком уровне можно будет определить, например, что задачи скоростных дальних перевозок в единой транспортной системы страны будут решать самолеты, но задачи местных перевозок, в т.ч. в труднодоступных регионах, будут решать неавиационные транспортные средства (разумеет-

ся, пример условный). То есть, выбор между альтернативными концепциями в авиации будет сделан за пределами этой области техники, на более высоком уровне управления. В то же время, формируя множества Парето, сами организации отраслевой науки могут отсеять доминируемые альтернативы, определив области, в которых те или иные концепции заведомо проигрывают другим концепциям. Так, использование вертолетов в дальнемагистральных перевозках на расстояния порядка нескольких тысяч км, тем более, на линиях с большими пассажиропотоками, заведомо нерационально, в этой области предпочтительнее самолеты.

Разумеется, окончательные решения о развитии конкретных компетенций в отраслевой прикладной науке (а также об их консервации, ликвидации, конверсии на новые задачи, создании, приобретении и т.п.) можно будет принять лишь после того, как на верхнем уровне управления будут приняты глобально оптимальные решения, определяющие место и желательные характеристики каждой области техники в национальной экономике и обороне. Но сначала информация в описываемой иерархической системе управления технологическим развитием движется «снизу вверх», и лишь после того, как общий стратегический план развития технологий определен, он «спускается» на нижестоящие уровни для формирования детальных программ разработки технологий, а также планов развития потенциала в каждой области техники – т.е. планов развития центров компетенции, экспериментальной базы и т.п.

Для верхнего уровня иерархии сами области техники и отрасли являются «единицами управления», центрами компетенции. Верхний уровень управления технологическим развитием страны определяет для каждой области техники (на основе предоставленных ей же самой прогнозов о возможностях развития технологий в рамках различных концепций) ее рациональное место в национальной экономике и обороне, а также целевой уровень развития техники. Эти решения и определяют будущее различных областей техники и отраслей.

Литература

1. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. – М.: МЦНМО, 2000 – 32 с.
2. Дутов А.В., Калинин И.М. Формирование научно-технического задела в судостроении. – СПб, ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 2013 – 308 с.
3. Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Эффективные принципы стратегического планирования и организации разработки новых технологий и наукоемкой продукции // Друкерровский вестник. 2018. № 5. – С. 99-112.
4. Иванов Ю.Н. Теоретическая экономика. Очерк экономических доктрин. Теория потребления. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – 128 с.
5. Клочков В.В., Лукашов А.М., Максимов В.В., Рождественская С.М. Опережающее создание научно-технического задела в интересах развития вооружений, военной и специальной техники // Военная мысль. 2018. № 12. – С. 23-32.

6. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
7. Рождественская С.М., Ключков В.В. Методический инструментарий формирования программ технологического развития и перечня критических технологий в авиационной // Россия: тенденции и перспективы развития (ежегодник). 2017. вып. 12, ч. 2. – С. 496-503.
8. Clausing D., Holmes M. Technology Readiness. Research Technology Management, Industrial Research Institute, – 2010. – 243 p.
9. Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance / US Department of Defense, 2011.

Поступила в редакцию

26.11.2018

Дутов Андрей Владимирович – доктор технических наук, кандидат экономических наук, генеральный директор Национального исследовательского центра «Институт им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия.

Dutov Andrey V. – Doctor of Engineering Science, Candidate of Economic Science, National research center "Institute named after N.E.Zhukovsky", general director, Zhukovsky, Russia.

Ключков Владислав Валерьевич – доктор экономических наук, кандидат технических наук, заместитель генерального директора Национального исследовательского центра «Институт им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия; ведущий научный сотрудник лаборатории 67 ИПУ РАН, г. Москва, Россия.

Klochkov Vladislav V. – Doctor of Economic Science, Candidate of Engineering Science, National research center «Institute named after N.E.Zhukovsky», deputy general director, Zhukovsky; Institute of Control Science, RAS, leading research fellow, Moscow, Russia.

Рождественская Софья Михайловна – начальник отдела Национального исследовательского центра «Институт им. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Россия.

Rozhdestvenskaya Sofia M. – National research center «Institute named after N.E.Zhukovsky», head of section, Zhukovsky, Russia.

Россия, 140180, г. Жуковский, ул. Жуковского, 1
1, Zhukovsky st., 140180, Zhukovsky, Russia
e-mail: dutovav@nrczh.ru
e-mail: vlad_klochkov@mail.ru
e-mail: sonyakrupina@gmail.com