



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР**
ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Е.ЖУКОВСКОГО



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
**ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ
УПРАВЛЕНИЯ**
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ТРУДЫ
V научно-практической конференции
(04 декабря 2019 г., Москва)

Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей

Под общей редакцией
д.т.н. Дутова А.В., член-корр. РАН Новикова Д.А.

Москва 2020

**ФГБУН Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова
Российской академии наук**

**ФГБУ «Национальный исследовательский центр
«Институт имени Н.Е. Жуковского»**

**Управление научными исследованиями
и разработками: роль науки
в достижении национальных целей**

ТРУДЫ

**V научно-практической конференции
(04 декабря 2019 г., Москва)**

**Под общей редакцией
д.т.н. Дутова А. В., член-корр. РАН Новикова Д. А.**

Москва
ИПУ РАН
НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»
2020

УДК 001.89
ББК 72.5я73
У67

ФГБУН Институт проблем управления имени
В.А. Трапезникова Российской академии наук
ФГБУ «Национальный исследовательский центр
«Институт имени Н.Е. Жуковского»

Под общей редакцией д.т.н. Дутова А. В., член-корр. РАН Новикова Д. А.

У67 **Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей ТРУДЫ V научно-практической конференции (04 декабря 2019 г., Москва) / Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова Рос. акад. наук, НИЦ «Ин-т им. Н. Е. Жуковского»; под общ. ред. Дутова А. В., Новикова Д. А. — Москва. ООО «Гарант-Инвест», Издательство «Перо», 2020. — 208 с. — Мб. [Электронное издание].**

ISBN 978-5-00171-292-3

В научном издании представлены труды V научно-практической конференции «Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей» по следующим направлениям:

- Методы и механизмы управления научными исследованиями и разработками;
- Стратегии развития науки и технологий в различных отраслях и научных дисциплинах;
- Математическое и компьютерное моделирование в интересах управления научными исследованиями и разработками.

Сборник трудов конференции предназначен для работников органов государственного управления в сфере исследований и разработок, руководителей научных организаций и широкого круга научных работников.

Текст воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами.

УДК 001.89
ББК 72.5я73

ISBN 978-5-00171-292-3



© Авторы, 2020

Итоги конференции

«Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей»

04 декабря 2019 года в Институте проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН состоялась V научно-практическая конференция «Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей». Организаторами выступили НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» и Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН).

В мероприятии приняли участие более 100 представителей Российской академии наук, научных институтов, ведущих центров прикладной науки, высших учебных заведений, а также организаций высокотехнологичной промышленности.

Ученые обсудили ключевые проблемы, связанные с созданием современной системы управления в области науки, технологий и инноваций в рамках реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.

Открывая конференцию, директор ИПУ РАН **Дмитрий Новиков** отметил, что эффективная наука является необходимым условием достижения национальных целей. «Однако, все же этого недостаточно. Наука воздействует и взаимодействует со всеми отраслями экономики, но из года в год система управления нашей наукой становится все менее эффективной», — констатировал он.

Генеральный директор НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» **Андрей Дутов** в своем докладе осветил социально-экономические эффекты инноваций. Он обратил внимание участников конференции, что целью инноваций является достижение социально-экономического эффекта (доходы предприятий, занятость, уровень обслуживания населения, национальная безопасность), который достигается только при серийном производстве (массовом распространении) технологий и эксплуатации техники. «Серийное производство — это, прежде всего, масштабирование, это — большое количество рабочих мест, это — инфраструктура. Соответственно все НИР, ОКР и подготовка производства — это расходы, которые должны принести дополнительный доход в бюджет страны», — сказал Андрей Дутов. Он отметил, что значение науки — это возможность предвидеть «точки насыщения» тех или иных технологий и вовремя предсказать необходимость перехода к новому научно-технологическому укладу. Проблемные вопросы, как угадать, какие именно технологии составят основу нового технологического уклада и как (и когда) принимать решение о смене технологического уклада в период технологического разрыва — это основные вопросы управления наукой. «А государство, финансируя те или иные технологии, должно создавать условия к локализации производства технологий на своей территории», — заявил Андрей Дутов. Касаясь вопросов изменения экономических условий при выборе перспективных направлений научно-технологического развития, его анализ позволяет сократить срок и стоимость перехода к новому технологическому укладу. «Необходимо скоординированное принятие решений по общегосударственным, а не частным критериям. Необходима объективная и прозрачная оценка всех компонент затрат за весь период планирования, в т.ч. «социальной цены» смены технологических укладов и особое внимание следует уделять проектам «восстановления» производства старых образцов высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Кроме того, максимизация социально-экономического эффекта научно-технологического развития достигается при межотраслевой координации стратегий научно-технологического развития и межотраслевым трансфере технологий», — отметил глава НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского».

Первый заместитель генерального директора ФГУП «ГосНИИАС», академик РАН Сергей Желтов, выступил с сообщением о задачах и перспективах применения искусственного интеллекта (ИИ) в управлении. Он отметил, что развитие искусственного интеллекта напрямую связано с развитием компьютерных технологий. Появление все более быстродействующих суперкомпьютеров позволяет решать все более сложные интеллектуальные задачи. «На сегодняшний момент развитие классических компьютерных технологий подошло к своему физическому пределу, что не позволяет говорить о возможности создания аналога человеческого мозга (сильного искусственного интеллекта) на их основе. Но в то же время, современный уровень компьютерных технологий достаточен для решения целого ряда прикладных интеллектуальных задач, т.е. — для создания слабого искусственного интеллекта», — заявил Сергей Желтов. И хотя текущий уровень искусственного интеллекта пока не достигает в военно-тактических играх уровня человека, «но уже к 2020—25 гг. в области военных и критических гражданских авиационных систем развернется соревнование по скорейшему развитию и внедрению технологий ИИ среди ведущих стран и компаний. В свете этого, промедление с развертыванием программы развития ИИ в авиационной отрасли может привести к необратимому отставанию в данной критической технологической области», — отметил Сергей Желтов..

В рамках пленарного заседания также выступили: заместитель Президента РАН, член-корр. РАН **Владимир Иванов** с докладом о стратегическом планировании в контексте глобальных трансформаций; руководитель департамента математики факультета экономики НИУ ВШЭ д.т.н. **Фуад Алескеров** с докладом об оценке эффективности университетов; Главный научный сотрудник ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова» **Геннадий Ведешкин** о трансфере авиационных технологий в интересах национальной экономики.

В рамках конференции состоялись заседания секций по следующим тематикам:

- Методы и механизмы управления научными исследованиями и разработками;
- Стратегии развития науки и технологий в различных отраслях и научных дисциплинах;
- Математическое и компьютерное моделирование в интересах управления научными исследованиями и разработками.

По итогам конференции принята Резолюция, в которой участники конференции сформулировали рекомендации по совершенствованию нормативной, нормативно-правовой, методологической базы управления научной и технологической сферой.

Организаторы:

— ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»

— ФГБУН Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН

Программный комитет: Акаев А. А., академик РАН; Алёшин Б. С., академик РАН; Батулин Ю. М., член-корр. РАН; Губко М. В., д.ф.-м.н.; Дутов А. В., д. т. н.; Желтов С. Ю., академик РАН; Иванов В. В., член-корр. РАН; Клочков В. В., д.э.н.; Новиков Д. А., член-корр. РАН; Сыпало К. И., член-корр. РАН; Федосов Е. А., академик РАН; Хохлов А. Р., академик РАН; Чернышев С. Л., академик РАН.

Оргкомитет: А.В. Дутов (председатель), В.В. Клочков (заместитель председателя), В.И. Панов, А. К. Аносова, В. К. Воронова, А. А. Чашинский

Резолюция

V научно-практической конференции

«Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей»

04 декабря 2019 года

г. Москва

Место проведения — ФГБУН Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова РАН.

Участники конференции — представители федеральных органов исполнительной власти России, РАН, организаций науки, высшего образования и высокотехнологичной промышленности.

1. Национальные цели, определяемые Указом Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», не могут быть в полной мере достигнуты экстенсивным путем, за счет выделения увеличенных объемов ресурсов. Для достижения этих целей в условиях ограниченности материальных и временных ресурсов необходимо опираться на передовые научные достижения и технологии. Государственное управление научно-технологическим развитием должно быть направлено на достижение национальных целей путем создания эффективных технологий в интересах различных отраслей и видов деятельности.

2. На государственном уровне необходимо, планируя развитие и внедрение новых технологий, учитывать реальные факторы инерции при смене технологических укладов, а также сопутствующие социальные риски. Корректно оценить вышеуказанные аспекты и выработать рациональные управленческие решения невозможно лишь интуитивно или экспертным (фактически, волюнтаристским) путем.

3. Сложившаяся система государственного управления научно-технологическим развитием, в т.ч.

- система стратегического планирования, основанная на Федеральном законе Российской Федерации от 28 июня 2014 г. N 172-ФЗ "О стратегическом планировании в Российской Федерации",

- а также федеральная контрактная система в части, касающейся исследований и разработок (в т.ч. Федеральный закон от 5 апреля 2013 года № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и Федеральный закон от 18 июля 2011 г. № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц»),

- неэффективна как в области целеполагания, так и в области управления реализацией исследований и разработок. Она не обеспечивает объективного принятия стратегических решений на основе национальных интересов Российской Федерации, а также эффективного и своевременного создания и внедрения новых технологий, и, таким образом, требует коренной модернизации.

Для обеспечения эффективной реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочный период, утв. Указом Президента РФ № 642 от 01 декабря 2016 г., а также выполнения положений Указа Президента РФ от 07.05.2018 N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», предлагается научно обоснованный комплекс

мероприятий по совершенствованию нормативной, нормативно-правовой, методологической базы управления научной и технологической сферой.

I. Стратегическое планирование и тактическое управление исследованиями и разработками должны основываться на результатах многодисциплинарного математического моделирования, учитывающего как технологические, так и социально-экономические, экологические и др. аспекты развития и внедрения новых технологий.

Необходимо получать объективные количественные оценки влияния исследований и разработок, создаваемых в результате новых технологий, на степень достижения национальных целей Российской Федерации. Требуется развитие соответствующего модельного и программного инструментария в интересах государственных органов власти, организаций высокотехнологичного сектора национальной экономики.

II. Целесообразна разработка основ государственного стратегического планирования научно-технологического развития как базового методологического документа, и последующее закрепление его базовых положений в новом Законе о стратегическом планировании в Российской Федерации.

Исследования и разработки (как стратегические, так и предметные, направленные на создание новых технологий) должны быть выведены из-под действия федеральной контрактной системы. Необходимо законодательно закрепить за ведущими центрами фундаментальной и прикладной науки функции проведения фундаментальных, прикладных исследований и разработок, выполняемых в интересах сопровождения системы государственного стратегического планирования и прогнозирования.

III. Целесообразна разработка методологических основ проведения прикладных исследований по созданию научно-технического задела, в которых были бы формализованы

- основные процессы прикладных НИР (анализ характеристик технологий и систем, в которых они применяются, синтез облика перспективных систем),
- их ожидаемые результаты,
- этапы (разработка отдельных технологий, их системная интеграция, производство и испытания демонстраторов),
- принципы принятия решений на различных уровнях готовности технологий.

Причем, такие методологические основы должны быть универсальными для любых отраслей и областей техники. По итогам опытной отработки такого методологического документа целесообразна разработка соответствующих национальных стандартов.

Реализация совокупности предложений, выработанных на конференции, позволит повысить эффективность развития научной и технологической сферы в Российской Федерации, позитивное влияние науки на социально-экономическое развитие страны и обеспечение национальной безопасности.

Резолюция принята участниками конференции 04 декабря 2019 г.

Генеральный директор
НИЦ «Институт имени Н. Е. Жуковского»



Дутов А. В.

Директор ИПУ РАН



Новиков Д. А.

Оглавление

Итоги конференции «Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей».....	3
Резолюция V научно-практической конференции «Управление научными исследованиями и разработками: роль науки в достижении национальных целей»	5
Секция 1. Методы и механизмы управления научными исследованиями и разработками (модератор — Губко М. В., заместитель директора по научной работе ИПУ РАН)	11
Управление научно-технологическим развитием: адаптивность к инновациям и социальные аспекты.....	12
Заключение	18
Литература	19
Анализ современного состояния научно-технической и инновационной базы России для оценки параметров дальнейшего развития технологий индустрии 4.0.....	20
Литература	31
Метод управления формированием траекторий научных исследований на основе алгоритмов роевого интеллекта	32
Введение.....	32
История и современное состояние вопроса.....	33
Формализация задачи управления формированием траекторий научных исследований с использованием алгоритмов роевого интеллекта.....	34
Описание предлагаемого метода управления формированием траекторий научных исследований	36
Заключение	37
Литература	37
Методика многоуровневого управления студенческими научно-исследовательскими проектами	39
Литература	42
Закон Гудхарта, библиометрические индексы и вычислительный анализ текстов.....	43
Методический подход к проведению мониторинга формирования, выполнения и реализации мероприятий государственной программы по развитию оборонно-промышленного комплекса.....	44
Литература	49
Механизм управления научными исследованиями в университете на примере маркетинговых исследований транспортного комплекса города Москвы	50
Литература	54
Формализация и тактическое управление процессом прикладных научных исследований и разработок (на примере авиастроения)	56
Основные понятия	56
Формализация основных процессов прикладных НИР	60

Формализация тактического управления прикладными НИР	64
Формализация результатов прикладных НИР	66
Пример реализации процессов прикладных НИР и создания НТЗ	66
Анализ влияния технологий и синтез рациональных обликов: основные задачи прикладной науки или побочная деятельность?	68
Проблемы тактического управления реализацией прикладных НИР	70
Выводы	72
Литература	73
Планирование программных мероприятий по созданию научно-технического задела для перспективного вооружения.....	75
Литература	78
Управление качеством при проведении научных исследований и разработок на стадиях жизненного цикла авиационной техники.....	80
Введение.....	80
Обеспечение качества процессов научных исследований и разработок.....	81
Методы и инструменты обеспечения качества научных исследований и разработок....	82
Литература	88
Институт будущего: на пересечении потоков. Реформирование ИНИОН РАН: от постсоветского безвременья к структуре эпохи Четвертой промышленной революции	90
Высокие технологии и наша страна: потерянный рывок.....	90
Интеграторы принимают вызов: «третья волна» и конструирование нового общества	92
Советская платформа научно-технической информации и современные вызовы перед ее наследницей — ГСНТИ России	93
ИНИОН РАН: до пожара.....	95
Будущее института: в поиске новых смыслов.....	97
Заключающие предложения.....	99
Литература	101
Инновационные подходы к формированию научно-технического задела в рамках государственных оборонных программ, обеспечивающего создание перспективных образцов вооружения и военной техники	103
Литература	108
Секция 2. Стратегии развития науки и технологий в различных отраслях и научных дисциплинах (модератор — Клочков В. В., заместитель генерального директора по стратегическому развитию ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н. Е. Жуковского»).....	109
Комплексные наземные испытания гиперзвуковых летательных аппаратов: проблемы и пути решения.....	110
Математическая модель баллистических испытаний	112
Алгоритм динамической задачи разгона объекта испытания представлен системой уравнений	113
Литература	116
Приоритетные направления развития науки и технологий в интересах обеспечения обороны и безопасности государства	118
Введение.....	118
Методология проведения исследований.....	119

Результаты	121
Выводы	127
<i>Литература</i>	127
Направленный поиск рациональной концепции перспективного тяжелого вертолета на начальном этапе научных исследований	128
Введение.....	128
Стратегия концептуального проектирования	128
Анализ концепции	131
Заключение	138
<i>Литература</i>	138
Согласование научных разработок в концептуальном проектировании транспортного самолета: метод и его приложение	140
Постановка задачи	143
Метод согласования элементов самолёта	143
Проектные исследования в соответствии с методом согласования элементов самолёта	145
Заключение	151
<i>Литература</i>	151
Стратегические подходы к развитию цифровых основ научно-технического развития в сфере электро- и теплоэнергетики России	152
Введение.....	152
Проблемы информационной основы научно-технического развития.....	152
Информационно-вычислительная поддержка научно-технического развития	153
Формирование распределенной информационно-вычислительной среды	153
Заключение	154
<i>Литература</i>	154
Предварительная оценка целесообразности применения распределенных электросиловых установок на самолетах местных воздушных линий	155
Рассматриваемая технология	156
Способ исследования	157
Результаты моделирования первоначальных и текущих затрат на организацию авиатранспортной системы.....	159
Сравнение суммарных затрат на организацию авиатранспортной системы.....	163
Заключение	166
<i>Литература</i>	167
Предложения по приоритетным направлениям исследований в области коммерческих беспилотных авиационных систем.....	168
Анализ рынка коммерческих БАС	168
Основные задачи коммерческих БАС.....	174
Факторы, оказывающие влияние на создание, внедрение и развитие коммерческих БАС	174
Предложения по приоритетным направлениям исследований в области коммерческих БАС	176
Список использованных источников	179
Метод выбора вариантов реализации комплексного научно-технического проекта разработки технологий самолетов местных воздушных линий	181

Введение	181
1. Основные принципы и шаги предлагаемого подхода.....	181
2. Предварительные результаты апробации	184
Выводы	187
<i>Литература</i>	187
Моделирование и оценка доступности местных и региональных авиаперевозок для населения РФ в интересах формирования требований к перспективным образцам авиатехники	188
Введение.....	188
1. Выбор методического подхода к оценке экономической и физической доступности авиаперевозок для населения	188
2. Разработка базы данных и программного модуля	194
3. Примеры использования программного модуля	194
Заключение	195
<i>Литература</i>	196
Секция 3. Математическое и компьютерное моделирование в интересах управления научными исследованиями и разработками (модератор — Тюрин В. М., директор департамента стандартизации, сертификации и управления качеством ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»)	197
Роль научных больших данных в экосистеме цифрового общества. Тенденции и перспективы	198
Введение	198
Наука как источник больших данных	199
Перспективы внедрения технологии больших данных	200
Заключение	202
<i>Литература</i>	203
Научно-технические и организационные проблемы проведения испытаний авиационной техники военного и специального назначения в части замены ряда испытаний результатами полунатурного и математического моделирования.....	204
<i>Литература</i>	208

**Секция 1. Методы и механизмы управления
научными исследованиями и разработками
(модератор — Губко М. В., заместитель
директора по научной работе ИПУ РАН)**

Управление научно-технологическим развитием: адаптивность к инновациям и социальные аспекты

Дутов А. В., д.т.н., генеральный директор,
dutovav@nrczh.ru

ФГБУ НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»

Аннотация. Рассматриваются факторы инерции (в т.ч. социальные) и барьеры на пути инновационного развития промышленности и смены технологических укладов. Показана роль межотраслевого трансфера технологий и межотраслевой координации стратегий научно-технологического развития в повышении его эффективности и снижении рисков.

Ключевые слова: научно-технологическое развитие, планирование, технологические уклады, социальная цена, барьеры, межотраслевая интеграция, трансфер технологий, риск, эффективность.

Основной целью инноваций является достижение социально-экономического эффекта (повышение доходов предприятий, занятости, качества жизни населения, укрепление национальной безопасности). В свою очередь, социально-экономический эффект достигается при серийном производстве (и, по возможности, массовом распространении) технологий и эксплуатации техники. Предшествующие стадии жизненного цикла наукоемкой продукции — научно-исследовательские работы (НИР) и опытно-конструкторские работы (ОКР), технологическая подготовка производства (ТПП) — являются в рыночной экономике инвестиционными, затратными, см. рис. 1. Сами по себе они не приносят доходов или иных полезных эффектов для национальной экономики, но обеспечивают их достижение в будущем, за счет создания новой продукции и более совершенных технологий ее производства.



Рис. 1. Типичная схема изменения денежных потоков высокотехнологичных промышленных проектов на протяжении их жизненного цикла

Поэтому непосредственно от науки не следует требовать, чтобы она приносила доход. Цель прикладной науки — создание новых технологий, в широком смысле этого термина, т.е. как производственных технологий, так и продуктовых, воплощенных в конструкциях или принципах функционирования будущей техники.

Текущий этап научно-технологического развития (НТР) многих отраслей характеризуется исчерпанием возможностей развития известных технологий. Тренды показателей совершенства техники во многих областях достигли «точки насыщения». Согласно

историческому опыту и теориям инновационного технологического развития [2], в последние несколько лет назрела смена технологического уклада (ТУ), см. рис. 2. Причем, в период смены укладов наблюдается технологический разрыв (см., например, [9]), схематично показанный на рис. 2: поначалу новые технологии могут даже уступать старым, хорошо освоенным и доведенным до совершенства. Но за технологиями нового уклада — будущее, они имеют гораздо больший потенциал развития.



Рис. 2. Типичная динамика эффективности технологий и смены технологических укладов

В то же время этот «переходный период» непрост и для науки, и для реального сектора экономики. Основные проблемные вопросы в период смены ТУ таковы:

- как угадать, какие именно технологии составят основу нового технологического уклада (обычно их классификация хорошо удается уже постфактум, при описании уже достигнутых технологических прорывов)?
- как (и когда) принимать решение о смене технологического уклада в период технологического разрыва?

Эти проблемы глубоко исследованы в теории инновационного развития и в прикладной инноватике, инновационном менеджменте, ориентированных, как правило, на корпоративный уровень и коммерческие предприятия (см., например, [9]). Однако существует и ряд иных важных проблем, возникающих при смене технологического уклада, помимо выбора новых технологических направлений частными инвесторами. Технологические сдвиги имеют социальную «цену», которая должна учитываться на государственном уровне управления. Даже с чисто экономической точки зрения может быть нерациональным безвозвратно терять накопленный опыт и квалифицированные кадры прежнего уклада. При отказе от него на государственном уровне приходится решать проблему переучивания, трудоустройства большого количества работников и т.д. (если частный бизнес не берет на себя решение этой проблемы).

Систематизируем экономические факторы инерции при смене ТУ и преимущества технологий старого ТУ:

- парк изделий современных, а иногда и устаревших типов (но, тем не менее, вполне пригодных для дальнейшего использования) в эксплуатации;

- подготовленный эксплуатационный персонал и накопленный опыт эксплуатации современных образцов техники;
- производственная база и производственный персонал (также обладающий ценным накопленным опытом) на предприятиях;
- квалифицированные инженерно-конструкторские кадры, обладающие необходимыми знаниями и навыками для разработки изделий современных типов.

Расходы на ликвидацию мощностей старого ТУ («социальная цена» смены ТУ) включают в себя затраты

- на сокращение персонала, включая компенсационные выплаты,
- на профессиональную переподготовку и даже, возможно, расселение сокращаемых работников,
- на ликвидацию или перепрофилирование соответствующих поселений;
- на утилизацию или перепрофилирование производственного оборудования, зданий и сооружений, рекультивацию земель и т.д.

Если руководствоваться экономическими соображениями, принимая решения о переходе к технологиям нового уклада, тогда переход к новому технологическому укладу целесообразен при следующем формальном условии:

«экономия затрат на стадии производства и эксплуатации технологий нового ТУ по отношению к технологиям старого ТУ больше, чем превышение инвестиционных затрат нового ТУ над старым на стадиях НИР, ОКР и ТПП».

Здесь и далее имеются в виду затраты и выгоды того субъекта, чьи интересы представляют лица, принимающие решения (ЛПР). То есть для коммерческих предприятий это их затраты и доходы. На государственном уровне также можно руководствоваться этой логикой, но при этом следует учитывать уже общегосударственные затраты и потери, включая вышеописанную «социальную» цену технологических сдвигов. Формальное описание тех компонентов затрат, которые необходимо учитывать на разных стадиях ЖЦ высокотехнологичных промышленных проектов, приведено в табл. 1.

Таблица 1

Затраты на различных стадиях ЖЦ высокотехнологичных промышленных проектов при сохранении прежнего ТУ и при переходе к новому ТУ

	Вариант 1: Переход к новому техукладу (ТУ)	Вариант 2: Продолжение использования технологий старого техуклада (ТУ)
Стадия жизненного цикла техники	Виды затрат, которые необходимо учесть при планировании	
НИР, ОКР, подготовка производства	Начальные инвестиционные затраты на переход к новому ТУ Единовременные затраты на ликвидацию мощностей старого ТУ	Дополнительные инвестиционные затраты при продолжении использования технологий старого ТУ
Производство и эксплуатация	Суммарные затраты на производство и эксплуатацию единицы техники старого типа	Суммарные затраты на производство и эксплуатацию единицы техники старого типа* * Как правило, соответствующие удельные затраты больше, чем в новом ТУ

Из этой таблицы более наглядно можно уяснить суть вышеприведенного правила принятия решений о смене ТУ. На первый взгляд, это правило совершенно однозначно. Однако в реальности ЛПР, даже руководствуясь одним и тем же правилом, принимают различные решения. В их субъективных оценках компонентов затрат, описанных в табл. 1, могут существенно различаться:

- длительности периодов производства и эксплуатации техники на расчетном горизонте планирования;
- собственно потоки затрат, которые необходимо понести на всех стадиях жизненного цикла техники.

Поэтому, даже формально руководствуясь вышеприведенным правилом, разные ЛПР принимают как «консервативные», так и «инновационные» решения. Иногда ЛПР склоняются к «консервативному» решению, поскольку дополнительные инвестиционные затраты при продолжении использования технологий старого ТУ считаются нулевыми (это случается, если декларируется «возобновление» или «продолжение» выпуска старой техники, несмотря на то, что в реальности требуется масштабное и дорогостоящее восстановление ее производства). В дальнейшем теми же ЛПР все-таки может быть принято и решение о смене ТУ, на следующих формальных основаниях:

- совершенствование технологий нового ТУ (инвестиции в его освоение уменьшаются по отношению к моменту времени, когда они оценивались в предыдущий раз);
- моральное устаревание, практическая невозможность дальнейшего использования технологий старого ТУ (удельные затраты на производство и эксплуатацию старой техники во много раз превышают их же для новой);
- увеличение горизонта планирования (новая техника будет эксплуатироваться дольше, чем планировалось, и поэтому принесет большую экономию, чем рассчитывалось изначально).

За время, прошедшее до изменения решения, накопится превышение (перерасход) затрат на производство и эксплуатацию парка техники при переходе к новому ТУ. «Цена» ошибки возрастает вследствие:

- позднего ее осознания;
- увеличения масштабов мощностей старого ТУ, подлежащих ликвидации (в т.ч. и по причине изначально сделанных дополнительных инвестиций в их расширение);
- возможно — срочности исправления ошибки (если потребуются срочно менять парк техники по причине морального устаревания, быстро наращивая мощности нового ТУ).

Можно выделить следующие институциональные причины принятия ошибочных решений в управлении сменой ТУ:

- распределенное принятие решений: учитывается мнение промышленного лобби, а затраты за весь ЖЦ не оцениваются, либо, наоборот, при диктате заказчика и эксплуатанта игнорируется «социальная цена» смены ТУ (общегосударственные интересы не учитываются по причине отсутствия субъекта управления);
- стимулы к росту масштабов у промышленных организаций;
- стратегическая близорукость ЛПР (шорт-термизм);
- ни те, ни иные затраты (тем более «социальная цена») объективно не оцениваются перед принятием решений;
- информационная асимметрия: промышленное лобби скрывает необходимые инвестиции в «возобновление» производств старого ТУ;
- ошибочное понимание принципа «прошлые затраты не должны влиять на будущие решения» (тем более что здесь они влияют и на размер будущих затрат!)

Эти аспекты принятия решений о смене ТУ подробнее рассмотрены в работе [5]. В то же время, и переход к новому ТУ имеет значительную стоимость и занимает немало времени, поскольку в процессе освоения новых технологий приходится преодолевать

ряд барьеров. В структуре жизненного цикла промышленного проекта эти процессы, в основном, заключены в пределах этапа ТПП, технологической подготовки производства. Прежде чем перейти к производству продукции нового технологического уклада, даже если необходимые технологии уже созданы и достигли необходимого уровня готовности, и новые продукты разработаны, необходимо

- собственно подготовить производственные мощности (что и входит в ТПП в узком смысле);
- обучить кадры новым производственным технологиям;
- обеспечить готовность производственно-логистических и товарораспределительных цепочек, подготовить рынки сбыта к восприятию новой продукции;
- модернизировать нормативную базу, стандарты и нормы.

Все эти процессы, которые часто считаются малозначащими в теориях инновационного развития, на практике могут кардинально менять траектории научно-технологического развития (НТР), см. рис. 3. Эти барьеры мешают выстроить прямую траекторию НТР, приходится отставать относительно «нулевой» ситуации, есть некий переходный период.

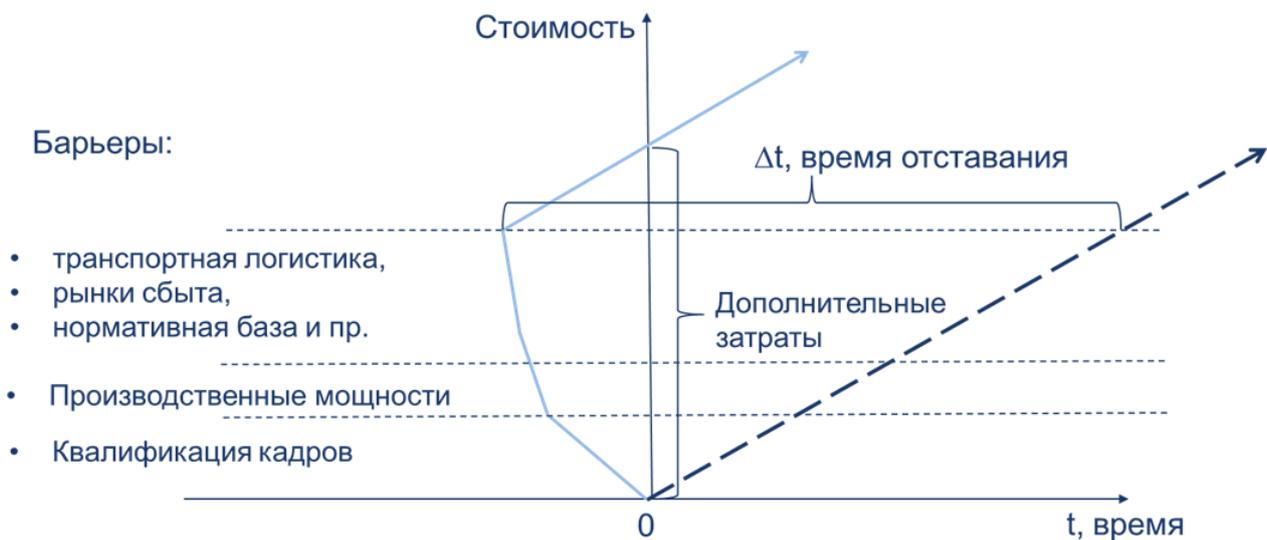


Рис. 3. Влияние стоимости и времени преодоления адаптационных барьеров на траектории инновационного развития высокотехнологичной промышленности

При планировании НТР, формировании стратегий необходимо закладывать в планы запас времени (и материальных ресурсов) на преодоление описанных барьеров. Невнимание к этим аспектам при планировании НТР приводит к провалам инновационных проектов, а на общегосударственном уровне — к провалам в реализации государственной научно-технической инновационной политики. В то же время качество национальной инновационной системы (НИС, подробнее см. [3, 7]) во многом определяется именно адаптивностью реального сектора к инновациям. С формальной точки зрения, эта адаптивность измеряется именно описанными здесь затратами времени и средств на преодоление барьеров в инновационном развитии.

В то же время, при планировании научно-технологического развития на государственном уровне целесообразно скоординированным образом планировать технологические сдвиги в разных отраслях национальной экономики. Как обосновано в ряде работ, например, в [4], только при такой централизованной координации можно достичь глобального оптимума, гораздо лучших (по общегосударственным критериям) результатов, чем при изолированном оптимальном планировании развития отдельных отраслей и областей техники.

Так, например, если разрабатывается новое поколение гражданских воздушных судов и необходимые для его создания технологии, наибольший эффект эти инновации принесут лишь при условии, что совместно с парком воздушных судов будет модернизирована маршрутная сеть, авиатранспортная инфраструктура и т.п., см. рис. 4. То есть необходима совместная оптимизация как продукции авиастроения, так и транспортной системы (строго говоря, не только авиатранспорта, но именно всего мультимодального транспортного комплекса, в котором разные виды транспорта дополняют друг друга, подробнее см., например, [8]).



Рис. 4. Предлагаемая схема управления научно-технологическим развитием и взаимодействия участников национальной инновационной системы

Как наглядно показано на рис. 4, эффективная организация прогнозирования и планирования технологического развития взаимодействующих отраслей должна представлять собой «параллельный форсайт», предусматривающий межотраслевую координацию стратегий НТР.

Межотраслевое взаимодействие в процессе научно-технологического развития имеет и другие благоприятные резервы. Прежде всего, они связаны с межотраслевым трансфером технологий. Помимо собственно экономии средств на прикладные НИР (благодаря сокращению их дублирования в разных отраслях) межотраслевой трансфер технологий позволяет снизить риски их разработки. Различные отрасли и области техники предъявляют разные требования к характеристикам технологий. Как правило, есть области, наиболее требовательные к тем или иным характеристикам. И на этапе планирования НИР достоверно неизвестно, удастся ли удовлетворить этим, наиболее жестким требованиям «лидирующей» отрасли.

Например, в части перехода к новым энергоносителям для движения транспортных средств (как правило, речь идет о переходе на электродвижение, которое обеспечивается аккумуляторами или топливными элементами) наиболее критические параметры — удельная энергия накопителей и удельная мощность электромашин, преобразователей. В силу жестких требований к весовому совершенству воздушных судов, авиастроение становится наиболее «требовательной» по этим параметрам отраслью машиностроения. Заранее неясно, удастся ли удовлетворить наиболее жестким «авиационным» тре-

бованиям. Однако в процессе разработки технологий накопления и преобразования энергии они могут достигать уровней совершенства, позволяющих применять их в наземной и морской технике. И даже если попытки разработать авиационные «электрические» технологии не увенчаются успехом, можно будет «сойти с дистанции на полпути», уже получив технологию, пригодную в других отраслях (см. рис. 5). Это позволит сократить потери от неудачи или получить положительный результат — хотя и меньше изначально запланированного.



Рис. 5. Принцип реальных опционов при планировании высокорисковых инновационных исследований и разработок (пример)

Такой принцип своевременного выхода из проекта с фиксацией потерь (или даже выигрышей) представляет собой разновидность принципа реальных опционов в управлении рисковыми проектами [1]. Межотраслевая интеграция разработки новых технологий [6] и их межотраслевой трансфер (методы оценки его эффективности см., например, в книге [10]) позволяют реализовать этот способ управления рисками в сфере прикладных высокорисковых НИР.

Заключение

1. Анализ изменения экономических условий при выборе перспективных направлений научно-технологического развития позволяет сократить срок и стоимость перехода к новому технологическому укладу.

2. Необходимо скоординированное принятие решений о переходе к новым технологиям, или о сохранении современных, по общегосударственным, а не частным критериям.

3. Необходима объективная и прозрачная оценка всех компонент затрат за весь период планирования, в т.ч. «социальной цены» смены технологических укладов (особое внимание следует уделять проектам «восстановления» производства старых образцов высокотехнологичной и наукоемкой продукции).

4. Повышение социально-экономического эффекта научно-технологического развития и снижение инновационных рисков достигается при

- межотраслевой координации стратегий научно-технологического развития,
- межотраслевом трансфере технологий.

Литература

1. Баев И. А., Алябушев Д. Б. Метод реальных опционов: от ценных бумаг к инновациям // Вестник УГТУ-УПИ, серия «Экономика и управление», № 3, 2010, с. 52—62.
2. Глазьев С. Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития / М.: Владар, 1993 — 310 с.
3. Голиченко О. Г. Национальная инновационная система России: состояние и пути развития / М.: Наука, 2006 — 396 с.
4. Дутов А. В., Клочков В. В. Стратегическое управление развитием авиационных технологий: проблемы и современные решения // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 48 (351). С. 2—15.
5. Дутов А. В., Клочков В. В. Управление динамикой научно-технологического развития с учетом социальных факторов / Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями — 2019» (Москва-Новочеркасск). Москва-Новочеркасск: ИД «Политехник» ЮРГТУ (НПИ), 2019. С. 56—62.
6. Дутов А. В., Клочков В. В., Рождественская С. М. Прогнозирование эффективности межотраслевой интеграции прикладных исследований и разработки новых технологий // Инновации. 2018. № 8 (238). С. 26—35.
7. Иванова Н. И. Национальные инновационные системы / М.: Наука, 2002 — 224с.
8. Клочков В. В., Горшкова И. В. Проблемы управления развитием «малой авиации» и авиатранспорта малонаселенных регионов России // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 47 (374). С. 36—51.
9. Нижегородцев Р. М. Экономика инноваций. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Русайнс, 2016. — 154 с.
10. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения / под ред. Дутова А. В., Клочкова В. В. М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2019. — 248 с.

Анализ современного состояния научно-технической и инновационной базы России для оценки параметров дальнейшего развития технологий индустрии 4.0¹

Арутюнов А. Л., научный сотрудник,
arsenrea@mail.ru

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

Аннотация. В статье дается оценка современному состоянию развития научно-технической, технологической и инновационной базы России, для ответа на вопрос о возможностях дальнейшего развития технологий в рамках индустрии 4.0, способствующих качественному экономическому росту в стране

Для оценки состояния развития научно-технологического потенциала современной России необходимо проследить за темпами динамики таких индикаторов (определяющих общий уровень развития научно-технической и инновационной составляющей страны) как:

- Числа организаций, выполняющих исследования и разработки а также организаций по секторам деятельности;
- Численность исследователей и затраты на исследования и разработки, связанные с нанотехнологиями;
- Численность исследователей по областям науки и также их численность по гендерному составу;
- Количества пополнения научных кадров новыми сотрудниками по системе аспирантура/докторантура;
- Финансирования науки из средств государственного бюджета, в том числе по различным источникам финансирования;
- Внутренних затрат на исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники (в том числе и по источникам финансирования);
- Внутренних затрат на исследования и разработки по социально-экономическим целям, а также текущих затрат на исследования и разработки по видам работ и областям науки;

Разработок передовых производственных технологий по степени новизны.

Особую важность среди индикаторов науки занимает показатель численности организаций, выполняющих научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки и инновации а также проектно- изыскательные работы (табл.1).

Таблица 1

Организации, выполняющие исследования и разработки [1,2]

	1995	1997	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Всего	4059	4137	4099	3566	3492	4175	4032	3944
научно-исследовательские организации	2284	2528	2686	2115	1840	1708	1673	1577
конструкторские организации	548	438	318	489	362	322	304	273

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-010-01028 А)

	1995	1997	2000	2005	2010	2015	2016	2017
проектные и проектно -изыскательские организации	207	135	85	61	36	29	26	23
опытные заводы	23	30	33	30	47	61	62	63
образовательные организации высшего образования	395	405	390	406	517	1040	979	970
организации промышленности, имевшие научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения	325	299	284	231	238	371	363	380
прочие	277	302	303	234	452	644	625	658

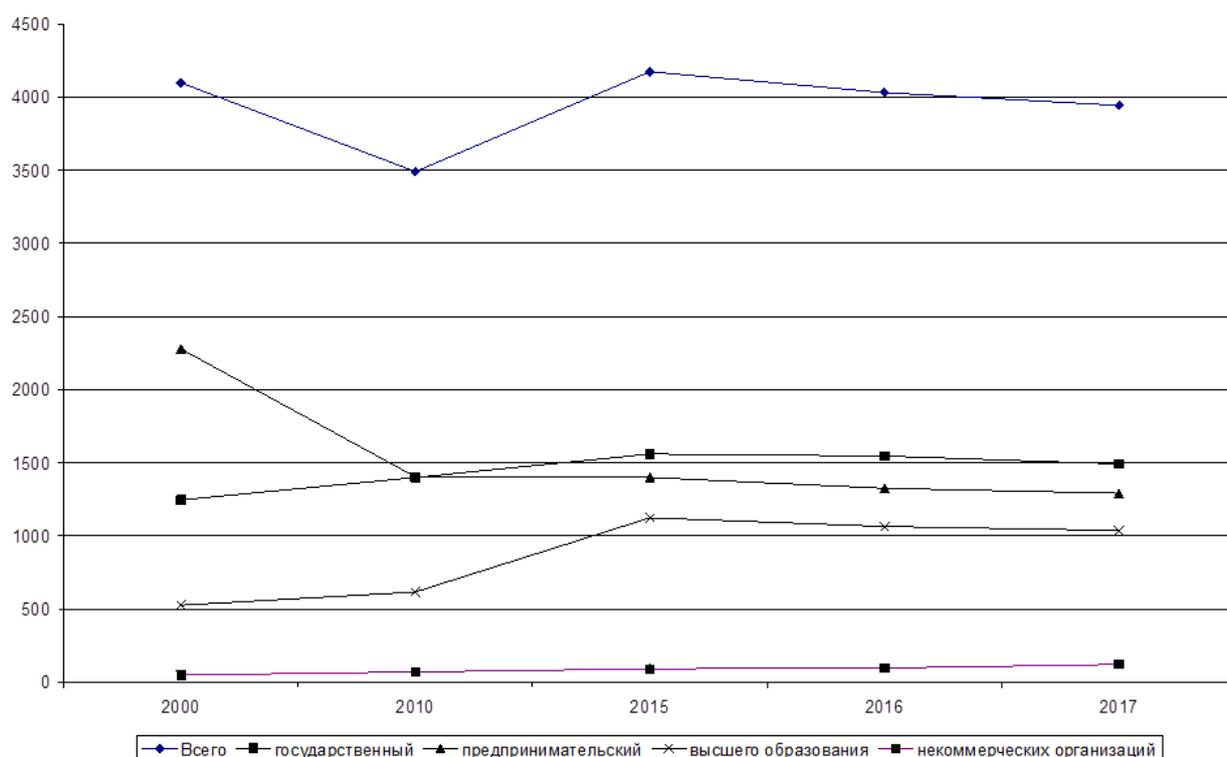


Рис. 1. Динамика числа организаций, выполняющих исследования и разработки, по секторам [1,2]

И как показано на рис. 1, темпы динамики числа организаций (выполняющих исследования и разработки по таким секторам как: государственный, предпринимательский, высшего образования и некоммерческих организаций) начиная с 2000 по 2017 гг. (согласно последним данным ФСГС РФ) подверглись некоторым изменениям. К примеру, показатель доли государственного сектора к 2017 г. увеличился в 1,2 раза по сравнению с базовым — 2000 г.; высшего образования — увеличился практически в 2 раза (1,97) к тому же 2017 г.; по некоммерческим организациям — увеличился в 2,5 раза, а что касается предпринимательского сектора — наоборот, темп спада составил 1,76 раза к 2017 г.

Следующим главным фактором, определяющего уровень развития научно-технической базы страны является: численность исследователей по приоритетным и прорывным направлениям типа нанотехнологий а также общая численность кадров, задействованных в научно-технических исследованиях по всем направлениям (табл. 2, 3).

Численность исследователей работающих по направлению — нанотехнологии [1,3]

	2010	2015	2016	2017
Число организаций, выполнявших исследования и разработки, связанные с нанотехнологиями	480	450	420	393
Численность исследователей, выполнявших исследования и разработки, связанные с нанотехнологиями, человек	17928	14879	15721	16869
Внутренние затраты на исследования и разработки, связанные с нанотехнологиями, млрд. руб.	21,3	28,6	31,7	38,3

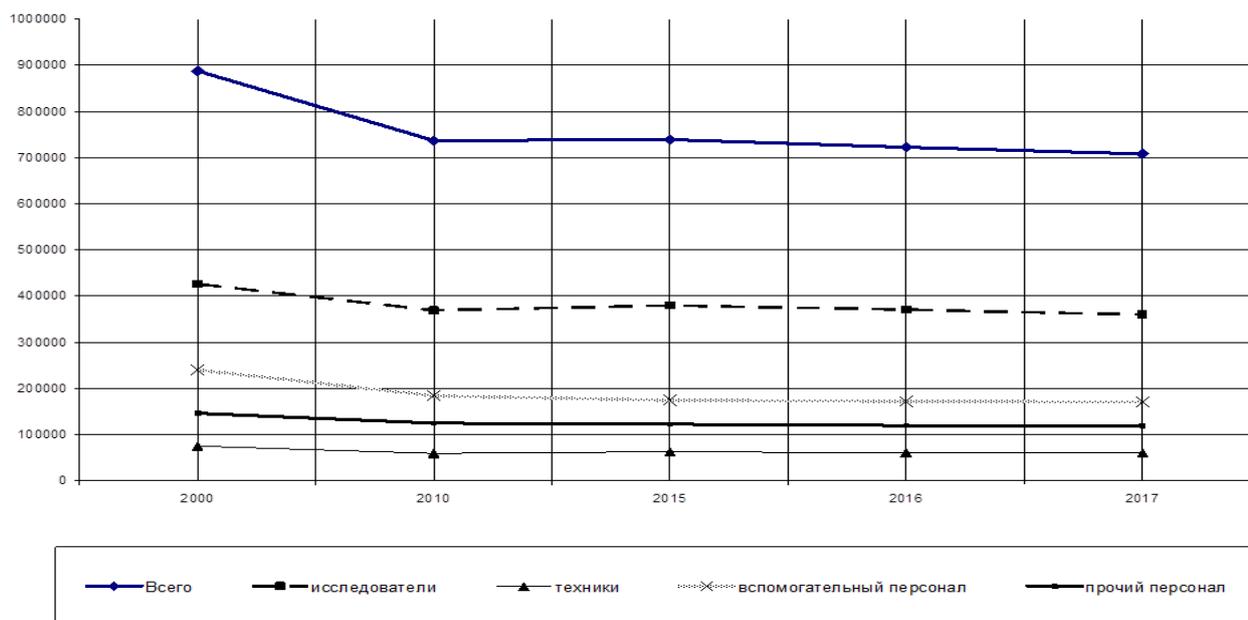


Рис. 2. Динамика изменений кадрового состава занятых в науке (по видам деятельности)

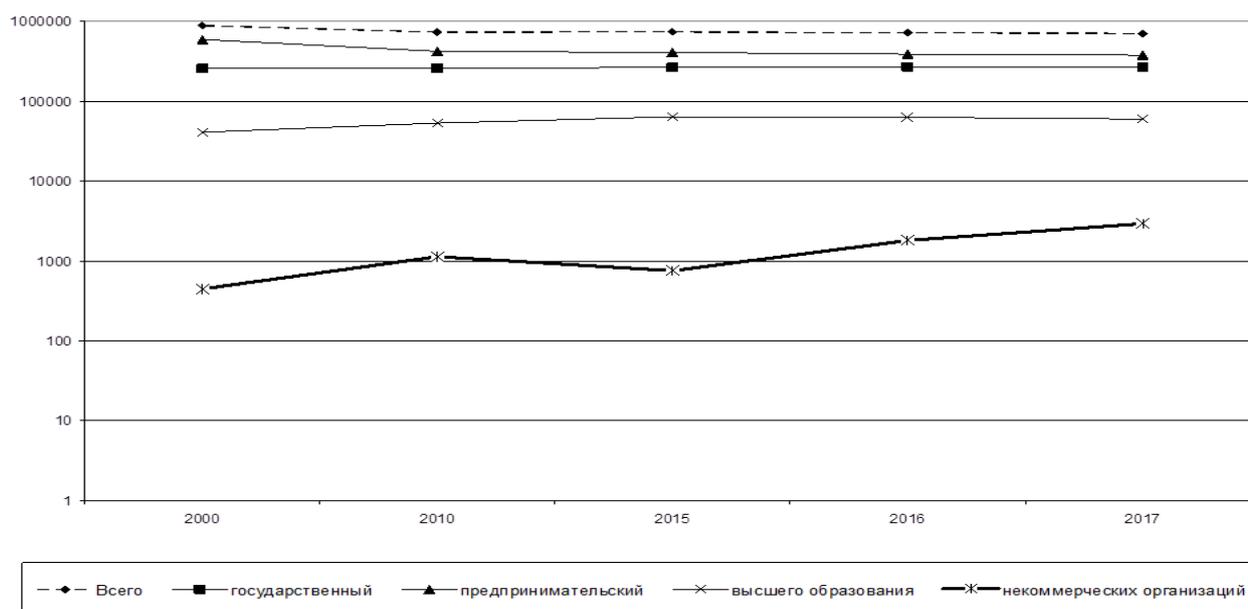


Рис. 3. Динамика изменений кадрового состава занятых в науке (по секторам деятельности)

Из вышеприведенных (на рис. 2 и 3) данных видно, что темпы динамики кадрового состава работников в сфере науки начиная с 2000 года претерпели ряд изменений. Снизилась численность сотрудников научных учреждений всех типов с 887,7 тысяч в 2000 г. до 707,8 тысяч в 2017 г. с темпом спада 1,25. Основной спад пришелся в предпринимательском секторе (с темпом спада в 1,5 раза). Но за счет сокращения в предпринимательском секторе произошло синхронное увеличение численности в секторе высшего образования, некоммерческих организаций, а также в государственном секторе.

Значительных изменений подверглась численность исследователей по всем областям наук с учетом гендерного состава работников научных учреждений (см. табл. 3 и 4):

Таблица 3

Численность исследователей по областям наук [1 стр.480]

	Исследователей всего	в том числе по областям науки					
		естественные	технические	медицинские	сельскохозяйственные	общественные	гуманитарные
<i>Исследователи</i>							
2000	425954	99834	274955	15539	14390	13259	7977
2010	368915	89375	224641	16516	12734	14347	11302
2015	379411	86722	231809	15819	11296	20874	12891
2016	370379	85979	225038	16137	11066	19831	12328
2017	359793	79980	224111	14942	10343	18126	12291
из них имеют ученые степени:							
<i>доктора наук</i>							
2000	21949	10297	4480	3217	1153	1175	1627
2010	26789	12251	4620	4045	1542	2057	2274
2015	28046	12233	4928	3899	1551	2951	2484
2016	27430	12083	4648	3768	1487	2990	2454
2017	26076	11503	4435	3621	1384	2726	2407
<i>кандидата наук</i>							
2000	83962	36326	28206	6853	5078	4090	3409
2010	78325	33664	21260	7475	5004	5861	5061
2015	83487	33725	21861	6808	4592	10357	6144
2016	80958	33087	21153	6755	4483	9611	5869
2017	77251	31703	20581	6133	4183	8811	5840

Таблица 4

Численность исследователей по возрастным группам [1 стр.480]

	Всего	В том числе в возрасте					
		до 29 лет	30—39	40—49	50—59	60—69	70 и старше
<i>Численность исследователей</i>							
2010	368915	71194	59910	54113	88362	60997	34339
2015	379411	76813	85972	50171	69552	63943	32960
2016	370379	71492	88782	50193	65196	60915	33801
2017	359793	66376	91429	51149	59893	57414	33532

	Всего	В том числе в возрасте					
		до 29 лет	30—39	40—49	50—59	60—69	70 и старше
доктора наук							
2010	26789	52	632	2394	7211	7743	8757
2015	28046	11	730	2606	6286	9280	9133
2016	27430	13	629	2547	5927	8991	9323
2017	26076	32	566	2473	5160	8484	9361
кандидата наук							
2010	78325	4354	15229	12157	18805	16001	11779
2015	83487	4408	21207	14703	15727	16420	11022
2016	80958	3864	21204	14899	14506	15443	11042
2017	77251	3153	20772	14906	13238	14351	10831

По части распределения численности исследователей по возрастным группам, то в 2017 г. по сравнению с 2010 г. произошло увеличение в 1,5 раза численности исследователей средней возрастной группы от 30 до 39 лет, что в достаточной степени является хорошим результатом, по сравнению с положением, которое было в середине 1990-х гг. Но при этом еще остается высокая доля исследователей чей возраст превышает 60 лет и поэтому, пока еще рано говорить хотя бы о 50%-ом омоложении всего кадрового состава работников в сфере российской науки.

Особое опасение вызывают показатели из области подготовки научных кадров (рис. 4 и 5), а именно показатели деятельности аспирантур и докторантур при НИИ и ВУЗах, связанных с постоянным и интенсивным снижением как количества защищаемых диссертаций, так и качество данных диссертаций. По оценкам различных авторитетных экспертов в области качества в сфере высшего образования и пост дипломного образования — за последние годы наблюдается резкое снижение (по сравнению с периодом конца 1980-х гг.) к предъявляемым стандартам при подготовке квалификационных дипломных и диссертационных работ.

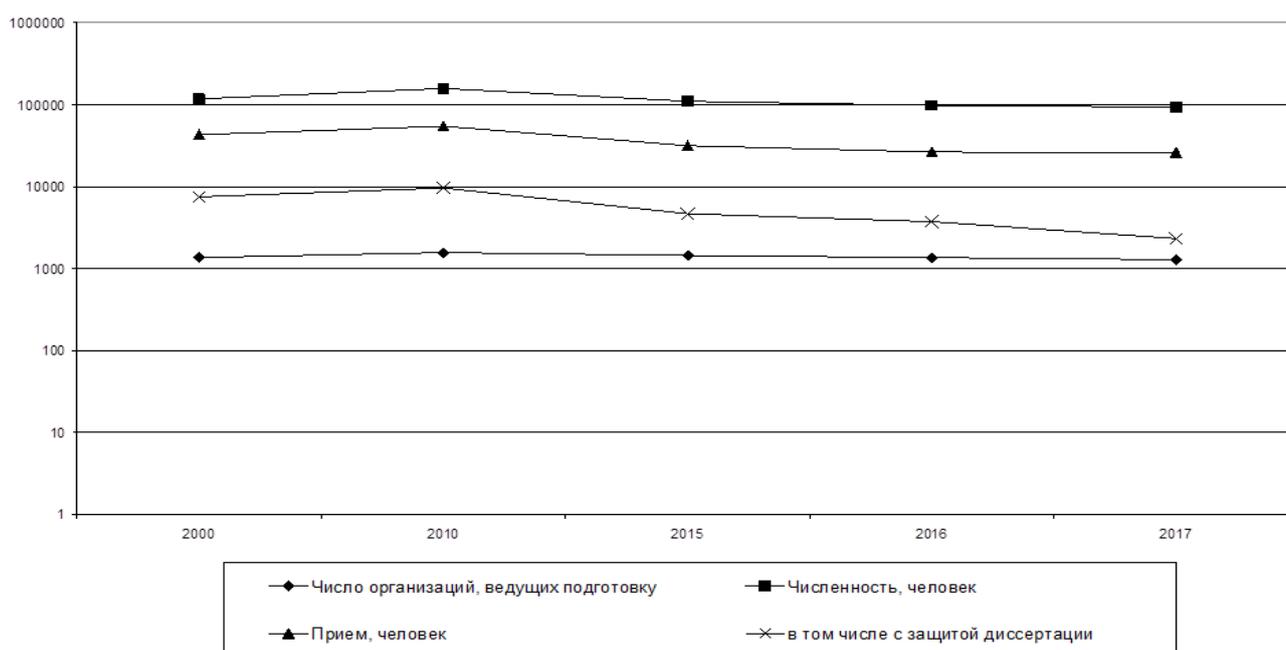


Рис. 4. Основные показатели деятельности аспирантуры

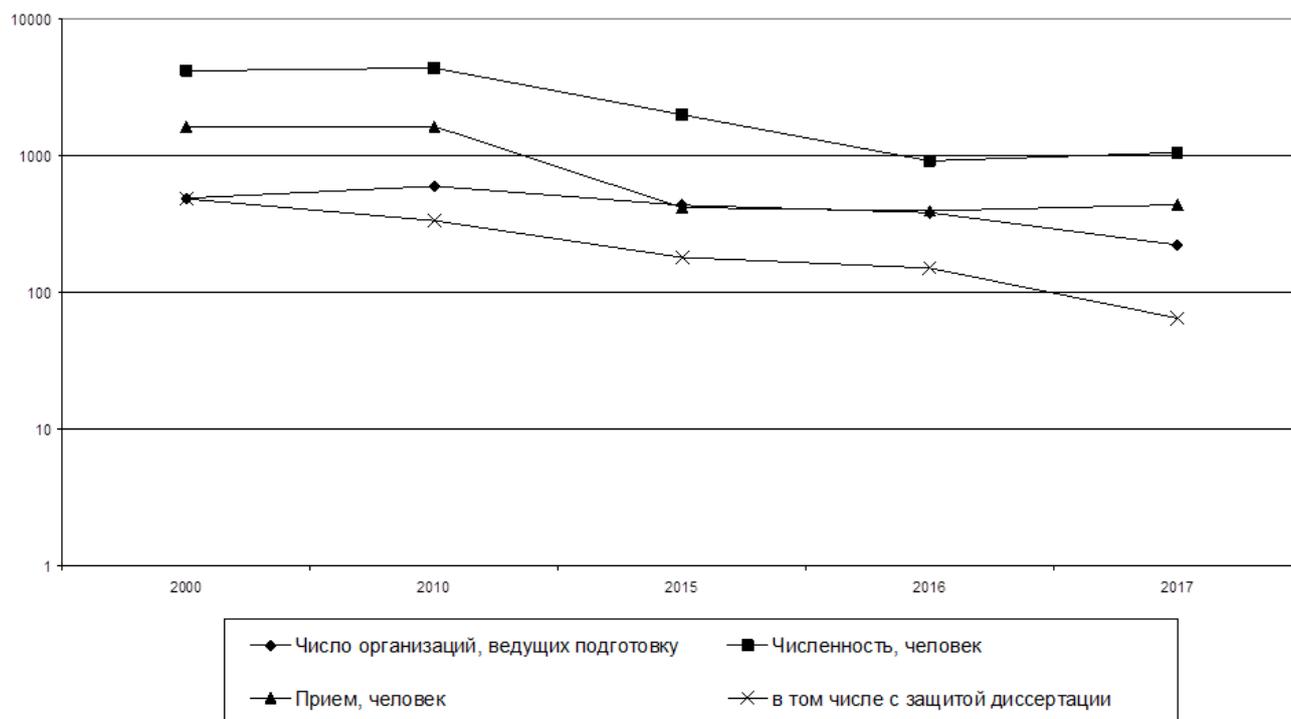


Рис. 5. Основные показатели деятельности докторантуры

На рис. 4 и 5 видна основная динамика спада (в 2017 г. по сравнению с 2000 г.) общего количества аспирантов и докторантов в 1,25 и 4 раза соответственно. В том числе, произошло резкое сокращение количества защищенных диссертаций (в 2017 г. по сравнению с 2000 г.) по кандидатским — в 3,2 раза, а по докторским — в 7,5 раза.

И наконец, переходя к основополагающей части анализа современного состояния развития научно-технологической базы России, рассмотрим основные финансовые индикаторы, определяющие временные рамки и масштабы инновационного и научно-технологического развития страны. Среди прочих, рассмотрим следующие основные показатели финансирования инновационно-научной деятельности России (см. табл. 5,6 и 7; рис. 6):

Таблица 5

Показатели финансирования науки из средств госбюджета РФ

	2000	2010	2015	2016	2017
Расходы федерального бюджета, млрд. руб.	17,4	237,6	439,4	402,7	377,9
на фундаментальные исследования	8,2	82,2	120,2	105,2	117,0
на прикладные научные исследования	9,2	155,5	319,2	297,5	260,9
в процентах:					
к расходам федерального бюджета	1,69	2,35	2,81	2,45	2,30
к валовому внутреннему продукту	0,24	0,51	0,53	0,47	0,41
Внутренние затраты на исследования и разработки					
Млрд. руб.	76,7	523,4	914,7	943,8	1019,2
В процентах в ВВП	1,05	1,13	1,10	1,10	1,11

Внутренние затраты на исследования по источникам финансирования [1 стр.483]

млрд. руб.	2000	2010	2015	2016	2017
Средства бюджета	41,2	360,3	617,3	622,3	649,9
Собственные средства научных организаций	6,9	47,4	109,9	129,1	161,9
Средства фондов поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности	9,3	9,5
Средства организаций предпринимательского сектора	14,3	85,9	150,9	154,9	168,3
Средства образовательных организаций высшего образования	0,1	0,5	2,3	1,6	1,3
Средства частных некоммерческих организаций	0,03	0,6	1,3	1,3	1,5
Средства иностранных источников	9,1	18,6	24,2	25,4	26,8
<i>в том числе средства:</i>					
Международных организаций	...	3,7	1,3	1,5	1,1
Государственных организаций зарубежных стран	...	5,7	7,2	8,1	9,3
Организаций предпринимательского сектора зарубежных стран	...	7,9	14,2	14,2	14,6
Прочих зарубежных организаций (организаций образования, фондов, некоммерческих организаций)	...	1,2	1,5	1,6	1,8

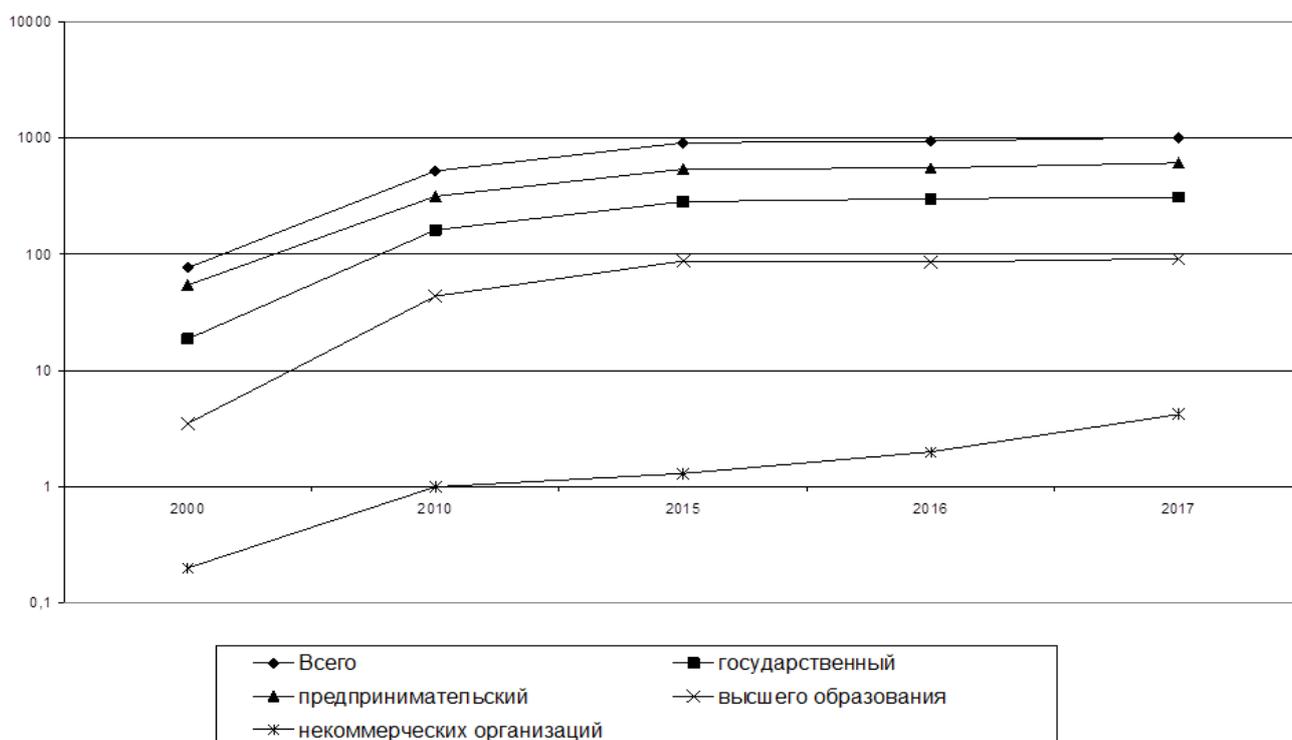


Рис 6. Внутренние затраты на исследования и разработки по секторам деятельности [1,3]

Внутренние затраты на исследования по приоритетным направлениям развития наук, технологий и техники по источникам финансирования [1,3]

	Всего						
		бюджетов всех уровней	в том числе федерального бюджета	собственных средств организаций	средств организаций государственного сектора	средств организаций предпринимательского сектора	прочих источников
Всего (млрд. руб.)							
2015	627,4	398,9	390,6	60,0	50,4	93,3	24,8
2016	670,0	396,8	381,7	81,0	62,4	104,0	25,8
2017	718,7	429,6	417,3	100,8	53,4	108,2	26,8
<i>информационно — телекоммуникационные системы</i>							
2015	74,6	48,1	47,1	7,5	7,4	9,3	2,3
2016	77,9	48,1	47,7	12,6	7,5	7,9	1,8
2017	81,4	50,0	49,3	12,7	7,2	9,6	1,9
<i>индустрия наносистем</i>							
2015	25,4	18,2	17,9	1,1	1,9	2,8	1,4
2016	25,9	15,3	14,9	0,8	6,1	2,6	1,1
2017	22,4	15,2	14,6	0,7	2,9	2,9	0,7
<i>науки о жизни</i>							
2015	43,8	33,3	32,0	4,3	1,4	2,2	2,5
2016	48,7	37,0	35,7	4,1	1,6	2,7	3,3
2017	51,7	39,9	37,9	4,4	1,2	3,5	2,7
<i>рациональное природопользование</i>							
2015	46,4	24,6	23,6	2,8	3,7	13,7	1,6
2016	51,8	26,3	22,6	12,3	1,1	10,2	1,8
2017	55,7	23,6	22,9	20,6	0,8	9,1	1,6
<i>энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика</i>							
2015	86,3	57,4	53,6	5,2	5,5	15,0	3,1
2016	98,6	67,3	60,4	6,8	5,0	16,5	3,1
2017	103,7	68,9	63,3	4,3	5,6	20,6	4,4
<i>транспортные и космические системы</i>							
2015	219,2	146,9	146,3	14,6	19,6	28,2	10,0
2016	215,9	130,3	128,8	18,4	21,3	35,6	10,2
2017	243,1	145,7	144,9	28,6	23,5	34,4	11,0

Немаловажную роль играют затраты не только на технико-технологические разработки и практические опытно-конструкторские изыскания, но и затраты, связанные с финансированием исследований и разработок по различным социально-экономическим направлениям, определяющих качество жизни народонаселения.

Таблица 8

**Затраты на исследования и разработки
по социально-экономическим направлениям [1, стр. 485]**

	2010	2015	2016	2017
Внутренние затраты на исследования и разработки	523,4	914,7	943,8	1019,2
<i>в том числе по социально-экономическим целям:</i>				
Развитие экономики	183,1	335,5	356,7	406,0
Сельское хозяйство, лесоводство, рыболовство	12,1	20,5	19,8	22,2
Производство, распределение и рациональное использование энергии	19,2	28,2	28,0	29,8
Промышленное производство	126,1	247,2	267,2	310,8
Строительство	5,5	4,1	4,5	4,5
Транспорт	12,7	28,9	28,9	29,0
Связь	6,7	5,1	6,8	8,3
Инфраструктура и планировка городских и сельских населенных пунктов	0,4	0,7	0,8	0,6
Сфера услуг	0,6	0,7	0,7	0,7
Социальные цели	25,0	47,5	53,1	51,1
охрана окружающей среды	6,0	7,7	7,0	6,2
охрана здоровья населения	14,4	27,8	33,6	30,5
социальное развитие и общественные структуры	4,6	12,0	12,6	14,3
Общее развитие науки	104,3	145,2	139,6	140,0
Исследование и использование Земли и атмосферы	19,8	43,2	35,3	41,0
Использование космоса в мирных целях	27,5	57,4	46,4	41,3
Другие цели	163,7	285,8	312,8	339,9

Что же касается структуры внутренних затрат на фундаментально-прикладные исследования и разработки, то они группируются по 6 основным научным направлениям: естественные, технические, медицинские, сельскохозяйственные, общественные и гуманитарные (табл. 9).

**Текущие затраты на исследования и разработки
по видам работ и областям науки [1, стр. 485]**

	Всего	в том числе по областям науки					
		естественные	технические	медицинские	сельскохозяйственные	общественные	гуманитарные
<i>Всего (млрд. руб.)</i>							
2010	489,5	96,0	348,6	15,5	8,9	13,8	6,7
2015	854,3	148,9	624,1	29,9	13,7	23,9	13,6
2016	873,8	150,1	639,4	34,0	13,9	23,9	12,6
2017	950,3	155,2	706,5	35,8	14,2	25,7	12,9
<i>фундаментальные исследования</i>							
2010	95,9	50,6	22,9	6,4	4,8	6,1	5,3
2015	132,1	75,1	20,6	9,9	8,1	9,2	9,3
2016	132,6	75,6	20,0	10,0	8,1	9,5	9,4
2017	141,3	77,4	23,8	11,4	8,2	11,0	9,5
<i>прикладные исследования</i>							
2010	92,0	27,2	46,8	7,9	2,6	6,2	1,3
2015	169,7	43,5	90,4	16,6	3,7	12,2	3,2
2016	181,2	42,2	99,0	20,8	4,0	12,6	2,5
2017	172,5	40,1	91,7	20,6	4,4	13,0	2,8
<i>разработки</i>							
2010	301,6	18,3	278,9	1,2	1,5	1,5	0,2
2015	552,6	30,4	513,2	3,3	1,9	2,6	1,1
2016	560,1	32,2	520,4	3,2	1,8	1,7	0,7
2017	636,4	37,7	591,0	3,8	1,5	1,7	0,6

И наконец, последним из серии основных показателей состояния научно-технического развития технологической платформы страны — являются данные по разработке передовых производственных технологий по степени их новизны (т.е. продукты в рамках новых технологических укладов (табл. 10)).

Таблица 10

Показатели разработанных передовых производственных технологий по степени новизны [3 и 1, стр.487,].

	Число технологий -всего	из них		Число технологий с использованием запатентованных изобретений
		новые для России	принципиально новые	
<i>Всего (единиц)</i>				
2010	864	762	102	
2015	1398	1223	175	589

	Число технологий - всего	из них		Число технологий с использованием запатентованных изобретений
		новые для России	принципиально новые	
2016	1534	1342	192	527
2017	1402	1212	190	485
<i>проектирование и инжиниринг</i>				
2010	216	191	25	
2015	359	323	36	145
2016	402	352	50	149
2017	417	358	59	163
<i>производство, обработка и сборка</i>				
2010	383	336	47	
2015	548	471	77	247
2016	509	449	60	171
2017	485	417	68	185
<i>автоматизированная транспортировка материалов и деталей, а также осуществление автоматизированных погрузочно-разгрузочных операций</i>				
2010	18	16	2	
2015	12	10	2	6
2016	34	29	5	9
2017	34	27	7	14
<i>аппаратура автоматизированного наблюдения и/или контроля</i>				
2010	116	98	18	
2015	117	82	35	53
2016	160	111	49	76
2017	134	107	27	44
<i>связь и управление</i>				
2010	70	67	3	
2015	232	218	14	92
2016	285	264	21	81
2017	218	194	24	45
<i>производственная информационная система</i>				
2010	20	17	3	
2015	84	78	6	33
2016	83	80	3	29
2017	44	44	—	11

	Число технологий - всего	из них		Число технологий с использованием запатентованных изобретений
		новые для России	принципиально новые	
<i>интегрированное управление и контроль</i>				
2010	41	37	4	
2015	46	41	5	13
2016	61	57	4	12
2017	70	65	5	23

В заключении хотелось бы отметить, что несмотря на положительные темпы роста (увеличение финансирования из средств федерального бюджета в 21,7 раза к 2017 году по сравнению с 2000 годом) по части финансирования как государственными так и негосударственными структурами научных исследований и разработок, все же доля расходов на науку (гражданского сектора) в стране остается на очень низком уровне с показателями около 0,4 % по отношению к валовому внутреннему продукту России в 2017 г. и около 2,3% к расходам федерального бюджета (см. табл. 5) в том же 2017 г.

Также, неудовлетворительны показатели по разработкам передовых производственных технологий по степени новизны по всем направлениям от проектирования и инжиниринга и до интегрированного управления и контроля, что является следствием недостаточного уровня общего финансирования фундаментальных и прикладных исследований и разработок. И поэтому, исходя из выше сказанного, а также приведенных объективных статистических данных, можно сделать предположение, что научно-техническая и технологическая база России еще в недостаточной степени готова для перехода к технологиям индустрии 4.0, подразумевающая собой использование IX технологического уклада (в структуре национальной экономики), в краткосрочном периоде до 2025 года. Подобного рода переход возможен только при полной реструктуризации всей экономической системы России при первоочередном условии — повышения общего благосостояния народонаселения страны с повышением потребительской активности граждан страны и поддержания высокого уровня совершенной конкуренции. Именно два последних упомянутых фактора являются естественным стимулом и движущей силой для интенсивного и гармоничного экономического роста во многих отраслях народного хозяйства.

Литература

1. Российский статистический ежегодник 2018. Статистический сборник.- М.: Росстат, 2019.
2. Индикаторы науки: 2008. Статистический сборник. — М.: НИУ ВШЭ, 2008.
3. Индикаторы науки: 2019. Статистический сборник. — М.: НИУ ВШЭ, 2019.

Метод управления формированием траекторий научных исследований на основе алгоритмов роевого интеллекта

*Борисов В. В., д. т. н., профессор, профессор кафедры вычислительной техники Смоленского филиала,
vbor67@mail.ru*

ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Смоленск, Российская Федерация

*Янукович С. П., руководитель проекта,
syanukovich@mail.ru*

ОАО «Могилевское агентство регионального развития», г.Могилев, Республика Беларусь

*Захарченков К. В., к. т. н., доцент кафедры «Автоматизированные системы управления»
zaharchenkovkv@mail.ru*

МОУ ВО «Белорусско-Российский университет» г.Могилев, Республика Беларусь

Введение

Существующая система управления научными исследованиями основана на формировании научно-исследовательских центров, научных школ, специализированных лабораторий, научно-исследовательских университетов. Траектории научных исследований, как правило, определяются интуитивно самими исследователями либо научными руководителями на основе предыдущего опыта и существующих методологий научных исследований [1,2]. Освоение новых технологий для последующего применения требует много времени, а их применение в научных исследованиях — значительных затрат на оборудование, материалы, информационные и иные ресурсы. Процедура оформления документации для внедрения результатов научных исследований в производство также требует существенных временных затрат. Соответственно, динамика появления новых технологий значительно превышает динамику их освоения и применения в научных исследованиях и в производстве. В результате существующие подходы к организации научных исследований зачастую не приносят ожидаемых результатов. Молодые ученые теряют интерес к научной работе, пытаются искать новую сферу деятельности после обучения в магистратуре и аспирантуре.

Описанные проблемы управления подготовкой научных кадров для различных отраслей экономики требуют комплексного подхода, предполагающего решение следующих задач:

- отбор и профориентация будущих ученых на основе результатов психологических тестов, составленных с учетом специфики научных направлений;
- повышение эффективности информационного управления научными исследованиями за счет рационального выбора индивидуальных траекторий подготовки исследователей, возможности оперативного изменения плана научных исследований, выбора индивидуальной скорости освоения новых технологий и их последующего применения в научных исследованиях;

- анализ эффективности выбранных траекторий научных исследований с последующим анализом информации о результатах исследований.

Эффективное управление научными исследованиями по разным направлениям требует новых подходов к организации процессов исследований. В сети Интернет существует множество индексируемых баз данных научных публикаций (РИНЦ, SCOPUS, Web of Science и др.), виртуальных научно-исследовательских лабораторий, базы данных интеллектуальной собственности. Вышеназванные ресурсы и современные средства телекоммуникаций обеспечивают новые возможности для организации научных исследований.

Перечисленные задачи могут быть решены посредством интеллектуализации управления процессами подготовки магистрантов и аспирантов с использованием современных информационных технологий. В связи с этим, тематика данного исследования, посвященная созданию метода управления формированием траекторий научных исследований с использованием алгоритмов роевого интеллекта, является актуальной.

История и современное состояние вопроса

Существующие методы научного исследования в литературе традиционно подразделяются на три группы: эмпирические, теоретические и общелогические. [3]

К основным эмпирическим методам исследования относятся наблюдение и эксперимент [4]. Наблюдение предполагает исследование предметов, объектов, процессов, явлений с целью определения новых свойств. Управление процессом наблюдения предполагает формулировку однозначного замысла, интерпретацию и возможность контроля результатов путем повторного наблюдения либо эксперимента. Эксперимент предполагает целенаправленное вмешательство в изучаемый процесс. Управление экспериментом предполагает воспроизведение процесса в контролируемых условиях, зависящих от цели исследования; изоляцию процесса от воздействия побочных факторов, которые могут влиять на результаты эксперимента; контроль поведения объекта, возможность многократного воспроизведения и проверки результатов. В процессе целенаправленных управляемых экспериментов используются такие методы эмпирического исследования, как измерение, сравнение и описание. Результатом управления научными исследованиями с использованием эмпирических методов является подтверждение или опровержение научных гипотез, концептуальных идей на основе экспериментальных данных.

Управление теоретическими исследованиями предполагает создание теоретических основ соответствующей отрасли науки для получения новых знаний. В качестве методов теоретических исследований используется преимущественно формализация, дедуктивные методы, аксиоматический метод. Формализация и аксиоматический метод предполагают использование специального математического аппарата для формирования теоретической основы научных исследований. Дедуктивные методы предполагают формирование системы научных гипотез на основе эмпирических данных. Управление научными исследованиями, основанными на дедуктивных методах, предполагает проведение анализа эмпирических фактов, оценку выдвинутых научных гипотез, экспериментальную проверку гипотезы с последующим принятием решения о возможности построения теории на основе гипотезы [5,6].

Общелогические методы исследования в зависимости от отрасли науки включают анализ и синтез, абстрагирование, обобщение, идеализацию, индукцию, аналогию, моделирование, системный подход, структурно-функциональные и вероятностно-статистические методы [7]. В теории управления сложными системами, в том числе научными исследованиями, анализ используется для оценки текущего состояния системы и предварительной оценки результатов изменений, синтез — для постановки задачи, планирования и прогнозирования поведения системы, системный подход и структурно-

функциональные методы обеспечивают строгое следование методологиям соответствующей отрасли науки, моделирование обеспечивает возможность исследования свойств системы и эффективности управления, вероятностно-статистические методы используются для обработки результатов моделирования и экспериментальной проверки гипотез.

Перечисленные методы научных исследований являются классическими. Управление научными исследованиями на основе перечисленных методов не позволяет учитывать индивидуальные особенности исследователей, выстраивать индивидуальные и коллективные траектории исследований. В связи с этим, актуальной является задача разработки метода управления формированием индивидуальных и командных траекторий научных исследований.

Формализация задачи управления формированием траекторий научных исследований с использованием алгоритмов роевого интеллекта

Объектом управления является исследователь (студент, занимающийся научной работой, магистрант, аспирант, соискатель ученой степени), которого можно охарактеризовать следующим набором:

$$SCIENTIST = \langle LPK_{SCIENTIST}, DE_{SCIENTIST}, SR_{SCIENTIST}, RSR_{SCIENTIST}, SSR_{SCIENTIST}, Task_{SCIENTIST}, UNT_{SCIENTIST}, UFL_{SCIENTIST}, R_{SCIENTIST}, SAI_{SCIENTIST} \rangle, \quad (1)$$

где $LPK_{SCIENTIST}$ — совокупность личностных и психологических качеств исследователя;

$DE_{SCIENTIST}$ — выбранное научное направление исследователя из N_{de} (регламентируется Высшей аттестационной комиссией):

$$DE_{SCIENTIST} = \{de_{SCIENTIST_i}\}, i = 1..N_{de} \quad (2)$$

$SR_{SCIENTIST}$ — проведенные в соответствии с индивидуальным планом научные исследования;

$RSR_{SCIENTIST}$ — результаты проведенных в соответствии с индивидуальным планом научных исследований, зафиксированные в виде баллов по результатам аттестации исследователя;

$SSR_{SCIENTIST}$ — последовательность проведения научных исследований. Последовательность характеризуется графом $G_{SSR} = \{T_{SSR}, R_{SSR}\}$, где $||t_{SSR_{ij}}||$ — время проведения i -го исследования после j -го, $||r_{SSR_{ij}}||$ — результаты в баллах проведения i -го исследования после j -го;

$Task_{SCIENTIST}$ — задания, которые выполняет исследователь в рамках научно-исследовательских проектов.

Задание, выполняемое исследователем в научно-исследовательском проекте, может быть представлено набором:

$$Task_{SCIENTIST} = \langle SK_{Task}, HTT_{Task}, SAT_{Task} \rangle, \quad (3)$$

где SK_{Task} — навыки проведения исследований, формируемые в процессе выполнения задания;

$$SK_{Task} = \{sk_{Task}\}, sk_{Task} = (sk_{Task_1}, \dots, sk_{Task_n}), n = NSK_{Task}, \quad (4)$$

HTT_{Task} — новые технологии, изучаемые в процессе выполнения задания в научном проекте;

$$HTT_{Task} = \{htt_{Task}\}, htt_{Task} = (htt_{Task1}, \dots, htt_{Task_n}), n = NHTT_{Task}, \quad (5)$$

SAT_{Task} — алгоритм оценки результатов выполнения заданий исследователем. В большинстве случаев

$$SAT_{NTT} : \sum_{i=1}^{NT_{Pr}} BT_i + \sum_{j=1}^{NP_{ac}} BT_j, \quad (6)$$

где BT_i — баллы, выставленные научным руководителем исследователю за выполнение i -ого задания, NT_{Pr} — количество заданий в проекте; BT_j — количество баллов, выставленных j -м членом аттестационной комиссии, NP_{ac} — количество членов аттестационной комиссии.

$UNT_{SCIENTIST}$ — уровень знаний новых технологий исследователем. Оценка уровня осуществляется на основе тестов заказчика с учетом выполнения заданий в научном проекте;

$UFL_{SCIENTIST}$ — уровень знаний иностранного языка исследователем (согласно международной классификации);

$R_{SCIENTIST}$ — рейтинг исследователей по результатам выполнения научной работы;

$SAI_{SCIENTIST}$ — алгоритм роевого интеллекта (*роения пчел, муравьиной колонии, светлячков*), использующийся при выборе траектории подготовки исследователей. [8—11]

Процедура выбора очередного этапа подготовки исследователей на основе алгоритмов роевого интеллекта включает следующие основные шаги.

Шаг 1. Изучение новых методов, средств и технологий наиболее активными исследователями, выступающих в роли *пчел-разведчиков*, с высокой успеваемостью и результатами научной работы, с высоким уровнем мотивации к изучению новых технологий.

Шаг 2. Определение лучших и перспективных методов, средств и технологий по результатам научной работы исследователей, выступающих в роли *пчел-разведчиков*.

Шаг 3. Направление исследователей, выступающих в роли *пчел-фуражистов*, по траекториям *пчел-разведчиков* на изучение лучших и перспективных новых технологий с последующим сравнением результатов построения траекторий с результатами *пчел-разведчиков* и, при необходимости, корректировкой параметров алгоритма *роения пчел* для улучшения траекторий подготовки. В роли *пчел-фуражистов* выступают наиболее активные студенты, которые по сравнению со студентами, выполняющими роль *пчел-разведчиков*, имеют более низкую успеваемость.

Шаг 4. Построение траекторий исследователей на основе алгоритма *светлячков*. Роль *светлячков* выполняют исследователи с нестандартным, креативным мышлением, принимающие участие в научных исследованиях, требующих нестандартных подходов и решений.

Шаг 5. Построение траекторий исследователей на основе алгоритма *колонии муравьев* в соответствии с потребностями работодателей для получения достаточного количества специалистов по перспективным направлениям научных исследований. Роль *муравьев* выполняют исследователи, желающие изучать наиболее востребованные работодателями технологии на основе существующих методологий в выбранной области науки.

Шаг 6. Построение командных траекторий научных исследований в процессе выполнения заданий научных проектов. При формировании команд учитываются личностные и психологические качества исследователей.

Информационное управление осуществляется на основе потребности экономики (ВУЗов, научно-исследовательских центров, научно-исследовательских университетов, научно-производственных объединений, государственных и частных предприятий и организаций) в научных кадрах. Потребность в научных кадрах характеризуется следующим набором:

$$QS = \langle VE_{QS}, SCIENTIST_{QS}, TE_{QS}, TSTE_{QS}, ASE_{QS} \rangle, \quad (7)$$

где VE_{QS} — вакансии работодателей, которые можно охарактеризовать следующим набором:

$$VE_{QS} = \langle LPK_{QS}, NTT_{QS}, UNTT_{QS}, UFL_{QS} \rangle, \quad (8)$$

где LPK_{QS} — требования к личностным и психологическим качествам исследователей;

NTT_{QS} — множество новых технологий, которыми должны владеть претенденты;

$UNTT_{QS}$ — уровни требований работодателей к знаниям каждой технологии;

UFL_{QS} — уровень требований к знаниям иностранного языка (согласно международной классификации).

Множество требований работодателей соотносятся с характеристиками исследователей, описанными выше.

TE_{QS} — новые технологии, которые востребованы работодателем;

$TSTE_{QS}$ — тестовые задания работодателей;

ASE_{QS} — алгоритм отбора научных кадров работодателем.

Представленная формализация задачи управления формированием траекторий научных исследований на основе алгоритмов роевого интеллекта является основой описанного ниже метода управления научными исследованиями.

Описание предлагаемого метода управления формированием траекторий научных исследований

На основе предложенной формализации разработан метод управления формированием траекторий научных исследований, который включает рассмотренные ниже этапы:

Этап 1. Оценка личностных и психологических качеств (ЛПК) исследователей для выбора наиболее подходящего направления научной работы и алгоритма роевого интеллекта, наиболее соответствующего ЛПК исследователя.

Шаг 1.1. Оценка ЛПК исследователя на основе результатов психологических тестов.

Шаг 1.2. Ранжирование научных направлений для студента в зависимости от результатов оценки ЛПК.

Шаг 1.3. Ранжирование алгоритмов роевого интеллекта (*роения пчел, колонии муравьев, светлячков*) в зависимости от результатов оценки ЛПК.

Этап 2. Управление изучением теоретической базы выбранного научного направления. Выбор траектории подготовки на данном этапе зависит от алгоритма роевого интеллекта, выбранного на шаге 1.3, в соответствии с алгоритмом выбора очередного шага подготовки исследователя, представленным во 2-м разделе статьи: исследователи, выступающие в роли пчел-разведчиков, активно осваивают новые методы научных исследований; исследователи, выступающие в роли светлячков, следуют траекториям подготовки исследователей, достигающих лучших научных результатов; исследователи, выступающие в роли муравьев, изучают классические методологии соответствующей отрасли науки.

Этап 3. Управление проведением теоретических исследований. Выбор траектории проведения исследований определяется алгоритмом роевого интеллекта, выбранным на шаге 1.3. Исследователи, выступающие в роли *пчел-разведчиков*, разрабатывают новые методы и применяют их для решения новых или известных научных задач; исследователи, выступающие в роли *светлячков*, следуют траекториям подготовки исследователей, достигающих лучших научных результатов, модифицируя используемые ими

теоретические методы; исследователи, выступающие в роли *муравьев*, используют классические методы соответствующей отрасли науки при решении новых научных задач.

Этап 4. Управление проведением экспериментальных исследований. На данном этапе исследователи, выступающие в роли *пчел-разведчиков*, исследуют методы, разработанные ими на этапе 3, разрабатывают новые технологии применения методов, разработанных ими на этапе 3, для решения новых или известных научных задач, с использованием новых средств и технологий проведения исследований. Исследователи, выступающие в роли *светлячков*, исследуют результаты модификации методов на этапе 3 с применением и модификацией средств и технологий, используемых ранее исследователями, достигшими лучших научных результатов. Исследователи, выступающие в роли *муравьев*, используют существующие средства и технологии соответствующей отрасли науки при решении новых научных задач.

Этап 5. Управление формированием коллективных траекторий подготовки исследователей. Данный этап включает следующие основные шаги:

Шаг 5.1. Статистическая обработка результатов научных исследований, выполненных на этапах 3 и 4, по результатам аттестации исследователей.

Шаг 5.2. Распределение ролей в научном проекте с учетом результатов оценки ЛПК, полученных на шаге 1.1, и результатов обработки данных на шаге 5.1.

Шаг 5.3. Распределение лидером команды научного проекта заданий на проведение исследований между участниками проекта.

Шаг 5.4. Выполнение научно-исследовательской работы командами проекта. После выполнения каждого задания результаты сохраняются для оценки другими командами и аттестационной комиссией.

Шаг 5.5. Оценка результатов научно-исследовательской работы участниками проекта. Каждая задача в проекте и проект целиком оцениваются автором проекта, представителями других команд, выполняющих аналогичный проект и аттестационной комиссией.

Заключение

В статье представлен метод управления научными исследованиями, отличающийся использованием алгоритмов роевого интеллекта. Идеи, лежащие в основе предложенного метода, позволяют повысить эффективность управления научными исследованиями за счет рационального выбора научного направления с учетом личностных и психологических качеств начинающего исследователя и поддержки принятия решений по выбору индивидуальных и коллективных образовательных траекторий студентов на основе алгоритмов роевого интеллекта.

Литература

1. Белоусов, В. Л. Модель управления научными исследованиями / В.Л. Белоусов // Инноватика и экспертиза, 2007, Выпуск 1. — С.164—170.
2. Леднев, В. С. Научное образование: развитие способностей к научному творчеству. Издание второе, исправленное — М.: МГАУ, 2002. — 120 с
3. Липчиу, Н. В. Методология научного исследования / Н.В.Липчиу, К. И. Липчиу, — Краснодар.: КубГАУ, 2013. — 290 с.
4. Новиков, А. М. Методология учебной деятельности. / А.М. Новиков. — М.: Издательство «Эгвес», 2005. — 176 с.
5. Новиков, А. М. Методология научного исследования / А.М. Новиков, Д. А. Новиков. — М.: Либроком, 2010. — 280 с.

6. Новиков, А. М. Методология образования. Издание второе. — М.: «Эгвес», 2006. — 488 с.
7. Методы и средства научных исследований: учеб. пособие / Ю. Н. Колмогоров [и др.]. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2017. — 152 с.
8. Карпенко, А. П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие. / А. П. Карпенко. — 2-е изд. — М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 446с.: ил.
9. Матренин, П. В. Разработка адаптивных алгоритмов роевого интеллекта в проектировании и управлении техническими системами. [Текст]: дис.....канд. техн. наук: 05.13.01: защищена 19.12.18 / Матренин Павел Викторович. — Новосибирск, 2018. — 197 с.
10. Янукович, С. П. Метод управления процессом обучения информационным технологиям на основе алгоритмов роевого интеллекта / С.П. Янукович // Информатика и образование. — 2019. — № 7 (306). — с.32—41.
11. Янукович, С. П. Программа для оптимизации траектории подготовки IT-специалистов на основе алгоритмов роевого интеллекта: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019660959 / С. П. Янукович, В. В. Борисов, А. И. Павлов, В. В. Антонов, Ю. Р.Герасимов, М. И. Груммо. — Заявка №2019619896, дата поступления 08.08.2019, дата регистрации 15.08.2019.

Методика многоуровневого управления студенческими научно-исследовательскими проектами

Вайнилович Ю. В., старший преподаватель,
yli.v@tut.by

Захарченков К. В., к.т.н, доцент,
zaharchenkovkv@mail.ru

Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь

Студенческие научно-исследовательские проекты являются одним из важнейших средств повышения качества подготовки специалистов. Принимая участие в научно-исследовательских проектах, студенты получают дополнительные знания, развивают творческую активность, приобретают исследовательские умения и навыки.

Студенческие научно-исследовательские проекты могут выполняться как в учебное так и во внеучебное время, могут быть как индивидуальными так и коллективными.

Любой научно-исследовательский проект, в том числе и студенческий, строится в логике проектов [1—6]. В студенческом научно-исследовательском проекте так же как и в любом другом, формулируется проблема, строится гипотеза, определяются задачи исследования, строится программа исследования, проводятся исследования и оформляются результаты.

В общем виде основные этапы работ над научно-исследовательскими проектами представлены на рис. 1 [6].

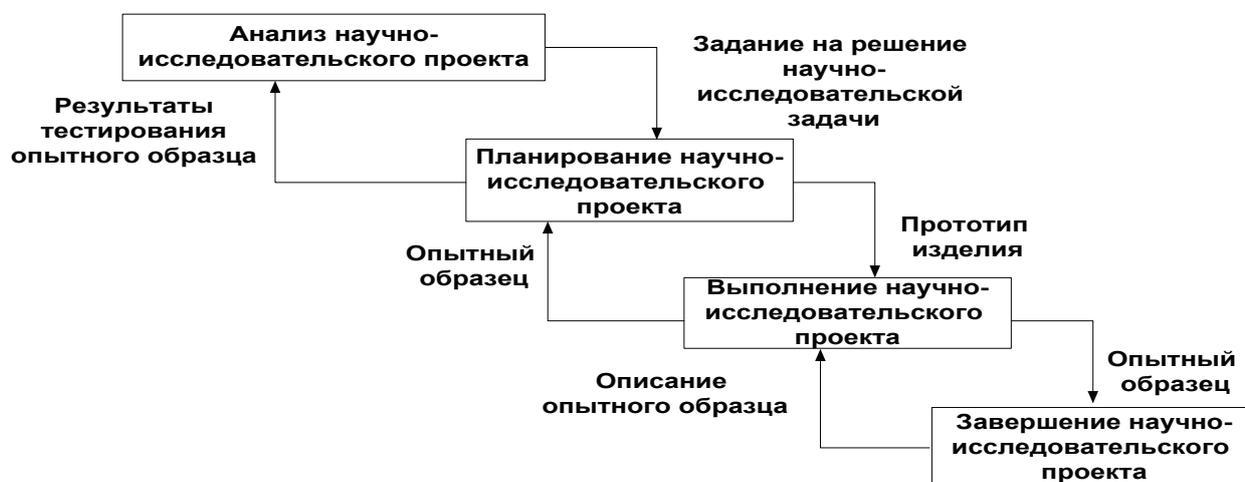


Рис. 1. Основные этапы работы над научно-исследовательским проектом

Активность студентов в научно-исследовательских проектах во многом зависит от того, как организована научная работа [5].

Для повышения эффективности управления студенческими научно-исследовательскими проектами, вовлечения в научно-исследовательскую работу как можно большего числа студентов, начиная с первого курса, развития навыков работы в команде разработана методика многоуровневого управления научно-исследовательскими проектами, которая включает следующие основные этапы.

Этап 1. Разработка технического задания на проведение научно-исследовательской работы. Руководитель студенческих научно-исследовательских проектов выдает задание на разработку руководителю проектной группы постановщиков задач. Постанов-

щики задач разрабатывают план разработки изделия и проведения исследования его свойств, формулируют задачи исследования, выбирают возможные методы их решения, контролируют соответствие опытного образца заданным показателям качества [3, 7].

По окончании выполнения научно-исследовательского проекта анализируют, обобщают и формулируют выводы.

Задание на решение научно-исследовательской задачи постановщики задач передают проектным группам проектировщиков.

Этап 2. Проектирование опытного образца. Проектировщики на основании полученного задания создают прототип изделия, разрабатывают алгоритм применения метода для решения задачи, осуществляют сборку опытного образца [7].

Прототип изделия передается для разработки проектной группе разработчиков.

Этап 3. Разработка опытного образца. Проектные группы разработчиков в соответствии с прототипом изделия разрабатывают отдельные компоненты, осуществляют сборку опытного образца, осуществляют подбор деталей, производят проверку свойств опытного образца, контролируют качество оформления документации. Готовый опытный образец изделия проектная группа разработчиков передает группе технических писателей для оформления документации и группе проектировщиков для оценки соответствия опытного образца прототипу изделия [7].

Этап 4. Разработка технической документации. Проектные группы технических писателей осуществляют описание опытного образца, выполняют его комплектацию.

Задача по обеспечению качества выполняемых работ возлагается на руководителей проектных групп, выдавших задание группам более низкого уровня.

Руководители групп технических писателей передают разработанную документацию руководителю группы разработчиков. После проверки соответствия описания опытному образцу и выявления недостатков задания возвращаются на доработку в группу технических писателей.

В случае удовлетворительного качества выполненных работ группа разработчиков передает опытный образец вместе с документацией руководителю группы проектировщиков.

Группа проектировщиков тестирует опытный образец на соответствие прототипу изделия. В случае выявления дефектов, изделие возвращается на доработку группе разработчиков. В случае удовлетворительного качества выполненных работ опытный образец вместе с документацией передается проектной группе проектировщиков.

Группа проектировщиков анализирует полученные результаты и принимает решение о дальнейших действиях. Если результаты удовлетворительные, то группе проектировщиков выдается задание на решение очередной задачи научно-исследовательского проекта. В случае неудовлетворительных результатов, осуществляется корректировка плана работ по проекту, выбор других методов, средств и технологий решения задачи, после чего цикл повторяется.

Рассмотренная методика подходит и для крупных проектов, в которых на каждом уровне может быть задействовано несколько проектных команд. Одна проектная команда может принимать участие одновременно в нескольких научно-исследовательских проектах.

Одновременно может реализовываться несколько научно-исследовательских проектов, в каждом из которых может принимать участие несколько десятков студентов.

Схема многоуровневого управления несколькими проектами с большим числом проектных групп представлена на рис. 2.

Представленная методика хорошо подходит для создания конкурентной среды в научно-исследовательской сфере, когда нескольким проектным командам выдается задание на разработку одного и того же проекта.

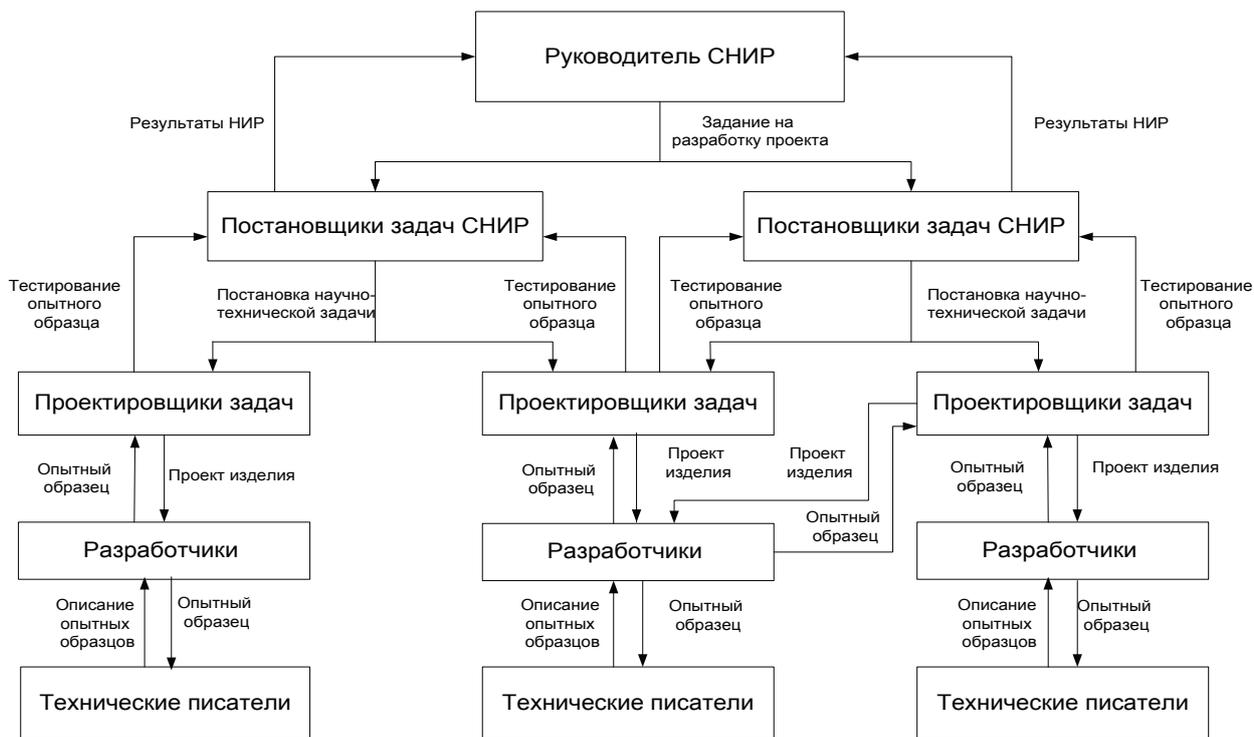


Рис. 2. Схема многоуровневого управления несколькими научно-исследовательскими проектами

Разработанная методика может быть адаптирована к проектам из любой предметной области. На рисунке 3 представлена адаптированная методика многоуровневого управления ИТ-проектами [8—9].



Рис. 3. Схема многоуровневого управления студенческими научно-исследовательскими ИТ-проектами

Таким образом, предложенная методика управления научно-исследовательскими проектами обладает рядом достоинств:

- проекты являются актуальными практическими задачами;
- привлечение к научно-исследовательской работе большого количества студентов, начиная с первого курса;
- улучшение координации действий между участниками научно-исследовательской работы — проектными командами разных курсов, преподавателем и проектными командами;
- четкое разграничение зон ответственности между проектными командами разных уровней;
- постоянный контроль и поддержка со стороны более опытных студентов-исследователей;
- может использоваться непрерывно для постоянного развития и обновления навыков, как начинающих, так и достаточно опытных студентов-исследователей.

Литература

1. *Бурков, В. Н.* Как управлять проектами / В. Н. Бурков, Н. А. Коргин, Д. А. Новиков. — М.: Либроком, 2009. 264 с.
2. *Бурков, В. Н.* Теория активных систем: состояние и перспективы / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. — М.: Синтег, 1999. 128 с.
3. *Новиков, А. М.* Методология / А. М. Новиков, Д. А. Новиков. — М.: СИНТЕГ, 2007 — 668 с.
4. *Новиков, А. М.* Методология учебной деятельности / А. М. Новиков. — М.: «Эгвес», 2005. 176 с.
5. *Новиков, Д. А.* Структура теории управления социально-экономическими системами // Управление большими системами. 2009. №24. с. 216—237.
6. *Новиков, Д. А.* Теория управления образовательными системами / Д. А. Новиков. — М.: Народное образование, 2009. — 416 с.
7. *Новиков, А. М.* Методология научного исследования / А. М. Новиков, Новиков Д. А. — М.: Либроком, 2010 — 280 с.
8. *Захарченков, К. В., Вайнилович Ю. В.* Методика многоуровневого управления учебными IT-проектами. // ЭНЕРГЕТИКА, ИНФОРМАТИКА, ИННОВАЦИИ — 2018 (инновационные технологии и оборудование в промышленности, управление инновациями, экономика и менеджмент, научные исследования в области физической культуры, спорта и общественных наук). Сб. трудов VIII -ой Межд. науч.-техн. конф. — Смоленск : «Универсум», 2018. — Т 3. — С. 18—21.
9. *Мазур, И. И.* Управление проектами : учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / под общ. ред. И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. — 6-е изд., стер. — М. : Издательство «Омега Л», 2010. 960 с.

Закон Гудхарта, библиометрические индексы и вычислительный анализ текстов

Крейнес М. Г.,
mkrf@yandex.ru

ООО «Базисные технологии», г. Москва

Экономистам знаком закон Гудхарта «Any observed statistical regularity will tend to collapse once pressure is placed upon it for control purposes», который говорит о неадекватности попыток использовать статистические показатели в качестве целевых переменных для организации управления в экономических системах. Мы наблюдаем очевидные свидетельства справедливости данного закона и в других областях деятельности.

Попытки объявления целевыми статистических по своей природе показателей в различных сферах приводят к запуску разнообразных механизмов, изменяющих содержание и самую природу показателей, что делает значения показателей пригодными только для формирования благоприятно выглядящей отчетности, при их принципиальной непригодности в качестве контрольных параметров для целей управления. Здесь наиболее распространенными механизмами являются:

— изменение методики расчета показателя (например, исключение младенческой смертности из расчетов средней продолжительности жизни приводит к ее значительному росту, учет публикации в журнале из первого квартала как двух публикации меняет реальное число опубликованных работ),

— прямая фальсификация исходных данных,

— непрямая фальсификация исходных данных.

Для библиометрии/ наукометрии существенны все три механизма. Здесь изменение методики расчета связано с «впендюриванием» статьи в журнал, существенно превосходящий ее по уровню. Прямая фальсификация — это содержательно неоправданное включение работы в список процитированных источников (так называемое «дружественное» цитирование) и публикация содержательно полностью идентичных статей в разных изданиях. Эти два механизма уже вполне освоены специальными бизнес-структурами. Непрямая фальсификация — это создание группы авторов, работающих в одной или в близких предметных областях, цитирующих друг друга с завидным упорством, часто совмещенная с попытками разнообразить представление одних и тех же результатов для разных изданий. Поэтому распределение одного научного результата сразу по нескольким публикациям может занимать промежуточное место в вышеприведенной классификации.

В докладе рассматриваются технологические вычислительные возможности анализа текстов научных публикаций для идентификации случаев и механизмов, делающих библиометрические/ наукометрические индексы непригодными для целей управления. Данные вычислительные возможности основаны на математических моделях текстов, текстовых коллекций и модельных характеристиках содержательной ценности и содержательной независимости текстов.

Методический подход к проведению мониторинга формирования, выполнения и реализации мероприятий государственной программы по развитию оборонно-промышленного комплекса

*Кузнецов С. В., к.п.н., начальник отдела департамента координации мероприятий по созданию авиационной техники военного и специального назначения,
kuznecovsv@nrczh.ru*

*Харитон В. А., к.т.н., директор департамента координации мероприятий по созданию авиационной техники военного и специального назначения
haritonva@nrczh.ru*

*Симоновская Т. В., главный специалист отдела департамента координации мероприятий по созданию авиационной техники военного и специального назначения,
simonovskayatv@nrczh.ru*

ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е.Жуковского», г. Москва

Оборонно-промышленный комплекс России (далее — ОПК), являясь фундаментом безопасности нашего государства, занимает ключевую, системообразующую роль в экономике страны. Развитие России все больше зависит от успешности деятельности и, соответственно, научно-технического и производственно-технологического развития предприятий ОПК. Поступления от экспорта вооружения, военной и специальной техники (далее — ВВСТ) являются важнейшей составляющей прибыли предприятий и в целом бюджета страны, а научно-технические наработки ОПК лежат в основе модернизации многих отраслей российской промышленности, поэтому поддержка ОПК, стимулирование научно-технического и производственно-технологического развития являются важной задачей экономической политики российского государства [1].

Наличие передовых промышленных технологий на предприятиях ОПК позволяет государству обеспечивать свою безопасность и сохранять достаточно устойчивые позиции на мировом рынке вооружений. К примеру, во всех развитых странах мира разработка технологий является предметом особой заботы государства и подвергается государственному планированию. При этом на создание научно-технического задела (далее — НТЗ) в этих странах направляется порядка 10% от общих бюджетных затрат на развитие ВВСТ [2].

Разработка промышленных технологий предусмотрена в рамках действующей государственной программы развития ОПК (далее — ГП ОПК), целью которой является повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе стимулирования развития ОПК. Формируемый в рамках ГП ОПК НТЗ является основой для последующих разработок и производств образцов военной техники и непременным условием успешного развития вооружения.

Вместе с тем, анализ деятельности предприятий ОПК в области формирования, выполнения и внедрения результатов научно-исследовательских работ (далее — НИР) по разработке промышленных технологий в рамках ГП ОПК позволил выявить проблемные вопросы организационного и методологического характера, оказывающие негативное влияние на качество НТЗ в обеспечение создания перспективных образцов ВВСТ. Среди выявленных проблемных вопросов можно выделить низкую направлен-

ность разрабатываемых промышленных технологий на обеспечение создания образцов ВВСТ в рамках государственной программы вооружения, а также несоответствие сроков разработки технологий срокам начала создания образцов ВВСТ. Своевременная оценка состояния вышеуказанных процессов, выявление проблемных вопросов, поиск путей их решения с последующим управляющим воздействием позволят снизить к минимуму риски неготовности предприятий ОПК выполнить требования заказчика по созданию перспективных образцов ВВСТ. Данный факт указывает на необходимость проведения непрерывной оценки состояния процессов, а именно — мониторинга формирования, выполнения и реализации мероприятий ГП ОПК в целях своевременного выявления проблемных вопросов и подготовки обоснованных предложений по принятию управленческих решений.

Мониторинг выполнения мероприятий государственных программ и заданий государственного оборонного заказа осуществляется в соответствии с приказом Минпромторга России от 07 мая 2015 года № 1065 «О проведении паспортизации предприятий (организаций) ОПК, находящихся в сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации» и от 29 октября 2009 года № 963 «О создании Информационно-аналитической системы мониторинга показателей результатов деятельности организаций промышленного и оборонно-промышленного комплекса Министерства промышленности и торговли Российской Федерации». Мониторинг направлен в первую очередь на оценку состояния дел в области производства ВВСТ и предусматривает следующие основные задачи:

- обеспечение эффективного получения информации о предприятиях ОПК и отраслях промышленности в целом на основе единого научно-методического инструментария;
- мониторинг способности предприятий ОПК производить и поставлять необходимую качественную конкурентоспособную продукцию;
- обеспечение комплексного прогнозирования и оптимального распределения загрузки производственных мощностей;
- разработка комплексных планов развития, реструктуризации и реформирования предприятий ОПК.

Решаемые в ходе мониторинга задачи в основном связаны с производством и не способствуют повышению эффективности формирования НТЗ, необходимого для создания перспективных образцов ВВСТ. Вместе с тем, низкий уровень формируемого НТЗ ставит под сомнение возможность производить качественную конкурентоспособную военную продукцию. Кроме того, данный мониторинг не позволяет выявить полный спектр проблемных вопросов в области формирования НТЗ и, соответственно, подготовить предложения по своевременному принятию управленческих решений для их устранения. Выявление проблемных вопросов с последующей подготовкой предложений по их своевременному решению необходимо оперативно осуществлять как при подготовке предложений в проекты государственных программ в области обороны, так и в ходе выполнения программных мероприятий, а также внедрения полученных результатов.

В этих целях предлагается использовать методический подход, позволяющий проводить мониторинг состояния дел в области формирования НТЗ, направленный на совершенствование системы своевременного выявления проблемных вопросов отрасли в части использования НТЗ, подготовки предложений по их решению, разработанный для применения в авиационной промышленности. Вместе с тем, он может быть использован и в других отраслях промышленности.

1. Подход основан на выполнении комплекса мероприятий по сбору, анализу сведений от предприятий о ходе формирования предложений в проекты программных документов, их последующего выполнения, реализации и внедрения полученных ре-

зультатов, а также подготовки предложений по устранению проблемных вопросов для принятия обоснованных управленческих решений и предусматривает проведение следующих этапов:

2. Оценка деятельности предприятий авиационной промышленности по формированию ими предложений в проекты формируемых программных документов;

3. Оценка готовности предприятий авиационной промышленности к выполнению мероприятий программных документов (обеспеченность научным заделом и ресурсами);

4. Сбор и анализ сведений от предприятий авиационной промышленности о ходе выполнения мероприятий программных документов, выявление проблемных вопросов;

5. Сбор и анализ сведений от о ходе реализации и внедрения результатов выполнения мероприятий программных документов;

6. Подготовка предложений по решению проблемных вопросов в области формирования и использования НТЗ;

7. Подготовка комплекса мер по совершенствованию системы мониторинга формирования, проведения, реализации и внедрения результатов выполненных мероприятий.

Организацию проведения вышеизложенных мероприятий целесообразно возложить на федеральный орган исполнительной власти — Минпромторг России (в авиационной отрасли Департамент авиационной промышленности Минпромторга России) (далее — Организатор).

Координацию и непосредственное выполнение мероприятий мониторинга целесообразно возложить на организацию, отвечающую за формирование НТЗ и экспертно-аналитическую структуру, владеющую соответствующим методическим аппаратом мониторинга мероприятий, единой базой данных существующих и разрабатываемых авиационных технологий, обеспечивающую аналитическую поддержку руководства авиационной отрасли в принятии управленческих решений в сфере формирования НТЗ (далее — Координатор).

Мониторинг целесообразно проводить постоянно, при этом результаты, включая промежуточные, представлять руководству Минпромторга России совместно с предложениями по устранению выявленных рисков в течении всего периода мониторинга **один раз в квартал**.

Управляющие воздействия по дальнейшему выполнению программных мероприятий (либо другой деятельности в области обеспечения создания АТВиСН), устранению выявленных в ходе мониторинга проблемных вопросов необходимо осуществлять по итогам рассмотрения представленных проблемных вопросов и предложений по их решению.

Остановимся подробнее на сущности вышеуказанных этапов.

Этап 1.

Оценка деятельности предприятий авиационной промышленности по формированию ими предложений в проекты программных документов в области обеспечения создания перспективных образцов АТВиСН осуществляется в ходе формирования проекта программного документа, предложения в который заявляет предприятие.

На данном этапе оценивается актуальный перечень предлагаемых к проведению предприятием НИР, систематизируется и распределяется по тематическим направлениям ее реализации, которые определены Положением об организации работ Департамента авиационной промышленности Минпромторга России по реализации ГП ОПК (утверждено Директором Департамента авиационной промышленности Минпромторга России 24 октября 2017 г.) [3].

Оценка деятельности предприятий осуществляется по следующим критериям:

полнота учета предприятием требований нормативных документов, регламентирующих порядок формирования государственных программ;

- соответствие мероприятий государственных программ в области обороны по целям, результатам и срокам выполнения;

- соответствие тематической направленности предлагаемых работ компетенциям предприятия.

При наличии отрицательных оценок по любому из указанных критериев выдаются рекомендации по их устранению. После чего результаты оценки и рекомендации по устранению выявленных недостатков (предлагаемые меры по координации деятельности предприятия) представляются Организатору для принятия соответствующих решений.

Этап 2.

Оценка готовности предприятий к выполнению мероприятий программных документов (обеспеченность научным заделом и ресурсами) осуществляется Координатором в период формирования предложений в проекты программных документов. При этом под готовностью предприятия к выполнению работ понимается обеспеченность предприятия научным заделом в области планируемых исследований, необходимыми для выполнения работ ресурсами (кадровыми, материально-техническими, финансовыми, информационными).

Сбор необходимых для данной оценки сведений осуществляется в ходе проводимых Координатором встреч (бесед) на предприятиях с заявителями программных мероприятий (научно-исследовательских работ). Необходимыми для оценки сведениями являются:

- наличие у заявителя мероприятий соответствующих компетенций и положительных результатов ранее проведенных им НИР по тематике, рассматриваемой в области планируемых исследований;
- наличие у заявителя мероприятий необходимых кадровых и материально-технических ресурсов.

По итогам сбора вышеуказанных сведений Координатором осуществляется их экспертная оценка на качественном уровне, в ходе которой выявляются проблемы, возможные риски, потенциально ограничивающие возможности предприятия по выполнению рассматриваемых программных мероприятий в требуемые сроки и с необходимым качеством. При наличии проблем экспертом разрабатываются рекомендации по их устранению и далее представляются Организатору мониторинга для принятия им управленческих решений. После устранения выявленных проблем проводится повторная оценка готовности предприятия к выполнению заявленных программных мероприятий, при этом данная оценка проводится заблаговременно до утверждения программного документа.

Этап 3.

Сбор и анализ сведений от предприятий авиационной промышленности о ходе выполнения мероприятий программных документов, выявление проблемных вопросов осуществляется путем направления в предприятия запросных форм, в которых указывается: шифры, наименования, сроки и стоимость выполнения мероприятий (НИР, ОКР), наименование программного документа, в рамках которого выполняется мероприятие (НИР, ОКР). Данные сведения в течение мониторинга запрашиваются **один раз в квартал**. Кроме того, дополнительно, Организатором, **один раз в год** по соответствующим формам осуществляется сбор сведений о проблемах организационного, нормативного правового, научно-технического, производственно-технологического, методологического характера в области создания НТЗ в обеспечение создания образцов АТВиСН и предлагаемых путей их решения.

Полученные сведения анализируются экспертным путем, при этом особое внимание уделяется выявлению факторов, указывающих на возможность срыва сроков и снижения качества выполнения работ, среди них:

- недостатки (сбои) в области финансирования работ;
- срывы в части закупок и поставок необходимого для выполнения работ оборудования;

- отсутствие необходимой кооперации при недостаточной компетенции головного исполнителя работы;
- степень достижения результатов работ.

При наличии вышеназванных факторов, указывающих на необходимость принятия управленческих решений о порядке дальнейшего выполнения работ, Организатору выдаются рекомендации по:

- необходимым мерам для устранения выявленных рисков;
- дальнейшему порядку проведения работ;
- уточнению состава кооперации для дальнейшего выполнения НИР;
- использованию созданного в рамках НИР задела.

Этап 4.

Сбор и анализ сведений от о ходе реализации и внедрения результатов выполнения мероприятий программных документов осуществляется путем направления на предприятия запросных форм, в которых указываются сведения о внедрении результатов выполненных НИР (ОКР) в области создания АТВиСН (шифр, наименование выполненных НИР (ОКР), результаты их выполнения, наименование образца АТВиСН, при создании которого использован (реализован, внедрен) полученный результат. При получении данных сведений экспертным путем осуществляется их анализ и систематизация. Сведения запрашиваются **один раз в полугодие в течение текущего года** за оцениваемый период. При этом реализация результатов проведенных работ оценивается по наличию актов приемки заказчиком научно-технической продукции, а внедрение результатов проведенных работ оценивается по актам внедрения достигнутых результатов и использования их в производственном процессе.

Систематизация сведений Координатором заключается в распределении реализованных и внедренных НИР по различным тематическим направлениям, при этом также определяется количество и процент реализованных и внедренных результатов НИР (от общего количества выполненных НИР (ОКР)).

По итогам выполнения данного этапа мониторинга осуществляется подготовка справки-доклада Организатору о реализации и внедрении результатов, ранее проведенных НИР с предложениями по решению проблемных вопросов.

Этап 5.

Подготовка предложений по решению проблемных вопросов в области формирования и использования НТЗ. По итогам проведения мониторинга (**один раз в год**) на основе полученных результатов осуществляется подготовка предложений по:

решению проблемных вопросов в области формирования НТЗ в обеспечение создания перспективных образцов АТВиСН;

использованию созданного НТЗ как в области военного авиастроения, так и в гражданском секторе, в интересах обеспечения трансфера технологий из гражданского сектора авиастроения в военный и наоборот.

Данные предложения формируются с учетом имеющихся у Координатора сведений о разработанных технологиях в различных программных документах, включая разработки в области гражданской авиации и представляются Организатору для последующего принятия управленческих решений в области использования сформированного (формируемого) НТЗ для обеспечения создания образцов как АТВиСН, так и гражданского назначения.

Этап 6.

Подготовка комплекса мер по совершенствованию системы мониторинга формирования, проведения, реализации и внедрения результатов выполненных мероприятий. На данном этапе осуществляется анализ проблемных вопросов проведения самого мониторинга, касающихся сбора сведений, обработки и хранения информации, предоставления Организатору сведений по результатам его проведения. Кроме того,

ежегодно осуществляется подготовка комплекса мер по совершенствованию системы мониторинга формирования, проведения, реализации и внедрения результатов выполненных мероприятий. Предлагаемый комплекс мер является основой для внесения изменений в нормативные и методические документы, регламентирующие порядок формирования программных документов, в том числе проведения данного мониторинга.

Итак, в заключении, необходимо отметить, что своевременное выявление проблемных вопросов в области формирования, выполнения и внедрения результатов программных мероприятий в ходе проведения поэтапного мониторинга позволит создать необходимый НТЗ, повысить его востребованность и эффективность использования за счет обоснованности и качества принятия управленческих решений, а также снижения рисков достижения требуемых параметров при выполнении программных мероприятий. Кроме того, применение вышеизложенного методического подхода позволит совершенствовать действующую систему мониторинга программных мероприятий ГП ОПК.

Литература

1. Вопросы экономики и права. 2012. № 1, Проблемы повышения конкурентоспособности ОПК России в условиях интеграции Российской промышленности в мировую экономику, 2012 Ф.Е. Скрипунов.

2. Оборонный комплекс РФ: Состояние и перспективы развития. 2013. «Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения», Ю.И. Борисов.

3. Положение об организации работ Департамента авиационной промышленности Минпромторга России по реализации ГП ОПК, утвержденное Директором Департамента авиационной промышленности Минпромторга России 24 октября 2017 г.

Механизм управления научными исследованиями в университете на примере маркетинговых исследований транспортного комплекса города Москвы

*Лукина А. В., д.э.н., доцент, профессор кафедры маркетинга,
lukina.AV@rea.ru*

*Скоробогатых И. И., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой маркетинга,
skorobogatykh.II@rea.ru*

*Сидорчук Р. Р., д.э.н., доцент, профессор кафедры маркетинга
sidorchuk.RR@rea.ru*

*Шишкин А. В., д.э.н., профессор, профессор кафедры маркетинга, директор ОНЦ «Торговля»,
shishkin.AV@rea.ru*

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, г. Москва

В настоящее время перед высшими учебными заведениями России поставлена задача развития научного потенциала страны, обеспечения выхода российских научных, образовательных организаций и производственных компаний на глобальные рынки знаний и технологий [1]. В соответствии с Указом Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» подписанного 1 декабря 2016 г. (№ 642) В.В. Путиным должны быть обеспечены целостность и единство научно-технологического развития России, созданы условия и возможности для выявления талантливой молодежи, построения успешной карьеры в области науки, технологий, инноваций, развития интеллектуального потенциала страны [1], а также «проактивного участия России в разработке технологических стандартов и научно-образовательных форматов, способствующих повышению ее роли в формировании новых рынков» [1].

Как отметил В.А. Новиков, председатель Комитета по образованию и науке Государственной Думы: «...вузы сейчас рассматриваются как полноценные научные организации...» [2].

Перед высшими учебными заведениями ставятся следующие **задачи по проведению научных исследований**:

подготовка научных кадров высшей квалификации мирового уровня;

формирование целостной системы для профессионального роста научных и научно-педагогических кадров;

научные исследования вузов должны вносить ощутимый вклад в процесс реформирования государственного сектора науки и наращивании научно-технического потенциала страны;

научная деятельность в системе высшего образования должна быть приоритетной наравне с основной (образовательной).

Государство предпринимает усилия для повышения инвестиционной привлекательности сферы научных исследований и разработок. Создаются условия для проведения научных исследований через систему поддержки и взаимодействия государственных фондов, органов государственной власти и бизнеса. Поддерживаются инициативы проведения совместных исследований, в том числе с международным участием. Несмотря на предпринимаемые усилия вузы сталкиваются с рядом **проблем**, а именно:

- незначительный платежеспособный спрос на научные исследования и разработки [3];

- низкие показатели коммерческого применения результатов исследований и разработок [3];
- сложность синхронизация процесс преподавания и проведения научных исследований для профессорско-преподавательского состава вузов;
- организация внедрения результатов научных исследований в образовательный процесс;
- вовлечение обучающихся разных уровней подготовки (бакалавры, специалисты, магистры, аспиранты) и синхронизация процесса проведения исследования с образовательным процессом студентов и слушателей.

Поставленные задачи для высших учебных заведений транслируются на подразделения институтов: научные лаборатории, факультеты, кафедры. Перед кафедрами стоят следующие задачи по организации научных исследований:

- поиск тем и направлений научных исследований, соответствующих профилю кафедры и квалификации ее сотрудников;
- поиск заказчиков научных исследований среди государственных и частных компаний, органов государственной власти, фондов и т.д.;
- формирование команды исполнителей, синхронизация их научной и образовательной деятельности;

Организация и управление процессом проведения научного исследования.

Кафедра маркетинга в Российском экономическом университете имени Г.В. Плеханова является старейшей в России кафедрой маркетинга. Являясь первой, организованной в нашей стране кафедрой маркетинга она стояла у истоков российского маркетингового образования, в том числе и в области подготовки и аттестации научных кадров. На протяжении 30 лет на кафедре велись научные и практические исследования, опыт их проведения позволил выстроить механизм управления проведением научных исследований. Схематически механизм организации и управления научными исследованиями на кафедре маркетинга представлена на рис. 1.

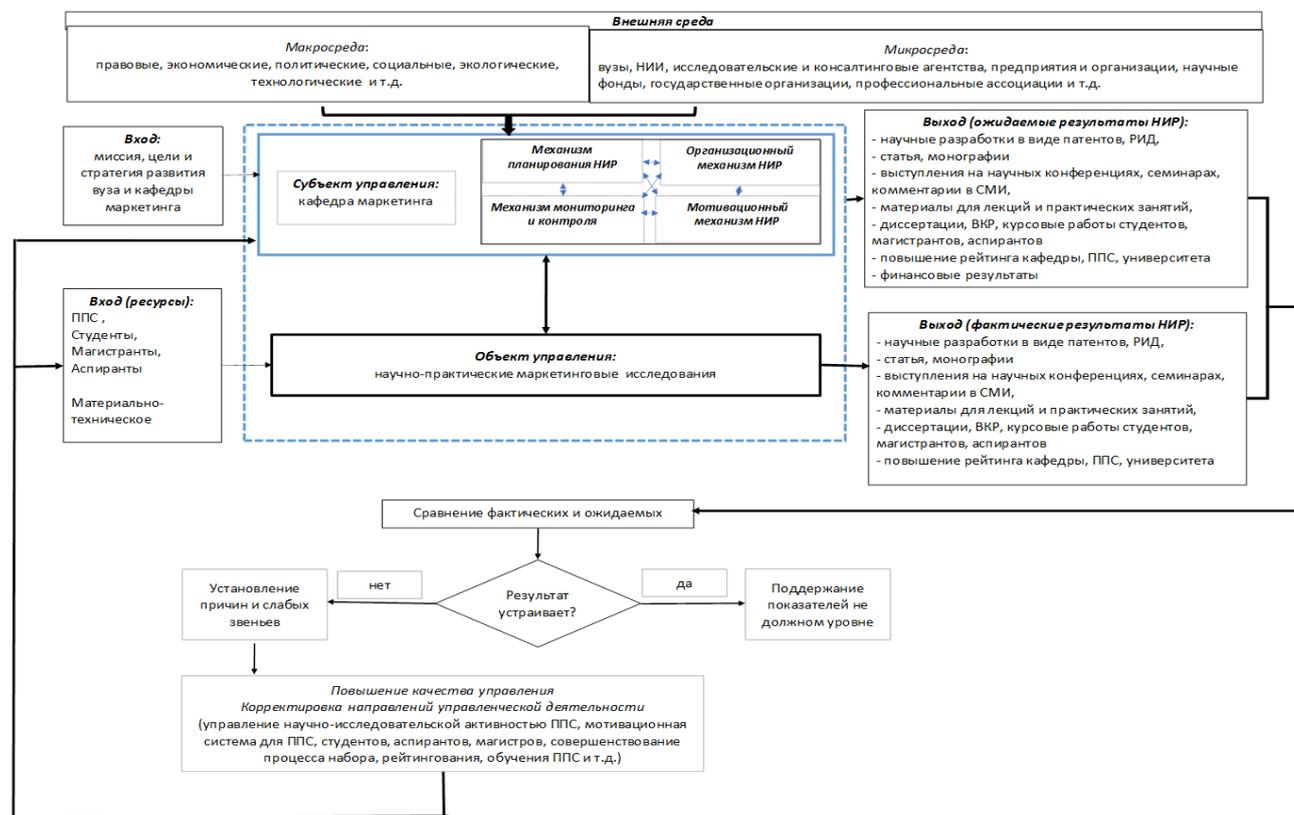


Рис. 1. Механизм организации и управления научными исследованиями на кафедре маркетинга РЭУ имени Г.В. Плеханова, составлено авторами

Как видно из представленной схемы научные и научно-практические исследования определяются в зависимости от целей и стратегии вуза, материальных и человеческих ресурсов кафедры и формируются в условиях макро и микросреды. Эффективность работы механизма определяется результатами НИР. Особое внимание следует уделять сопоставлению ожидаемых и фактических результатов научных исследований, которые открывают пути совершенствования управления проведением научных исследований на кафедре.

В данном механизме используются следующие методы:

- отбора идей научных исследований (Форсайт исследования, Поисковые НИР, Фундаментальные НИР, Прикладные НИР);
- экономического регулирования (премии, индивидуальные надбавки);
- административного регулирования (отбор в исследовательскую группу);
- экономико-социально-психологические методы (рейтингование ППС);
- организации полевых работ студентов и ППС (например, иерархическое управление полевыми работами студентов).

Методы отбора идей научных исследований хорошо проработаны в работах ряда российских и зарубежных авторов [4, 5, 6]. В данной работе остановимся подробнее на **методе сетевого управления полевыми работами студентов, магистрантов, аспирантов и ППС** при проведении маркетинговых исследований. В качестве ядра сетевого взаимодействия выступает группа ответственных за проведение полевого исследования — супервайзеры из числа ППС и аспиранты. Акторами сетевого взаимодействия являются бригадиры студенческих отрядов (студенты 3 и 4 курсов бакалавриата и магистранты) и рядовые члены студенческих отрядов (студенты 1 — 3 курса), а также группа студентов (студенты 3—4 курсов, магистры), отвечающих за консолидацию и первичную проверку поступающих от студенческих отрядов информацию. Каждый участник полевого исследования взаимодействует с другими акторами через организованные группы в WhatsApp. Участие в группах позволяет осуществлять оперативный и стратегический контроль за проведением полевого исследования, оперативно получать информацию, обмениваться опытом, быстро решать возникающие вопросы и разрешать проблемы. Схематично вертикаль постановки задач акторам полевого исследования представлена на рис. 2. Супервайзеры ставят задачи бригадирам студенческих отрядов. Супервайзеры определяют географию и логистику исследования, осуществляют методическое сопровождение полевого исследования, разрабатывают материалы для полевых групп, проводят инструктаж членов студенческого отряда, консультируют по всем возникающим в процессе исследования вопросам, в том числе связанным с безопасностью проведения исследования, решением конфликтных ситуаций. В их функционал также входит обобщение и анализ результатов исследования по их блокам ответственности.

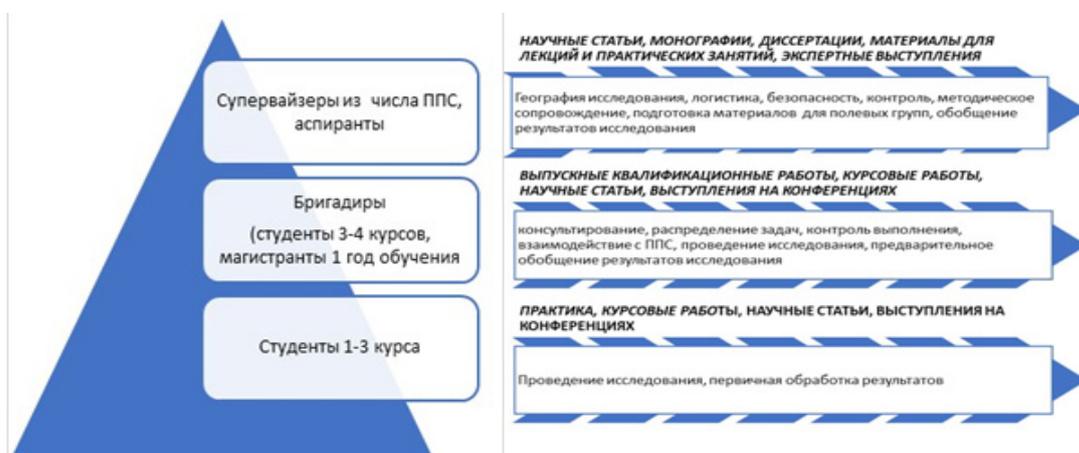


Рис. 2. Схематичное представление организации полевых исследований кафедры маркетинга РЭУ имени Г.В. Плеханова, составлено авторами

Бригадиры студенческих отрядов организуют работ вверенного им отряда, консультируют членов своего отряда, контролируют выполнение методики исследования, проводят прием собранных материалов, первичную обработку, проверку, обобщение. В зависимости от масштаба исследования могут также выполнять функции рядовых участников студенческого отряда. В масштабных исследованиях из бригадиров формируется группа, осуществляющая проверку качества поступающих материалов и первичную обработку поступающей информации.

Сетевой принцип взаимодействия акторов — участников полевых исследований показал свою эффективность при проведении научных исследований транспортного комплекса города Москвы.

В 2018 году по заказу Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы было проведено исследование ожиданий пассажиров рельсового транспорта города (метро, МЦК, железнодорожный транспорт) [7, 8, 9, 10]. Супервайзерами данного исследования были 9 преподавателей кафедры маркетинга. Было сформировано 9 студенческих отрядов, которые работали на разных видах рельсового транспорта и выполняли разные задачи исследования. Следует также отметить, что отличались не только виды исследуемого транспорта, задачи, но и используемые методы исследования (анкетирование, интервью, наблюдение). Бригадиром студенческих отрядов стали магистранты 2-го года обучения и аспиранты 1-го года обучения. В студенческих отрядах участвовали студенты факультета маркетинга РЭУ имени Г.В. Плеханова, обучающиеся на 2, 3 и 4 курсах. Всего в исследовании было задействовано около 100 студентов. Полученные в ходе исследования результаты были использованы:

- в проектах студентов по дисциплине «Маркетинговые исследования»;
- в выпускных квалификационных работах бакалавров факультета маркетинга;
- в публикациях преподавателей кафедры маркетинга;
- в докладах и тезисах студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей на всероссийских и международных конференциях.

В 2019 году по соглашению Университета и Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, под руководством кафедры маркетинга было проведено исследование обеспеченности жителей города Москвы парковочными местами и разработаны рекомендации по эффективному использованию парковочного пространства города.

В исследовании были задействованы помимо кафедры маркетинга преподаватели еще 3-х кафедр университета. В исследовании приняло участие 89 преподавателей и 205 студентов. Сетевое взаимодействие позволило организовать и провести данное исследование. В результате был составлен уточненный каталог парковочного пространства города Москвы, который содержал информацию по атрибутам парковочных мест. Каталог включал 73152 парковочных полигона; 3007798 машиномест [11]. Каталог сопровождался картографическим материалом, позволяющим определить местоположение на карте города и очертания парковочного полигона. Среди научных результатов, полученных в ходе исследования, была разработана методика выявления потребности в парковочном пространстве, разработана методика ранжирования и кластеризации округов города по степени дефицита парковочных мест, разработана модель прогнозирования потребности в парковочных местах в городе, методика мониторинга состояния парковочного пространства города.

Полученные в ходе научного исследования результаты стали основой для разработки программы ДПО (дополнительное профессиональное обучение) для сотрудников Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы. В сентябре 2019 года было проведено обучение по формированию навыков пользования Уточненным каталогом парковочного пространства.

Проведенное исследование стало также импульсом к развитию материально-технического обеспечения кафедры маркетинга. В РЭУ имени Г.В. Плеханова была организована научно-исследовательская лаборатория «Маркетинговые исследования транспортного комплекса».

Основываясь на представленных материалах, можно сформулировать следующие **результаты для университета**:

- выполнение государственных задач по развитию университетской науки;
- формирование имиджа университета и кафедры (подразделений университета);
- привлечение средств в университет;
- развитие материально-технического обеспечения университета и его подразделений;
- формирование базы данных для публикаций ППС, студентов, магистров, аспирантов;
- получение и отработка студентами, магистрами, аспирантами, ППС практических навыков проведения научных и научно-практических исследований;
- развитие профессиональных навыков ППС, студентов, магистрантов и аспирантов;
- расширение образовательных программ университета;
- полученный в ходе научных исследований материал становится источником идей для новых научных и научно-практических исследований.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Электронный доступ. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449>, дата обращения 18.12.2019

2. Круглый стол: «Правовое обеспечение научной и научно-технологической деятельности в Российской Федерации: состояние, проблемы, перспективы развития». Организатор — Комитет по образованию и науке Государственной Думы. 22.06.2018. URL: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=b52c5fb4-cfc6-4f62-8c89-94a708008eb7>, дата обращения 03.12.2019.

3. Манахов С. В. Развитие научной деятельности в вузах — новый приоритет государственной научно-технической политики России // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. — 2013. — № 8 (62). С. 29—36.

4. Калинина И. А. Инновационная стратегия воспроизводства научного потенциала вуза экономического профиля. — Монография / И. А. Калинина. — Минск: изд. центр БГУ, 2017. — 223 с.

5. Клочков В. В. Управленческие аспекты развития экономической науки / Научное издание. — М.: ИПУ РАН, 2011.

6. Балацкий Е. В. Технологии, изменяющие науку // публикации сайта www.kapital-rus.ru (Интернет-ресурс). 02.12.2008. Электронный доступ. URL: http://kapital-rus.ru/articles/article/tehnologii_izmenyayuschie_nauku // Дата обращения 12.12.2019

7. Аспекты маркетингового управления деятельностью и развитием предпринимательских структур на общественном транспорте: монография / под общ.ред. д-ра экон. наук И.И.Скоробогатых, д-ра экон. наук Р.Р.Сидорчука. — М. : ИНФРА_М, 2019. — 159 с. — (Научная мысль).

8. Операционные решения стратегии демаркетинга для снижения транспортной нагрузки в центре мегаполиса [Текст] / И. И. Скоробогатых [и др.]. // Риск: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. — 2019. — № 1. — С. 267—275 : табл. — Библиогр.: с. 274—275

9. Мусатов Б. В. Система непрерывного контроля за показателями ожиданий потребителей // Креативная экономика. — 2019. — Том 13. — № 2. — doi: 10.18334/kr.20.1.39752

10. Lukina A., Skorobogatykh I., Sidorchuk R., Mkhitaryan S., Kuznetsov V. Level of Passengers' Satisfaction with the Transport Service Quality in the Moscow-City Underground. // Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) «Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage». 13—14 November 2019 Madrid, Spain. pp. 2651—2656.

11. Сидорчук Р. Р. Геоинформационные системы в маркетинге предпринимательских структур // Маркетинг МВА. Маркетинговое управление предприятием. — 2019. — Том 10. — №1. — С. 97—114

Формализация и тактическое управление процессом прикладных научных исследований и разработок (на примере авиастроения)

Рождественская С. М., начальник отдела,
rozhdestvenskayasm@nrczh.ru

Клочков В. В., д.э.н., к.т.н., заместитель генерального директора по стратегическому развитию,
klochkovvv@nrczh.ru

ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Эффективное управление прикладными научными исследованиями и разработками (прикладными НИР) требует уточнения и формализации их содержания (т.е. основных процессов, выполняемых в рамках НИР), ожидаемых результатов, используемых ресурсов, методов и средств. Также следует формализовать цели управления прикладными НИР, возможные управляющие воздействия на разных уровнях иерархии и этапах прикладных НИР.

Здесь рассматривается именно тактическое управление процессами прикладных НИР. То есть считается, что на стратегическом уровне определены требования к характеристикам перспективной техники. Определены, вероятно, перспективные направления научного поиска¹, имеются фундаментальные научные знания, которые можно положить в основу новых технологий. И далее, в процессе реализации стратегического плана прикладных НИР, следует стремиться выполнить поставленные требования в заданные сроки, в пределах располагаемых ресурсов. При этом НИР, даже прикладные, являются высокорисковой деятельностью, успех которой не гарантирован заранее. Однако рациональное управление реализацией прикладных НИР позволяет повысить шансы на достижение успеха в рамках доступных ресурсов, как материальных, трудовых, финансовых, так и временных.

В данной работе процессы прикладных НИР и проблемы управления ими рассматриваются на примере авиастроения, однако основные положения без ограничения общности применимы к различным областям науки и техники.

Основные понятия

В данной работе используются следующие понятия.

Под *технологиями*² подразумеваются *принципы* (в терминах работы [10]), воплощенные в виде конкретных *технических решений* в конструкции или процессах функционирования изделий авиационной техники. Примерами таких принципов могут быть:

¹ Априори этого однозначно утверждать нельзя — иначе прикладные НИР и не понадобились бы.

² В этой работе рассматриваются именно т.н. *продуктовые* технологии, касающиеся устройства изделий и принципов их функционирования. Также к продуктовым технологиям относятся конструкционные и расходные материалы (т.е. топлива, другие горюче-смазочные материалы, иные технологические жидкости и газы).

Кроме продуктовых, также выделяют *производственные* технологии, которые касаются процессов разработки, производства, технического обслуживания и ремонта изделий, и *управленческие* технологии,

- аэродинамические компоновки (классическая самолетная компоновка «труба-крыло», биплан, триплан, схема «бесхвостка», компоновка «летающее крыло» и т.п.),
- формы аэродинамических поверхностей (например, стреловидное крыло, оживальное крыло, крыло изменяемой стреловидности, сверхкритический профиль крыла и т.п.),
- типы и схемы двигателей (например, турбореактивные двухконтурные, турбовинтовые, турбовальные и т.п.),
- ламинаризация обтекания за счет сдува или отсоса пограничного слоя,
- бионическая сетчатая пространственная силовая конструкция (вместо традиционных конструктивно-силовых схем «лонжерон — нервюра — обшивка», «шпангоут — стрингер — обшивка» и т.д.),
- искусственная стабилизация статически неустойчивого летательного аппарата,
- активное снижение нагрузок от турбулентности на конструкцию,
- активное шумоподавление,

и т.п. (подробнее см., например, [12]) Как правило, такие принципы, лежащие в основе технологий, основаны на фундаментальных научных знаниях, в т.ч. на новых, обнаруженных учеными, явлениях, эффектах, закономерностях. Так, формы аэродинамических профилей основаны на законах аэродинамики; конструктивно-силовые схемы — на законах сопротивления материалов, принцип активного шумоподавления — на эффекте интерференции волн, и т.п.

Технические решения — это конкретная форма реализации принципов, составляющих основу технологий. Например,

- система сдува/отсоса пограничного слоя вблизи передней кромки крыла самолета (как конкретная реализация технологии искусственной ламинаризации обтекания путем сдува/отсоса пограничного слоя),
- кессон крыла самолета из полимерно-композитных материалов (как конкретное их применение в конструкции воздушных судов), и т.п.

Сочетание принципа и реализующего его технического решения и будем называть технологией. При этом один принцип может быть реализован с помощью разных технических решений — и каждый вариант реализации представляет собой отдельную технологию.

Технологии дискретны (в рамках данного понимания), их множество счетно и конечно. Различные технологии, которые могут применяться в составе изделий в данной области техники, обозначим индексами $t = 1, \dots, T$. Строго говоря, аналогичные технологии могут применяться в различных элементах, узлах и агрегатах, подсистемах и системах изделия. Например, стреловидную форму в плане или сверхкритический профиль могут иметь как крыло, так и стабилизатор, и т.п. В общем случае (для упрощения формализации) будем считать такие технологии различными.

Совокупность конкретных технологий, примененных в составе изделия авиационной техники, т.е. вариант реализации изделия (конструкции и процессов функционирования его элементов, систем и подсистем) на основе определенного набора технологий, называется *технической концепцией*. На основе одной технической концепции в перспективе может быть создано несколько изделий авиационной техники различных классов, типоразмеров и даже назначения. Так, например, самолеты семейств Boeing-727, Ту-154 и Як-42, в первом приближении, построены на базе одной технической концепции — самолеты-низкопланы со стреловидным крылом и Т-образным хвостовым оперением, тремя турбореактивными двухконтурными двигателями, расположенными в хвостовой части, с механической проводкой управления и т.д.

касающиеся управления процессами жизненного цикла изделий и деятельностью предприятий. Они выходят за рамки данного исследования.

Техническую концепцию, состоящую из совокупности технологий, применяемых в изделии, формально можно представить как вектор $C = [c_1, \dots, c_T]^T$, компоненты которого $\{c_t\}$ принимают значения 1, если в данной технической концепции применяется технология с индексом t , или 0, если она не применяется¹. Разумеется, по объективным причинам многие сочетания технологий могут быть априори несовместимыми и невозможными.

Конструктивные параметры — это количественные показатели, описывающие, как именно реализована технология в техническом решении. Например, система сдува/отсоса пограничного слоя с перфорацией в определенном месте (в области крыла, имеющей определенную форму), с отверстиями, расположенными с определенной частотой, определенного диаметра и ориентации (перпендикулярно поверхности или под иным углом к ней), с определенным расходом воздуха, и т.п.

Как видно из этого примера, конструктивные параметры реализации технологии t — даже отдельной — представляют собой, в общей случае, вектор или даже более сложный объект. Например, закон управления, реализованный в отдельном звене системы автоматического управления, представляет собой функцию многих переменных. Для простоты будем считать, что конструктивные параметры реализации технологии t представляют собой «вектор» $\vec{x}_t, t = 1, \dots, T$ (его размерность и состав компонентов для разных технологий отличаются). Совокупность проектных параметров всех технологий, которые могут применяться в составе изделия, обозначим «метавектором» $X = [\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_T]^T$.

Техническая концепция, снабженная значениями (или диапазонами значений) конструктивных параметров, составляет облик изделия авиационной техники (реального или гипотетического, перспективного). Таким образом, в вышеприведенных обозначениях, облик изделия можно выразить как $\Omega = \{C; X\} = \left\{ [c_1, \dots, c_T]^T ; [\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_T]^T \right\}$.

Взаимосвязь описанных понятий наглядно изображена на рис. 1.

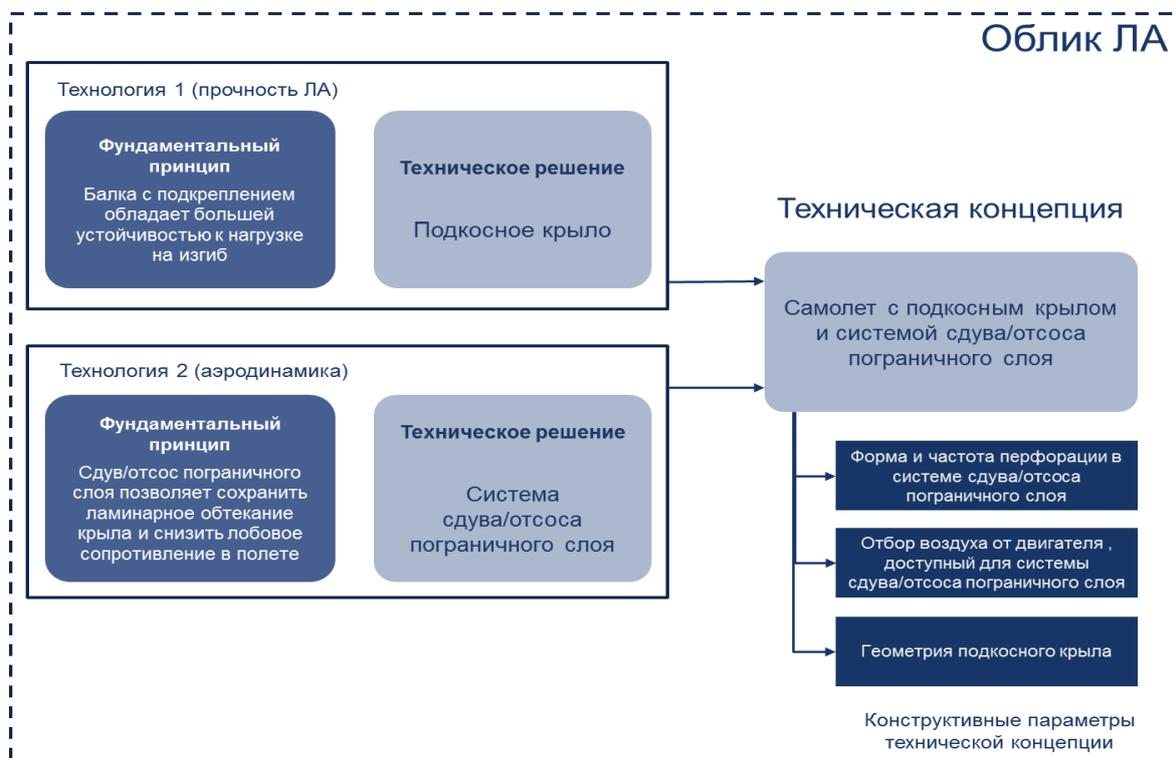


Рис. 1. Взаимосвязь понятий технологий, технических решений, технических концепций, конструктивных параметров и облика изделий (пример)

¹ Подчеркнем, что на ранних стадиях жизненного цикла изделий речь может идти лишь о гипотетических вариантах их реализации, поэтому выражения «технология используется» и т.п. следует понимать применительно к гипотетическим изделиям.

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 $P = [\bar{p}_1, \dots, \bar{p}_N]^T$, где $\{p_i\}$, $i = 1, \dots, N$ — отдельные подсистемы и элементы¹. Размерность этого «метавектора» N 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).

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

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 (подробнее эта проблема обсуждается в работе [2]). 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:

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

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.

¹ 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 « $\hat{}$ », обозначающий оценочный характер характеристик, в данной работе опускается.

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 авиаперевозок, их качества, повышения безопасности полетов и снижения экологического ущерба. Показатели достижения генеральных целей обозначим $\{s_k\}, k = 1, \dots, L$. Они зависят от интегральных показателей ВС (тоже, в общем случае, всех) и, опять же, от внешних условий:

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

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 рис. 2.

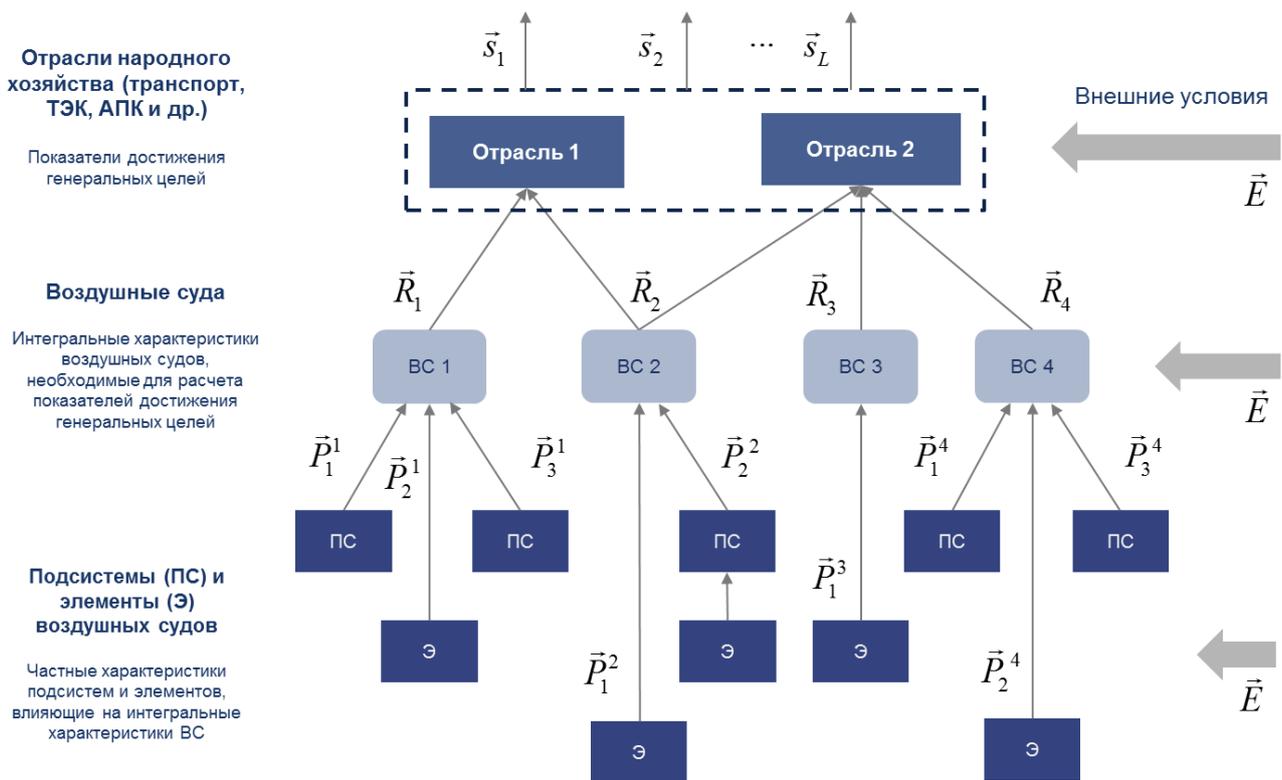


Рис. 2. Взаимосвязь интегральных и частных характеристик воздушных судов и их элементов, показателей достижения генеральных целей и внешних условий

Формализация основных процессов прикладных НИР

Прикладные научные исследования и разработки направлены на создание новых технологий, которые позволяют улучшить (с точки зрения тех или иных обобщающих критериев) характеристики перспективной техники. Для этого проводится комплекс НИР, включающий в себя следующие два процесса — *анализа влияния технологий* и *синтеза обликов перспективной техники*. Здесь считается, что в процессе прикладных НИР проводится контроль достигнутых уровней готовности технологий, УГТ (подробнее см. [13, 14]). Повышение сложности, комплексности, а также длительности, ресурсоемкости и стоимости исследований и испытаний происходит поэтапно. То есть вначале рассматривается изолированная технология, затем проводится системная интеграция технологий в рамках определенных технических концепций. Кроме степени интеграции системы, нарастает также реалистичность воспроизведения

- условий (т.е. увеличивается размерность «метавектора» условий A и диапазоны значений его «компонентов»)
- и самих исследуемых систем и их элементов (т.е. возрастает степень подробности виртуальных и натуральных моделей и макетов, масштаб макетов и т.п.).

На рис. 3 представлена наиболее распространенная в мировой, а теперь и в отечественной аэрокосмической индустрии система (шкала) уровней готовности технологий.

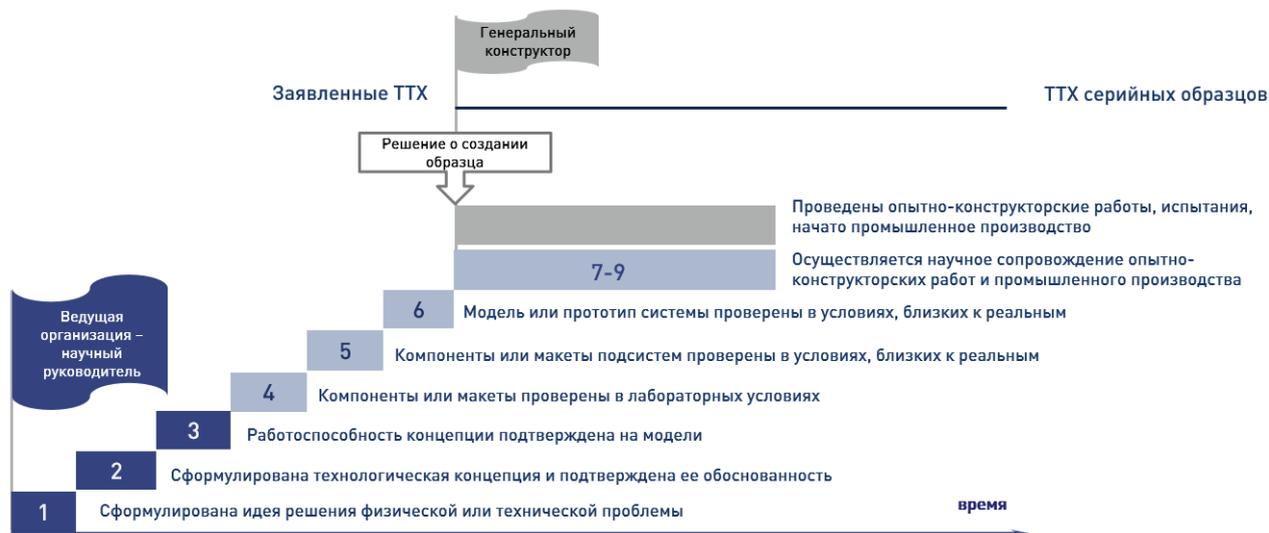


Рис. 3. Уровни готовности технологий

На рис. 4 представлены соответствующие различным УГТ стадии жизненного цикла изделий, а также виды исследований и разработок (см., например, [5, 8]).

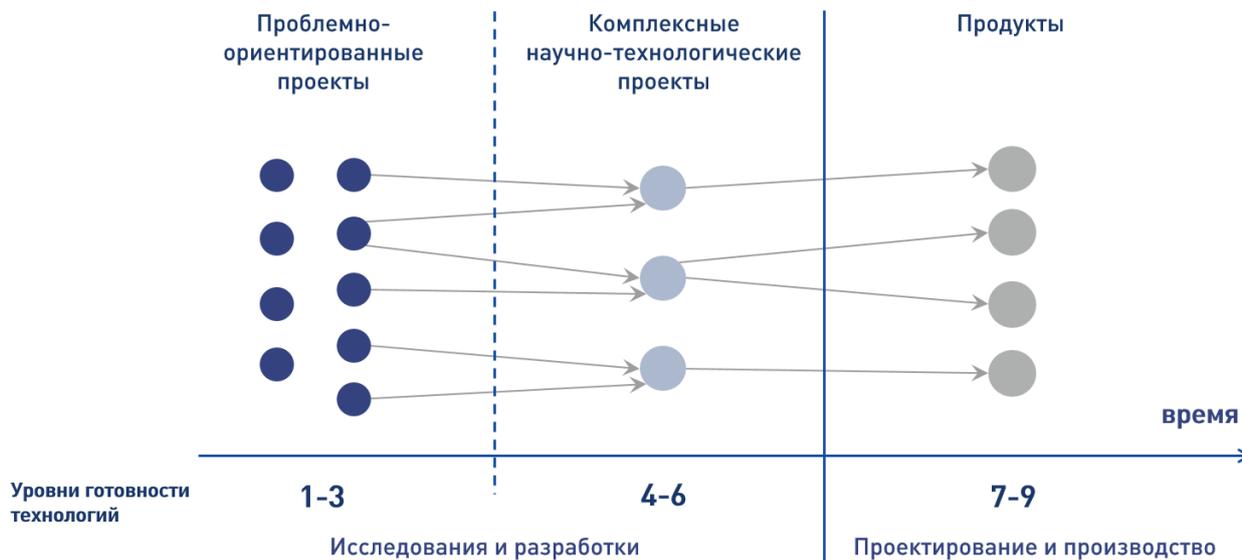


Рис. 4. Виды НИР и проектов при создании научно-технического задела и внедрении технологий в промышленность

Рассмотрим два вышеназванных процесса — анализа влияния технологий и синтеза обликов перспективной техники — подробнее. В основном они реализуются параллельно по мере нарастания УГТ, а их составные части перемежаются¹.

¹ Задачи синтеза на ранних стадиях разработки технологий, т.е. на низких УГТ, как правило, не ставятся, поскольку они имеют практический смысл лишь на высоком уровне системной интеграции, когда уже можно говорить об изделиях авиационной техники, оптимизируя их облик.

1. Анализ влияния технологий

Проводится анализ вначале изолированных технологий при различных условиях, затем интегрированных технологий, используемых в составе все более полных систем, для учета взаимодействия их составляющих и используемых в них технологий. В результате анализа формально получают оценки влияния технологий и конструктивных параметров, а также внешних условий на характеристики техники — на всех уровнях, а также на показатели достижения генеральных целей. В условных обозначениях, введенных выше, в процессе анализа влияния технологий определяются зависимости вида

$$p_i = p_i(C, X, E) = p_i\left(\left[c_1, \dots, c_T\right]^T; \left[\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_T\right]^T, E\right) = p_i(\Omega, E), i = 1, \dots, N;$$

$$r_j = r_j(C, X, E) = r_j(\Omega, E), j = 1, \dots, M;$$

$$s_k = s_k(C, X, E) = s_k(\Omega, E)^1, k = 1, \dots, L.$$

Оценки влияния технологий на характеристики техники и на показатели достижения генеральных целей могут быть получены различными методами и средствами исследований и испытаний — расчетно-теоретическими, экспериментальными (где, в свою очередь, возможна различная степень реалистичности — от летного эксперимента до лабораторных экспериментов), смешанными. Как правило, с ростом УГТ возрастает значимость и доля экспериментальных методов и средств получения необходимых оценок влияния технологий. Это связано с тем, что не все характеристики могут быть получены с приемлемой (особенно для сертификации перспективной техники) точностью и достоверностью расчетными методами².

В то же время это не означает, что на высоких УГТ все характеристики определяются лишь экспериментальным путем. Некоторые характеристики не могут быть подтверждены с достаточной достоверностью и точностью даже в большом количестве испытательных полетов. Важный, но не единственный пример — показатели безопасности полетов. Требуемые (современными авиационными правилами) значения вероятностей опасных ситуаций настолько малы, что они, теоретически, должны происходить не чаще, чем порядка нескольких раз за всю стадию эксплуатации данного типа ВС. То есть, например, за весь период эксплуатации длительностью 25—30 лет во всем парке ВС данного типа численностью несколько тысяч изделий, при ежегодном налете порядка 3—5 тыс. часов в год (т.е. на протяжении десятков или даже сотен миллионов летных часов) не должно произойти более нескольких катастроф. Разумеется, такие масштабные и длительные «летные испытания» невозможны. Более того, даже если они апостериорно окончатся с требуемым результатом, это еще не позволит гарантировать, что требования по безопасности полетов выполнены³. Поэтому многие характеристики перспективной техники по достижении УГТ б подтверждаются лишь расче-

¹ Строго говоря, достижение генеральных целей развития данной области техники зависит не только от этого конкретного образца техники и его облика, но и от других образцов техники, входящих в надсистему. Поэтому указанную зависимость следует понимать как зависимость «при прочих равных», т.е. при фиксированных обликах других образцов техники.

² Или не всегда целесообразно разрабатывать соответствующие расчетные методы, т.к. в их основе все равно лежат эмпирические данные. При выборе рациональных методов и средств исследований и испытаний большую роль играет их повторяемость, поскольку, если данный вид исследований и испытаний не предполагается воспроизводить часто, как правило, разработка расчетных моделей и методов нецелесообразна. Подробнее эти проблемы описаны в работе [4].

³ Как в задаче статистического выборочного контроля качества (см., например, [6]), если, например, в контрольной партии из 100 изделий не оказалось вообще ни одного бракованного, далеко не всегда можно утверждать, что истинная доля брака в потоке продукции не выше хотя бы 5% — а тем более 1%.

тами на основе результатов иных, более «элементарных» испытаний¹. Это касается как всех показателей, характеризующих безопасность, многих показателей экологического воздействия на окружающую среду, так и ряда технико-экономических показателей, характеризующих стоимость и качество выполняемых авиационных работ и услуг, конкурентоспособность продукции авиастроения и т.п.

Тем более, показатели достижения генеральных целей почти наверняка оцениваются исключительно расчетным путем, поскольку эксперимент в данном случае означал бы воспроизводство надсистемы, в которых будущие изделия должны эксплуатироваться, и их реального парка, что практически неприемлемо.

2. Синтез облика перспективной техники

И характеристики техники (частные и интегральные), и показатели достижения генеральных целей представляют собой векторы показателей, зачастую конфликтных. Тем не менее, на каждом уровне иерархии — от воздушных судов в целом и до надсистем — лица, принимающие решения (ЛПР), делают выбор, и, по крайней мере, должны уметь сопоставить между собой различные альтернативы, указав, какие из них более и менее предпочтительны. Если этот выбор непротиворечив и последователен, можно формально представить его как максимизацию некоторой скалярной функции² (пусть даже и не выраженной аналитически), которая в математической экономике называется *функцией полезности*. Обозначим функции полезности ЛПР различных уровней $U^R = U^R(R) = U^R(\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_M)$ — для воздушных судов в целом, и $U^S = U^S(S) = U^S(\vec{s}_1, \dots, \vec{s}_L)$ — для надсистем.

На основе полученных в результате анализа зависимостей решаются следующие оптимизационные задачи:

- выбора оптимальных (по вышеописанным обобщающим критериям ЛПР разных уровней) конструктивных параметров, при заданном составе используемых технологий (т.е. при заданной технической концепции):

$$\forall C: U^R = U^R(R) \rightarrow \max_X | C = Const; \Rightarrow U_{\max}^R(C), X_{opt}^R(C) = \arg \max_X U^R(C);$$

$$\forall C: U^S = U^S(S) \rightarrow \max_X | C = Const; \Rightarrow U_{\max}^S(C), X_{opt}^S(C) = \arg \max_X U^S(C),$$

- выбора оптимальной технической концепции из числа рассмотренных альтернатив:

$$U_{\max}^R(C) \rightarrow \max_C, \Rightarrow U_{\max}^R, C_{opt}^R = \arg \max_C U_{\max}^R(C);$$

$$U_{\max}^S(C) \rightarrow \max_C, \Rightarrow U_{\max}^S, C_{opt}^S = \arg \max_C U_{\max}^S(C).$$

Таким образом определяются оптимальные облики воздушных судов — на уровне их характеристик и на уровне надсистем:

$$\Omega_{opt}^R = \{C_{opt}^R; X_{opt}^R(C_{opt}^R)\};$$

$$\Omega_{opt}^S = \{C_{opt}^S; X_{opt}^S(C_{opt}^S)\}.$$

Первая задача — задача субоптимизации — является внутренней, вложенной по отношению ко второй задаче, глобальной оптимизации. Внешняя задача — именно зада-

¹ Наглядный пример дает именно оценка показателей надежности. Вместо нереально длительных и разнообразных испытаний системы в целом проводятся испытания отдельных ее элементов, а затем их результаты преобразуются в оценки надежности всей системы расчетными методами системотехники, например, методом *деревьев отказов*, подробнее см. [1].

² Это — т.н. *теорема Дебре* (Ж. Дебре — лауреат нобелевской премии по экономике 1983 г.), см., например, [3].

ча дискретного выбора оптимальной альтернативы из счетного их множества, тогда как внутренняя, как правило, решается на континуальном множестве возможных значений конструктивных параметров. При этом решать именно задачи оптимизации, в строгом смысле, т.е. задачи максимизации или минимизации определенных целевых функций или функционалов, в реальности, возможно, не придется (поскольку реальные функции полезности, отражающие предпочтения ЛПР, чаще всего не формализуются в виде аналитических выражений). Скорее, можно говорить о выборе некоторых рациональных решений.

Строго говоря, эти оптимизационные задачи приходится решать как задачи условной оптимизации с ограничениями. Они накладываются, по меньшей мере, на характеристики воздушных судов в целом — экологическими нормами и требованиями безопасности, иногда возможны и жёсткие ограничения на потребительские свойства техники (летно-технические и технико-экономические характеристики). Но ограничения также могут накладываться и на показатели достижения генеральных целей на уровне надсистем (например, на совокупный объем вредных выбросов гражданской авиации, на показатели качества авиатранспортных услуг в стране). Формально это означает, что отдельные компоненты векторов $R = [\vec{r}_1, \dots, \vec{r}_M]^T$ и $S = [\vec{s}_1, \dots, \vec{s}_L]^T$ должны удовлетворять некоторой системе неравенств¹. Эти условия следует учитывать уже в первой задаче, т.е. в задаче субоптимизации значений проектных параметров для заданной технической концепции. В принципе, вполне возможно, что уже эта первая задача для данной технической концепции не имеет решения, если допустимое, с учетом ограничений, множество значений проектных параметров окажется пустым. Тогда соответствующая техническая концепция является недопустимой, заведомо не удовлетворяющей требованиям, и далее отбор происходит только среди допустимых концепций.

Формализация тактического управления прикладными НИР

Рассмотрим взаимосвязь двух вышеописанных процессов и сущность тактического управления прикладными НИР. Итак, выбор (синтез) оптимальных или рациональных вариантов облика проводится на основе известных, определенных в ходе анализа влияния технологий, зависимостей характеристик или показателей достижения генеральных целей от обликов и условий. На первый взгляд достаточно просто провести оба эти процесса как два последовательных этапа. Однако это не только нерационально, но и практически невозможно.

В реальности зависимости характеристик или показателей достижения генеральных целей от обликов и условий не выражаются в виде аналитических формул. Они представляют собой сеточные функции, причем, функции очень многих переменных — как параметров условий, так и проектных параметров. Даже на низких УГТ, когда еще рассматриваются далекие от реальных условия, т.е. размерность «метавектора» условий мала, и его компоненты меняются в узких диапазонах (то же самое касается и проектных параметров, поскольку рассматривается, как правило, некий изолированный элемент изделия) — даже тогда количество точек пространства параметров условий может быть порядка десятков и сотен, притом что получение каждой точки в лабораторном или виртуальном эксперименте может быть длительным и дорогостоящим.

С ростом УГТ количество точек пространства параметров условий и проектных параметров, в которых нужно оценить характеристики, лавинообразно возрастает. Получить необходимые конструктору многомерные зависимости для всех возможных обликов (а мощность их множества больше, чем континуум — кроме комбинаторных

¹ Ограничения в виде равенств можно представить как два нестрогих неравенства.

сочетаний дискретных технологий в различных технических концепциях, придется рассмотреть еще и континуальное многообразие проектных параметров) и вариантов условий практически невозможно.

При этом с ростом УГТ, по мере приближения к принятию решений о создании новых образцов техники, требования к точности и достоверности оценок ужесточаются — для того, чтобы можно было с приемлемым риском использовать новые технологии при создании перспективной техники, гарантируя¹ ее безопасность, соответствие экологическим нормам, требованиям потребителей, экономическую эффективность. Это неизбежно требует использования все более сложных и дорогостоящих методов и средств исследований и испытаний.

Таким образом, получение оценок в каждой точке пространства параметров становится все более дорогостоящим и длительным, тогда как количество точек, в которых требуется получать оценки, лавинообразно возрастает. Чтобы можно было все-таки провести анализ влияния технологий в рамках располагаемых временных и прочих ресурсов, этот лавинообразный рост необходимо ограничить. Это возможно лишь при условии отсева на каждом УГТ (т.е. перед тем, как перейти к очередному, более сложному и ресурсоемкому этапу исследований и испытаний) неработоспособных и неэффективных альтернатив — областей проектных параметров, самих технических концепций.

В свою очередь для проведения обоснованного отбора необходимо иметь оценки эффективности (по обобщающим критериям) гипотетических обликов. Однако эффективность облика при заданном составе технологий (технической концепции) зависит от проектных параметров. Сравнивать альтернативные технические концепции следует именно по наилучшим достижимым значениям показателей эффективности. Поэтому необходимо на каждом УГТ провести субоптимизацию проектных параметров для всех альтернативных технических концепций. Таким образом, уже с самого начала процесса анализа влияния технологий придется решать и задачу синтеза рациональных обликов.

При этом следует учитывать, что оценки характеристик всегда имеют диапазонный характер, т.е. это, даже в простейшем случае, доверительные интервалы, а ни в коем случае не единственные значения, точечные оценки. По мере повышения УГТ эти диапазоны сужаются — ценой проведения все более сложных и дорогостоящих исследований и испытаний. Вначале вполне возможно, что строгого доминирования каких-либо альтернатив над прочими и не выявится — диапазоны значений интегральных критериев (вычисленные на основе диапазонных оценок характеристик) могут перекрываться, что означает, что никакую из них пока нельзя считать наилучшей. Отбор следует вести лишь при наличии к тому объективных оснований, когда именно диапазоны достижимых значений критерия эффективности однозначно укажут на то, что некая альтернатива лучше другой.

Итак, перед тем, как перейти к следующему, более ресурсоемкому этапу исследований и испытаний, необходимо

- на основе полученных на данном этапе зависимостей характеристик или показателей достижения генеральных целей от обликов и условий, провести субоптимизацию проектных параметров для каждой альтернативной технической концепции;
- сравнить диапазоны оценок максимально достижимой (после субоптимизации) полезности всех альтернативных технических концепций;
- при наличии доминируемых технических концепций, прекратить их разработку, сосредоточив ресурсы на доминирующих концепциях, и продолжив для них исследования и испытания на следующем этапе.

¹ Разумеется, требуемая достоверность оценок различна для характеристик безопасности и, например, эксплуатационной технологичности.

Формализация результатов прикладных НИР

В результате выполнения цикла прикладных НИР на УГТ 6 (согласно распространенным шкалам именно этот УГТ соответствует окончанию этапа прикладных НИР, что и показано на рис. 3 и 4) должен быть создан интегрированный научно-технический задел (НТЗ), достаточный для разработки новой эффективной техники, причем, с приемлемым риском. По окончании прикладных НИР на УГТ 6 должна быть продемонстрирована работоспособность и эффективность всего комплекса используемых технологий. Это означает не только выполнение демонстрационных полетов даже натурным демонстратором (т.е. демонстрацию самого факта работы). Эффективность новых технологий не измеряется лишь улучшением тех показателей перспективных систем, на улучшение которых эти технологии и были направлены. Таких результатов категорически недостаточно для того, чтобы приступить — тем более, с приемлемым уровнем риска — к разработке реальных образцов техники, в дальнейшем переходя к их серийному производству и эксплуатации. Тем не менее нередко описанный состав результатов прикладных НИР считается не просто приемлемым, но даже желательным, идеальным (поскольку нередко и он не достигается). Однако фактически он означает, что прикладные НИР еще не проведены в удовлетворительном объеме.

Результатом всего цикла прикладных НИР должен быть готовый к внедрению (т.е. к принятию решения о создании нового образца техники и к его разработке) интегрированный НТЗ в следующем виде. Необходимы

- состав оптимальных (рациональных) технических концепций и количественные рекомендации конструкторам по выбору рациональных конструктивных параметров, т.е. оптимальные (рациональные) облики будущих изделий: Ω_{opt}^R ; Ω_{opt}^S ,

- а также количественные оценки характеристик авиационной техники и показателей достижения генеральных целей при использовании сформированных обликов: $R(\Omega_{opt}^R)$; $S(\Omega_{opt}^S)$ — для принятия решений о создании новых образцов продукции.

Причем, необходимо получить расчетные или экспериментальные оценки (с точностью и достоверностью, достаточной для принятия решений об эффективном и безопасном внедрении НТЗ) для всех интегральных характеристик перспективных изделий и систем, а также для показателей достижения всех генеральных целей развития данной отрасли или области техники. Только такой комплексный набор характеристик, позволяющих оценить изменения доступности и качества авиатранспортных услуг, экологического воздействия на окружающую среду и безопасности полетов, конкурентоспособности отечественной авиационной техники и др., может считаться достаточным результатом цикла прикладных НИР в авиастроении (наряду с оптимальными решениями, полученными в процессе синтеза обликов). Это и есть комплексный, интегрированный научно-технический задел, позволяющий промышленности создавать новые эффективные образцы техники с приемлемым уровнем рисков. Формирование такого НТЗ и составляет основную цель процесса прикладных НИР.

Пример реализации процессов прикладных НИР и создания НТЗ

Рассмотрим для примера технологию сдува/отсоса пограничного слоя для искусственной ламинаризации обтекания крыла. В этом примере в процессе анализа влияния технологии получают оценки характеристик

- крыла с системой сдува/отсоса пограничного слоя как изолированного элемента (прежде всего, аэродинамические, возможно, прочностные характеристики);
- планера с таким крылом как подсистемы ВС (включая аэродинамические характеристики планера в целом — аэродинамическое качество, критический угол атаки и т.п., а также аэродинамические моменты, запасы устойчивости и т.п.);

- самолета, оборудованного системой сдува/отсоса пограничного слоя, с учетом ее интеграции с силовой установкой, системой управления и бортовым оборудованием, и т.п.

Оценки этих характеристик должны быть получены в зависимости

- от условий, в которых работает исследуемая, испытываемая система — от отдельного элемента до воздушного судна в целом (при этом сам набор условий зависит от уровня этой системы в иерархии),

- от конструктивных параметров самой системы сдува/отсоса пограничного слоя, т.е., в данном примере — от формы перфорированной части крыла, диаметра и частоты расположения отверстий, интенсивности отбора воздуха от двигателей на нужды системы сдува/отсоса пограничного слоя,

- а также от прочих конструктивных параметров изделий, даже не связанных непосредственно с новой технологией, т.е. конструктивных параметров крыла, планера, самолета в целом (например, площади и расположения горизонтального оперения, количества и характеристик двигателей, и т.п.),

- поскольку даже при внедрении единственной новой технологии эти параметры, возможно, придется менять, итеративным образом проводя синтез рациональных обликов изделий и их составляющих по мере получения очередных результатов анализа влияния технологий.

Необходимо проводить анализ влияния технологий не только на те характеристики, на улучшение которых эти технологии непосредственно направлены. Так, в рассматриваемом примере категорически недостаточно оценить лишь достигаемое улучшение аэродинамического качества благодаря эффекту ламинаризации обтекания крыла. Следует предвидеть, что применение на самолете системы сдува/отсоса пограничного слоя потребует отбора воздуха от двигателей. Сама система также обладает дополнительной массой. Поэтому интегральный эффект от установки такой системы на самолет, даже если ограничиться расходом топлива самолета как единственной «целевой» характеристикой, окажется ниже, чем эффект лишь от изолированного повышения аэродинамического качества крыла. Даже если система сдува/отсоса пограничного слоя является единственной инновацией в рамках традиционной концепции самолета, для ВС в целом необходимо получить

- как оценки улучшения аэродинамического качества,

- так и более комплексные оценки изменения расхода топлива (поскольку система сдува/отсоса пограничного слоя влияет на весовое совершенство и требует отбора воздуха от двигателей),

- а также оценки изменения (из-за установки системы сдува/отсоса пограничного слоя) всех прочих характеристик ВС, в т.ч.

- трудоемкости технического обслуживания и ремонта (ТОиР) и длительности транзитного ТО,

- потребных, для обеспечения безопасности, характеристик силовой установки, хвостового оперения, органов и системы управления — которые, в свою очередь, могут потребовать изменения конструктивных параметров всего ВС, его перепроектирования, что, в свою очередь, потребует скорректировать и оценки аэродинамического качества самолета, для улучшения которых и разрабатывалась данная технология.

В случае отказа такой системы (или, например, отказа двигателя, от которого питается данная система на соответствующем полукрыле), вероятно, потребуются компенсация возникающего изменения аэродинамических сил и моментов. Это, в свою очередь, может потребовать изменения площадей и законов отклонения рулевых поверхностей (возможно, и хвостового оперения), характеристик системы управления, приводов и т.п. для обеспе-

чения безопасности полета при таких отказах¹. При этом, фактически, потребуется перепроектировать самолет в целом, изменить значения конструктивных параметров самых разных его систем, подсистем и элементов, оптимизируя их с учетом новых факторов.

Все эти обстоятельства приведут к тому, что интегральные характеристики ВС при использовании системы сдува/отсоса пограничного слоя изменятся далеко не таким благоприятным образом, как можно было бы предположить лишь на основе оценок характеристик крыла с соответствующей системой. Особо подчеркнем, что пока речь идет лишь об изменении частной «целевой» характеристики. Однако наличие системы сдува/отсоса пограничного слоя, вероятно, приведет к удорожанию самих ВС, возможно — удорожанию и увеличению длительности ТОиР (в т.ч. к дополнительным операциям по очистке перфорированной части крыла от снега и льда, пыли и т.п.), и другим последствиям, которые ослабят влияние новой технологии на достижение генеральных целей развития авиастроения, если вообще не сделают его отрицательным.

Разумеется, приведенный пример — условный, и ни в коем случае не означает отрицательного отношения авторов к перспективам рассмотренной в нем технологии. В то же время, описанные в нем комплексные оценки влияния данной технологии (как и любых других технологий) категорически необходимо получить. Без них нельзя говорить о полноценной разработке технологии.

В рассматриваемом примере для самолета данной аэродинамической схемы с системой сдува/отсоса пограничного слоя определяются оптимальные конструктивные параметры

- как самой системы (т.е. формы перфорированной части крыла, диаметра и частоты расположения отверстий, интенсивности отбора воздуха от двигателей),
- так и прочих элементов и систем изделий, даже не связанных непосредственно с новой технологией (например, площадь и расположение горизонтального оперения, количество и характеристики двигателей, и т.п.).

Далее полученные «наилучшие» значения интегральных критериев выбора сравниваются с таковыми для других технических концепций — например, для самолетов с иной аэродинамической компоновкой, возможно — и без системы сдува/отсоса пограничного слоя. Из всех возможных концепций выбирается наилучшая (или, если в момент принятия решения нет оснований выбрать одну оптимальную — параллельно рассматриваются доминирующие концепции, а все доминируемые, т.е. заведомо не лучшие, исключаются из дальнейшего рассмотрения).

Анализ влияния технологий и синтез рациональных обликов: основные задачи прикладной науки или побочная деятельность?

Синтез оптимальных или рациональных обликов проводится на основе результатов анализа влияния технологий. Именно этот анализ, проводимый расчетными, экспериментальными или комбинированными методами, и составляет наиболее трудоемкую,

¹ Если в отношении системы сдува/отсоса пограничного слоя такой пример может выглядеть несколько искусственным, то для способа повышения подъемной силы крыла на взлетно-посадочных режимах за счет *эффекта Коанды* при обдуве верхней поверхности крыла реактивной струей двигателя (как на самолетах Ан-72 и Ан-74, подробнее см. [12]) именно соображения отказобезопасности существенно ограничили интегральный эффект. Прирост подъемной силы за счет обдува и в самом деле велик, но, поскольку самолет должен быть рассчитан на безопасное продолжение взлета при отказе двигателя, приходится учитывать, что в результате отказа возникает не только дисбаланс тяги, но и резкое сокращение подъемной силы на соответствующем полукрыле. Необходимость заложить в площади поверхностей, тягу двигателей и т.п. конструктивные параметры запасы для обеспечения безопасности полетов при отказе двигателя привели к существенному ослаблению результирующего эффекта применения данной технологии, по сравнению с ожидаемым.

длительную, ресурсоемкую часть процесса прикладных НИР. То есть они, в основном, и состоят в исследовании свойств новых технологий, в оценке (все более комплексной) тех эффектов, которые они могут принести. Что касается синтеза оптимальных обликов изделий, разумеется, это сложная управленческая задача, не до конца формализуемая, поскольку приходится искать оптимумы (точнее, области компромисса) при наличии многих, как правило, конфликтных критериев (в реальности максимизация явно выраженных функций полезности практически не встречается). Однако это задача, которая полностью решается расчетным или даже экспертным образом на основе известных зависимостей, определенных на этапе анализа влияния технологий. Она в принципе не требует натуральных экспериментов, да и трудоемкость соответствующих расчетов, как правило, существенно ниже трудоемкости расчетов, проводимых в рамках анализа влияния технологий (включая как моделирование физических и т.п. процессов, так и оценку экологических, социально-экономических и т.п. изменений, вызванных внедрением новых технологий).

Таким образом, именно анализ влияния технологий, условий, проектных параметров на характеристики изделий и их составных частей, и на показатели достижения генеральных целей является наиболее сложной и трудоемкой частью прикладных НИР. В то же время нередко оценка влияния технологий — уже сейчас, когда внедряется более формализованная система управления прикладными НИР — считается некой «побочной» деятельностью, отвлекающей ученых и ресурсы от «собственно прикладных НИР»¹. В итоге она практически не проводится в российских научных организациях. В отечественной прикладной науке в настоящее время почти полностью отсутствуют компетенции для получения комплексной оценки влияния технологий даже на «технические» характеристики ВС (системная оценка их влияния на показатели достижения генеральных целей, в самом деле, лежит за рамками технических наук, относясь к сфере экономики, экологии и т.д.). Делаются лишь фрагментарные попытки соответствующих междисциплинарных исследований, причем, они считаются «бонусом» к «собственно прикладным НИР».

В таком случае возникает вопрос: а что же самими учеными считается «собственно прикладными НИР»? Анализ реальной научно-технической деятельности российских организаций прикладной авиационной науки показывает, что, как правило, это анализ влияния новых технологий исключительно на «целевые» характеристики (чаще всего, локальные, на уровне отдельных элементов и подсистем воздушных судов), на улучшение которых они и были направлены изначально, иногда также — синтез оптимальных (по этим же частным критериям) обликов изделий (в основном, подсистем и элементов). Причем, проводится оптимизация лишь конструктивных параметров, непосредственно касающихся системы (узла, агрегата), в которой воплощена новая технология. Как подробно обосновано здесь, такая практика некорректна и непродуктивна, она не позволяет создать комплексный НТЗ для разработки новой более эффективной техники с приемлемым риском. Суть прикладных НИР и состоит в комплексном анализе влияния технологий и комплексном же синтезе рациональных обликов. Это не «побочная» деятельность, а основное содержание прикладных научных исследований и разработок.

Требование комплексного характера оценок влияния технологий на характеристики перспективной техники означает, что прикладные НИР, особенно на высоких УГТ, должны быть междисциплинарными. Но даже на низких УГТ 1—3, до начала системной интеграции, уже может быть целесообразным получать оценки влияния отдельной технологии не только на «целевую» характеристику, но и на другие значимые характе-

¹ Заметим, что такая точка зрения ранее неявно разделялась даже самими авторами, см. [9], почему и стала актуальной предложенная здесь формализация процессов прикладных НИР.

ристики систем изделий и их элементов. Если такие комплексные оценки не получены (хотя бы на уровне математических моделей и простейших лабораторных экспериментов) — для отдельной технологии, примененной пока в рамках отдельной подсистемы или элемента изделия, строго говоря, даже низкие УГТ 2-3 еще не достигнуты, и нецелесообразно переходить к более ресурсоемким и дорогостоящим этапам прикладных НИР.

Описанный фрагментарный характер проводимых прикладных НИР часто оправдывают низким объемом их финансирования. Однако гораздо полезнее создать одну действительно готовую к внедрению технологию, чем провести фрагментарные исследования по многим — причем, как обосновано выше, даже не достигнув для них низких УГТ, 2-3. Сложившаяся практика распределения ресурсов и организационная структура научных организаций не способствуют проведению междисциплинарных исследований. Как правило, дисциплинарные подразделения-авторы новых технологий, получив ресурсы на их разработку, не заинтересованы делиться ими с другими подразделениями в рамках междисциплинарных исследований, чтобы получать комплексные оценки влияния технологий на различные характеристики изделий и различные аспекты их функционирования. Они предпочитают проводить все более сложные и дорогостоящие исследования и испытания в рамках своей дисциплины. Но при этом, как обосновано в данной работе, не достигаются даже низкие УГТ 2-3. То есть технологии, строго говоря, не разрабатываются — даже безотносительно к их возможной полезности, к проблемам выбора стратегии развития технологий, которые в данной работе не рассматриваются.

Синтез рациональных обликов, т.е. «увязка» множества противоречивых требований к перспективным изделиям и оптимизация состава технологий и проектных параметров, на первый взгляд, является, скорее, задачей конструктора, проектирующего новые образцы техники, а прикладной науке достаточно решить задачу анализа влияния технологий, «выдавая» конструктору библиотеки соответствующих зависимостей. Однако это категорически неверно. Как показано выше, без отсева неэффективных областей проектных параметров и технических концепций размерность пространства параметров, для которых придется строить соответствующие зависимости, станет необозримо велика — притом, что получать каждую точку таких зависимостей становится все дороже и дороже. В свою очередь, перед отсевом необходимо провести субоптимизацию проектных параметров, чтобы сравнивать именно наилучшие результаты для каждой концепции.

Поэтому уже в процессе реализации прикладных НИР и тактического управления ими необходимо решать задачу синтеза рациональных обликов. Если отдавать ее решение «на аутсорсинг» конструкторам, это означает, что даже тактическое управление прикладными НИР (начиная с низших УГТ) будет осуществляться вне науки, а ее роль сведется лишь к проведению измерений и расчетов по заданию промышленных организаций. Причем, эти задания придется получать в оперативном режиме. Практически это означало бы потерю самостоятельности прикладной науки, ее включение в промышленные организации. Однако это, в свою очередь, экономически нерационально и даже недопустимо по соображениям национальной безопасности, подробнее см. [11].

Проблемы тактического управления реализацией прикладных НИР

Как показано выше, в российской прикладной науке, прежде всего, необходимо добиться реального, а не формального контроля достижения уровней готовности технологий, начиная с самых низких. В то же время и сама система уровней готовности технологий нуждается в критическом анализе. Идеология контроля УГТ состоит, прежде всего, в том, чтобы избежать непродуктивных затрат времени и других ресурсов при

неопределенности результатов прикладных НИР. На любом этапе может выясниться, что те или иные технологии, технические решения и технические концепции (даже при условии субоптимизации конструктивных параметров) неработоспособны или неэффективны (т.е. соответствующие характеристики перспективной техники не удовлетворяют требованиям). Следует вовремя отказаться от тупиковых (приводящих к заведомо неприемлемым, недопустимым результатам) или доминируемых (уступающих альтернативам по тем или иным критериям) направлений исследований и разработок, сосредоточившись на других, возможно — более перспективных. Заметим, что для этого должны быть в наличии и альтернативы — другие технологии, решения и концепции.

То есть современное управление реализацией прикладных НИР базируется на двух принципах, отработанных в финансовой сфере (см., например, [7]):

- *диверсификации*, распределения ресурсов между несколькими альтернативами, если их эффективность является неопределенной и нельзя однозначно предпочесть одну всем остальным;

- *реальных опционов*, своевременного принятия решений об отказе от нежизнеспособных или доминируемых альтернатив (с того момента, как достоверно выяснилась их неработоспособность или неэффективность по сравнению с прочими) и концентрации ресурсов на других, более перспективных.

Решения в каждый момент времени должны приниматься на основе фактов, объективных оценок. Поскольку сам процесс прикладных НИР, в основном, и состоит в получении этих оценок, а их получение требует значительных ресурсов (временных, трудовых, материальных, финансовых и др.), в каждый момент времени приходится принимать решение о выборе направлений дальнейших исследований в пределах ближайшего этапа.

Рассмотрим следующий условный пример в продолжение вышеописанного. Предположим, что на УГТ 1 в рамках простой математической модели получены оценки влияния сдува/отсоса пограничного слоя на аэродинамические характеристики профиля, в т.ч. коэффициенты подъемной силы и сопротивления, следовательно — и на аэродинамическое качество. Затем, на УГТ 2, они были уточнены путем численного расчета на основе реальной геометрии профиля. Полученные оценки показали значительное, превышающее погрешности оценивания, улучшение «целевой» характеристики. Далее, на первый взгляд, следует переходить к простейшим лабораторным экспериментам для оценивания влияния все той же, пока изолированной технологии. Такие лабораторные эксперименты, по принятой здесь шкале УГТ, соответствуют уже достижению УГТ 3. Однако изготовление модели для продувки в аэродинамической трубе (включая прецизионную лазерную перфорацию) может быть весьма дорогостоящим. Например, оно требует 200 ден. ед.

В то же время, как обосновано выше, системная интеграция даже единственной новой технологии в воздушное судно повлечет за собой изменение всех его интегральных характеристик, причем, даже «целевая» характеристика — аэродинамическое качество самолета — после удовлетворения всем требованиям безопасности и т.п. — изменится не так, как показал анализ изолированной технологии. Для получения соответствующих комплексных оценок эффективности новой технологии требуются пусть и простейшие, но междисциплинарные исследования. Предположим, что они в сумме потребуют затрат в объеме 100 ден. ед., поскольку остаются в рамках простейших расчетных оценок, выполняемых в других дисциплинах авиационной науки (динамике полета, прочности, теории технической эксплуатации парка воздушных судов и т.п.). На первый взгляд, их проведение в данный момент времени преждевременно, поскольку это уже, строго говоря, системная интеграция технологий (точнее, одной изолированной новой технологии, но в целостное ВС), что соответствует уже УГТ 4, по наиболее распространенной

шкале [8, 14]. Однако их результаты могут оказать влияние на дальнейшую разработку данной технологии. И если их итог окажется отрицательным, не потребуется проводить дорогостоящий лабораторный эксперимент, т.е. переходить на УГТ 3. Удастся сэкономить $(200 - 100) = 100$ ден. ед. То есть в данном примере однозначно целесообразно вначале выполнить описанные междисциплинарные исследования влияния новой технологии на ВС в целом, а лишь затем переходить пусть и к простейшим, лабораторным, но все-таки экспериментальным (и потому нередко дорогостоящим) исследованиям все той же изолированной технологии.

Как изменилось бы рациональное управление процессом прикладных НИР, если бы описанные междисциплинарные исследования, направленные на системную интеграцию технологии в состав ВС, требовали, наоборот, гораздо больших ресурсов — например, 250 ден. ед.? Было бы целесообразно вначале проверить изолированную технологию в лабораторном эксперименте, пройдя УГТ 3. То есть рациональная логика принятия решения такова: вначале проводятся те исследования, которые позволяют (в случае соответствующего результата) отсеять тупиковые или доминируемые альтернативы как можно раньше, с меньшими затратами ресурсов.

Из этого следует, что традиционная «жесткая» шкала УГТ, уже ставшая почти общепринятой, в т.ч. и в российской высокотехнологичной промышленности, см. [8, 14], является слишком схематичной. В реальности стоимость и ресурсоемкость работ, соответствующих различным УГТ в известных шкалах¹, далеко не всегда монотонно возрастает с ростом УГТ. Тогда схематичное следование принципу последовательного прохождения УГТ противоречит изначальной идее, для которой и вводились шкалы УГТ — избежать непродуктивного расходования ресурсов по мере накопления знаний о технологиях. Следовательно, целесообразно строить шкалы УГТ для различных областей техники и прикладной науки таким образом, чтобы обеспечить монотонное нарастание длительности и стоимости исследований и испытаний с ростом УГТ (впрочем, здесь возможен конфликт между соображениями экономии временных и финансовых ресурсов).

Выводы

1. Основные процессы прикладных НИР — это

- анализ влияния технологий (а также конструктивных параметров изделий и внешних условий) на характеристики изделий, их систем и элементов, а также на показатели достижения генеральных целей развития данной области техники;
- синтез оптимальных (или рациональных, с учетом множества противоречивых критериев и разнообразных требований) обликов перспективных изделий, т.е. состава используемых технологий и значений конструктивных параметров.

Конечным результатом прикладных НИР должен быть комплексный научно-технический задел, включающий в себя:

- оптимальные (или рациональные) облики перспективных изделий;
- соответствующие этим обликам оценки всех значимых характеристик изделий и показателей достижения генеральных целей, с точностью и достоверностью, позволяющей принять решения о создании новых образцов техники с допустимым уровнем рисков.

2. Реальная практика прикладных НИР в российской авиационной науке не отвечает обоснованным выше требованиям. Разработчики технологий, как правило, ограничиваются оценкой их влияния лишь на отдельные локальные характеристики изделий

¹ Строго говоря, УГТ формулируются именно в терминах проведенных работ (расчетных, экспериментальных, комбинированных), условий проведения исследований и испытаний, полноты и масштаба исследуемых систем и их макетов, а не результатов исследований — они заранее непредсказуемы.

или даже их элементов, что не позволяет гарантировать безопасности и эффективности применения этих технологий при разработке реальных образцов авиационной техники, снижает полезность прикладной науки для промышленности. При этом анализ влияния технологий воспринимается как побочная деятельность, хотя он является основной задачей прикладной науки.

Практически отсутствуют междисциплинарные исследования и работы по системной интеграции технологий на уровне изделий в целом. Сложившаяся практика финансирования прикладных НИР и организационная структура научных организаций не способствуют проведению междисциплинарных исследований и получению комплексных оценок влияния технологий на различные характеристики. Соответственно, новые технологии не достигают, строго говоря, даже низких УГТ, тем более, этапа системной интеграции. Формализация содержания прикладных НИР и требований к их результатам является первым необходимым шагом к устранению этих недостатков.

3. Шкалы уровней готовности технологий должны быть гибкими, адаптивными. В каждой научной дисциплине и области техники последовательность исследований и испытаний на каждом уровне готовности должна соответствовать повышению их длительности и ресурсоемкости. Только при таком условии принцип последовательного прохождения УГТ обеспечит экономию временных и прочих ресурсов при проведении высокорисковых прикладных НИР.

Литература

1. Александровская Л. Н., Афанасьев А. П., Лисов А. А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / М., Логос, 2001 — 208с.
2. Варюхина Е. В., Клочков В. В. Влияние и ответственность прикладной науки за достижение целей технологического развития // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями — 2019» (Москва-Новочеркасск). Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2019. С. 26—32.
3. Клочков В. В. Экономика: учебное пособие для вузов. Серия «Высшее образование. Бакалавриат». Учебное пособие + опт. диск (CD-ROM). М.: ИНФРА-М, 2012. — 684 с.
4. Клочков В. В., Зотов В. А., Рождественская С. М. Современные принципы управления использованием и развитием экспериментальной базы в прикладной науке и высокотехнологичной промышленности // Аудит и финансовый анализ. 2017. № 5—6. С. 396—409.
5. Клочков В. В., Рождественская С. М. Современные принципы управления прикладными исследованиями в авиационной науке // Интеллект & технологии. 2016. № 1 (13). С. 58—63.
6. Колемаев В. А., Калинина В. Н. Теория вероятностей и математическая статистика / М.: ИНФРА-М, 1997 — 302с.
7. Маршалл Д. Ф., Бансал В. К. Финансовая инженерия / М., ИНФРА-М, 1998 — 784с.
8. Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского») / под ред. Б.С. Алешина, А. В. Дутова. М.: ФГУП «ГосНИИАС, 2017. — 160 с.
9. Рождественская С. М., Клочков В. В. Анализ эффективности формализации целеполагания в прикладных научных исследованиях и разработках // Russian journal of management. 2016. Т. 4. № 1. С. 82—92.
10. Скворцов Е. Б., Шелехова А. С. Начала теории концептуального проектирования с приложениями в области авиационной науки и технологий / Управление большими системами. 2018. № 75. С. 170—206.

11. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения: монография, Москва / НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. ред. А.В. Дутова, В. В. Клочкова. — М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2019. — 248 с.
12. Энциклопедия «Авиация» / М., Большая Российская Энциклопедия, 1994 — 736с.
13. *Clausing D., Holmes M. Technology Readiness. Research Technology Management, Industrial Research Institute, — 2010. — 243 p.*
14. *Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance / US Department of Defense, 2011.*

Планирование программных мероприятий по созданию научно-технического задела для перспективного вооружения

*Смирнов С. С., к. т. н., доцент, заместитель начальника управления,
sss-smirnov@mail.ru*

*Стукалин С. В., к. т. н., заместитель начальника отдела,
svstukalin@gmail.com*

*Пронин А. Ю., к. т. н., начальник лаборатории
pronin46@bk.ru*

ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России, г. Москва

В последние годы в Российской Федерации, несмотря на наличие целого ряда вызовов и угроз экономического, санкционного и военно-политического характера [1], достигнуты значительные успехи в создании высокотехнологичных образцов (комплексов, систем) вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ). Это подтверждается конкурентоспособностью отечественных систем вооружений на мировой арене, продемонстрированной, в том числе в ходе военной операции в Сирийской Арабской Республике.

В то же время при создании перспективных и нетрадиционных образцов ВВСТ наблюдаются систематические сдвиги сроков окончания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) и принятия образцов на вооружение, существенное увеличение стоимости проведения НИОКР, а также недостижение ряда изначально заданных тактико-технических характеристик [2, 3].

Наличие перечисленных выше проблем обусловлено, во многом, отсутствием научно-технического задела (НТЗ), необходимого для перехода к опытно-конструкторским работам (ОКР) по созданию перспективных образцов (составных частей, узлов, элементов) ВВСТ и их успешного завершения в части сроков и реализации предъявляемых тактико-технических требований [4].

Научно-технический задел представляет собой совокупность результатов фундаментальных, прогнозных и поисковых научных исследований, прикладных и технологических НИОКР, выполненных в интересах модернизации существующих, создания и производства принципиально новых образцов вооружения, военной и специальной техники.

Опережающая подготовка НТЗ по ключевым научным направлениям и технологиям, на основе которых могут быть созданы принципиально новые виды техники или последующие поколения технических средств вооруженной борьбы в интересах обеспечения безопасности государства, должна осуществляться для каждого горизонта планирования развития ВВСТ. При этом следует исходить из того, что развитие ВВСТ (переход на новый качественный уровень) возможно только путем отбора для последующей реализации научно-технических достижений, отвечающих комплексу условий и критериев как по требованиям со стороны Министерства обороны, так и по уровню их готовности к реализации в опытно-конструкторских работах [5]. Создание целостного НТЗ для перспективного вооружения в условиях существующих экономических ограничений является крайне трудной научно-технической проблемой.

Существующая в настоящее время в стране система планирования научно-технологического развития в оборонной сфере основана на формировании приоритетов в виде

концептуальных документов, включающих перечень базовых и критических военных технологий, перечень приоритетных направлений фундаментальных прогнозных и поисковых исследований в интересах обороны страны и безопасности государства, прогноз развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства. Аналогичные документы разрабатываются в США, Великобритании, Канаде, Японии, Китае и других промышленно развитых странах [6].

Реализация указанных приоритетов осуществляется в рамках фундаментальных, поисковых, прогнозных, прикладных исследований и технологических разработок, связанных с обеспечением обороны страны и безопасности государства, которые планируются и осуществляются в государственной программе вооружения, различных научно-технологических программах федерального и ведомственного уровня, программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук, а также программах государственных и негосударственных фондов (рис. 1).

В рамках указанных программ создаются основные элементы научно-технического задела, а это не только чисто военные или специальные технологии, но и технологии, имеющие перспективы двойного (и военного, и гражданского) применения. Поэтому планировать и реализовывать их следует, объединив усилия всех заинтересованных министерств, ведомств и организаций. Большинство из указанных выше программ разрабатываются не одновременно, на различные временные интервалы, а также с использованием отличных друг от друга организационных механизмов и методологических подходов. Это, по мнению авторов, приводит к их рассогласованию как по направленности исследований, так и по последовательности их проведения (с точки зрения жизненного цикла и времени реализации в образцах ВВСТ и других сложных технических системах).

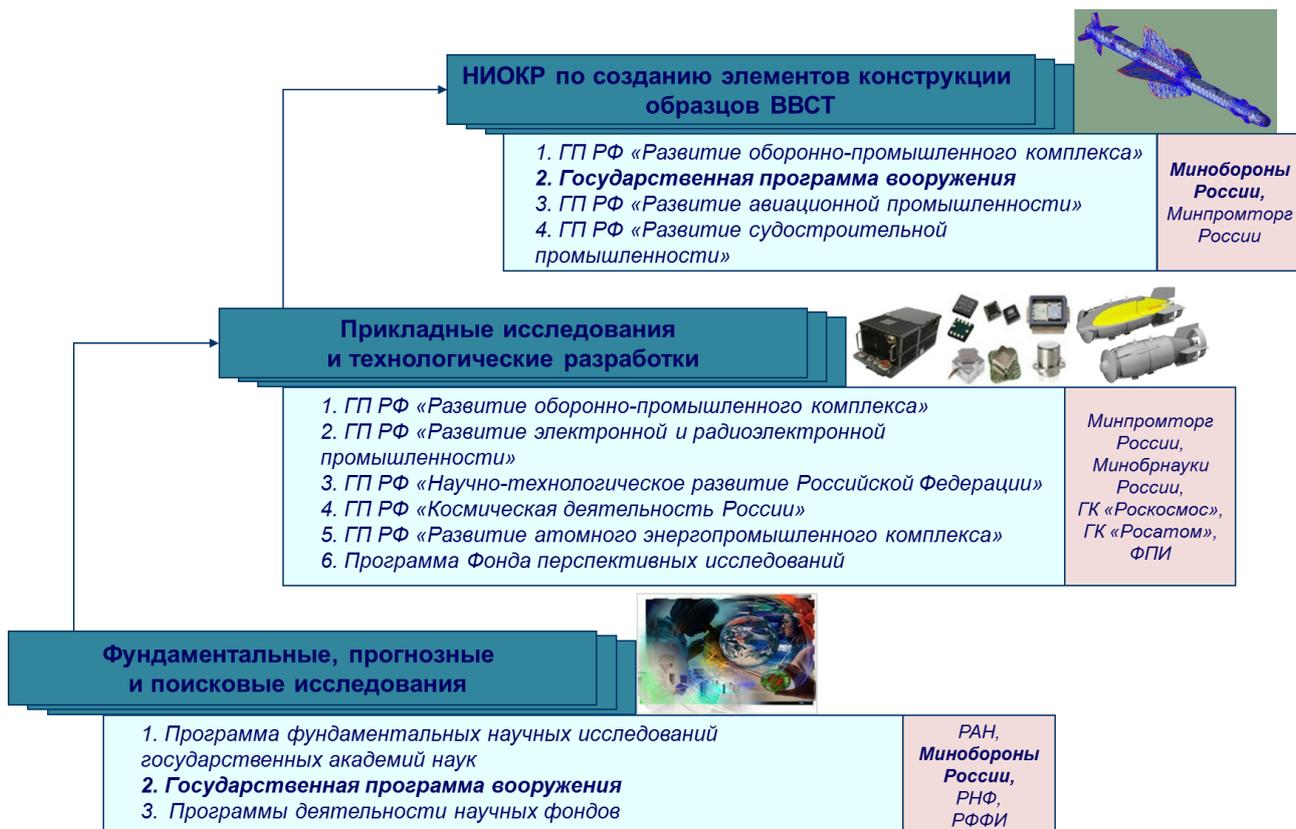


Рис. 1. Инструменты реализации приоритетов научно-технологического развития в оборонной сфере

Перечисленные проблемные вопросы планирования мероприятий научно-технологических программ в совокупности с низким (по сравнению с США в десятки раз)

уровнем их финансирования приводят к тому, что действующая система создания научно-технического задела ориентирована, преимущественно, на реализацию «сиюминутных технологических потребностей» на наиболее проблемных участках развития ВВСТ, дальнесрочная перспектива с системных позиций фактически не рассматривается, комплексные программы развития отдельных технологических направлений практически отсутствуют.

Ввиду того, что стоимость работ на каждой последующей стадии жизненного цикла ВВСТ возрастает примерно на порядок, накопление научно-технических результатов на ранних (менее затратных) стадиях развития ВВСТ всегда предпочтительнее, чем на более поздних. Кроме того, результаты ранних стадий развития имеют более высокий потенциал широкого (универсального) использования, чем научно-технические решения, полученные на последующих стадиях жизненного цикла.

Отечественная и зарубежная практика программно-целевого планирования и управления созданием перспективного вооружения показывает [7], что процесс формирования целостного научно-технического задела может быть наиболее эффективным при выполнении следующих условий:

пропорция между количеством фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований (ФППИ), прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ должна быть как минимум 10:5:2 (в нашей стране количество прикладных и опытно-конструкторских работ на порядок больше количества проводимых фундаментальных исследований) [8];

пропорция между стоимостью ФППИ, прикладных и опытно-конструкторских работ должна быть на уровне 1:10:50 [9].

Данные пропорции, по мнению авторов, представляются наиболее рациональными с точки зрения обеспечения востребованности в перспективных образцах ВВСТ полученных результатов фундаментальных и прикладных исследований. В то же время указанные пропорции не являются «догмой» и могут варьироваться в зависимости от технологической сложности и закладываемых ТТХ планируемых к разработке образцов ВВСТ. В настоящее время, в том числе ввиду несоблюдения данных пропорций, планируемые мероприятия по разработке принципиально новых образцов ВВСТ не обеспечены необходимым научно-техническим заделом в виде новых знаний, технических решений, модулей, блоков и элементов конструкций.

С учетом рассмотренных особенностей формализованная постановка задачи формирования рационального состава мероприятий научно-технологических программ в части НИОКР в интересах создания перспективной системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации в условиях ограниченных объемов ассигнований может быть представлена в следующем виде [8]:

$$\langle X', Y', Z' \rangle = \arg \max \sum_{s=1}^S a_s \cdot \mu_s(X_s, Y_s, Z_s)$$

при ограничениях:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{m_s=1}^{M_s} C_{m_s}(X_s, Y_s, Z_s) \leq C_{dop}^{niokr}$$

где: a_s — важность s -го перспективного образца ВВСТ в системе вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации;

$\mu_s(X_s, Y_s, Z_s)$ — функция, показывающая степень реализации потенциальных боевых возможностей перспективного s -го образца ВВСТ в зависимости от выполненных в интересах его создания ФППИ, прикладных исследований (технологических разработок) и опытно-конструкторских работ, $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s) \in [0, 1]$, при этом при отсутствии необ-

ходимых НИОКР по созданию s -го образца ВВСТ $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s) = 0$, при выполнении полного перечня ФППИ, прикладных исследований (технологических разработок) и ОКР $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s) = 1$;

S — количество перспективных образцов ВВСТ;

m_s — количество всех необходимых мероприятий в интересах создания s -го образца ВВСТ;

X_s — совокупность мероприятий ФППИ, проводимых в интересах создания s -го образца ВВСТ;

Y_s — совокупность прикладных исследований (технологических разработок), проводимых в интересах создания s -го образца ВВСТ;

Z_s — совокупность ОКР, проводимых в интересах создания s -го образца ВВСТ;

X' — рациональный состав мероприятий ФППИ, необходимый для создания перспективной системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации;

Y' — рациональный состав прикладных исследований (технологических разработок), необходимый для создания перспективной системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации;

Z' — рациональный состав опытно-конструкторских работ, необходимый для создания перспективной системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации;

C_{m_s} — стоимость m_s -го мероприятия, проводимого в интересах создания s -го образца ВВСТ;

C_{dop}^{niokr} — общий объем ассигнований, выделенный на реализацию НИОКР в рамках научно-технологических программ.

При этом функция $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s)$ является дискретной и определяемой при заданных значениях X, Y, Z . При этом, если минимально-необходимые мероприятия (ФППИ, прикладные исследования (технологические разработки) и ОКР) для создания s -го образца ВВСТ не заданы, то $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s) = 0$. При изменении значений аргументов X_s, Y_s, Z_s от минимально-необходимых до требуемых функция $\mu_s(X_s, Y_s, Z_s)$ является монотонно возрастающей.

Создание необходимого организационного и научно-методического обеспечения для решения задачи формирования рационального состава мероприятий научно-технологических программ в части НИОКР в интересах создания перспективной системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации в условиях ограниченных объемов ассигнований позволит сконцентрировать финансовые и научные ресурсы на наиболее приоритетных направлениях создания научно-технического задела для перспективного вооружения, повысить эффективность формирования программ технологической направленности и, в результате, обеспечит возможность разработки перспективных и нетрадиционных образцов ВВСТ, а также существенного повышения тактико-технических характеристик существующих и модернизируемых образцов вооружения.

Литература

1. Бартош А. А. Отношения утрашения // Общероссийская еженедельная газета ВПК, № 2 (715), 2018, с. 3.

2. Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения / под общ. ред. А.В.Дутова, В. В.Клочкова. — М.: НИЦ «Институт им. Н.Е.Жуковского», 2019. — 248 с.

3. Панков С. Е., Борисенков И. Л., Смирнов С. С., Реулов Р. В. Планирование фундаментальных и прикладных исследований в интересах обороны и безопасности государства в современных условиях // Электронный научный журнал «Вооружение и экономика», № 2(39), 2017, с. 43—54.

4. Борисов Ю. И. В создании перспективного вооружения нельзя рассчитывать на сиюминутный результат // Общероссийская еженедельная газета ВПК, № 9 (673), 2017.
5. Смирнов С. С., Реулов Р. В., Стукалин С. В. Механизмы адаптации технических решений к требованиям Минобороны России // Компетентность, № 3(154), 2018, с. 7—15.
6. Смирнов С. С., Реулов Р. В. О необходимости совершенствования системы внедрения в ВВСТ новых технологий // Журнал «Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук», № 1 (101), 2018, с. 49—58.
7. Корчак В. Ю., Леонов А. В. Фундаментальные основы формирования программ развития технических систем // Компетентность, № 9—10 (50—51), 2007, с. 12—23.
8. Борисенков И. Л., Ляковский В. Л., Смирнов С. С., Пронин А. Ю. Методика формирования научно-технического задела для перспективного вооружения на основе типовых успешных проектов // Электронный научный журнал «Вооружение и экономика», № 1(47), 2019, с. 67—76.
9. Буренок В. М., Ивлев А. А., Корчак В. Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. — Тверь: Издательство ООО «Купол», 2009. — 624 с.

Управление качеством при проведении научных исследований и разработок на стадиях жизненного цикла авиационной техники

Тюрин А. В., руководитель службы качества
alex.tyurin@tsagi.ru

ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Введение

Создание перспективных и конкурентоспособных образцов авиационной техники (АТ) требует разработки новых технологий и прорывных технических решений на всех стадиях жизненного цикла АТ, в том числе на начальной стадии — Создание научно-технического задела (НТЗ). НТЗ, определяемый как совокупность знаний, технических и технологических решений, с использованием которых возможна разработка новой продукции или способов ее производства, является основой для обеспечения конкурентоспособности создаваемой авиационной техники, снижения рисков и затрат при проектировании, производстве и, как следствие, при эксплуатации АТ. Для продукции высокотехнологичных отраслей промышленности, к которой относится авиационная техника (далее — АТ), существуют различные модели жизненного цикла, включающие стадии:

- создание НТЗ [1];
- исследования (включая маркетинговые);
- проектирование (и разработка, включая технологическую подготовку производства);
- производство, (включая закупки, испытания, поставку);
- эксплуатация (включая обслуживание, текущий и капитальный ремонт и утилизацию).

В некоторых зарубежных и отечественных моделях стадия создания НТЗ отсутствует и частично может иметь место как этап в стадиях «Разработка концепции» (модель ISO 15288), «Анализ миссии и инвестиционный анализ» (модель FAA — федеральное управление гражданской авиации США). Наиболее близкими к стадии НТЗ первыми стадиями ЖЦ являются «Предварительная стадия» модели ЖЦ DOD/DAF (оборонный и авиационный департаменты МО США [2] и «предварительные стадии А» (Фазы Pre 0 и Pre I по первоисточнику) модели агентства NASA, которые заканчиваются до предварительного проектирования и завершения разработки технологий. Стадия Создание НТЗ может являться Стадией жизненного цикла технологий, которая завершается при достижении уровня готовности технологий (УГТ) до УГТ6 и осуществляется одновременно со стадией Исследования, как показано на рис. 1:

Научные исследования и разработки, как показано на рисунке 1, проводятся на протяжении всех стадий жизненного цикла авиационной техники (ЖЦ АТ). До достижения УГТ6 научно-исследовательскими организациями ведутся прикладные научно-исследовательские работы (НИР), проблемно-ориентированные и комплексные научно-технические проекты (КНТП), системное и обливковое проектирование и, после завершения стадии Исследования, осуществляется научное сопровождение стадий ЖЦ АТ [5], [6].

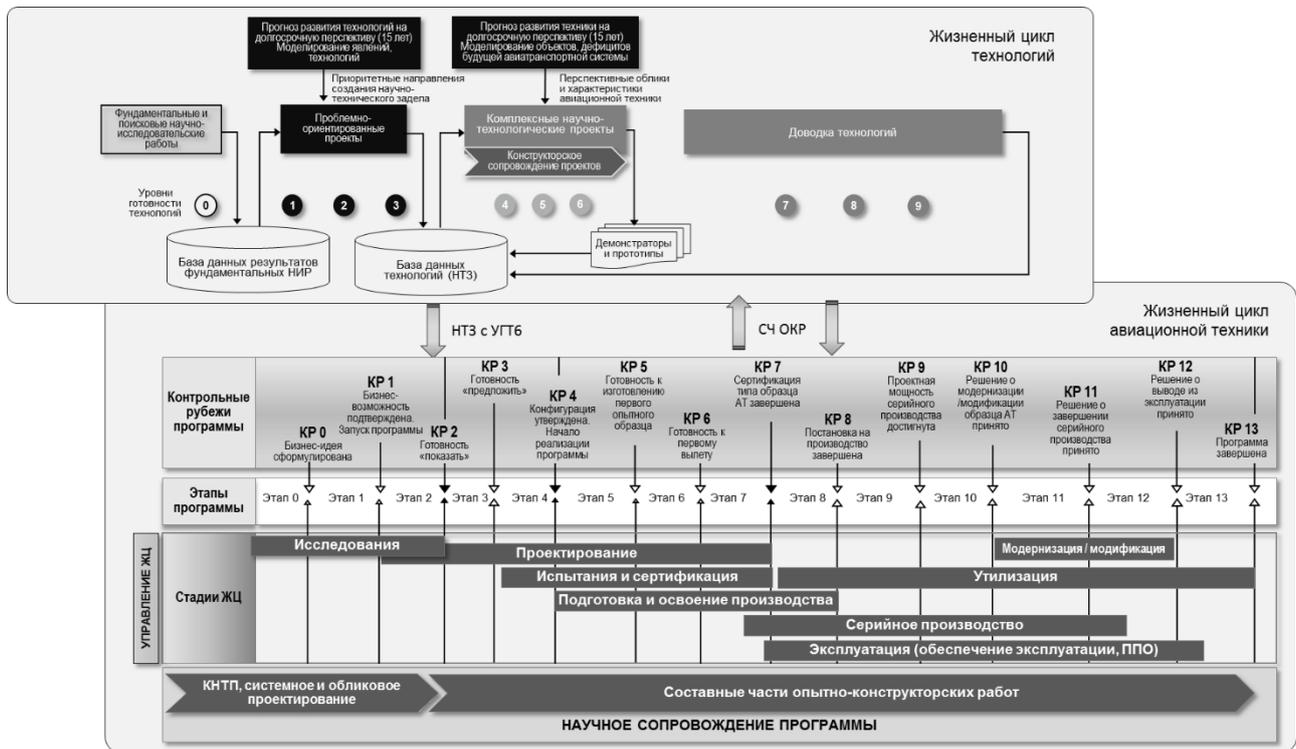


Рис. 1. Стадии жизненного цикла технологий (уровни готовности технологий) и жизненного цикла авиационной техники

Обеспечение качества процессов научных исследований и разработок

На всех стадиях ЖЦ АТ необходимо обеспечить качество процессов научных исследований и разработок. Управлять качеством продукции и процессов в прямом смысле этого слова нельзя даже в случае материальных объектов (летательных аппаратов, компонент и агрегатов) в следствие того, что

управление качеством (quality control)- это по определению «часть менеджмента качества, направленная на выполнение требований к качеству», а

качество (quality) — это «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям» [3]. Для высокотехнологичной продукции, понятие «плохое качество» не существует, если соответствие неполное, то и качества нет и о конкурентоспособности такой продукции говорить не приходится.

Проблема управления качеством для научно-технической продукции, получаемой в результате научных исследований и разработок не в обеспечении полного соответствия совокупных характеристик требованиям (это в большинстве случаев не проблема, а вполне решаемая задача), а в уровне этих требований, которые должны быть максимально высокими.

Зачастую, на всех стадиях ЖЦ качество продукции отличное, то есть соответствие требованиям потребителя (заказчика) полное, а продукция не конкурентоспособна ни по характеристикам, ни по стоимости, поскольку не соответствует требованиям рынка и внешним потребительским оценкам.

Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 «Системная и программная инженерия — Процессы жизненного цикла систем» содержит описание набора процессов, позволяющих организовать управление полным ЖЦ. Из всей группы процессов, определенных стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288, позволяющих организовать управление ЖЦ, выделим процессы, регулирующие стадию Создание НТЗ:

1. Договорные процессы: приобретение и поставки;
2. Процессы предприятия: управление средой предприятия; управление жизненным циклом систем; управление ресурсами; управление качеством.
3. Проектные процессы: прогнозирование, планирование проекта; оценка проекта; контроль проекта; управление рисками; управление конфигурацией; управление информационными потоками; принятие решений.
4. Технические процессы: определение требований заказчика; анализ требований; разработка архитектуры; реализация; внедрение; интеграция; верификация; поставки; аттестация.

Интегрирующим процессом для стадии Создание НТЗ является процесс Исследования и разработки, который в процессной схеме Системы управления качеством (СМК — качественной системы управления) в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования» является основным процессом жизненного цикла продукции, включающим подпроцессы:

технические процессы: Определение требований заказчика; Анализ требований; Разработка архитектуры; *Реализация*; Внедрение; Интеграция; Верификация; Поставки; Аттестация;

Обеспечивающими процессами будут являться:

проектные процессы: Планирование проекта; Оценка проекта; Контроль проекта; Управление рисками; Управление конфигурацией; Управление информационными потоками; Принятие решений;

процессы предприятия: Управление средой предприятия; Управление жизненным циклом систем; Управление ресурсами; Управление качеством;

договорные процессы: Приобретение и Поставки;

Под процессом Реализация понимается непосредственно фактический процесс проведения исследований, который в свою очередь может состоять из подпроцессов: Теоретических исследований, Разработок, Экспериментальных исследований, Стендовых и натурных испытаний и т.п.

Методы и инструменты обеспечения качества научных исследований и разработок

Каким образом можно обеспечить с одной стороны максимально высокие требования к качеству процессов и продукции и с другой стороны полное соответствие этим требованиям?

1. Нормативное и нормативно-техническое обеспечение процессов исследований

Рассматривая процесс исследований и разработок как циклический непрерывный, имеющий входы и выходы для каждого цикла и подлежащий управлению не только с целью получения конечной продукции и переходу к следующему этапу стадии, но и с целью непрерывного улучшения качества самого процесса, к нему можно применить широко используемый в менеджменте цикл управления — Цикл Деминга PDCA (PDSA):

Plan-Do-Check-Act (англ.)

Планирование — Действие — Проверка (изучение) — Корректировка

Цикл Деминга PDCA: Plan-Do-Check-Act (Планирование — Действие — Проверка — Корректировка) применяется на высшем уровне управления, для исполнителей цикл в современном менеджменте заменяется на

цикл SDCA: **Standart-Do-Check-Act**, где

фаза Standard — означает использование норм, нормативов, стандартов, регламентов, обеспечивающих процесс. То есть на исполнительском уровне деятельность уже не планируется, а определяется инструкциями. Однако и на верхнем управленческом уровне планировать процессы целесообразно с использованием стандартной методологии, разработанной специально для научно-исследовательской деятельности.

Основываясь на необходимости создания практической модели организации управления исследованиями и разработками, предлагается все фазы цикла начинать с фазы **Standart**, то есть представить цикл в виде цикла S-PDCA:

Standart/**Plan**- Standart/**Do**- Standart/**Check**- Standart/**Act**, или короче:

S/Plan- S/Do- S/Check- S/Act

Для эффективной реализации всех процессов они должны быть взаимосвязаны и обеспечены нормативным и нормативно-техническим регулированием: правилами, положениями, регламентами, национальными стандартами, отраслевыми стандартами, стандартами организаций, процедурами СМК и т.п. При этом, с целью интеграции предприятий — разработчиков НТЗ на основе единства принципов, требований и подходов к управлению жизненным циклом на стадии Создание НТЗ, нормативное обеспечение должно быть наиболее высокого уровня (национальные стандарты).

2. Комплексная система управления научными исследованиями и разработками авиационных технологий (КСУНИР)

Модель организации исследований и разработок может быть реализована в виде Системы управления научными исследованиями и разработками с взаимосвязанными подсистемами, обеспечивающими фазы и их процессы нормативным и нормативно-техническим регулированием. С этой целью в составе «Системы управления созданием научно-технического задела в авиационной промышленности» [4] ФБГУ «НИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского» разработана Комплексная система управления научными исследованиями и разработками авиационных технологий (КСУНИР):



Система образует взаимосвязи основных процессов стадии Создание НТЗ и предназначена для обеспечения их нормативными и нормативно-техническими документами для эффективной реализации этих процессов на всех этапах стадии. Разрабатываются серии нормативно-технических документов, в том числе в статусе национальных

стандартов, обеспечивающих все процессы КСУНИР и в первую очередь процессы прогнозирования и планирования. КСУНИР позволяет установить оптимальные требования к качеству продукции и обеспечить соответствие продукции этим требованиям: на основе прогнозирования сформировать приоритетные направления развития науки и авиационных технологий, сформировать для них целевые показатели, отобрать и запланировать необходимые прикладные исследования и комплексные научно-технические проекты, установить требования к результатам, управлять работами по выполнению исследований и КНТП, а также осуществить мониторинг и экспертизу полученных результатов. То есть обеспечить качество при наличии высоких требований к процессам исследований и их результатам — научно-технической продукции.

В обеспечение КСУНИР в исследовательской организации должны применяться наряду со национальными стандартами КСУНИР специально разработанные стандарты организаций (СТО), учитывающие специфику процессов конкретных организаций или специализированные документированные процедуры (ДП) СМК.

Особенностью формирования модели организации исследований и разработок на стадии создания НТЗ является необходимость разрабатывать «процессное» нормативно-техническое обеспечение, то есть стандарты, которые в дальнейшем будут основой элементов автоматизированной системы, сделанной на уровне требований современной цифровой экономики.

В ФГУП «ЦАГИ» разрабатывается серия стандартов организации (СТО ЦАГИ) в обеспечение Системы управления созданием научно-технического задела в авиационной промышленности, включающей КСУНИР. Разработка «процессных» нормативно-технических документов в обеспечение всех элементов Системы управления созданием научно-технического задела в авиационной промышленности, является ключевым этапом создания этой системы.

Ведется разработка серии стандартов управления качеством в обеспечение СМК, например, СТО «Управление конфигурацией», разработанного специально для специфического вида продукции — научно-технической и существенно повышающей уровень управления ее созданием. Управление конфигурацией, соответствующей продукции, в нашем случае специфической научно-технической продукции, позволяет внести в конфигурацию управляемые элементы, не учитываемые ранее, но тем не менее оказывающие зачастую решающее влияние на качество продукции и ее конкурентоспособность [11].

3. Совершенствование и повышение уровня СМК и нормативного обеспечения СМК

За рубежом задача обеспечения качества высокотехнологичной продукции, в том числе авиационной техники, решается в основном созданием и развитием (совершенствованием) систем качественного менеджмента QMS (Quality Management System), в русском переводе получивших наименование Систем менеджмента качества (СМК). Одним из самых эффективных способов установить соответствие организации требованиям к поставщикам высокотехнологичной продукции в оборонной и аэрокосмической отраслях за рубежом является сертификация системы менеджмента качества организации на соответствие требованиям стандарта AS 9100 к СМК организаций [7].

Организация, сертифицировавшая СМК по стандартам AS/EN/JISQ 9100, становится «Одобренным поставщиком» для всех организаций мира в оборонных и аэрокосмических отраслях промышленности и данные о ее сертификации заносятся в специальную базу данных Online Aerospace Supplier Information System (OASIS) [9]. Безусловное признание сертификата стандартов серии 9100 стало возможным из-за высокой степени доверия органам по сертификации, выдающим сертификат соответствия. Эту возможность обеспечивает промышленная система сертификации ICOP (Industry Controlled Other Party) — индустриальный контроль другой стороны, то есть контроль органов по сертификации со стороны промышленности. В Российской Федерации система ICOP

находится в начальной стадии создания, поэтому сертификация СМК российской организации именно по стандарту AS 9100 органом, имеющим международную аккредитацию в международной аэрокосмической группе качества IAQG [10], существенно повышает ее конкурентоспособность.

В научно-исследовательских организациях, осуществляющих деятельность в области исследований и разработок, применение существующих стандартов систем качества в том числе AS/EN/JISQ 9100 для сертификации СМК, и ее совершенствования является вынужденной мерой, так как эти стандарты разработаны для использования проектными, производственными, обслуживающими организациями и поставщиками. Из показанных проблем возникают две задачи:

1. Общая для всех предприятий и организаций — Создание механизма стимулирования использования СМК как системы эффективного управления организацией и постоянного повышения уровня ее совершенства;

2. Главным образом для научно-исследовательских организаций — Создание специализированного нормативного и нормативно — технического обеспечения СМК организаций, проводящих исследования и разработки

3.1 Система гарантии качества и информационной поддержки жизненного цикла авиационной техники (СГК)

Решение первой задачи требует создания системы обеспечения качества, устанавливающей требования к качеству продукции и процессов, а также требования к системе управления организации и создающей возможности для СМК получать достоверную информацию от ответственных лиц организации о качестве процессов создания продукции на основе методов «встроенного качества» и о гарантиях качества прежде всего для самой организации, а также для потребителей и заказчиков продукции. Такой системой является разрабатываемая ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» и ООО «Центр «Приоритет» Система гарантии качества и информационной поддержки жизненного цикла авиационной техники (СГК). Уникальной особенностью СГК является применимость ее к научно-исследовательским организациям, для которых типовые механизмы обеспечения качества посредством СМК не достаточно эффективны, по причине условной применимости стандартных требований к СМК, возникающей вследствие специфики выпускаемой научной продукции.

СГК — это система измерения деятельности СМК организаций, участвующих в создании авиационной техники (АТ) на корпоративном уровне управления — уровне интегрированных структур (ИС), уровне финалистов, уровне предприятий-поставщиков, входящих в ИС (интеграторов первого уровня) и на уровне поставщиков в цепочках поставок. СГК направлена на установление взаимоотношений заинтересованных сторон (ФОИВ, интегрированных структур, предприятий-финалистов, интеграторов 1-го уровня и поставщиков) в вопросах информирования:

о качестве АТ (соответствия АТ установленным требованиям к качеству, срокам поставки, затратам);

о возможностях СМК организаций обеспечивать качество на основе установленных показателей качества и об уровне совершенства (зрелости) СМК организаций (на основе установленных показателей функционирования СМК)

3.2 Специальные стандарты для СМК исследовательских организаций

Процессный подход при формировании СМК, создаваемых на базе требований к СМК стандартов ГОСТ Р ИСО 9001 [3], ГОСТ РВ 0015-002, ГОСТ Р ЕН 9100 [8] предусматривает планирование, разработку и менеджмент различных процессов, собственно обеспечивающих функционирование организации. Процессы эти взаимосвязаны и, с точки зрения управления качеством, основными являются процессы жизненного цикла продукции.

СМК, формируемые на основе требований упомянутых выше стандартов, в основе имеющих базовый стандарт ISO 9001, ориентированы на выпускаемую продукцию материального характера. Требования для СМК организации, оказывающей научно-технические услуги, а именно эта продукция является результатом исследований, должны быть другими и базовыми стандартами, положенными в основу вышеупомянутых стандартов для СМК, должны быть специальные стандарты для исследовательских организаций.

В настоящее время, для сертификации СМК организаций, для которых необходима сертификация по стандартам ГОСТ ISO 9001, ГОСТ РВ 0015-002 и ГОСТ Р ЕН 9100, требования к процессу Исследования применяются те же, что и к процессу Проектирование и разработка, имеющему иную специфику и характеристики.

Высокотехнологичная и сложная продукция, выпускаемая в результате процесс «Исследования», не является товаром, относится к категории услуг (ГОСТ Р ИСО 9000:2008) и носит нематериальный характер.

Особенности продукции:

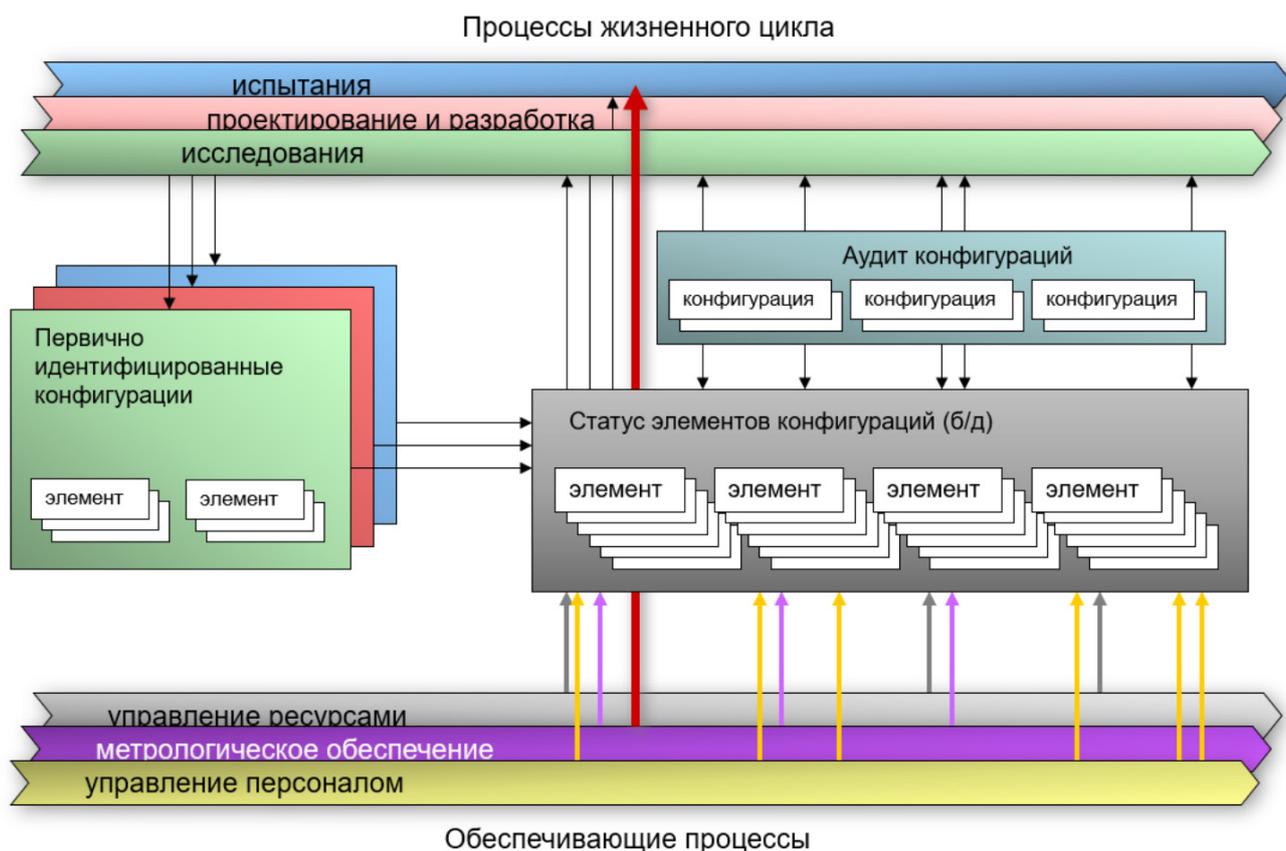
- уникальные характеристики, не повторяемость;
- индивидуальные характеристики качества каждой единицы продукции и процесса ее создания;
- высокие риски и неопределенности достижения результата;
- слабая регламентация процедур исследований, разномасштабные и качественно отличающиеся этапы процесса исследований (например, расчетные исследования, экспериментальные с использованием сложного оборудования (АДТ) и, связанная с этим, трудность определения характеристик продукции на различных этапах;
- длительность этапа производства единицы продукции (в среднем год, тогда как мониторинг процессов, с целью управления ими, желательно проводить 4 -6 раз за этот период);
- практическая невозможность проверки качества проведенных работ после их завершения, за исключением проведения повторных исследований в аналогичных условиях (если это возможно) и с соизмеримыми затратами;

К особенностям требований к мониторингу и измерению процессов всех трех стандартов является их ориентация на результативность процессов, тогда как специфика продукции процесса Исследований требует проверки качества процесса, то есть мониторинга по показателям, отражающим это качество на всех этапах процесса. В идеале процесс должен гарантированно соответствовать требованиям к качеству и тогда мониторинг не нужен.

Оценивая сложность и необходимость мониторинга качества процессов при производстве продукции авиационной, космической и оборонной отраслей, стандарты серии AS/EN 9100 и гармонизированный с ними российский стандарт ГОСТ Р ЕН 9100 существенно дополняют требования других стандартов, базирующихся на основе ISO 9001, к мониторингу процессов жизненного цикла продукции в виде требований осуществлять среди прочего управление конфигурацией, соответствующей выпускаемой продукции. Управление конфигурацией, *соответствующее продукции*, в случае проведения исследований — продукции специфической, услуге, позволяет внести в конфигурацию элементы ни в коей мере не учитываемые ранее, но тем не менее оказывающие огромное, иногда решающее влияние на качество продукции и конкурентоспособность. Например, один и тот же автомобиль или компьютер, произведенный под фирменной маркой в разных странах имеет разные характеристики и, следовательно, требуемого качества в ряде случаев нет. Этот факт тщательно скрывается производителями и даже определить точное место производства продукции потребитель не всегда может. Можно в этой связи вспомнить широко распространенные в конце прошлого века определения:

компьютер «белой» сборки, компьютер «желтой» сборки. Одни и те же исследования, проведенные в различных научных центрах, имеют разное качество и ценность для потребителя.

Таким образом, к управляемым элементам конфигурации можно отнести, например, инфраструктуру в которой осуществляется процесс исследований, испытательное, исследовательское и измерительное оборудование (производственное тоже, если процесс включает производство) и, что особо важно — персонал. Управление конфигурацией с наличием вышеописанных элементов, состоящих из множества сложных и простых составных частей, решается с помощью предлагаемой интерактивной системы статуса элементов конфигураций:



4. Система гарантий качества исследований

Одним из применяемых способов мониторинга процессов проектирования и разработки, применимым для исследований, является анализ хода работ в процессе их выполнения с целью оценки способности результатов работ удовлетворять требованиям, выявления проблем и их устранения. Процедура повышает результативность процесса, однако до определенных пределов, поскольку проводится внутренняя оценка для процесса и, с течением времени, эффективность такой оценки падает. Качество и уровень работ, как правило, не оценивается, что могло бы привести к повышению качества процесса. При этом требуется *независимая* экспертиза по аналогии с применяемой за рубежом при проектировании Системой гарантии проектирования (Design assurance system — DAS). Внедрение Системы гарантий проектирования существенно повышает качество процесса проектирования даже при высоких заданных требованиях к продукции и аналогичная система гарантий может быть создана для процесса исследований.

5. Аттестация специального процесса Исследования

Процесс исследований можно представить также как процесс, «результаты которого не могут быть верифицированы последующим мониторингом или измерениями, из-за чего недостатки становятся очевидными только после начала использования продук-

ции или после предоставления услуги» и который необходимо валидировать». То есть как *специальный процесс* [3].

Стандарты качества для СМК требуют разработки мер по аттестации таких процессов. Стратегическая цель аттестации специального процесса — получение гарантий высокого качества процесса. При этом исключаются затраты на мониторинг и аудит процессов. Аттестация, при которой анализируются и утверждаются критерии для процесса, применяемое оборудование и квалификация персонала, методики, процедуры, записи и результаты валидации, может быть внутренней (на начальном этапе) и внешней. Методика проведения внутренней аттестации процесса исследований пока только разрабатывается в статусе стандарта организации СТО ФГУП ЦАГИ.

Внешняя аттестация специальных процессов целесообразна для усиления конкурентоспособности продукции на внешнем рынке и может быть проведена в процессе аккредитации всей организации по международной программе Nadcap (National Aerospace and Defence Contractors Accreditation Program — Национальная Программа Аккредитации Поставщиков Аэрокосмической и Оборонной Промышленности). Возможна отдельная аттестация (в программе — сертификация) специальных процессов, испытательных центров и лабораторий без аккредитации организации в целом. Специального процесса исследований в программе Nadcap пока нет. Рассматривается возможность совместной разработки отраслевого стандарта SAE (Society of Automotive Engineers) методики аттестации (сертификации) процесса исследований для NADCAP на основе СТО ФГУП ЦАГИ.

6. Научное сопровождение стадий ЖЦ АТ

Эффективным инструментом повышения качества процессов на стадиях жизненного цикла авиационной техники: Проектирование, Производство, Эксплуатация и Утилизация, является научное (включающее научно-техническое и научно-технологическое) сопровождение программы создания авиационной техники (см.рис.1), осуществляемое, как правило, в виде выполнения комплекса НИР и составных частей ОКР (СЧ ОКР).

Сопровождение осуществляется с целью повышения качества опытно-конструкторских работ (ОКР) и уровня технического совершенства создаваемой АТ. Научное, научно-техническое и научно-технологическое сопровождение не имеет нормативного определения и не регламентируется на стадиях ЖЦ, начиная от стадии Проектирование.

В данный момент полностью отсутствуют и нормативно-технические документы в области научного сопровождения. Стандарт ГОСТ РВ 0015-305 регламентирует сопровождение процесса производства в виде авторского надзора. По аналогии с КСУНИР, осуществляющей управление научными исследованиями и разработками на стадии Создания НТЗ, планируется разработка Комплексной системы управления ОКР при проектировании, производстве и эксплуатации АТ (КСУОКР).

Задачами КСУОКР являются прогнозирование потребности в НИР и ОКР в обеспечение ОКР, выполняемых на следующих после Исследований стадиях ЖЦ АТ, формирования тематики работ и ТЗ на НИР и ОКР, управление работами, экспертиза результатов и их внедрение.

Литература

1. ГОСТ Р 56135-14 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения»
2. Operation of the Defense Acquisition System. DoDI 5000.02; 07.01. 2015;
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015«Системы менеджмента качества. Требования»;
4. Сыпало К. И., Медведский А. Л. Комплексная система управления созданием опережающего НТЗ. // Вторая научно-практическая конференция «Управление создани-

ем научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции». Сборник докладов. ИПУ РАН имени В.А.Трапезникова, Москва, 2017

5. Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского») / Под общей редакцией Б.С. Алёшина и А.В. Дутова. — М: ФГУП «ГосНИИАС», 2017. 159 с

6. Клочков В. В., Рождественская С. М. Современные принципы управления прикладными исследованиями в авиационной науке // Интеллект & технологии. 2016. № 1 (13). С. 58—63.

7. Стандарт AS 9100D «Quality Management Systems — Requirements for Aviation, Space and Defense Organizations» (Системы менеджмента качества — Требования для авиационных, космических и оборонных организаций);

8. ГОСТ Р ЕН 9100-2011 Системы менеджмента качества организаций авиационной космической и оборонных отраслей промышленности. Требования»;

9. Сайт Online Aerospace Supplier Information System (OASIS): www.iaqg.org/oasis/;

10. Сайт IAQG: <http://www.sae.org/iaqg/>;

11. Тюрин А. В. Проблемы нормативного обеспечения процесса исследований на стадии создания НТЗ // Вторая научно-практическая конференция «Управление созданием научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции». Сборник докладов. ИПУ РАН имени В. А.Трапезникова, Москва, 2017

Институт будущего: на пересечении потоков.

Реформирование ИНИОН РАН: от постсоветского безвременья к структуре эпохи Четвертой промышленной революции

Фокин И. А., аналитик
ivan.fokin.2014@mail.ru

Агентство социального инжиниринга

«Чтобы оставаться динамичными и двигаться со скоростью перемен, нанимайте сейчас людей, что будут нужны вам в будущем».

Патти Маккорд,
«Сильнейшие. Бизнес по правилам Netflix»

«Способность страны улучшить в долгосрочной перспективе свой уровень жизни почти полностью зависит от способности повысить эффективность каждого работника»

Пол Кругман.

Высокие технологии и наша страна: потерянный рывок

В своей работе «Третья волна» Элвин Тоффлер утверждал: “цивилизация — это нечто большее, чем простая техносфера и находящаяся с ней в паре социосфера. Все цивилизации нуждаются также в «инфосфере», чтобы создавать и распространять информацию и здесь переменная, принесенные Второй волной, также были исключительно яркими». (С.31)

Среди четырех важнейших показателей, характеризующих уровень общественного развития то или иное человеческое сообщество, американский исследователь Иен Моррис из Массачусетского технологического института называет сложность инструментов для обмена и обработки информации, а также масштаб их использования. Кроме того, к показателю развития общества относятся: запасы энергии в расчете на одного человека; размер крупнейшего поселения, а также численность войска, мощность и скорострельность оружия, мобильность армии.¹

С начала 2000-х гг. в зарубежной научной литературе современная эпоха рассматривается как отдельная эпоха. Важнейшими критериями выделения этой эпохи стали: глобализация мирового хозяйства; переустройство технологического уклада; возрастание роли информации и знания в удовлетворении человеческих потребностей; сетевизация хозяйственных и культурных коммуникаций в обществе.

Характерной чертой современной эпохи, по мнению американского социолога Мануэля Кастельса, является синергетическое действие сетевых и информационных технологий: «Сети составляют новую социальную морфологию нашего общества и распространение сетевой логики модифицирует операции и результаты в процессах производства, опыта, власти и культуры. Хотя сетевая форма социальной организации существовала в другие времена и в иных местах, новые информационные технологии обеспечивают материальную основу для ее безграничного расширения во всем социальном мире»²

¹ Бриньолфсон Э. Вторая эра машин. Работа, прогресс и процветание в эпоху новейших технологий / Эрик Бриньолфсон, Эндрю Макафи; пер.с англ. П.Миронов. — М.: АСТ, 2014. — С.10.

² Цит.по: Сморгунюв Л. В., Шерстобитов А. С. Политические сети: Теория и методы анализа: Учебник. — М.: Аспект-Пресс, 2014. — С. 15.

В 1998 г. советский экономист Гавриил Попов утверждал, что существует три типа постиндустриализма: первый мир — постиндустриализм ведущих стран — метрополий; второй мир — постиндустриализм стран партнеров стран-сателлитов и постиндустриализм стран «третьего мира». 15 лет назад в своем предисловии к книге Тоффлера «Третья волна», социолог Павел Гуревич заявил о существенном отставании нашей страны от передовых экономик мира: «Наша страна находится сейчас в затяжном социально-экономическом, политическом и духовном кризисе. В области информационных технологий, средств и систем связи, в области исследований по искусственному интеллекту наше отставание от передовых западных и ряда восточных стран продолжает стремительно увеличиваться. Если в ближайшие годы положение радикально не изменится, то разрыв может оказаться едва ли не фатальным».¹

Такое положение для нашей страны можно назвать чрезвычайно удивительным. Дело в том, в 1950—1960-е гг. наша страна стала уверенно занимать лидирующие места в кибернетике, разработке ЭВМ. В октябре 1961 г. к открытию XXII съезда КПСС в свет вышел сборник статей «Кибернетику — на службу коммунизму!». Авторы данного сборника рассматривали народное хозяйство как «сложную кибернетическую систему, включающую в себя огромное количество различных взаимосвязанных контуров управления».

На уже упомянутом нами съезде КПСС была принята новая программа, которой предполагать самое активное применение достижений кибернетиков в сфере совершенствования механизмов управления народным хозяйством Советского Союза: «Получат широкое применение кибернетика, электронные, счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорта, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах в сфере учета и управления».²

В мае 1963 г. вышло совместное постановление ЦК КПСС Совета министров СССР об ускорении внедрения ЭВМ и автоматизированных систем управления в экономику страны. Значительная заслуга в продвижении вычислительных технологий в практику государственного управления принадлежала президенту АН СССР М.Келдышу, руководителю совета по кибернетике при АН СССР В.Глушкову, академику В.Немчинову, математику А.Ляпунову, ученым-кибернетикам А.Китову, И. Бруку.³ Совместными усилиями научному сообществу и заместителю председателя Совмина СССР А.Косыгину удалось внедрить высокие технологии в экономическую жизнь Советского Союза.

Автоматизация народного хозяйства Советского Союза, по мнению российского обществоведа, историка Андрея Фурсова, могла стать настоящим рывком в совсем иной хозяйственный, социальный уклад. Как отмечает ученый, мы стали бы не просто «анти-Западом», «анти-капитализмом».⁴ Наша страна, вообще, вышла бы за пределы технологического уклада той эпохи. В этом случае у США осталось бы мало шансов догнать Советский Союз и в техническом, и в социальном аспекте. Но произошло то, что марксисты называют главнейшей предпосылкой революции: социальные отношения значительно отстали от развития средств производства и социальные отношения за тормозили социализацию технологий.

¹ Гуревич П. С. А волны истории плещут ... (Новая конфигурация будущего) // Тоффлер Э. Третья волна / Пер.с англ.; науч.ред.П.С.Гуревич. — М.: АСТ, 2004. — С.10.

² Цит.по: Герович В. Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть // // Неприкосновенный запас. — 2011. — №1. — URL: <https://clck.ru/LbC9Z/>

³ Герович В. Там же. — URL: <https://clck.ru/LbC9Z/>.

⁴ Фурсов А. Колокола истории // Русский обозреватель. — 2010. — 29 сентября. — URL: <https://clck.ru/KJApL>.

Интеграторы принимают вызов: «третья волна» и конструирование нового общества

Э.Тоффлер в своей работе «Третья волна» к одной из характерных черт «второй волны» — индустриальной, относил появление такой категории лиц, как «интеграторы». Природа их появления, по мнению исследователя, следующая: «индустриализм расколол общество на тысячи примыкающих друг к другу частей — заводы, церкви, школы, профсоюзы, тюрьмы, больницы и т.п. ... Данная потребность вызвала появление множества специалистов нового типа, главной задачей которых была интеграция». В ходе социальной эволюции, оказалось, что интеграторы стали главенствующими в организации хозяйственной, культурной жизни человечества. Тоффлер рассматривает вертикально интегрированные структуру корпоративного бизнеса, государственных структур как типичные примеры средств интеграции. Ученый констатирует: «в конечном счете к власти не пришли ни хозяева, ни рабочие. Как в капиталистических, так и в социалистических странах именно интеграторы одержали верх».¹

По сути своего функционала интеграторы являются посредниками между различными уровнями производства, потребления и управления. В современных условиях, когда управление все больше приобретает сетевой характер, во многом благодаря сети Интернет, интеграторы вынуждены думать о способах сохранения своего контроля за «средствами интеграции».. Прежние механизмы зачастую оказываются недействующими. Хотя, на мой взгляд, это в большей степени связано не с деконструкцией «средств интеграции» как феномена, а с их переходом в иные формы. Теряют свою актуальность вертикально интегрированные структуры и в бизнесе, и в государственном управлении. Обретают актуальность те инструменты, которые способны интегрировать связывать между собой сети людей, компаний, учреждений в единые узлы. Яркий пример такой деконструкции формальных структур и переход людей в сетевые структуры, являет собой процесс размывания национальных, этнических идентичностей. В условиях глобализированного и урбанизированного мира, идентичности приобретают внетерриториальный характер. Если нации были территориальными, вневременными феноменами, то нынешние идентичности приобретают экстерриториальный характер и вездесущи. Соответственно, для того, чтобы интегрировать представителей этих идентичностей, а, тем более, чтобы эти идентичности конструировать, необходимы и сетевые средства интеграции.

Интеграторы как социальная группа определяются по своему социальному функционалу. Для интеграторов страшнее конкуренция не с другими социальными группами, а со своими же «коллегами». Трансформация социальных структур приводит к тому, что среди интеграторов появляются выигравшие и проигравшие свою борьбу за влияние на общество. Проигрыш и выигрыш в этой ситуации определяется вопросом сохранения контроля за средствами интеграции. Те, кто сумеет сохранить его, тот и сохраняет свой контроль над обществом или его частью.

В современном обществе информация становится целью, продуктом и фактором производства. Жизнь людей оказывается в прямой зависимости от того, по каким принципам происходит продуцирование и оборот информации. Это становится системным фактором всех трех сфер жизни человеческого общества: общественного управления (реализующегося на государственном, межгосударственном и транснациональном уровнях); системы производства благ, удовлетворяющих физические и духовные потребности людей (народное и мировое хозяйство), системы воспроизводства общества (сфера культуры — образование, наука, искусство, религия, здравоохранение). Деятельность человека во всех этих трех секторах оказывается в прямой зависимости

¹ Тоффлер Элвин. Третья волна. — С.51.

от того, в соответствии с тем как организованы практики информационного обращения. Те люди и их группы, которые оказываются на пересечении информационных потоков, становятся незримыми интеграторами общества. Элементарным примером «точек пересечения» инфопотоков, в которых пересекаются различные информационные потоки, являются интернет-платформы различных специализаций: от банального заказа еды или такси до поиска нужного врача или же сетей гражданской взаимопомощи, государственных услуг.

Набившая оскомину фраза «Кто владеет информацией — тот владеет миром» перестает быть абстрактной конструкцией. Наступила эпоха, когда информация имеет конкретное выражение, конкретный объем, конкретных продуцентов, передатчиков, получателей и вполне конкретную, хоть и контекстуальную, ценность. Ныне актуально говорить: кто владеет платформой, то есть механизмом целенаправленного информационного обмена, тот имеет рычаги влияния и на общество, тот владеет средством интеграции, а значит и реальной властью.¹

Советская платформа научно-технической информации и современные вызовы перед ее наследницей — ГСНТИ России

Несмотря на то, что советские интеграторы не были готовы пожертвовать своим социальным положением и предпочли, в конечном счете, переродиться в интеграторов буржуазного типа², тем не менее, они прекрасно осознавали силу знания. Осознание этого и привело Советское государство к необходимости создания Государственной системы научно-технической информации, которая была преобразована в ГСНТИ России постановлением Правительства России от 24 июля 1997 г.

Для того, чтобы общество могло нормально развиваться оно должно иметь представление о себе и об окружающем мире. Главенствующую роль в познании человека, общества и окружающего мира принадлежит науке. Основной задачей науки является накопление и производство новых знаний. С изобретением письменности человечество получило возможность транслировать накопленные знания в будущее, накапливать их. С изобретением книгопечатания человечество получило возможность обеспечить к знаниям доступ широких людских масс. С изобретением вычислительной техники люди получили возможность не просто хранить, а и обрабатывать такие объемы имеющейся информации, об обработке которых ранее и не могло быть речи. С появлением вычислительной техники кратно возросла производительность интеллектуального труда человека. Со временем производительность эта будет только возрастать в соответствии с законом Мура: «Сложность компонентов в расчете на единицу производственных затрат удваивается примерно раз в год ... очевидно, что в краткосрочной перспективе можно ожидать, что этот темп будет оставаться таким же, если не будет нарастать».³

¹ Подробно о новых механизмах воспроизводства власти: Бард А., Зодерквист Я. Нетократия. Новая правящая элита и жизнь после капитализма. — СПб: Стокгольмская школа экономики в СПб., 2004. — 252 с. — URL: <https://clck.ru/LfMW5>; Protean power: exploring the uncertain and unexpected in world politics / Peter J. Katzenstein, L. A. Seybert (eds.). — N.Y.: Cambridge univ. press, 2018. — 380 p. Подробный критический анализ на работу П.Катценштайна и Л.Сиберт представил мой однофамилец и коллега Кирилл Фокин: Фокин К. В. Серая зона, или измеряя неизмеримое? (Рецензия) // Политическая наука. — 2019. — № 3. — С. 285–302. — URL: <https://clck.ru/LfMV6>. Подробно о социально трансформирующей силе Интернет-технологий: Smith T. G. Politicizing digital space. Theory, the Internet and renewing democracy / Trevor Garrison Smith. — L.: Univ. of Westminster press., 2018. — 155 p.

² Подробно о транзите СССР и России к частновладельческому капитализму: Липина С. А. Социальные последствия реформирования России. — М.: ИСПИ РАН, 2000. — 150 с.

³ Бриньолфсон Э. Вторая эра машин. Работа, прогресс и процветание в эпоху новейших технологий / Эрик Бриньолфсон, Эндрю Макафи; пер.с англ. П.Миронов. — М.: АСТ, 2014. — С.39.

С использованием Интернета возможности производства и трансляции научного знания расширились. Если письменность сломала временные преграды распространения научного знания, а книгопечатание сделало научное знание инклюзивным, то есть доступным для всех, то Интернет и сопутствующие ему технологии ломают не только пространственные границы, а и границы языковые. Более того, распространение знания удешевляется за счет почти нулевой стоимости копирования. Кроме того, Интернет значительно сокращает издержки на ведение поисково-исследовательской работы, тем самым, создавая возможности научного поиска для неспециалистов. С одной стороны, это, конечно, повышает число дилетантов, увлекающихся наукой, что неминуемо сказывается на качестве конечного продукта. С другой стороны, создает дополнительные стимулы и для ученых в аспекте совершенствования навыков как сугубо исследователей, так и навыков сквозных. Ярким примером подобного вызова для научного сообщества становятся практики расследовательской журналистики, DATA-аналитики и т.п.¹

Советский Союз был проектом индустриальной эпохи. Таким же порождением индустриальной эпохи стала и научно-исследовательская инфраструктура, которая базировалась, прежде всего, на накоплении печатной продукции: книг, журналов, газет. Для работы с такими носителями информации необходимо было выстроить соответствующий механизм, которым и стала «Государственная система научно-технической информации» (ГСНТИ). По мнению отечественных исследователей информационной сферы социо-гуманитарной науки Александра Антопольского и Дмитрия Ефременко, ГСНТИ, «созданная в СССР в 1960—1970 гг., и достаточно успешно функционировавшая вплоть до реформ 1990-х гг.» стала значительным достижением разумного разделения труда между участниками системы и использования современных на тот момент информационных технологий.²

Институциональной основой ГСНТИ были общегосударственные центры научно-технической информации, через которые проходили потоки всей актуальной в мире информации по самым различным отраслям научного знания. На основе анализа этих потоков создавались реферативные издания и базы данных. По мнению названных ученых, на сегодняшний день данная модель информационного обеспечения науки не соответствует организационным, экономическим и технологическим реалиям, не выполняет своих функций и требует радикально новых подходов к организации функционирования.³

Головной организацией ГСНТИ был ВИНТИ РАН, в рамках работы которого организовались многие общесистемные проекты. Сама организация включала в себя 10 все-союзных, около 150 отраслевых и региональных органов НТИ, а также больше четыре тысяч учреждений НТИ на предприятиях и в организациях. В аппарате ГСНТИ к закату советской эпохи работало свыше 150 тысяч человек. Системообразующими институтами ГСНТИ были: ВИНТИ РАН, ИНИОН РАН, ЦНИИПИ (ныне ФИПС), ВНИИЦ (ныне ЦИТИС), ВНИИКИ (ныне Стандартинформ), ВИМИ (ныне закрыт).

Советская инфраструктура накопления, хранения и производства научной информации в 1990-е гг. оказалась сразу перед несколькими вызовами. Первый вызов — это цифровизация носителей информации. Второй вызов — это открытие границ и либерализация научной коммуникации, открытие страны международным научным потокам. Третий вызов — появление и прогрессия Интернета как системы распространения

¹ Подробно о расследовательской журналистике: Роман Анин: «Расследование — это такой хирургический жанр» / С.Распопова // Журналист. — 2019. — 4 февраля. — URL: <https://jrnlst.ru/roman-anin>. О DATA-аналитике: Иван Бегтин о том, зачем всем нужны открытые данные // Общероссийский гражданский форум. [Youtube.] — 2018. — 19 апреля. — URL: <https://clck.ru/LfQ2U>.

² Антопольский А. Б. Инфосфера общественных наук России: монография / А. Б. Антопольский, Д. В. Ефременко ; под ред. В. А. Цветковой. — М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. — С.206.

³ Там же. — С.208.

информации и коммуникации между учеными. Четвертый вызов — распад самой системы, коммерциализация рынка информации. Пятый вызов — нехватка средств для проведения необходимых содержательно-научных, структурно-организационных и технологических преобразований, которые бы смогли вывести Государственную систему научно-технической информации России из экзистенциального кризиса.

Деградация государственной инфраструктуры научно-технической информации, с одной стороны, способствовало переориентации отечественной науки и образования на зарубежные институты и образцы хранения, воспроизводства и трансляции научного знания. Кроме того, выжидательная позиция и патерналистские ожидания большей части научного сообщества, отсутствие конструктивных проектов реконструкции отечественной научно-исследовательской инфраструктуры, заставило государство в условиях нарастания внешних и внутренних вызовов выступить инициатором болезненных, но необходимых структурно-субстанциональных преобразований в системе российской академической науки. Важнейшим шагом в этих преобразованиях было суждено сыграть реформе Российской академии наук, которая произошла в 2013 г. До 2013 г. академическая наука в России финансировалась государством, но управлялась самим же академическим сообществом, центральным интегрирующим институтом которого являлась Российская академия наук. С 2013 г. содержательное, финансовое и административное управление деятельностью академических организаций было переведено в орган государственной власти — Федеральное агентство научных организаций, а с 2018 г. — Министерство науки и высшего образования, возглавляемое М.Котюковым.

С точки зрения достижения задач национального развития, задач развития народного хозяйства, такое изменение в сфере управления научными исследованиями, аккумуляции и концентрирования средств на необходимых направлениях, является не просто логичным, а крайне важным и необходимым. Выделяя деньги на исследования, государство вправе требовать от научного сообщества и соответствующей отдачи.¹ Мы не будем останавливаться подробно на рассмотрении соответствующих государственных документов, определяющих основные направления и механизмы реализации национального развития. Профессиональному сообществу эти документы и их основные положения и так известны, а отдельные аспекты относительно развития цифровой экономики, информационного общества, инновационной экономики, обеспечения информационного суверенитета страны и, в целом, национальной безопасности и самодостаточности, всегда можно найти.

ИНИОН РАН: до пожара

Как отмечают А.Антопольский и Д.Ефременко, во второй половине 1960-х гг. в советском научном сообществе и государственных органах власти пришли к пониманию необходимости создания инфраструктурного института и в сфере общественных наук. До этого, в 1950-х гг. был создан Всесоюзный институт научной и технической информации, который стал местом концентрации научной информации по естественным и техническим дисциплинам. В 1969 г. на базе Фундаментальной библиотеки общественных наук АН СССР был создан Институт научной информации по общественным наукам. Основной задачей ИНИОНа стала концентрация в его стенах отечественной и зарубежной литературы по социогуманитарным наукам. Но задачей была не толь-

¹ Основные задачи национального развития в сфере науки, технологий, информационного общества, цифровой экономики изложены в программных документах, утвержденных указами Президента России: «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018, №204; «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы» от 9 мая 2017, №203; «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года, №642.

ко концентрация этой литературы, но и создание условий для удобного пользования ею научным сообществом Советского Союза.¹

Постановлением ЦК КПСС и Совета министров СССР «О мерах по улучшению научной информации в области общественных наук» от 22 октября 1968 г. и постановлением Президиума АН СССР «Об организации Института научной информации по общественным наукам АН СССР и о других мероприятиях по улучшению научной информации в области общественных наук» от 7 февраля 1969 г. определялся следующий функционал нового учреждения: комплектование и реферирование отечественных и зарубежных материалов по общественным наукам, в первую очередь по философским, экономическим, историческим, правовым наукам и научному коммунизму; подготовка и выпуск библиографических и реферативных изданий, научно-аналитических обзоров литературы по актуальным проблемам общественных наук, выдача переводов и фотокопий важнейших научных трудов; информационное обслуживание партийных и государственных органов, научных учреждений, вузов, научно-педагогических работников; координация и теоретическое обобщение опыта работы по научной информации в области общественных наук; осуществление научных связей с зарубежными научно-информационными организациями.

По мнению Антопольского и Ефременко, функционирование ИНИОН РАН в советский период в полной мере отразила противоречия самой политической системы. Функционирование советской системы требовало наличие слаженной связи между ее элементами, что требовало оперативной передачи необходимого объема информации. И в то же самое время, сфера социогуманитарных наук была серьезно идеологизирована, что ограничивало теоретико-методологическое разнообразие в исследовательских практиках и ограничивало приток соответствующей информации из-за рубежа. Создание ИНИОН РАН было призвано разрешить это противоречие. В Советском Союзе ИНИОН слыл «островком свободомыслия».² Значительная заслуга в выстраивании работы института сыграл его директор Владимир Виноградов, который был на этой должности с 1972 по 1998 гг. Именно он выстроил трехступенчатый цикл работы ИНИОН: библиографическая работа — реферирование — аналитика. Исходя из этого была выстроена и структура ИНИОН, сохранившаяся и по сей день.

В 1976 г. в институте началась работа по созданию Интегральной автоматизированной информационной системы по общественным наукам (ныне — АИСОН). Руководил этим процессом В.Р.Хисамутдинов. На ИНИОН была возложена роль головного центра в области общественных наук, наделенного координационными полномочиями в отношении соответствующих отраслевых и республиканских центров. Вопрос автоматизации и доступности ресурсов для советских и зарубежных ученых стоял во главе угла деятельности института. В.А.Виноградов в своих воспоминаниях сообщал: «В марте 1978 г. на годовичном Общем собрании Академии наук СССР было решено продемонстрировать из Дома ученых доступ по телефонному каналу связи в автоматизированную базу данных ИНИОН. Этот эксперимент оказался удачным. Он вызвал большой интерес у ученых. Поиск велся по задаваемым вопросам, и тут же делалась бумажная распечатка полученной информации о книгах и статьях».³

Автоматизированные базы данных ИНИОН являлись настоящим достижением своего времени: к началу 1980-х гг. в сети ИНИОН были зарегистрированы 96 организаций-пользователей, а количество выданных паролей для вхождения в базы данных достигло 120. К 1990-му году, как сообщал в своих воспоминаниях Виноградов, в 13 базах дан-

¹ Антопольский А. Б. Инфосфера общественных наук России: монография / А. Б. Антопольский, Д. В. Ефременко ; под ред. В. А. Цветковой. — М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. — С. 166—168.

² Там же. — С. 168—169.

³ Цит по: Антопольский А. Б. — С.170.

ных института насчитывалось уже около одного миллиона библиографических записей. Крушение Советского Союза оказало негативное влияние на процесс автоматизации, цифровизации фондов института. Институт оказался на грани выживания, а его работа, во многом, держалась на энтузиазме руководства и коллектива.

В 2000-е гг. государство стало вкладывать деньги в науку. Но выделяемых из госбюджета сумм институту все равно не хватало на реализацию крупномасштабных проектов. Тем не менее, еще в 1990-х гг. в институте появились новые научные журналы, такие как «Политическая наука», «Актуальные проблемы Европы», «Вопросы культурологии», «Европейская безопасность: события, оценки, прогнозы», «Литературоведческий журнал», «Россия и мусульманский мир», «Россия и современный мир», «Экономические и социальные проблемы России» и др. В 2000-е годы стали издаваться журналы «Метод» и «Труды по россиеведению». Несмотря на то, что институт развивался и в 1990—2000-е гг., тем не менее, к 2015 г., когда в его здании случился пожар, организация не смогла ответить в полной мере на вызовы современности. Можно найти разные объяснения возникновения такой ситуации.

На наш взгляд, основная проблема заключается в том, что прошлое руководство и коллектив института не смогли сформировать четкую стратегию развития организации в новых условиях и, как следствие, не смогли показать государству острую необходимость в финансировании такого уровня, которого данный институт, на самом деле, достоин.

Будущее института: в поиске новых смыслов

К пожару, который случился 30 января 2015 г., институт пришел без четкого видения своего будущего в современном российском обществе. Сказывалась инерция размеренного существования института в 2000-е гг., когда государство не сильно было озадачено научно-технологическим развитием страны. Стремление же государства в 2010-х гг. трансформировать научно-исследовательскую инфраструктуру под задачи национального социального и технологического развития, наиболее ярко отразившееся в реформе РАН 2013 г., сподвигло подавляющую часть научного сообщества, в большей мере, не искать пути дальнейшего институционального развития в рамках предлагаемых властью стратегий, а озаботиться сохранением статуса-кво! На реформаторство государства научное сообщество ответило консерватизмом: тут и активность научного сообщества в публичной сфере, и популистская, по своей сути, риторика ряда руководителей РАН и директоров академических институтов. Не миновали эти тенденции и ИНИОН: коллектив организации и прежнее его руководство серьезно опасалось, как бы в реформаторском пылу государство не прекратило существование института посредством слияния с другими учреждениями. Интенция «сохранить все, как есть» стала господствовать в институте с 2013 г. Пожар 2015 г. только лишь усилил эти настроения. Консерватизм стал преобладающей идеологией в коллективе, что автоматически ставило руководство института и его коллектив в незримую оппозицию государству. Естественно, дух консерватизма и дух оппозиционности не могут быть питательной средой для вызревания инновационных программ развития.

Вполне вероятно, что частая смена временно исполняющих обязанности директора в Институте является прямым следствием попытки государства переломить дух консерватизма и оппозиционности в самом коллективе. Каждый новый врио директора приходил с четкими целями изменить институт, выработать видение будущего института, но заканчивалось это очередным погружением в решение текущих проблем и попытки удовлетворить патерналистские ожидания подавляющей части коллектива. Не удивительно, что к пятому году существования института после пожара, на сайте организа-

ции так и не опубликована программа развития института. Не опубликована она по одной причине: такого документа нет.

А ведь она нужна. Нельзя же и в самом деле, полагать, что переехав во вновь отстроенное государством здание, институт продолжит свое размеренное и лишенное смысла существование, подобное тому, что было по пожара и до реформы РАН 2013 г.?

Разумеется, смысл должен быть и он есть. Смысл существования института заключается в том, что он должен служить государству и обществу в условиях нового технологического уклада, в условиях торжествующей Четвертой промышленной революции. Надо сказать, что несмотря на отсутствие официальной программы развития института, тем не менее, отдельные люди из его коллектива серьезно озадачились проектированием такого документа. Речь идет о уже упоминавшейся в нашей работе монографии гл.науч.сотр., д.техн.н. А.Б.Антопольского и заместителя директора, д.полит.н. Д.В.Ефременко. В конце 2019 г. стало известно, что эта книга стала победителем Всероссийского конкурса на лучшую монографию «Фундамент науки», который проводился издательством «Директо-Медиа» совместно с ЭБС «Университетская библиотека онлайн» и Библиотекой естественных наук РАН. В предыдущих параграфах статьи мы уже приводили некоторые факты из истории ИНИОН, помещенные в этой книге. Сейчас же, нас интересуют предложения развития института, которые были разработаны в институте, но не были приняты в качестве официального документа. Они изложены в «Проекте Программы развития и комплексной модернизации научно-информационной деятельности ИНИОН РАН (2015—2020)» и текст доклада «Приоритеты развития научно-информационной деятельности ИНИОН РАН в изменяющейся инфосфере». Доклад был сделан Антопольским на Ученом совете института 11 октября 2016 г. Надо сказать, что предложения Антопольского коллективом не были поддержаны, что лишний раз доказывает консервативный и не слишком конструктивный по отношению к государству настрой, царящий в институте.

Проект программы развития предполагал 12 основных шагов: создание специализированного производственно-реставрационного комплекса (для восстановления пострадавших фондов Фундаментальной библиотеки института, 2 млн.ед.хр.); оцифровка каталоги и значительной части фондов библиотеки; консервация и обеспечение функционирования не пострадавшей от пожара части здания института (уже не актуально, так как здание будут строить заново); наделение института функциями центра коллективного пользования; создание мощного аппаратно-программного комплекса для хранения и аналитико-синтетической обработки больших массивов научных данных; разработка многоуровневой базы данных по общественным наукам; расширение исследовательских компетенций, интеллектуальной обработки информации, открытых данных; развитие научных школ, имеющих в ИНИОН; разработка программ повышения квалификации специалистов по библиотековедению, науковедческим исследованиями, методам поиска и работы с научной информацией; модернизация издательской деятельности, выпуск журналов на английском языке для международного научного сообщества; организация научно-просветительской работы; обеспечение работы телевизионно-студийного комплекса пресс-службы ФАНО России (реорганизовано в Министерство науки и высшего образования) и производство научно-популярных телевизионных программ.¹

Как мы видим, проект программы, предполагал существенные качественные изменения в функционировании Института. Эти качественные изменения характеризуются тремя важными изменениями: цифровизацией; открытость обществу и государству; развитие просветительской функции института. Но проект так и не стал утвержденной программой, оставшись только проектом.

¹ Антопольский А. Б. Инфосфера общественных наук России: монография / А. Б. Антопольский, Д. В. Ефременко ; под ред. В. А. Цветковой. — М.; Берлин: Директ-Медиа, 2017. — С.630—631.

Дополнял и уточнял проект программы развития доклад А.Антопольского о приоритетах развития научно-информационной деятельности института. Среди ведущих тенденций развития современной инфосферы¹ автор доклада назвал следующие: цифровизация научных коммуникаций; рост числа каналов коммуникации, снижение их стоимости, рост качества; движение в сторону открытой науки; конкуренция социально-экономических моделей организации инфосферы (государственной, рыночной, волонтерской); интеграция секторов информативной деятельности; коллаборация; дифференциация инфосферы; электронная наука; возникновение и развития семантического веба, онтологий и открытых данных.

В своем докладе Антопольский центральной проблемой развития института назвал недооценка сообществом тенденций изменения инфосферы и, как следствие, отсутствие стратегии развития. Еще одной проблемой докладчик назвал неопределенность механизмов управления инфосферой. Важную роль в разрешении определенных проблем Антопольский видел в функционировании обновленного института. Он определил научные и практические задачи ИНИОН РАН по развитию инфосферы. Среди научных он перечислил: прогноз развития инфосферы; создание оптимальной структуры инфосферы по общественным наукам; выработка экономической модели научных коммуникаций; разработка методологии формирования электронного пространства знаний; разработка критерий ценности российских общественно-научных Интернет-ресурсов.

Практические задачи института включают: создание межотраслевого электронного каталога документов по общественным наукам; мониторинг и оценка ресурсов, информетрика; мониторинг информационных потребностей; создание электронной библиотеки; координация библиотечных сервисов в РАН; разработка служб идентификации; подготовка реферативных изданий; создание специализированных ресурсов; разработка информационно-аналитической системы; организация сотрудничества между научными учреждениями РАН и другими информационными учреждениями России.

Остается лишь удивляться тому, что при наличии двух столь подробных документов: проекта Программы развития и доклада Антопольского, программа развития института так и не принята, а сам институт, хоть и выполняет государственный заказ и добивается успеха в отдельных областях социогуманитарного знания в России и на международном уровне, но так и остается в стратегическом плане «без руля и ветрил».

Заключаящие предложения

С 2013 по 2016 гг. автор данной статьи учился в аспирантуре ИНИОН РАН, то есть имел возможность вживую познакомиться с отдельными аспектами работы института, увидеть сильные и слабые стороны в его работе. Разумеется, уровень моего включенного наблюдения не позволял мне сформировать цельное представление об институте, тем не менее, меня не покидало чувство, что институту не хватает динамизма в трансформации согласно вызовам времени. И дело тут даже не в том, что средний возраст научных сотрудников института и сотрудников-библиографов перевалил за сорок лет. Эта проблема, в общем-то, характерна для всей национальной научной сферы. В целом, эта тенденция, конечно, потихоньку движется к омоложению научных кадров, но в ИНИОН она была видна очень четко. Удивление вызывал и факт отсутствия цельного электронного каталога фондов Фундаментальной библиотеке. Удивление вызывало и практически полное отсутствие программистов в штате Института: в условиях, когда программное обеспечение становится неотъемлемым орудием работы с информацией, отсутствие программистов в «институте научной информации» — это парадоксальный факт. Весьма посредственным в техническом плане

¹ «Инфосфера» (определение А.Антопольского) — совокупность информационных ресурсов, технологий (сервисов) и институций, обеспечивающих научную коммуникацию» [Антопольский, Op.cit., с.644]

был и сайт организации, который, по идее, должен был бы быть одним из важнейших элементов функционирования института. Вынуждены отметить практически полное отсутствие программ интеграции новых сотрудников/аспирантов в коллектив и повышения квалификации (в том числе, в сфере цифровых технологий).

В феврале 2015 г., спустя пару недель мной было направлено письмо в адрес дирекции с предложениями реформирования института. Предложения предполагали изменение правового статуса института посредством принятия федерального закона об институте, который бы предполагал предоставление особого статуса — административно автономной организации, подчиненность и подотчетность напрямую Президенту России или Федеральному Собранию; предполагал бюджетную автономность, финансирование деятельности института отдельной статьей федерального бюджета; назначаемость директора института Президентом России по предложению Ученого совета. Кроме того, правовой автономный статус института должен был обеспечить правомочность внутренних преобразований. Прежде всего, для эффективности управления, основные управленческие полномочия должны были быть сосредоточены не в руках коллектива в целом, а директора и его заместителей. К сожалению, тут принцип социальной справедливости входит в конфликт с принципом деловой эффективности, но если мы желаем иметь динамично развивающуюся структуру, то управление тоже должно быть динамичным. Соответствующим должен быть и спрос с директора и его заместителей, руководителей подразделений института. Отметим, что ныне действующий Устав ИНИОН РАН, который был утвержден Министерством науки и высшего образования 6 июля 2018 г., дает довольно широкие полномочия и директору института и дает весьма широкие возможности для повышения деловой эффективности института.

Другая часть предложений были организационно-структурного характера. Во-первых, мной предлагалось полностью трансформировать сайт под нужды коммуникации, при чем, не только внутри научного сообщества и коллектива института, а для коммуникации с грантодателями, пользователями фондов Фундаментальной библиотеки. Во-вторых, предлагалось создать эндаумент-фонд, через который можно было бы перечислять средства не только институту в целом, а на конкретные исследовательские программы, конкретным подразделениям института. В-третьих предлагалось создать автоматизированную систему управления финансами, исследованиями и персоналом института, что позволило бы сократить издержки на организационно-управленческую работу, сократить административный штат института. В-четвертых, предлагалось сократить все непрофильные виды деятельности института и по возможности, перевести их на аутсорсинг. В-пятых, сформировать систему интеграции и непрерывного обучения сотрудников. В-шестых, организовать проектные офисы по ключевым направлениям научно-исследовательской деятельности для организации работы сетевых исследовательских лабораторий. В-седьмых, отойти от дисциплинарного принципа структурирования научно-исследовательского направления работы института к проблемноориентированному принципу (на подобии того, как это реализуется в Media Lab Массачусетского технологического университета (Бостон, США)).¹

К сожалению, вследствие необходимости решать огромный объем восстановительных работ разного рода после пожара, мои предложения не были рассмотрены дирекцией. Тем не менее, в скором времени, была создана группа по разработке программы развития института. Отметим, что результаты деятельности данной группы нигде не публиковались. Как это ни грустно, но пожар в институте стал существенным информационным поводом для того, чтобы вопрос реформирования ИНИОН вышел в публичное пространство, а на судьбу самого института обратили внимание в государственных

¹ Направления научных исследований MIT Media lab. <https://www.media.mit.edu/research/?filter=groups>

органах власти. Надо сказать, что коллектив института, поглощенный ликвидацией последствий пожара и приложивший в этом направлении титанические усилия, тем не менее, оказался не готов к тому, чтобы предложить руководству страны собственное видение стратегии развития ИНИОН. Более того, даже те предложения, которые формировались внутри коллектива относительно программы развития института, не обретали форму официальных документов.

На наш взгляд, эту ситуацию необходимо менять. Необходимо писать и принимать Программу развития Института, взяв за основу выше упомянутый ее проект вместе с предложениями Антопольского. Необходимо на федеральном уровне четко определить правовой статус института, механизмы его финансирования и финансирования не только восстановления его здания, а и дальнейшей деятельности, при чем, в объемах, достаточных, чтобы институт стал ведущим инфраструктурным учреждением в сфере общественных наук не только в России, а и в мире. Надеюсь также, что в ходе такой работы будут воплощены в жизнь и те из моих предложений, которые будут сообразовываться и с интересами национального развития, и с интересами науки, и с интересами научного сообщества.

Литература

Нормативно-правовая база:

1. Указ Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018, №204 / Президент Российской Федерации. — 2018. — 7 мая. — URL: <https://clck.ru/Lb8iU>.

2. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017—2030 годы» от 9 мая 2017, №203 / Президент Российской Федерации. — 2017. — 9 мая. — URL: <https://clck.ru/Lb8qs>.

3. Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года, №642 / Президент Российской Федерации. — 2016. — 1 декабря. — URL: <https://clck.ru/FMidt>.

4. Положение о государственной системе научно-технической информации. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.07.1997, №950 / Правительство Российской Федерации. — 1998. — URL: <https://clck.ru/Lb8aJ>.

5. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 №2227 (ред.от 18.10.2018) «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» / Правительство Российской Федерации. — 2011. — 8 декабря. — URL: <https://clck.ru/Lb8v2>.

6. Устав ИНИОН РАН / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; ИНИОН РАН // ИНИОН РАН. — 2018. — 6 июля. — URL: <https://clck.ru/LbERR/>

7. Антопольский А. Б. Инфосфера общественных наук России: монография / А. Б. Антопольский, Д. В. Ефременко ; под ред. В. А. Цветковой. — М.; Берлин : Директ-Медиа, 2017. — 676 с.

8. Бриньолфсон Э., Макафи Э. Вторая эра машин. Работа, прогресс и процветание в эпоху новейших технологий. — М.: АСТ, 2014. — 400 с.

9. Варламов К. «Архитекторы-менеджеры»: роль людей в цифровую эпоху останется столь же важной // Forbes. — 2017. — 3 апреля. — URL: <https://clck.ru/LbDS5>.

10. Веденеева Н. Сгоревшему ИНИОНу приказали переехать: сотрудники бунтуют // МК.RU. — 2019. — 13 мая. — URL: <https://clck.ru/LbE2A>.

11. Герович В. Интер-Нет! Почему в Советском Союзе не была создана общенациональная компьютерная сеть // Неприкосновенный запас. — 2011. — №1. — URL: <https://clck.ru/LbC9Z/>

12. Глушкова В. В., Морозов А. А., Жабин С. А. Научные и организационные принципы информационного общества в проекте ОГАС 1980 / А. А. Морозов, В. В. Глушкова, С. А. Жабин // Гилея: научный вестник: сб. науч. работ. — 2013. — Вып. 71. — С. 921—926. — URL: <https://clck.ru/LPHzu..>
13. Ито Дж., Хоуи Дж. Сдвиг: Как выжить в стремительном будущем / Пер. с англ. О.Поборцевой. — М.: Манн, Иванов и Фарбер, 2018. — 272 с.
14. Кергроуч С. Индустрия 4.0: новые вызовы и возможности для рынка труда // Форсайт. — 2017. — Т. 11, № 4. — С. 6—8.
15. Кузнецов А. Бренд как фундамент. ИНИОН РАН настроен строиться и развиваться / А.Кузнецов, Н. Волчкова // Поиск. — 2019. — 24 октября. — URL: <https://clck.ru/LbEJa>.
16. Кузнецов А. ИНИОН РАН на фоне новых требований к публикационной активности российских ученых // Качар-Академия. — Ереван. — 2019. — Вып. 2. — С. 40—49. — URL: <https://clck.ru/LUSjS>.
17. Кузнецов А. Каким задумывался ИНИОН, что будет с ним дальше и кто делает науку? / Кузнецов А., Тимофеев И. // Российский совет по международным делам. — 2019. — 19 июля. — URL: <https://clck.ru/LbDsi>.
18. Линтов Дж. Неявные участники: вклад искусства, гуманитарных и социальных наук в создание инноваций // Форсайт. — 2018. — Т. 12, № 3. — С. 6—12.
19. Московская А. А. Электронные «фабрики знаний» и микросреда инноваций: кто кого? // Форсайт. — 2016. — Т.10, №2. — С.81—91.
20. Путин: без цифровой экономики у страны нет будущего // РИА Новости. — 2017. — 15 июня. — URL: <https://clck.ru/LbB2K/>
21. Селянин Я. В. Технологическое лидерство, роль государства и неоднозначность цифр в высокотехнологичных областях на примере военно-промышленной политики США в области высокопроизводительных вычислений // Проблемы национальной стратегии. — 2019. — №5 (56). — С. 137—166. — URL: <https://clck.ru/LBpwm//>
22. Сморгунов Л. В., Шерстобитов А. С. Политические сети: Теория и методы анализа: Учебник. — М.:Аспект-Пресс, 2014. — С. 15.
23. Тоффлер Э. Третья волна / Пер. с англ., науч.ред. П.С.Гуревич. — М.: АСТ, 2004. — 345 с.
24. Фокин К. В. Серая зона, или измеряя неизмеримое? (Рецензия) // Политическая наука. — 2019. — № 3. — С. 285—302.
25. Черных С. И. Цифровая экономика и наука // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. — 2018. — №4. — С.73—86. — URL: <https://clck.ru/LTdEs>.
26. Шваб К. Четвертая промышленная революция. — М.: Эксмо, 2016.
27. Эк И. Исследовательские программы как инструмент преодоления социальных вызовов: согласование политики, реализации и ожиданий // Форсайт. — 2018. — Т. 12, № 3. — С. 13—19.

Инновационные подходы к формированию научно-технического задела в рамках государственных оборонных программ, обеспечивающего создание перспективных образцов вооружения и военной техники

*Харитон В. А., к.т.н., директор департамента координации мероприятий по созданию АТ В и СН,
haritonva@nrczh.ru*

*Овечкин Ю. В., начальник аналитического отдела департамента координации мероприятий по созданию АТ В и СН,
ovechkinuv@nrczh.ru*

*Павлов А. А., к.в.н., доцент, старший научный сотрудник аналитического отдела департамента координации мероприятий по созданию АТ В и СН,
pavlova@nrczh.ru*

ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Важнейшим условием успешного и своевременного создания перспективных высокотехнологичных образцов вооружения, отвечающих современным требованиям, является наличие достаточного научно-технического задела (далее — НТЗ). В общем случае под понятием «задел» понимается часть работы, выполненная заранее, в расчёте на её использование в будущем. Сегодня, в «эпоху знаний», крайне важную роль играют «знания», полученные заранее, до начала создания нового изделия, которые и составляют «научно-технический задел» [1].

Во всех развитых странах мира процесс формирования НТЗ является предметом особой заботы государства. При этом на его формирование в этих странах расходуется около 10% бюджетных средств, выделяемых на развитие вооружения. В Российской Федерации формирование НТЗ в сфере вооружений осуществляется в рамках реализации мероприятий государственных оборонных программ, важнейшими из которых являются государственная программа вооружения и государственная программа «Развитие оборонно-промышленного комплекса» (далее — ГПВ и ГП ОПК).

Анализ мероприятий государственных оборонных программ по формированию НТЗ позволил выявить ряд системных проблем в области создания новой высокотехнологичной продукции военного назначения, связанных, прежде всего, с недостатками системы стратегического планирования в сфере проведения перспективных исследований. Несовершенство действующего в данной области нормативного правового регулирования, научно-методического обеспечения, а также отсутствие единого понятийного аппарата существенно затрудняет процесс формирования НТЗ и его своевременное внедрение в промышленное производство. Отсутствие синхронизации при планировании и выполнении программных мероприятий научными организациями Минобороны и Минпромторга России приводит к отсутствию (не готовности) НТЗ, необходимого для проведения опытно-конструкторских работ (далее — ОКР) по созданию приоритетных образцов вооружения, что зачастую приводит к срыву сроков и снижению качества выполнения мероприятий государственного оборонного заказа.

Решение вышеуказанных проблемных вопросов представляется целесообразным обеспечить путем интеграции деятельности федеральных органов исполнительной власти

и организаций ОПК по внесению изменений в действующие нормативные правовые и методические документы в соответствии с предлагаемым инновационным подходом к формированию НТЗ в обеспечение создания перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники (далее — ВВСТ) (рис. 1).

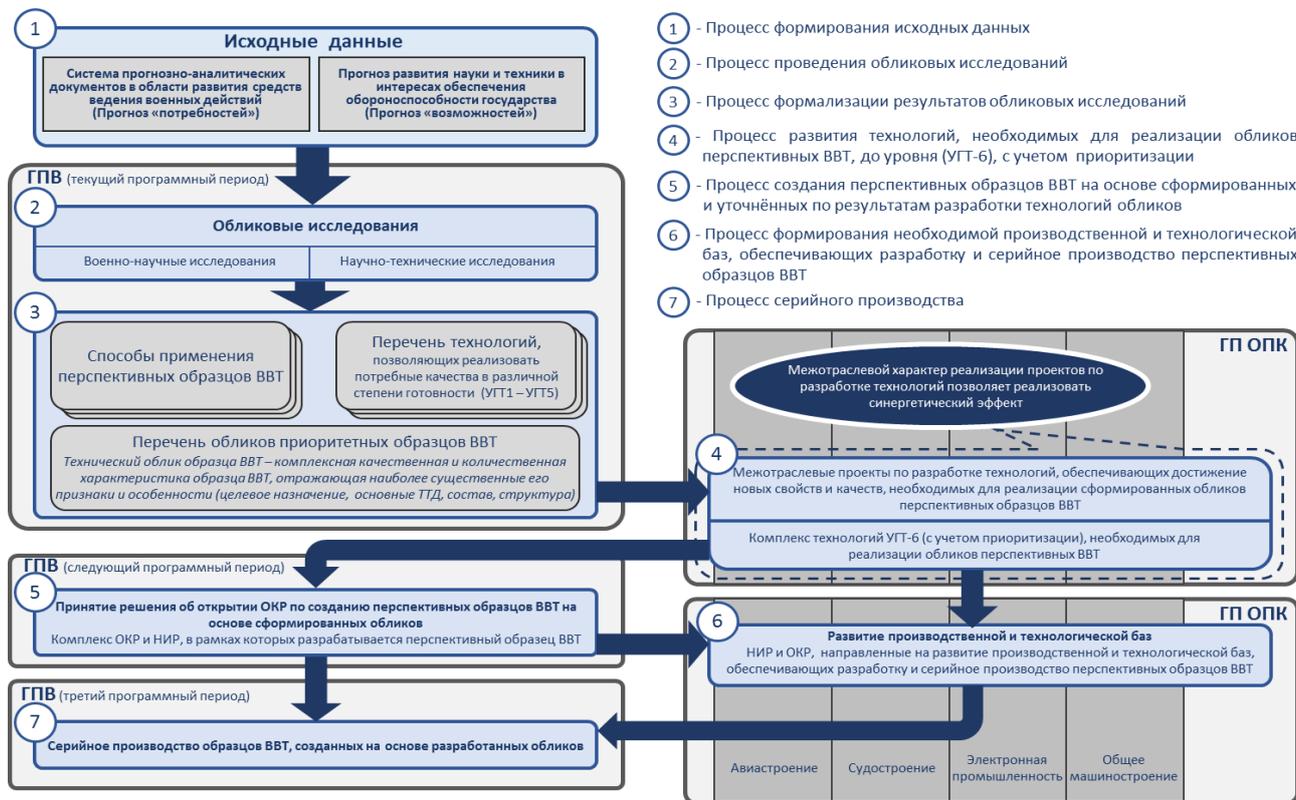


Рис. 1. Инновационный механизм формирования НТЗ

Предлагаемый подход основан на организации проведения проблемно-ориентированных прикладных научно-исследовательских работ (далее — НИР), направленных на реализацию приоритетных направлений развития науки и технологий в интересах формирования облика перспективных образцов вооружения, выработку механизмов формирования приоритетов (стратегий) развития системы вооружений в целом, а также разработку эффективных инструментов согласования ГПВ и ГП ОПК.

Проблемно-ориентированные прикладные НИР по разработке технических обликов перспективных образцов ВВСТ на основе анализа и оценки существующих угроз, оценки отечественного и зарубежного НТЗ, а также опыта создания и использования аналогичных образцов ВВСТ позволяют сформировать рациональную структуру построения и состава, а также тактико-технические требования, предъявляемые к ним, оценить достаточность существующей и перспективной инфраструктуры по обеспечению функционирования перспективных образцов ВВСТ, а также разработать возможные способы их применения.

Исходными данными для проведения обликочных исследований в рамках предлагаемого подхода являются: система прогнозно-аналитических документов в области развития средств ведения военных действий и технологий, формируемая в соответствии с требованиями «Правил разработки и реализации государственной программы вооружения». Эта система является по своей сути прогнозом «*потребностей*» силовых структур в образцах вооружения, обеспечивающих парирование потенциальных угроз обороноспособности страны в долгосрочной перспективе. А также Прогноз развития науки и техники в интересах обеспечения обороноспособности государства, который является прогнозом «*возможностей*» оборонно-промышленного комплекса государства по созданию соответствующих этим требованиям перспективных образцов ВВСТ.

«**Прогноз потребностей**» формируется на основе анализа и оценки возможных угроз национальной безопасности Российской Федерации, мировых тенденций развития ВВСТ и основных направлений развития ВВСТ Российской Федерации. «**Прогноз возможностей**» формируется на основе анализа и оценки уровня технологического развития предприятий оборонно-промышленного комплекса, мировых тенденций развития оборонных технологий и возможностей отечественных научно-исследовательских организаций по разработке этих технологий и представляется в виде Прогноза развития науки и техники в обеспечение обороноспособности страны и безопасности государства.

Однако следует отметить, что существующая система прогнозно-аналитических документов, формируемая в рамках разработки ГПВ, имеет ряд существенных недостатков. Так, в существующей Единой системе исходных данных для программно-целевого планирования анализу подлежат только существующие мировые тенденции развития вооружения, военной и специальной техники на 15-летний период, чего вполне достаточно для формирования программы разработки перспективных образцов ВВСТ, но этого недостаточно для формирования НТЗ, сроки разработки которого должны опережать начало разработки образца на 6—10 лет. Кроме того, существующая Методика формирования Прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороноспособности государства требует уточнения с целью более четкой формализации качественных суждений в количественные характеристики, отражающие развитие научных знаний и технологий, используемых при создании перспективных ВВСТ. Требуется уточнение и порядок выполнения прогнозирования. Процесс прогнозирования не должен быть «привязан» к периодам разработки ГПВ, а должен проводиться непрерывно, что обеспечит преемственность результатов предыдущих прогнозов и, как следствие, повысит их достоверность.

Таким образом, «**прогноз потребностей**» и «**прогноз возможностей**», разработанные в соответствии с предлагаемым подходом, позволят сформировать систему взглядов на развитие перспективных образцов вооружения и систему требований к ним и к их основным компонентам. Инструментом формирования такой системы могут выступать обликосые исследования, проводимые в рамках **обликосых НИР**, проводимых в соответствии с планом реализации мероприятий ГПВ (рис. 2).



Рис. 2. Обликосые исследования как инструмент формирования системы взглядов на развитие перспективных образцов вооружения

Под обликовыми НИР понимается комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых по единому исходному техническому документу (тактико-техническому или техническому заданию). Целями этих НИР являются: изыскание принципов и путей создания нового и совершенствования существующих образцов (комплексов, систем) ВВСТ, обоснование их предназначения и основных боевых (функциональных) свойств (качеств), состава и структуры, принципов устройства и функционирования, а также определение показателей их боевой (функциональной) эффективности и технического совершенства.

В соответствии с предлагаемым подходом, исследования должны проводиться по единому замыслу и плану ведущими НИО промышленности в соответствующей отрасли, которые выполняют научно-технические исследования с привлечением НИО смежных областей оборонно-промышленного комплекса совместно с профильными НИО Минобороны, проводящими военно-научные исследования в данной предметной области. Объектами исследований в рамках обликовых НИР являются технические облики перспективных комплексов вооружения, представляющие собой комплексную качественную и количественную характеристику, отражающую наиболее существенные признаки и особенности объекта (комплекса, системы) ВВСТ, состав и способ объединения его функционально связанных элементов между собой.

В результате выполнения обликовых НИР формируются:

1. Набор альтернативных технических обликов перспективных образцов вооружения. Перечень технических обликов оформляется в виде приоритетного ряда альтернативных технических обликов, построенного по критерию отношения боевой эффективности к стоимости реализации конкретного варианта технического облика перспективного образца ВВСТ. Набор различных технических обликов перспективных образцов вооружения позволит сформировать систему альтернатив развития рассматриваемой системы вооружения и осуществить приоритизацию перечня разрабатываемых технологий.

2. Перечень технологий, позволяющих реализовать потребные качества в различной степени готовности (УГТ1 — УГТ5). Перечень технологий формируется на основе анализа достигнутого и потребного технологического уровня предприятий ОПК. Данный перечень не отменяет и не противоречит перечням базовых и критических промышленных и военных технологий, а дополняет их в части тех технологий, которые обеспечивают реализацию разработанных технических обликов перспективных образцов ВВСТ. Он позволяет запустить процесс формирования необходимого НТЗ в рамках мероприятий ГП ОПК. Разработка перечня технологий позволит в дальнейшем сконцентрировать ресурсы ГП ОПК на разработке тех из них, которые обеспечат реализацию свойств и качеств, необходимых разрабатываемым в соответствии с техническими обликами перспективным образцам ВВСТ. Кроме того, разработанный перечень позволит выработать решение на корректировку ГП ОПК с целью включения в нее мероприятий по разработке технологий, ранее отсутствовавших в Перечне, но необходимых для реализации сформированных обликов.

3. Возможные способы применения перспективных образцов ВВТ, созданных на основе разработанных обликов. Способы применения перспективных образцов ВВСТ, разработанные в рамках военно-научных исследований обликовой НИР, позволят в дальнейшем, посредством ситуационного моделирования оценить вклад каждого образца ВВСТ, созданного на основе разработанных обликов, в развитие боевого потенциала авиационных группировок.

Одновременно, в процессе выполнения обликовых НИР осуществляется приоритизация и отбор технологий, обеспечивающих достижение новых свойств и качеств, необходимых для реализации сформированных обликов перспективных образцов ВВСТ. Приоритизированный перечень технологий, необходимых для создания перспективных

образцов ВВСТ на основе разработанных обликов, позволяет сформировать комплексные научно-технологические проекты (далее — КНТП), реализуемые в рамках ГП ОПК.

КНТП представляет собой совокупность прикладных НИР, направленных на системную интеграцию взаимосвязанных технологий в рамках технической концепции, определенной обликом перспективного образца ВВСТ, или системы перспективного изделия как составной части этой технической концепции. Он является по сути переходным звеном от процессов разработки отдельных технологий к их интеграции в технические системы, позволяющие реализовать конечные изделия (образцы ВВСТ) (рисунок 3).

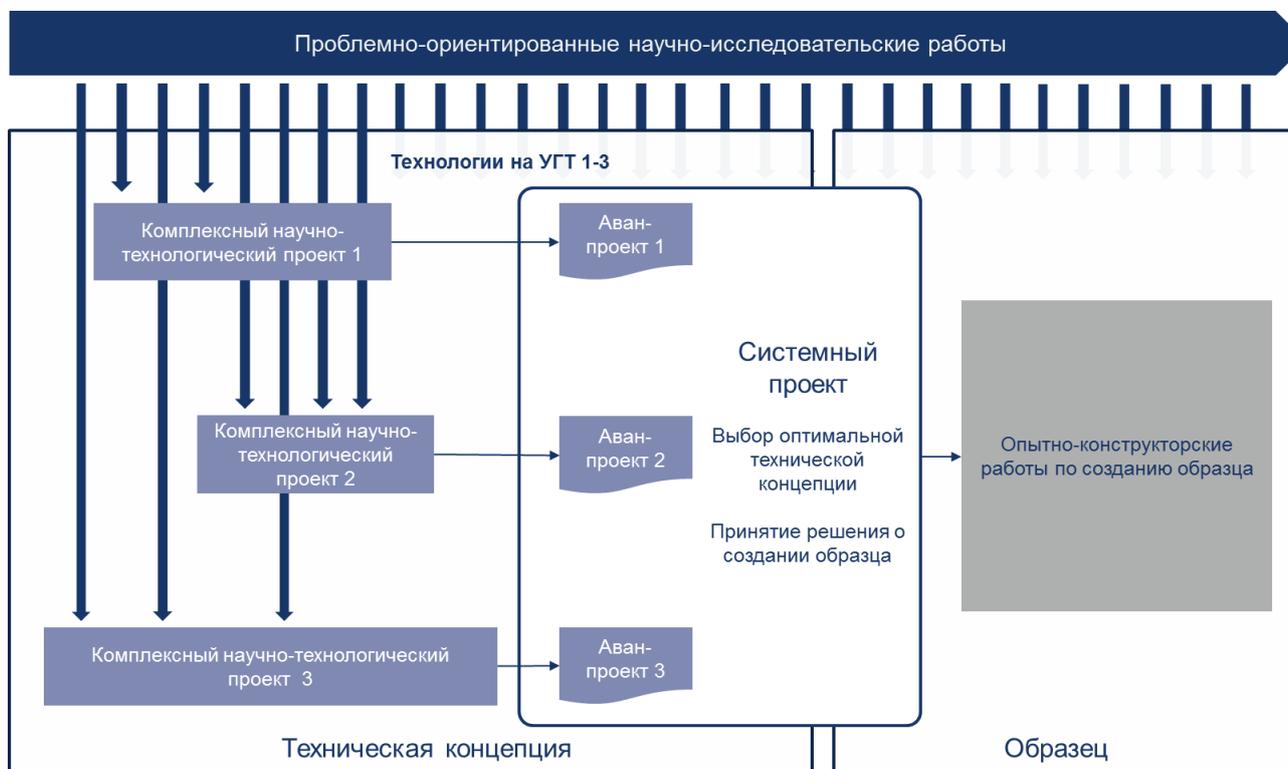


Рис. 3. Роль комплексных научно-технологических проектов в процессе создания перспективных образцов ВВСТ

В ходе реализации мероприятий очередного программного периода ГП ОПК научными организациями промышленности осуществляется разработка и развитие определенных в перечне технологий до 6 уровня готовности в рамках КНТП, при этом межотраслевой характер реализации проектов по разработке технологий позволяет реализовать необходимый синергетический эффект. Исполнителями КНТП по разработке технологий могут являться научно-исследовательские организации ОПК, обладающие соответствующими центрами компетенции по своим отраслям, имеющие соответствующие лицензии и обладающие необходимым для разработки технологий экспериментальным и технологическим оборудованием. Кроме того, центры компетенций должны владеть методами испытаний и соответствующим испытательным оборудованием, позволяющим подтвердить достижение разрабатываемой ими технологии 6-го уровня готовности.

По окончании каждого программного периода ГП ОПК необходимо осуществлять оценку достигнутого уровня НТЗ, возможности и целесообразности перехода от разработки отдельных технологий к реализации одного или нескольких сформированных обликов перспективных ВВСТ.

Решение на открытие ОКР по созданию конкретного перспективного образца ВВСТ на основе сформированного в рамках обликовых исследований технического облика принимается после достижения всеми необходимыми для этого технологиями 6-го уров-

ня готовности. Причем, оценку достижения этого уровня готовности проводят генеральные конструкторы по соответствующим видам ВВСТ совместно с руководителями приоритетных технологических направлений.

Оценка возможности реализации выбранного облика перспективного образца ВВСТ осуществляется уже на этапе разработки аванпроекта и при необходимости в него вносятся соответствующие уточнения и изменения.

Одновременно с принятием решения на открытие ОКР по созданию перспективного образца ВВСТ и формированию окончательного его облика на основе разработанных промышленных технологий разворачиваются работы (НИР, ОКР, инвестиционные проекты) по совершенствованию производственной и технологической баз ОПК. По результатам выполненных работ проводится оценка готовности промышленности к переходу на серийное производство перспективного образца ВВСТ.

Итак, предлагаемый механизм формирования опережающего НТЗ в обеспечение создания перспективных высокотехнологичных образцов ВВСТ будет способствовать опережающему развитию технологий до необходимого уровня готовности (УГТ-6), позволяющих реализовать разработанные облики, а также позволит систематизировать процесс обликосых исследований в части их проведения и формализации результатов.

Использование данного механизма будет наиболее эффективным при реализации проектов по созданию прорывных инновационных образцов, являющихся родоначальниками нового поколения ВВСТ, вместе с тем он малопригоден для создания образцов ВВСТ, уровень инновационных технологий в которых не превышает 10%, а также для проведения модернизации существующих образцов ВВСТ.

Литература

1. Кравченко А. Ю., Смирнов С. С., Реулов Р. В., Хованов Д. Г. — Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения, Вооружение и экономика. — 2012. — № 4 (20).

**Секция 2. Стратегии развития науки
и технологий в различных отраслях и научных
дисциплинах (модератор — Клочков В. В.,
заместитель генерального директора
по стратегическому развитию ФГБУ «НИЦ
«Институт имени Н. Е. Жуковского»)**

Комплексные наземные испытания гиперзвуковых летательных аппаратов: проблемы и пути решения

*Астахов С. А., к. т. н., директор предприятия
info@gknipas.ru*

Федеральное казенное предприятие «Государственный казенный научно-испытательный полигон авиационных систем», п. Белоозерский Московской обл.

Аннотация. В докладе рассматриваются проблемы, возникающие при создании гиперзвуковых летательных аппаратов, и предложены пути их решения на основе модельных наземных трековых испытаний. Показана целесообразность и экономическая эффективность решения обозначенных проблем на ракетном рельсовом треке с использованием рациональной компоновки объекта испытаний и двигательной установки с прямоточным воздушно-реактивным двигателем.

Ключевые слова: летательный аппарат, гиперзвук, ракетный рельсовый трек, наземные испытания

Одно из актуальных технических направлений современности — это разработка перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов (ЛА) различного назначения. Двигательной установкой (ДУ) может быть:

- гиперзвуковой прямоточный воздушно-реактивный двигатель (ГПВРД);
- двигательные установки, выполненные на основе комбинаций ГПВРД с ракетными двигателями твердого топлива (РДТТ), либо с жидкостными ракетными двигателями (ЖРД).

Существенное снижение финансовых затрат при исследовании гиперзвуковых технологий возможно путем проведения исследований, отработки новых решений и ключевых технологий на основе модельных испытаний на экспериментальной трековой установке в ФКП «ГкНИПАС».

Наибольшая неопределенность использования известных методик при проектировании ЛА и ДУ, а также их сопряжения, возникает при расчете:

- распределенных аэродинамических нагрузок на режимах обтекания, близких к отрывным;
- при определении акустического нагружения, теплового воздействия и аэротермоупругих явлений.

Проблемы, возникающие при создании гиперзвуковых ЛА, которые могли бы быть отработаны за счет модельных испытаний на ракетном рельсовом треке при больших числах M , следующие.

В области термодинамики:

- определение условий перехода ламинарного пограничного слоя в турбулентный;
- взаимодействие между ударными волнами и пограничным слоем, определение условий отрыва пограничного слоя;
- взаимодействие прямых, косых ударных волн, отраженных от различных элементов конструкции, их интерференция на теплонагруженных элементах планера, таких, как носок, передние кромки и др.

При испытаниях элементов ЛА реальной конфигурации:

- эффекты, возникающие от многодвигательной силовой установки и влияющие на аэродинамические характеристики ЛА;
- эффекты реального газа при входе в плотную атмосферу, включая испытания материалов и покрытий.

В области газодинамики:

— организация течений во внутренних газодинамических трактах ГПВРД с дозвуковым и сверхзвуковым горением, а также исследование возможности организации горения на двух режимах;

— испытания модельного ПВРД на углеводородном топливе, использующем реакцию конверсии керосина с целью повышения импульса тяги и охлаждения элементов конструкции;

— испытания модельного ГПВРД с целью обеспечения максимальной эффективности процесса сгорания топлива, а также с учетом реальных процессов в воздухозаборниках, камерах сгорания и соплах (запуск и устойчивость режима работы).

В области динамики полета:

— отработка элементов оперения и управления гиперзвуковых ЛА с учетом реальных аэродинамических нагрузок и нагрева;

— изучение влияния изменения балансировки при переключении двигателей на высоких скоростях.

В области совершенствования прямоточных воздушных двигательных установок:

— отработка рабочих процессов комбинированных ПВРД с РДТТ, либо с ЖРД;

— интеграция комбинированной установки с гиперзвуковым ЛА;

— выбор оптимальной схемы ГПВРД на основе анализа физико-химических процессов при горении топлив в высокоскоростных воздушных потоках;

— внедрение и испытания элементов из композиционных материалов в направлении снижения массы аппарата;

— испытания покрытий, обеспечивающих защиту поверхности ЛА от окисления, адсорбции влаги и для увеличения прочности поверхностного слоя теплозащиты.

В области летных испытаний:

— проверка работоспособности новых двигателей в условиях, моделирующих реальный полет;

— проверка (и отработка) элементов конструкции в условиях полета и механизации ПВРД;

— проверка эффективности интеграции планера и комбинированной двигательной установки с ПВРД.

Наработанный опыт испытаний объектов авиационной техники на более ранних модификациях установки «Ракетный рельсовый трек 2500» позволяет рассматривать возможности моделирования и решения вышеуказанных проблем.

Финансовые затраты на проведение наземных натурных испытаний более чем на порядок меньше им соответствующих натурных летных испытаний.

Ограничением трековых натурных исследований является малая длительность эксперимента при высоких скоростях объекта испытаний.

Опытным путем отработана конструкция каретки ЗЗАВ-НО-53 для размещения объекта испытания и двигательной установки.

Разгон до скоростей (3—4) М и выше обеспечивается также освоенной конструкцией ДУ с РДТТ.

Привод объекта испытания на стенде «Ракетный рельсовый трек 2500» осуществляется ускорителем из РДТТ, размещенных на рельсовой скоростной каретке.

Объектом испытания является некий абстрактный летательный аппарат, имеющий обтекаемую форму. Заданы его массовые характеристики и геометрические размеры.

Практической реализации трековых испытаний авиационной техники предшествует математическое моделирование и разработка алгоритма численного решения задачи, имитирующей условия испытаний. Выполняется анализ на предмет выбора рациональной компоновки объекта испытания с ДУ.

Один из расчетных примеров приведен ниже.

Ставится задача: необходимо определить потребную тягу двигателей для достижения объектом испытания скорости до 4 М и выполнить оценки влияния массы и геометрических размеров объекта испытания и ДУ на динамику полета.

Предположим, что центр давления аэродинамических сил находится на одной линии с центром тяжести подвижного устройства (цепки кареток с двигателями и объектом испытания) рельсового трека. Точка приложения результирующей силы от тяги двигателей также находится на этой линии. Тогда сила тяги направлена под углом $\alpha > 0$ к горизонтали из-за наклона рельсового пути. Силу веса, действующую по вертикали, можно разложить на две составляющие: касательную и нормальную к траектории движения.

Математическая модель баллистических испытаний

Уравнение движения подвижного устройства можно представить в виде

$$m_{\Sigma}(t) \frac{dW_{\kappa}(t)}{dt} = \Sigma P(t) - \Sigma R_{\text{аэп}}(t) - \Sigma R_{\text{тр}}(t) - R_y(t) - R_{\text{волн}}(t), \quad (1)$$

где $W_{\kappa}(t)$ — текущая скорость движения рельсовой каретки;

$m_{\Sigma}(t)$ — суммарная масса каретки с объектом испытания и КДУ с запасом топлива или суммарная масса подвижного устройства;

$\Sigma P(t)$ — суммарная тяга;

$\Sigma R_{\text{аэп}}(t)$ — результирующая сила аэродинамического сопротивления;

$R_y(t)$ — вертикальная проекция силы тяжести устройства;

$\Sigma R_{\text{тр}}(t)$ — суммарная сила трения;

$R_{\text{волн}}(t)$ — сила волнового сопротивления.

Скорость каретки определяется, как:

$$W_{\kappa}(t) = \frac{dx}{dt}, \quad (2)$$

где x — текущая координата (длины) рельсового пути.

При сверхзвуковом движении аэродинамическое сопротивление складывается из трех видов сопротивлений, обусловленных: трением, вихреобразованием и ударными волнами [5]. Коэффициент лобового сопротивления зависит от формы устройства, чисел Маха и Рейнольдса. Его обычно определяют продувкой модели в аэродинамической трубе. Сопротивление трения складывается из силы сопротивления трения башмаков каретки, которая зависит от нормальной к рельсам силы давления, и силы сопротивления, зависящей от боковой поверхности устройства и числа Рейнольдса набегающего потока:

$$X_{\text{тр}}(t) = C_f S_{\text{бок}} \frac{\rho W_{\kappa}^2}{2}. \quad (3)$$

Здесь коэффициент трения можно представить по эмпирическим данным из [5—6]. При значениях чисел Рейнольдса $Re < 10^6$ коэффициент равен:

$$C_f = \frac{0,074}{Re^{0,2}}. \quad (4)$$

При больших числах Рейнольдса $Re > 10^6$

$$C_f = \left(\frac{0,242}{\lg Re} \right)^2. \quad (5)$$

Коэффициент сопротивления трению пересчитывается через отношение боковой поверхности к площади миделя:

$$C_{x \text{ тр}} = C_f \frac{S_{\text{БОК}}}{S_M}. \quad (6)$$

Волновое сопротивление устройства такой конфигурации рассчитать невозможно, его можно определить только из эксперимента.

Уравнения (1—6) можно преобразовать к удобному для расчетов виду:

$$\frac{dW_k(x)}{dx} = \frac{\sum P(x)}{m_{\Sigma} \times W_k(x)} - \frac{R_{\text{аэп}}(x)}{W_k(x)} - \frac{g \sin \alpha}{W_k(x)} - \frac{\mu g \cos \alpha}{W_k(x)}. \quad (7)$$

Волновые и донные потери, а также потери на вихреобразование можно приближенно оценить, увеличив коэффициент лобового сопротивления.

Решается уравнение (7) численным методом Рунге-Кутты четвертого порядка, при этом вся длина рельсового трека разбивается с равным шагом 1м.

Алгоритм динамической задачи разгона объекта испытания представлен системой уравнений

1. Суммарная масса подвижного устройства суммируется из массы 2-х кареток, массы 3-х РДТТ, массы ПВРД с запасом топлива и массы объекта испытания

$$m_{\Sigma}(t) = \sum m_{\text{кар}}(t) + m_{\text{РД1}}(t) + m_{\text{РД2}}(t) + m_{\text{ПВРД}} + \\ + m_{\text{РД3}}(t) + m_{\text{кер}}(t) + m_{\text{возд}}(t) + m_{\text{объекта исп}};$$

2. Масса РДТТ складывается из массы конструкции и топлива

$$m_{\text{РД}} = m_{\text{рд.сук}} + m_{\text{рд.топл}}(t);$$

3. Масса подвижного устройства уменьшается при расстыковке каретки №2 с отработанным топливом РДТТ 1 и РДТТ 2

$$m_{\text{кар}} = m_{\text{кар1}} + m_{\text{кар2 ускор}}(t);$$

4. Скорость горения твердого топлива

$$\dot{m}_{\text{горРД}} = \frac{dm_{\text{РД}}(t)}{dt};$$

5. Сила тяги ускорителя

$$P_2(t) = P_{\text{РД1}} + P_{\text{РД2}};$$

6. Тяга ПВРД $P_{\text{ПВРД}}$;

7. Максимальное значение силы тяги

$$P_1(t) = P_{\text{РД1}} + P_{\text{РД2}} + P_{\text{РД3}} + P_{\text{ПВРД}};$$

8. Тяга двигателей, размещенных на каретке №1 (в варианте с ПВРД)

$$P_3(t) = P_{\text{РД3}}; \text{ (либо } P_3(t) = P_{\text{РД3}} + P_{\text{ПВРД}} \text{)}$$

9. Сила аэродинамического сопротивления

$$R_{\text{аэп}}(t) = C_{x \text{ ПРИВ}} \times \frac{\rho W^2}{2} F_{\Sigma},$$

Здесь F_{Σ} — суммарный мидель подвижной установки, приведенный коэффициент аэродинамического сопротивления, учитывающий лобовые и волновые потери, потери на вихреобразование, донное сопротивление;

10. Потери тяги на преодоление сил тяжести

$$R_y(t) = m_{\Sigma} \times g \times \sin \alpha,$$

здесь α — угол атаки;

11. Потери на трение в опорах каретки

$$R_{тр}(t) = \mu \times m_{\Sigma} \times g \times \cos \alpha,$$

μ — коэффициент трения между башмаком каретки и рельсом;

12. Уравнение динамики движения

$$\frac{dW_{КХ}}{dx} = \frac{P}{(W_{КХ} \times m_{\Sigma})} - \frac{R_{аэп}}{(W_{КХ} \times m_{\Sigma})} - \frac{g \times \sin \alpha}{W_{КХ}} - \frac{\mu \times g \times \cos \alpha}{W_{КХ}};$$

13. Связь времени движения объекта с координатой пути рельсового трека

$$d\tau = \int_0^x \frac{W_{КХ}}{dx};$$

$$dx = \int_0^t W_{КХ} dt.$$

Суммарная масса кареток с двигателями и топливом $m_{\Sigma}(t)$ меняется при движении каретки за счет выгорания топлива и при расстыковке ускорителя. Скорость изменения массы топлива определяется скоростью горения топлива в камерах сгорания двигателей [6, 7]. Силы сопротивления движению рельсовой каретки складываются из суммарных аэродинамических потерь, потерь на создание подъемной силы и на преодоление сил трения. Время в уравнении динамики исключено, т.е. уравнение движения преобразовано таким образом, чтобы привязать текущие переменные значения скорости $W_{КХ}(x)$ и массы $m_{\Sigma}(x)$ установки к длине рельсового трека.

Варьируется масса объекта испытания $m_{\text{объекта исп.}}$ от 100 кг до 500 кг.

Такая комбинация силовых установок может обеспечить скорость испытуемого объекта до $M=3$ на отметке трека 2010 м и выдерживается полка по скорости в пределах разброса 30 м/с. Динамика разгона объекта испытания иллюстрируется графиками на рис. 1.

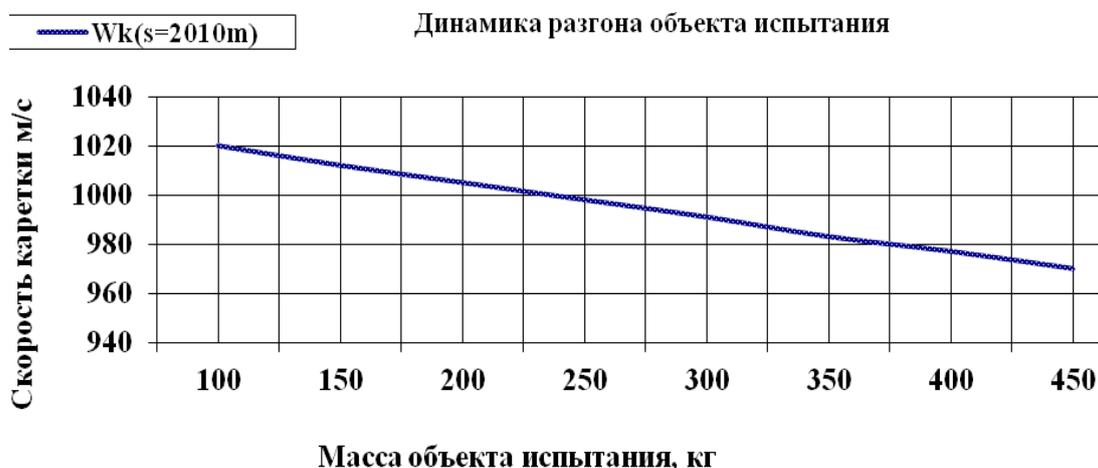


Рис. 1. Влияние массы объекта испытания на скорость разгона каретки на отметке 2010 м рельсового трека

Зависимость скорости каретки с объектом испытания от массы объекта испытания — линейная, что и видно из формулы (7), поскольку потери, учитываемые последними членами формулы малы по сравнению с аэродинамическими потерями. Данный расчет представляет собой завышенную оценку, т.к. мидель экспериментального устройства определялся как простая сумма без учета экранирования ускорителя объектом испытания. В целом влияние массы на конечную скорость довольно существенное.

На рис. 2 приведены графики, учитывающие влияние коэффициента аэродинамического сопротивления на динамику набора скорости трековой каретки, при фиксированных значениях массы всех объектов, размещенных на подвижной установке и при $m_{\text{объекта исп.}} = 500\text{кг}$.

Динамика разгона каретки

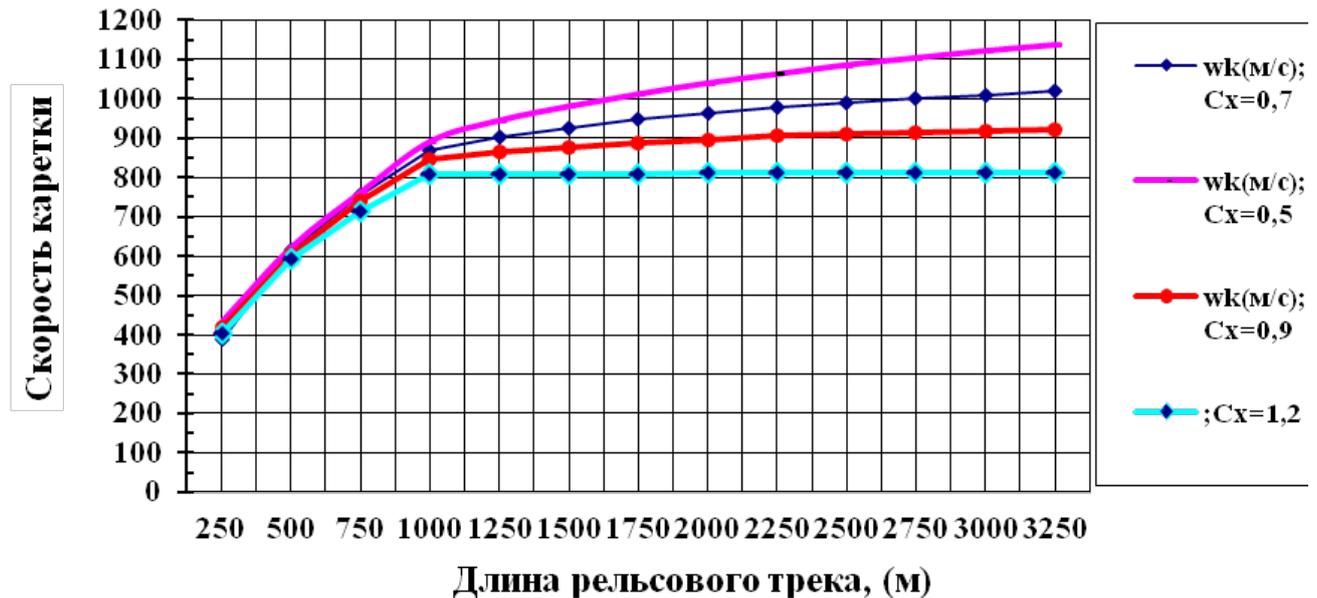


Рис. 2. Изменение скорости каретки при различных значениях коэффициента лобового сопротивления

Поскольку через C_x пересчитываются потери от всех видов сопротивлений, то этот коэффициент может быть определен только на основе испытаний. В расчетах коэффициент аэродинамического сопротивления изменялся в диапазоне $C_x \sim 0,7 — 0,9$. Нижние значения соответствуют оценкам, полученным из экспериментов, а верхние несколько завышены и в данном случае являются предельной оценкой аэродинамических потерь. На рисунке 2 видно, что все графики имеют излом в точке трека, соответствующей 1000 м. На этой отметке отсоединяется каретка ускорителя.

Увеличение тяги двигателя РДЗ до 50% при прочих равных условиях не обеспечивает заметного прироста скорости. Поскольку аэродинамические потери при скорости объекта $M \sim 4$ составляют величину $R_{\text{аэр}} = 349285\text{ Н}$ ($C_x = 0,7$) и $R_{\text{аэр}} = 424126\text{ Н}$ ($C_x = 0,85$), т.е. разница между силой тяги и аэродинамическим сопротивлением невелика.

Потери, связанные с наличием положительного угла атаки R_y , составляют величину равную $R_y = 10^5\text{ Н}$. Поскольку угол атаки постоянен, а масса установки в процессе движения уменьшается из-за выработки топлива, то эта оценка является максимальной.

Потери, обусловленные силами трения башмаков каретки о рельсы трека, также по порядку величины $R_{\text{тр}} = 0,5 \times 10^3\text{ Н}$ в полете и $R_{\text{тр}} = 0,1 \times 10^5\text{ Н}$ в начале разгона. В целом, эти потери почти не влияют на динамику разгона такой установки.

Для обеспечения ускорения объекта испытания необходимы мероприятия по снижению коэффициента C_x , например, путем соответствующей компоновки объектов на рельсовой

каретке для организации косых скачков уплотнения. Для уменьшения вихреобразования желательно самой рельсовой каретке придание формы обтекаемого тела. Для ПВРД на входе в диффузор в таких случаях применяют отсос пограничного слоя или вдув газа по боковой поверхности для организации вихреобразования и другие мероприятия.

Влияние габаритных размеров подвижной трековой установки на динамику разгона иллюстрируют графические зависимости, приведенные на рисунке 3.

Динамика разгона каретки

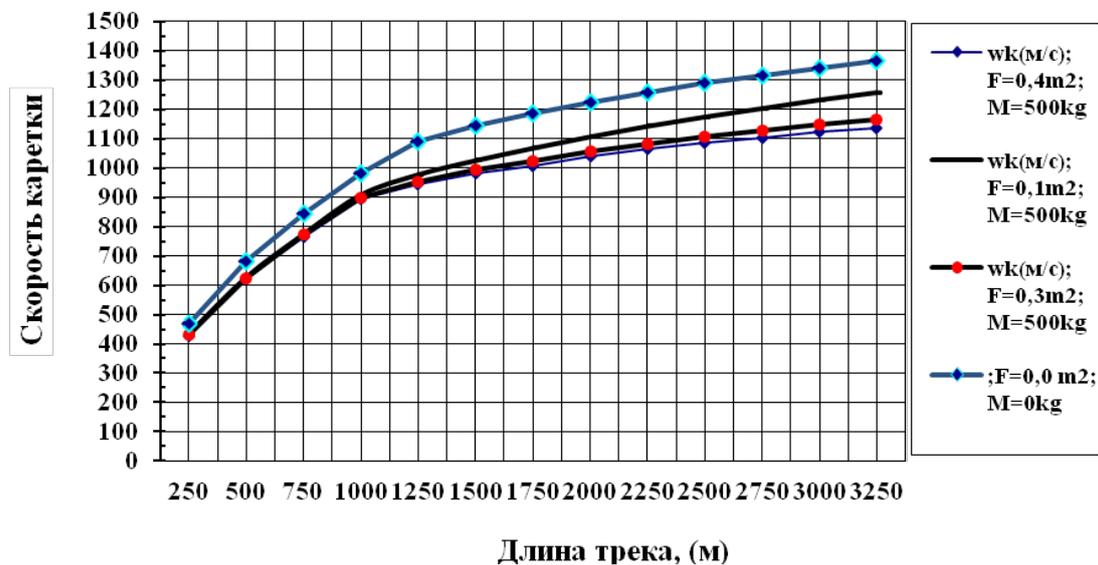


Рис. 3. Зависимости скорости разгона от габаритов установки. Изменяется мидель объекта испытания

На рисунке 3 нижняя кривая рассчитана для варианта с полной нагрузкой и максимальными размерами, приведенными ранее (объект испытания массой 500кг и с миделем 0,4м²). В этом случае достигается наибольшее значение скорости каретки 1150 м/с.

Верхняя кривая на этом рисунке характеризует другую ситуацию, когда на каретке №1 вместо летательного аппарата размещается ПВРД (объект испытания массой 0,0 кг и с миделем 0,0 м²). Такое расположение двигателей на двух каретках обеспечивает разгон до максимальной скорости каретки равной 1380 м/с или примерно 4,06 М.

В целом, массогабаритные характеристики рельсовой каретки существенно влияют на динамику разгона испытываемого объекта. Отдельный вопрос организации рационального аэродинамического обтекания всей подвижной установки. Только применив комплекс мероприятий: оптимизируя тягу ДУ, массу, и размеры установки, а также уменьшая аэродинамические потери (снижая C_x) можно достичь скорости 4—5М. Из проведенных расчетов можно заключить, что длина трека 3,5 км является достаточной для решения большинства проблем, отмеченных ранее. Из-за более высокой плотности воздуха на уровне Земли по сравнению с высотными условиями возможно моделирование натуральных аэродинамических нагрузок на объект испытания при гиперзвуковых скоростях.

Литература

1. <http://blogs.translaten.com>
2. Шкадов Л. М., Плохих В. П., Бузулук В. И., Лозино-Лозинский Г. Е., Андреев Ю.В., Казаков М. И. Многократные космические транспортные системы горизонтального старта. // Авиакосмическая техника и технология. — 1999. — №1.

3. Баранов А. Н., Замула Г. Н., Лазарев В. В. Экспериментальные исследования «горячей» конструкции гиперзвуковых летательных аппаратов на экспериментальном отсеке конструкции // Труды ЦАГИ. — 1980. — Выпуск 2037.

4. Бузулук В. И., Лазарев В. В., Плохих В. П. Концепция летающих лабораторий демонстратора гиперзвуковых технологий. В сборнике научных статей «Проблемы создания перспективной авиационно-космической техники». — Москва. Физматлит. — 2005. — 647 С.

5. Дулепов Н. П., Суриков Е. В., Луковников А. В., Харчевникова Г. Д., Сунцов П. С., Фокин Д. Б. Формирование технического облика ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе для авиационных управляемых ракет // Вестник машиностроения. — 2012. — №7.

6. Файков Ю. И., Бердников В. А., Шульженко П. Ф. Функциональная отработка боевых частей и ракетных комплексов на многоцелевом испытательном комплексе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. — Москва. Издание РАН. Выпуск 3(48). — С 64—67.

7. Камчатный В. Г. Особенности динамики взаимодействия высокоскоростных объектов с рельсовой направляющей. Сб. «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». — Саров, 2000. — С. 202—209.

Приоритетные направления развития науки и технологий в интересах обеспечения обороны и безопасности государства

*Афанасьев А. Л., к. т. н., руководитель Центра прогнозирования развития науки, техники и технологий»,
afal69@mail.ru*

*Голубев С. С., д. э. н., к. т. н., профессор, ведущий научный сотрудник
sergei.golubev56@mail.ru*

*Курицын А. В., ведущий научный сотрудник
akyritsun@cniicentr.ru*

ФГУП ЦНИИ «Центр», г. Москва

Аннотация. В работе представлены результаты определения приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности государства на основе открытых источников информации, рассмотрены методы и инструменты прогнозирования развития науки, техники и технологий, используемые при формировании перспективных научно-технологических направлений развития оборонно-промышленного комплекса (ОПК России).

Автор анализирует документы, определяющие приоритеты научно-технологического развития Российской Федерации, показывает критерии выбора перечня стратегических приоритетных направлений развития науки, техники и технологий, рассматривает методологию обоснования перспективных направлений научно-технологического развития ОПК.

В работе показано, что научно-техническое прогнозирование является неотъемлемой частью формирования политики в сфере обороны и обеспечения безопасности государства. Они формируются в тесной взаимосвязи с утверждаемыми Президентом Российской Федерации критическими технологиями. Автором подробно раскрыты ключевые тренды развития науки, технологий и техники, обеспечивающие формирование научно-технологического задела создания перспективных образцов ВВСТ.

Ключевые слова: национальные приоритеты, оборона и безопасность государства, прогноз, наука, техника, технологии.

Введение

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 31.12.2015 N 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» первоочередным национальным интересом и стратегическим национальным приоритетом на долгосрочную перспективу являются укрепление обороны страны, обеспечение незыблемости конституционного строя, суверенитета, независимости, государственной и территориальной целостности Российской Федерации. Факт обладания государством уникальными технологиями и современными видами оружия сегодня является надежной гарантией мира на планете. Основную роль в решении этой задачи играет оборонно-промышленный комплекс России (ОПК). ОПК является научно-техническим и производственно-технологическим базисом для реализации мероприятий по созданию, производству и ремонту образцов вооружения военной и специальной техники (ВВСТ), определенных государственной программой вооружения (ГПВ) и государственным оборонным заказом (ГОЗ) [1].

Одним из наиболее эффективных инструментов решения этих задач является разработка долгосрочных прогнозов научно-технологического развития с использованием методов форсайта, включая комплекс количественных моделей, методов качественного анализа и экспертных оценок. К настоящему моменту в ведущих в технологическом отношении иностранных государствах разработаны тысячи таких прогнозов, результаты которых используются в качестве основы для принятия стратегических решений на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях.

Неотъемлемой частью формирования политики в сфере обороны и обеспечения безопасности государства, как показывает опыт США, Германии, Великобритании и Китая, является научно-техническое прогнозирование. Разнообразные прогнозные документы по итогам форсайт-исследований, в том числе сценарии, технологические дорожные карты и перечни критических технологий, служат основой для разработки соответствующих долгосрочных стратегий и программ развития.

Необходимость правильного выбора приоритетных направлений научно-технологического развития ОПК обусловлена тем, что современное состояние экономики и общества характеризуется все возрастающей сложностью, высоким уровнем неопределенности и скорости происходящих процессов, ключевую роль в которых играют наука и технологии. В этих условиях цена ошибок при принятии стратегических решений значительно возрастает, что приводит к необходимости формирования адекватных представлений о глобальных вызовах, связанных с ними перспективах развития отдельных секторов экономики, факторах, определяющих это развитие, их количественных и качественных характеристиках.

Методология проведения исследований

При выявлении глобальных трендов используются такие инструменты, как библиометрический и патентный анализ, анализ больших данных, сканирование горизонтов, джокеры и слабые сигналы [2]. При выявлении угроз и возможностей научно-технологического развития ОПК широко используются математическое моделирование и комплекс аналитических методов форсайта (STEERPV+, SWOT, WiWe, наукометрический анализ, текст-майнинг, разработка сценариев и др.).

Методология обоснования перспективных направлений научно-технологического развития ОПК предполагает следующую последовательность работ:

- 1) характеристику глобальных научно-технологических трендов и рынков;
- 2) характеристику угроз и возможностей научно-технологического развития ОПК;
- 3) разработку предложений по перспективным направлениям развития научно-технологического развития ОПК, включая развитие технологий гражданского, двойного назначения;
- 4) разработку предложений по направлениям и инструментам реализации научно-технической политики развития ОПК;
- 5) валидацию результатов обоснования перспективных направлений НТР ОПК.

В основе формирования перспектив технологического развития ОПК лежит подробный анализ тенденций развития мировой науки и технологий в области ОПК, а также научных и технологических разработок, проводимых организациями ОПК.

Для проведения таких исследований требуется осуществить сбор и обработку данных, получаемых от научных организаций и организаций ОПК, а также необходимо провести всесторонний анализ результатов и подготовить экспертное заключение с информацией о наиболее актуальных и востребованных технологиях, обеспечивающих отраслевое превосходство в перспективе.

Для определения направлений научно-технологического развития ОПК используется метод интеллектуального анализа больших данных, методы выявления устойчивых

тематических кластеров научно-технологического развития ОПК. Кластеризацией называют набор методов, служащих для определения и описания связанных групп данных (или объектов с близкими свойствами).

Выявленные в ходе интеллектуального анализа больших данных устойчивые тематические кластеры в области вычислительной техники и квантовых компьютеров (семантическая карта) представлены на рис. 1.

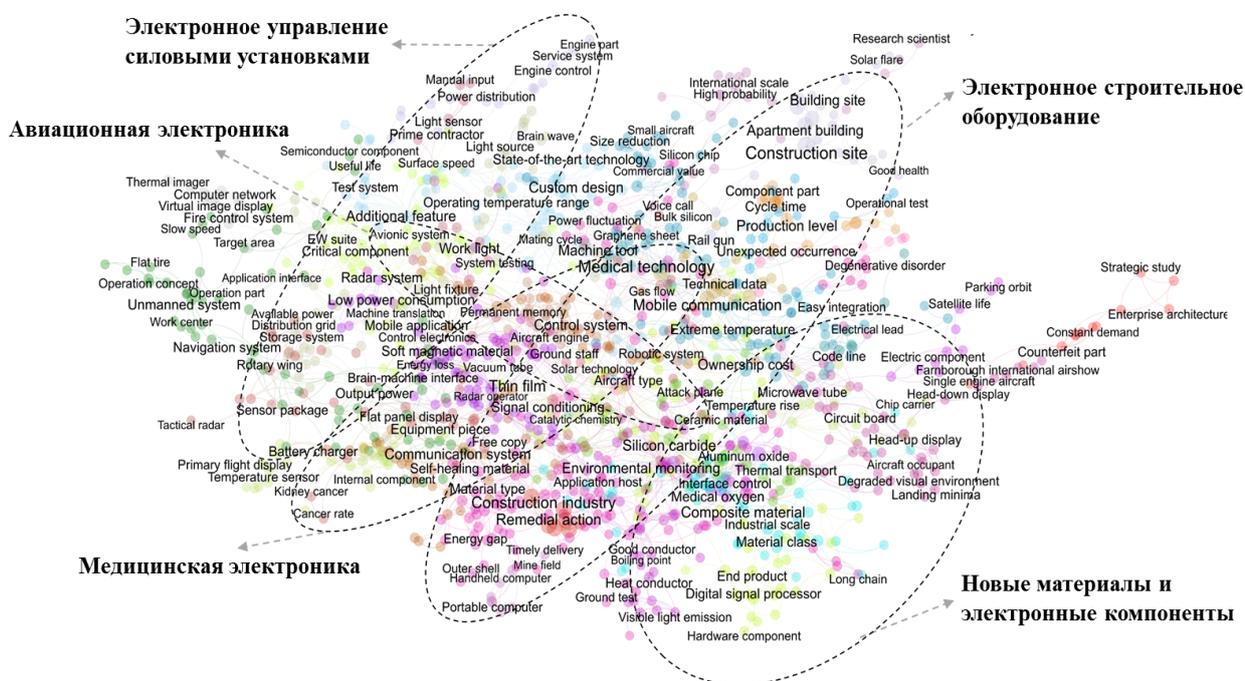


Рис. 1. Выявление устойчивых тематических кластеров на примере электронной техники и технологий (семантическая карта)

К классическим методам кластеризации относятся статистические методы (k -средних [k -means], EM-методы [expectation-maximization] и др.); нечёткие методы [fuzzy c-means — FCM, DiffFUZZY]; методы, включающие генетические алгоритмы (GAKM, DSEC и др.); графовые методы и ансамблевые методы (слияние результатов работы нескольких методов кластеризации).

Метод оценки значимости и динамичности направлений научно-технологического развития построен на основе анализа статей в международных научных журналах. Оценка значимости и динамичности направлений на примере вычислительной техники и квантовых компьютеров приведена на рис. 2. При этом динамичность направления определяется приростом количества публикаций по исследуемой теме за определенный отрезок времени, а значимость — количеством публикаций.

Перечисленные основные этапы проведения исследований в области технического и технологического развития ОПК являются частью форсайта (от англ. Foresight — взгляд в будущее, предвидение).

Новые социально-экономические вызовы потребовали комплексного подхода к определению перспектив научно-технологического развития. В большинстве развитых и развивающихся иностранных государств регулярно (с интервалом 3—5 лет) выполняются национальные прогнозы научно-технологического развития, в которых на основе сочетания подходов “от рынка” (market-pull) и “от технологий” (technology-push) выявляются наиболее перспективные области науки и научно-технические достижения, призванные отвечать современным вызовам и удовлетворять будущие потребности экономики и общества. Во многих иностранных государствах формируются национальные системы стратегического планирования и прогнозирования, в рамках которых созданы на-

учно-методические, нормативно-правовые и информационно-аналитические базы научно-технологического прогнозирования.

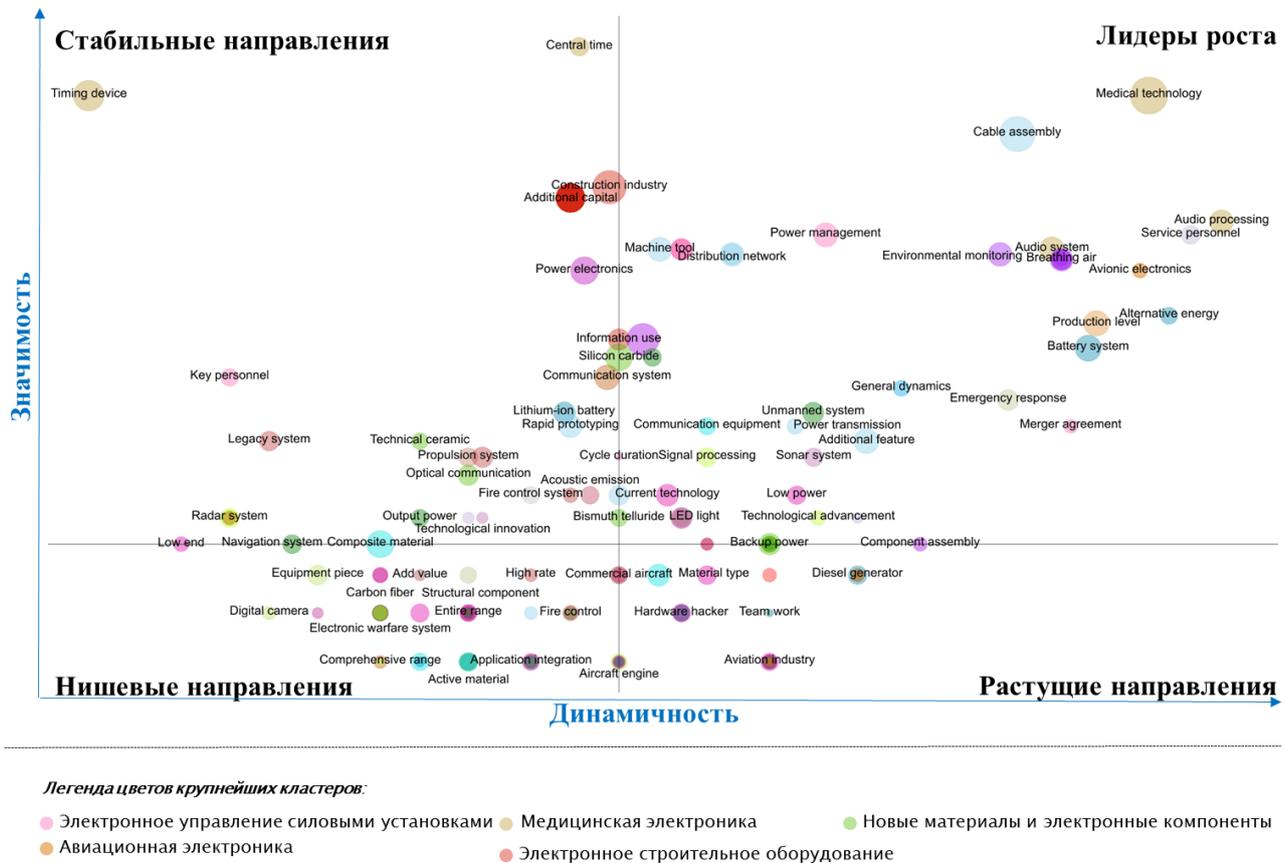


Рис. 2. Оценка значимости и динамичности направлений научно-технологического развития на примере электронной техники и технологий.

Результаты

Документы, определяющие приоритеты

Одной из важнейших задач, стоящих перед отечественным ОПК на современном этапе, является разработка и реализация приоритетов научно-технологического развития.

В России научно-технологическое прогнозирование получило активное развитие в течение последнего двадцатилетия при непосредственном участии коллектива специалистов НИУ ВШЭ. С 1996 года ведутся работы по формированию и актуализации перечней приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и критических технологий Российской Федерации (утверждены Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011г. № 899). В 2007 — 2008 гг. был подготовлен первый комплексный прогноз научно-технологического развития России до 2025 года с использованием метода Дельфи. В 2011 — 2013 гг. был разработан «Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденный 3 января 2014 г. Председателем Правительства Российской Федерации. В 2016 году Минпромторгом России по представленным ФГУП «ЦНИИ «Центр» материалам был разработан и одобрен уточненный прогноз развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на период до 2030 года.

ФГУП «ВНИИ «Центр» является головной организацией по разработке прогноза развития науки и техники в интересах обороны и безопасности государства и оценки реализуемости в оборонно — промышленном комплексе проекта основных направлений развития вооружения, военной и специальной техники на долгосрочный период.

В настоящее время ФГУП «ВНИИ» Центр» завершается формирование и размещение в автоматизированной системе единого информационного пространства ОПК (ЕИП ОПК) прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства на долгосрочный период (рис. 3) [2].



Рис. 3. Размещение прогнозной информации в едином хранилище данных

Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. №596 «О долгосрочной государственной экономической политике» поручено «предусмотреть ... формирование системы технологического прогнозирования, ориентированной на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий». В соответствии с Федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» предусмотрена на регулярной основе «разработка долгосрочного научно-технологического прогноза ... с учетом приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Критерии и требования к выбору приоритетов

Критерии выбора перечня стратегических приоритетных направлений развития науки, техники и технологий определяются мировым уровнем новизны, соответствием приоритетного направления формируемому в настоящее время технологическому укладу, наличием научно-технологического задела, ресурсов, а также социально-экономической эффективностью приоритетных технологий. Формирование комплекса приоритетных технологий, обеспечивающих создание перспективных систем и образцов ВВСТ, относится к задачам ОПК и определено Военной доктриной Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 5 февраля 2010 года № 146.

Направления научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в рамках комплексных проектов должны соответствовать приоритетным направлениям, подготовленным на основании направлений Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642).

При выборе приоритетных направлений развития ОПК необходимо учитывать такие факторы, как выполнение задач обеспечения жизненно важных интересов России в во-

енной и гражданской сферах, обеспечение обороноспособности при учете прогнозируемых угроз, квалификация производственного персонала, достигнутый технологический уровень разработок и продукции, подтвержденный реальным присутствием на мировом рынке наукоёмкой продукции.

Основные итоги научно-технологического развития России в их сравнении с зарубежными представлены на рис. 4. В остальных областях науки имеет место общее отставание, с получением достижений мирового уровня в отдельных научных направлениях.



Рис. 4. Основные итоги научно-технологического развития России в их сравнении с зарубежными

Ключевые тренды в науке, технологиях и технике

Проведенные исследования позволили выявить следующие тренды развития науки, техники и технологий в интересах обеспечения обороны и безопасности государства (рис. 5) [4].

Современные направления научно-технологического развития ОПК фактически определяются формируемыми шестым технологическим укладом технологиями. Они будут характеризоваться развитием робототехники, биотехнологий, основанных на достижениях молекулярной биологии и геной инженерии, нанотехнологии, глобальных информационных сетей, искусственного интеллекта, интегрированных высокоскоростных транспортных систем.

В рамках шестого технологического уклада дальнейшее развитие получит гибкая автоматизация производства, космические технологии, производство конструкционных материалов с заранее заданными свойствами, атомная промышленность, авиаперевозки, будет расти атомная энергетика, существенно расширится применение возобновляемых источников энергии.

До 2030 года на вооружении будут стоять ВВСТ 5-го и возможно 6-го поколений, основанные на:

- интегрированных системах разведки, связи, управления, навигационно-временного обеспечения;
- интегрированных средствах для парирования угроз на суше, в мировом океане, в воздушном и космическом пространстве, универсализации, информатизации, интеллектуализации средств;
- малогабаритных и сверхмалых средств, прежде всего, в сфере связи и управления (робототехника, в том числе микророботы);
- информационно-управляющих, моделирующих, логистических систем, системах обучения и тренажа.



Рис. 5. Глобальные тренды развития науки, технологий и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности государства

Затем будут реализовываться принципиально новые концепции, основанные на загоризонтном прогнозировании (2050 годы), когда существенное развитие получат информационные технологии, техника станет в высокой степени интеллектуализированной, а большинство функций, доступных сегодня только человеку, будет выполняться автономно, в том числе под управлением квантовых компьютеров. Таким образом реализуется известная тенденция развития технических систем — вытеснение человека из технических систем: человек учит делать технику то, чем он раньше занимался сам [5].

Станут доступны всевозможные механотронные, микроэлектро-механические устройства (датчики, актюаторы и т. п.) с различными возможностями по преодолению пространства и преобразованию материи, вещества и энергии. Предполагаются значительные успехи биотехнологий, которые наряду с нано-, инфо- и когнитотехнологиями позволят создавать «умные» материалы со свойствами памяти, перераспределения нагрузки по площади или объему, самовосстановления и «заживления», изменения свойств под воздействием различных факторов.

Определенные успехи будут достигнуты в использовании альтернативных источников энергии (солнечные батареи, биотопливо, ветроэнергетика и др.), способах бес-

проводной передачи энергии на большие расстояния, создании гибридных двигателей, ходовой части и трансмиссии, электромеханических, биологических и других принципов движения базовых машин.

Большинство видов техники будет модульно-адаптивного принципа, оперативно перестраиваемых под конкретные задачи и условия их выполнения.

В ближайшие 10—15 лет приоритетами научно-технологического развития ОПК России следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке, и обеспечат:

а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта;

б) переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии;

в) занятия и удержания лидерских позиций в освоении и использовании космического и воздушного пространства и Арктической зоны.

Президент Российской Федерации В. В. Путин на проводимом им в ноябре 2019 года совещании поручил расширить линейку лазерных и гиперзвуковых комплексов систем вооружения и роботизированных комплексов. Также он заявил о необходимости активного применения средств искусственного интеллекта при создании военной продукции. В том числе должна быть расширена линейка беспилотных разведывательных и ударных летательных аппаратов, лазерных и гиперзвуковых систем, оружия, основанного на новых физических принципах, а также роботизированных комплексов, способных выполнять разноплановые задачи на поле боя.

Президент отметил, что основной задачей является наращивание качественных и количественных характеристик вооружения и техники. Он уточнил, что речь идет о современных и перспективных образцах высокоточного оружия и средств воздушно-космической обороны [7].

Цифровая трансформация

Если говорить о тенденциях «цифрового перехода» в ОПК, то оно должно осуществляться в направлении интеграции всех ИТ-систем: сенсоров и инструментов, управления машинами, технологическими операциями и управления предприятием (операционный менеджмент, бизнес-планирование, логистика и др.). Происходит дальнейшее развитие гибких производственных систем: модульной конвейерной сборки, роботизированных комплексов, промышленного интернета и 3D-технологий. Развивается суперкомпьютерное моделирование и технологии «дополненной реальности», упрощающие и сокращающие процесс создания нового продукта благодаря использованию виртуальных моделей. Меняется характер аналитической работы путем перехода от описательной аналитики к прогнозной, а затем к предписывающей. Усиливается роль прогнозов научно-технологического развития ОПК, осуществляется их постоянный автоматизированный мониторинг, результаты которого учитываются при разработке государственных программ развития ОПК.

В результате этого цифровые технологии помогут быстрее пройти путь от идеи до внедрения в серию, обеспечат разработчикам возможность проектировать новые изделия в одной информационной среде, правильно оценивать трудоемкость изделий и регламентировать бизнес-процессы. Все это будет способствовать эффективности деятельности оборонных предприятий.

Сегодня государством вкладываются значительные средства в развитие суперкомпьютерной техники и отечественных программных комплексов. Через 5—7 лет суперкомпьютеры достигнут эксафлопной производительности и смогут анализировать колоссальные массивы данных.

Использование приоритетов при формировании научно-технического задела

Создание отечественных перспективных образцов ВВСТ должно осуществляться в соответствии с полным инновационным циклом, который отражает идеологию создания и развития ВВСТ. При реализации данной схемы обеспечивается взаимная увязка по срокам и содержанию системных проектов развития межвидовых и видовых систем вооружения, работ по формированию облика образцов ВВСТ, а также исследований и разработок инновационного характера.

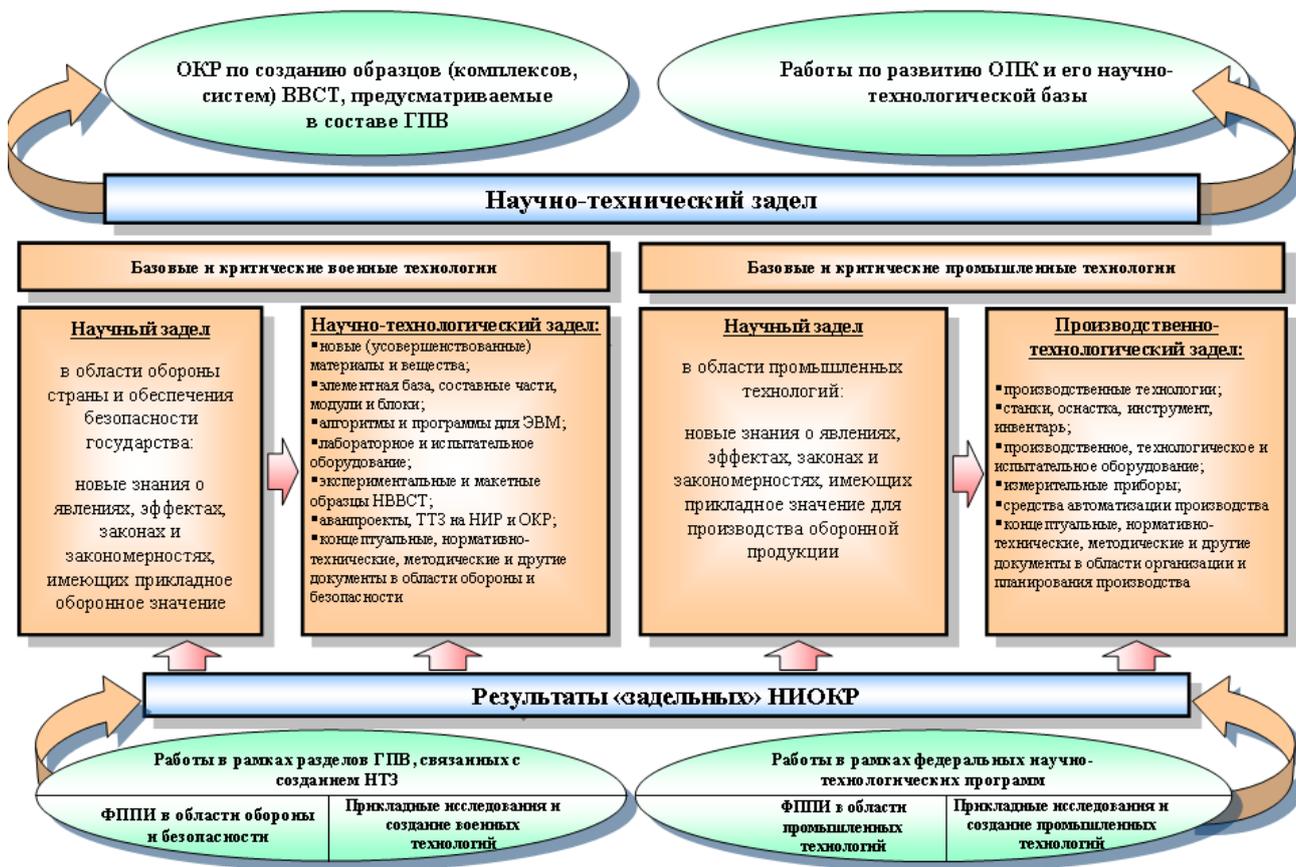


Рис. 6. Схема создания НТЗ в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства

Важное место в инновационном цикле создания и развития ВВСТ занимают мероприятия по созданию научно-технического задела (НТЗ). В общем виде НТЗ (рисунок б) представляет собой совокупность результатов фундаментальных, прогнозных, поисковых и прикладных исследований и технологических разработок, которые необходимо получить к моменту перехода к стадии опытно-конструкторских работ (ОКР).

Элементы НТЗ могут быть представлены в форме новых научных знаний о явлениях, физико-химических эффектах, законах и закономерностях, имеющих оборонное значение (эта составная часть НТЗ представляет собой научный задел (НЗ) в области обороны и обеспечения безопасности); технологий военного и двойного назначения; составных частей, модулей и блоков образцов ВВСТ, разработанных на основе принципиально новых материалов и веществ, электронной компонентной базы; алгоритмов и программ для ЭВМ; лабораторного и испытательного оборудования; экспериментальных и макетных образцов принципиально нового и нетрадиционного вооружения; так-

тико-технических заданий на НИР и ОКР; концептуальных, нормативно-технических и научно-методических документов в области обороны страны и обеспечения безопасности государства и др.

Перечисленные элементы НТЗ создаются в рамках программных мероприятий государственных и ведомственных программ, проектов и грантов научных фондов. Основой создания НТЗ для перспективных и нетрадиционных ВВСТ являются фундаментальные, прогнозные и поисковые исследования (ФППИ).

Выводы

Таким образом, реализация предложений по развитию механизмов формирования современных направлений научно-технологического развития ОПК обеспечит гармонизацию научно-технологических прогнозов федерального уровня на основе комплексирования систем научно-технологического прогнозирования развития научного, промышленного и оборонно-промышленного комплексов. Практика показывает, что в целях рационального построения «технологических цепочек» целесообразно проводить обоснование перспективных направлений научно-технологического развития ОПК на основе прогнозной информации. Это обеспечит безусловное повышение достоверности прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны страны и безопасности государства.

Указанные преимущества позволят использовать предлагаемую систему прогнозирования как дополнительный инструмент стратегического планирования научно-технологического развития оборонной промышленности и перейти к формированию программных документов по реализации военно-технической политики на основе мониторинга и комплексирования прогнозной научно-технологической информации.

Результаты исследований могут быть использованы при обосновании и разработке проектов приоритетных направлений ФППИ в интересах создания перспективных образцов ВВСТ, предложений в проект прогноза развития науки и техники в интересах обеспечения обороны и безопасности, основных направлений развития ВВСТ на долгосрочный период и государственной программы вооружения на 2021—2030 годы.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 23 февраля 2017 г № 91 «Основы государственной политики в области развития ОПК на период до 2025 года и дальнейшую перспективу».

2. Довгучиц С. И., Мушков А. Ю. Единое информационное пространство оборонно-промышленного комплекса. результаты работ по его формированию // Научный вестник оборонно — промышленного комплекса России. — 2018. — №. 2. — С. 5—9.

3. Глобальные технологические тренды, Соколова А. В. и др. под ред. Л.М.Гохберга, Нац. Исслед. Ун-т «Высшая школа экономики». — М.: НИУ ВШЭ, 2016.- С192.

4. Борисов Ю. Особый задел. Военно-промышленный курьер, № 9 (673) 8—14 марта 2017 года, С.4.

5. Кохно П. А., Ситников С. А. Приоритетные направления и технологические тенденции оборонно — промышленного комплекса // Научный вестник оборонно — промышленного комплекса России. — 2016. — №. 4. — С. 31—40.

6. Буренок В. М., Дурнев Р. А., Крюков К. Ю. Загоризонтное прогнозирование: основные положения анкеты экспертного опроса // Вооружение и экономика. — 2018. № 3 (45). С.17—24.

7. Путин поручил расширить линейку лазерных и гиперзвуковых комплексов, URL. <https://russian.rt.com/russia/news/689588-putin-lazernyi-giperzvukovoi-kompleks> Дата обращения 29.11.2019

Направленный поиск рациональной концепции перспективного тяжелого вертолета на начальном этапе научных исследований

*Бондарев А. В., ведущий инженер,
bondarevram@mail.ru*

*Гвоздев Н. Д., инженер,
mr.gvozdev93@mail.ru*

*Ковалев И. Е., д.т.н., профессор, начальник научно-исследовательского комплекса управления научными проектами,
kovalev@tsagi.ru*

*Коноплева В. М., инженер,
viktoria.konopleva@tsagi.ru*

*Косушкин К. Г., начальник сектора,
kostinen@mail.ru*

*Скворцов Е. Б., к.т.н., заместитель начальника отделения,
skvortsov-tsagi@yandex.ru*

*Шелехова А. С., начальник сектора,
anna.shelekhova@tsagi.ru*

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Введение

Анализ парка вертолетов РФ показал, что после снятия с производства и последующего вывода из эксплуатации вертолетов Ми-6 и Ми-10 возникла потребность в новом перспективном тяжелом транспортном вертолете (ПТВ) грузоподъемностью 8–12 т. В данной работе решается задача начального этапа концептуального проектирования вертолета такого класса грузоподъемности, в том числе, с возможностью интеграции с самолетом в авиационном транспортном комплексе (АТК) с передачей груза непосредственно с борта на борт в наземных условиях. На этом этапе формируется ряд альтернативных проектных решений, в разных комбинациях использующих полезные научные разработки. Путем сравнения сделан вывод, какой концептуальный вариант перспективного тяжелого вертолета (ПТВ) отличается наибольшей конкурентоспособностью и может быть рекомендован для дальнейшей более подробной проработки.

Стратегия концептуального проектирования

Необходимость в стратегии проектирования возникает из-за неопределенностей будущего рынка. Стратегия должна предусматривать комплекс мер по обеспечению ожидаемых потребностей рынка, а также обеспечению конкурентоспособности проекта с потенциальными достоинствами, которых не имеют конкуренты. Проект рассчитывается на разнообразные условия эксплуатации, которые возможны, начиная с 2035 года.

В 1980 году после снятия Ми-6 с серийного производства парк этих машин стал постепенно уменьшаться и в настоящее время полностью исчез. Прекратилась и эксплуатация вертолетов-кранов Ми-10. Их сменили в эскадрильях ВВС и отрядах ГВФ новые более мощные Ми-26. Однако при использовании Ми-26 в народном хозяйстве выяснилось, что применение тяжелого вертолета с грузоподъемностью до 20 т не всегда выгодно, так как грузы, рассчитанные в основном на Ми-6, имели массу 9–10 т [1]. Поставки новых вертолетов Ми-38, рассчитанных на груз до 6 т, также не снимают проблемы отсутствия машины с грузоподъемностью 8–12 т (рис. 1). В связи с этим создание перспективного тяжелого вертолета в России является актуальной задачей.

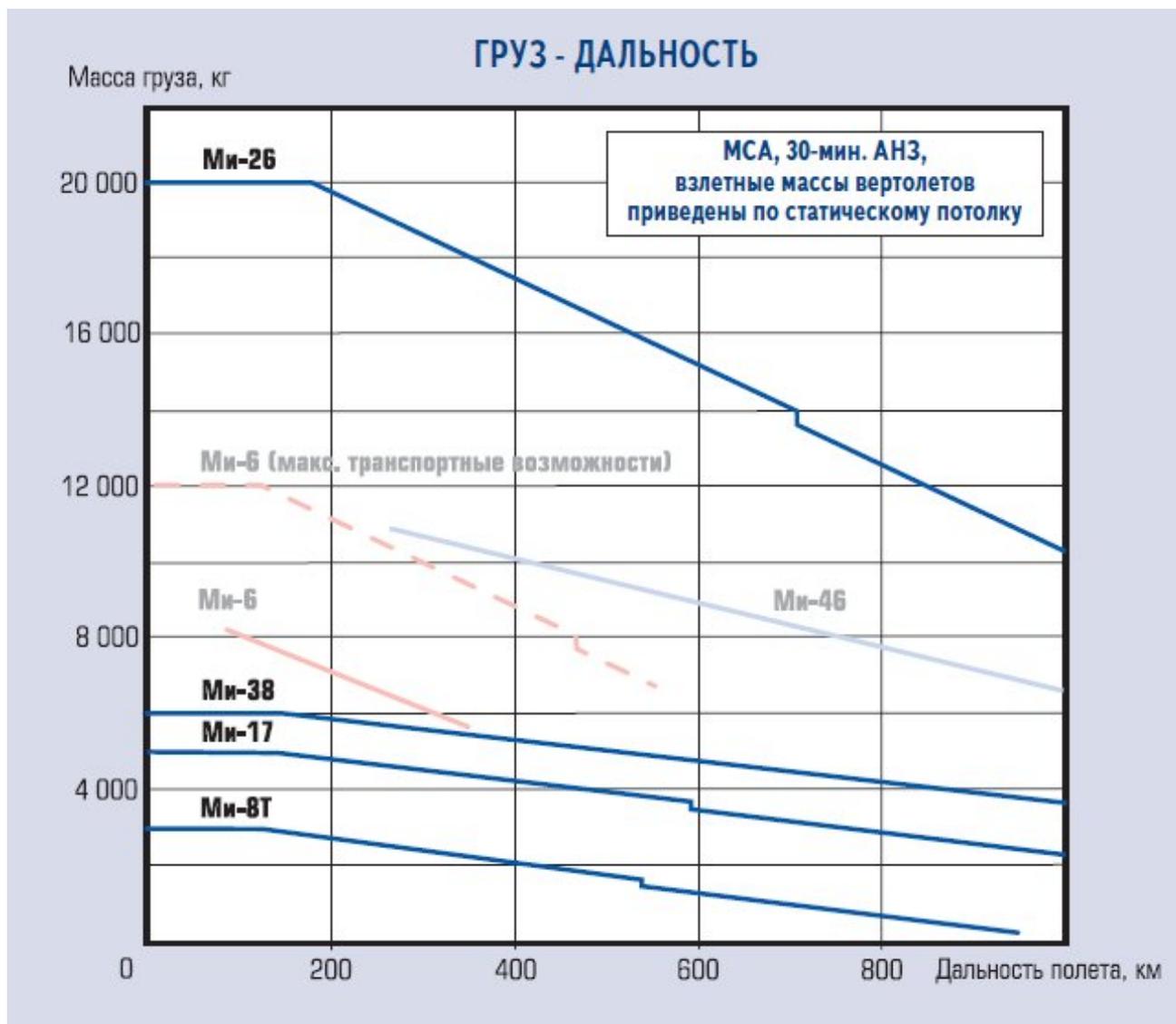


Рис. 1. Транспортные возможности отечественных вертолетов

В качестве уникальной инновации в проекте ПТВ может быть предусмотрена его интеграция с региональным транспортным самолетом (РТС) в составе авиационного транспортного комплекса (АТК), включающего концепцию «самолёт + вертолёт» с одинаковой грузоподъемностью 8–12 т и общей номенклатурой грузов (рисунок 2). Такой АТК может рассматриваться как альтернатива конвертоплану, если будет обеспечена быстрая автономная передача грузов на земле от одного аппарата другому. Тогда обеспеченный общим проектом полёт РТС на дальность и вертикальные взлет/посадка вертолёт класса Ми-6 в безаэродромных условиях создадут новый комплекс потребительских свойств для труднодоступных районов страны. Зарубежный опыт показывает,

что создание конвертоплана с аналогичными возможностями требует от разработчика существенно больших затрат времени и средств и отличается высокими рисками технической реализации.



Рис. 2. Транспортная операция с грузом 8—12 т:
региональный транспортный самолёт + тяжёлый транспортный вертолёт

Класс вертолетов грузоподъемностью 8–12 т сегодня монополю контролируют западные производители, при этом машины этого типа пользуются широким спросом как в вооруженных силах, так и в гражданском применении, позволяя решать самые разнообразные задачи — от пассажирских перевозок до высадки десанта, от спасательных операций до борьбы с подводными лодками.

Серийных вертолетов в этой весовой категории у России в настоящее время нет. Предполагалось, что в связи с отсутствием Ми-6 эту нишу должен занять перспективный вертолет Ми-46 на основе наработок по Ми-26 и Ми-38. Ми-46 был задуман еще в 1980-е годы, однако работы по нему были практически прекращены в силу понятных причин. В последнее время было объявлено о совместном с Китаем проекте тяжелого вертолета на основе технологий Ми-6, Ми-26.

В гражданском парке РФ по данным на 2016 год числилось 68 Ми-26 (28 летает) и 40 Ми-26 — в военном парке (по данным Flight International World Air Forces Directory). Всего же в мировом парке эксплуатируется около 150 Ми-26, а остальной парк тяжелых вертолетов с взлетным весом свыше 20 т представлен в основном вертолетами «Чинук» — 876 шт. и СН-53 — до 350 шт.

Рынок вертолетов до 2030 года по данным Forecast International составит 248 млрд. долл. Из них тяжелых взлетным весом свыше 20 т — 11,3% (~28 млрд. долл.). Таким образом, при цене тяжелого вертолета ~50 млн. долл. емкость рынка за 10 лет может составить 500–600 вертолетов взлетным весом свыше 20 т (рис. 3).

По результатам исследования [2] ниже представлены возможные требования к новому вертолету, соответствующие его назначению и классу.

Эксплуатационные требования:

1. Максимальная нагрузка 8 ÷ 12 т груза.
2. Практическая дальность с целевой загрузкой — не менее 600 км.
3. Максимальная крейсерская скорость — не менее 270–300 км/ч.
4. Скорость при полете на максимальную дальность не менее 240–270 км/ч.
5. Максимальная высота полета — не менее 6000 м.

6. Статический потолок вне влияния земли (с нормальным взлетным весом) — не менее 1000 м.
7. Состав летного экипажа — 2 пилота.
8. Состав силовой установки — не менее двух ГТД.
9. Назначенный ресурс планера вертолета — не менее 12000–18000 часов.
10. Нарботка до замены (ремонта) агрегатов динамической системы с ограниченным ресурсом — не менее 3000 часов.
11. Требуемая периодичность выполнения базовой формы периодического ТО — не чаще, чем через 300 часов налета.

Мировой рынок – \$ 248 млрд.

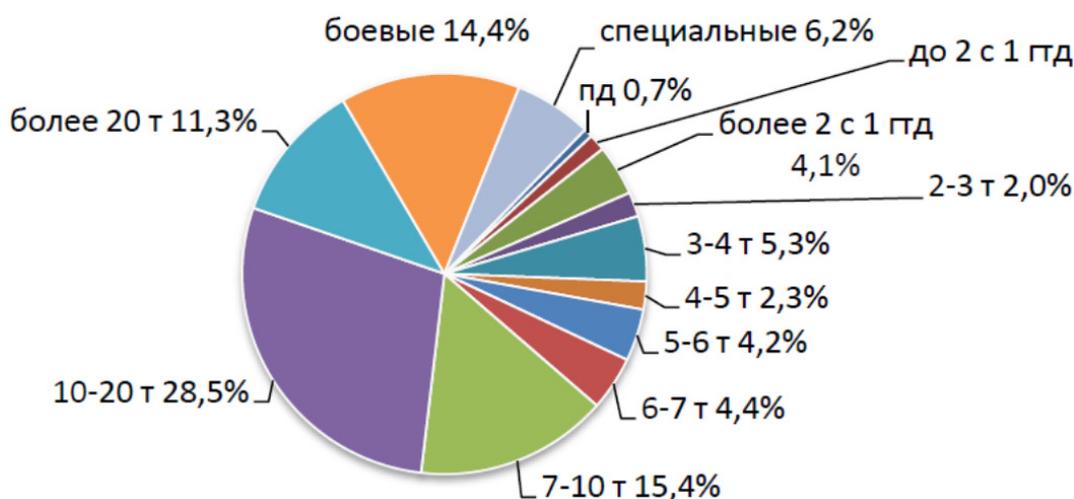


Рис. 3. Структура мирового рынка вертолетов до 2030 г.

Обеспечение будущей конкурентоспособности и интеграции с РТС в авиационно-транспортный комплекс делает необходимыми технические усовершенствования, которые целесообразно включить в проект ПТВ, а именно:

1. Активный электропривод шасси.
2. Грузовая кабина, унифицированная с кабиной РТС, входящего в АТК.

Анализ концепции

Исследование проведено в соответствии с разработанным в ЦАГИ методом анализа альтернатив в концептуальном проектировании авиационной техники [3], включающим следующую последовательность действий:

- определение значимых для проекта факторов концепции;
- формирование проектных признаков на основе базы знаний (прототипы);
- планирование полнофакторного эксперимента;
- формирование альтернативных вариантов концепции;
- сравнение расчетных вариантов концепции вертолета;
- выбор оптимального варианта по критериям целевой системы.

Для целей настоящего исследования рассмотрено две задачи, поставленные перед транспортным вертолетом.

Задача 1. Обеспечение транспортной функции вертолета — полёт на дальность. Здесь значимые факторы — аэродинамическое и весовое совершенство летательного аппарата, экономичность силовой установки.

Основным агрегатом, во многом определяющим эффективность любого вертолета, является его несущая система. Несущую систему классифицируют главным образом по способу уравнивания реактивного крутящего момента от несущего винта: балансировка несущего винта (винтов) моментом от другой силы, самобалансировка несущих винтов противоположного вращения. В соответствии с этим различают следующие схемы вертолетов: одновинтовая с рулевым винтом, двухвинтовые (соосная, продольная и поперечная), многовинтовая и др. От схемы вертолета зависит уровень затрат мощности на балансировку, условия работы несущих винтов с учетом их взаимовлияния, а также вес основных агрегатов. Так например, если для одновинтового вертолета вес трансмиссионных валов невелик, то для поперечной и особенно для продольной схем вертолетов вес их оказывается столь значительным, что существенно влияет на общий вес конструкции вертолета.

Важно иметь в виду и то, что условия работы несущего винта вертолета существенно зависят от уровня лобового сопротивления его корпуса. Сила лобового сопротивления вертолета является одной из важнейших аэродинамических характеристик вертолета, поскольку от её величины зависят дальность и продолжительность полета, максимальная и крейсерская скорости полета, расходы топлива, напряжения в лопастях, уровень вибраций и, следовательно, ресурс важнейших агрегатов вертолета. Осознание этих обстоятельств привело к тому, что в последние годы уменьшению лобового сопротивления у вновь создаваемых вертолетов уделяется большое внимание и, как правило, проводятся обширные экспериментальные исследования по отработке аэродинамической компоновки вертолетов на начальном этапе разработки.

Задача 2. Доставка полезной нагрузки в удалённый пункт с ограниченными условиями базирования, которая обеспечивается авиационным транспортным комплексом «самолёт + вертолёт» с возможностями полёта на дальность и вертикального взлёта/посадки.

Здесь значимый фактор — возможность простой взаимной передачи полезной нагрузки класса 8—12 т с борта на борт, обеспеченная конструкцией самолёта и вертолёта. Полезная идея — конструктивная интеграция самолёта и вертолёта для эксплуатации в составе единого АТК. Предварительный анализ возможных конструктивных решений для самолёта и имеющегося опыта создания транспортных вертолётов с разными несущими системами показал, что беспрепятственная передача грузов с борта на борт в наземных условиях технически возможна [2].

Итак, факторный анализ позволил выделить несколько актуальных принципов и их альтернативных вариантов для проведения полномасштабного проектного эксперимента (табл. 1).

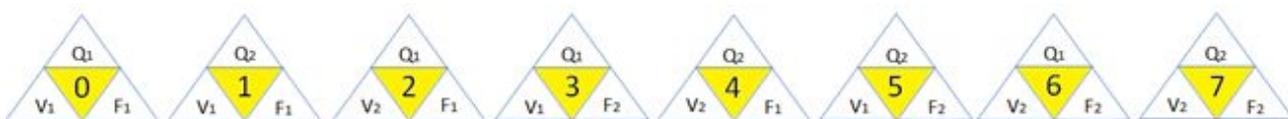
Таблица 1

Альтернативные факторы формирования возможных концепций ПТВ

S_0	Независимые факторы	Тип «1» дифференциальный	Тип «2» интегральный
Q	Способ балансировки реактивного крутящего момента от несущего винта	Балансировка несущего винта (винтов) моментом от другой силы	Самобалансировка несущих винтов противоположного вращения
V	Устройство трансмиссии, передающей мощность от двигателей к элементам несущей и балансировочной систем	Разнесённые приводы как несущих, так и балансировочных систем	Объединённый привод несущих и балансировочных систем

S_0	Независимые факторы	Тип «1» дифференциальный	Тип «2» интегральный
F	Форма кормы фюзеляжа с грузовым устройством	Независимая от грузового устройства самолёта в составе АТК	Совместимая с грузовым устройством самолёта в составе АТК
<ul style="list-style-type: none"> • Степень сложности эксперимента $n = 3$ • Число альтернатив $2^n = 8$ • Прототип Ми-6 			

На этой основе сформирована схема для построения траектории поиска рационального варианта ПТВ (рис. 4).



Фактор **Q** – способ балансировки реактивного крутящего момента от несущего винта:

Q_1 Балансировка несущего винта (винтов) моментом от другой силы;

Q_2 Самобалансировка несущих винтов противоположного вращения.

Фактор **V** – устройство трансмиссии, передающей мощность от двигателей к элементам несущей и балансировочной систем:

V_1 Разнесённые приводы как несущих, так и балансировочных систем;

V_2 Объединённый привод несущих и балансировочных систем.

Фактор **F** – форма кормы фюзеляжа с грузовым устройством:

F_1 Независимая от грузового устройства самолёта в составе АТК;

F_2 Совместимая с грузовым устройством самолёта в составе АТК.

Рис. 4. Планирование полнофакторного эксперимента (логические модели вариантов)

Форма и размеры фюзеляжа оказывают существенное влияние на ЛТХ вертолета. Геометрические параметры фюзеляжа являются исходными данными для проекторочных расчетов, выполняемых в процессе параметрического синтеза, а также при оценке эксплуатационных показателей. Форма и размеры фюзеляжа определяются целевым назначением вертолета. Основную часть внутреннего объема транспортного вертолета занимает грузовая кабина, рассчитанная на размещение груза с заданными габаритными размерами и массой.

В работе [4] было получено, что необходимая длина грузовой кабины РТС имеет значение 12,4 м, достаточное для эффективного решения задач перевозки генеральных грузов; при этом рассчитанные весовые диапазоны грузов обеспечивают загрузку в пределах 8–12 т, характерную для самолетов этого класса. На этих основаниях была сформирована [2] грузовая кабина транспортного вертолета (12,4×3,3×3,2 м), унифицированная с кабиной РТС. Идея унификации грузовых кабин не нова. Так, например, по размерам грузовая кабина Ми-6 (12×2,65×2,5 м) была аналогична грузовым кабинам Ан-8 и Ан-12 [1].

В соответствии с разработанным методом с помощью комплексной программы формирования облика вертолета [5] и с использованием исходных данных [6, 7, 8, 9, 10] было сформировано 8 концепций ПТВ (рисунок 5), выполняющих одинаковые требо-

вания по максимальной нагрузке (8–12 т), статическому ($H_{ст}=1$ км) и динамическому потолку ($H_{дин}=6$ км), дальности полета с целевой нагрузкой 600 км.

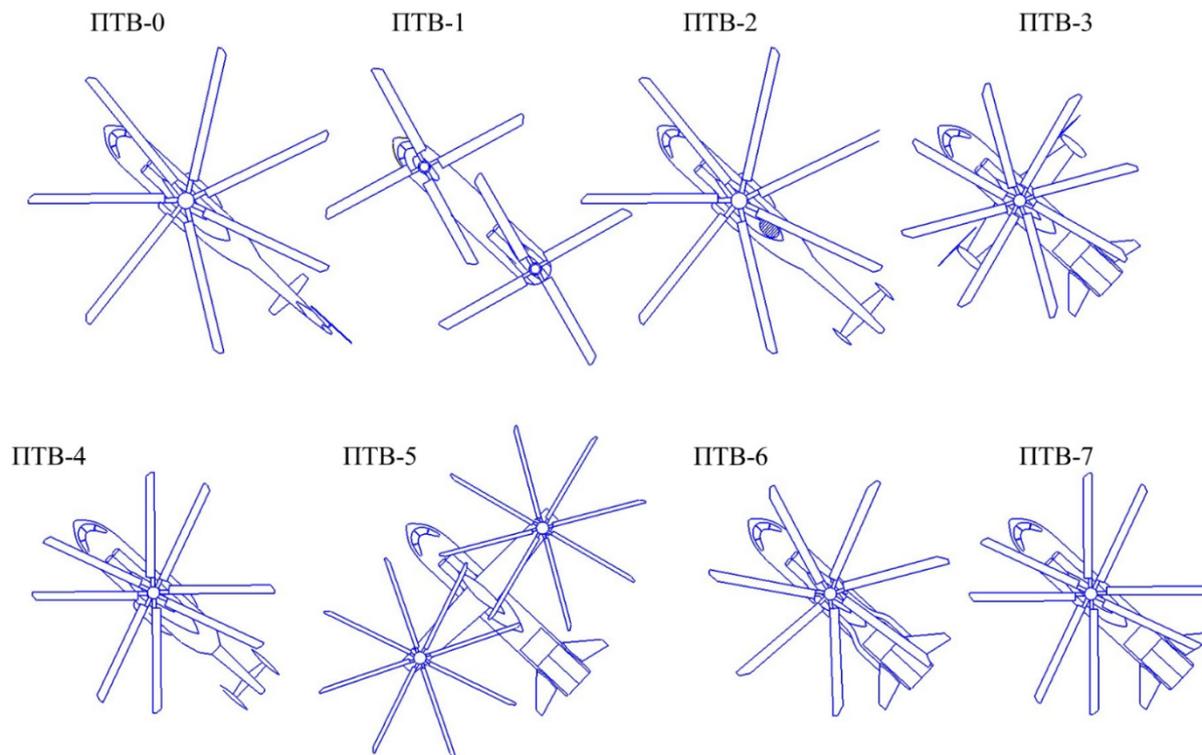


Рис. 5. Ряд расчетных концепций ПТВ

Сформированные концепции отличаются различными сочетаниями факторов конкурентоспособности:

1) ПТВ-0. Вертолет одновинтовой схемы с рулевым винтом и кормой фюзеляжа, независимой от грузового устройства транспортного самолета.

2) ПТВ-1. Вертолет продольной схемы с кормой фюзеляжа, независимой от грузового устройства транспортного самолета.

3) ПТВ-2. Вертолет одновинтовой схемы с системой струйной компенсации крутящего момента NOTAR (No Tail Rotor) и кормой фюзеляжа, независимой от грузового устройства транспортного самолета.

4) ПТВ-3. Винтокрыл одновинтовой схемы с двумя тянущими пропеллерами на крыле, имеющий плоскую корму фюзеляжа, аналогичную корме транспортного самолета.

5) ПТВ-4. Вертолет соосной схемы с кормой фюзеляжа независимой от грузового устройства транспортного самолета.

6) ПТВ-5. Вертолет поперечной схемы с плоской кормой фюзеляжа, аналогичной корме транспортного самолета.

7) ПТВ-6. Вертолет одновинтовой схемы с системой NOTAR, использующий для компенсации реактивного момента только реактивное сопло (без применения эффекта Коанда), а также оснащенный плоской кормой фюзеляжа, аналогичной корме транспортного самолета.

8) ПТВ-7. Вертолет соосной схемы, имеющий плоскую корму фюзеляжа, аналогичную корме транспортного самолета.

Для дальнейшего сравнения выбираются расчетные варианты с минимальным взлетным весом. При этом варьировались удельная нагрузка на ометаемую винтом площадь и число лопастей несущего винта с учетом ограничений по статическому прогибу лопасти и нагрузке на площадь, ометаемую несущим винтом.

В табл. 2 приведены основные технические характеристики концепций ПТВ.

Основные технические характеристики концепций

Вариант	ПТВ 0	ПТВ 1	ПТВ 2	ПТВ 3.0	ПТВ 3.1	ПТВ 4	ПТВ 5	ПТВ 6	ПТВ 7	ПТВ 5.1
G взл, кг	37742	44908	40916	43898	43899	44588	37738	37774	39806	38769
L, км	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
G пуст, кг	20128	26911	22241	26114	25866	29900	20756	21342	26497	21696
Gгр, кг	12000	12000	12000	12000	12000	9000	12000	9000	8000	12000
Gтопл, кгс	5414	5796	6476	5584	5833	5488	4782	7233	5110	4872
Vкр, км/ч	295	250	275	250	375	250	250	270	250	260
Hст, км	2,34	2,20	2,36	1,00	1,00	2,84	1,00	2,24	2,85	1,96
Hдин, км	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6
D нв, м	29,13	24,71	30,04	28,20	28,20	29,51	23,71	27,38	27,90	24,04
Число винтов	1	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Число лопастей	7	4	7	8	8	4	8	7	4	8
R проп, м	—	—	—	3,10	3,10	—	—	—	—	—
Мощность СУ, л.с.	18190	16255	23804	22922	22802	19380	12435	28694	17485	14527
Нагрузка на ометаемую, Н/м ²	530	440	540	660	660	610	400	600	610	400
SxS, м ²	6,00	8,00	6,12	5,62	5,62	7,55	10,00	5,80	7,55	10
Потери тяги	1,06	1,06	1,05	1,10	1,09	1,05	1,12	1,06	1,05	1,12
Размах крыла, м	—	—	—	16,16	15,94	—	23,71	—	—	24,04
Площадь крыла, м ²	—	—	—	43,50	42,33	—	113,89	—	—	117,06
Километровый расход кг/км	9,02	9,66	10,79	9,31	9,72	9,15	7,97	12,05	8,52	8,12

Как следует из таблицы 2, все сформированные варианты выполняют заданные требования по дальности, статическому и динамическому потолку, крейсерской скорости и диапазону максимальной нагрузки. Однако варианты ПТВ-4, 6 и 7 имеют меньшую массу перевозимой нагрузки (8–9 т), в отличие от остальных вариантов (12 т). Это связано с большим весом пустого ЛА для ПТВ-4 и ПТВ-7 и с низкой энергетической эффективностью схемы NOTAR без использования эффекта Коанда для ПТВ-6.

Также можно отметить, что сформированные варианты имеют различные величины *Hст*. В то время как большинство из них имеет величину статического потолка свыше 2 км, варианты ПТВ-3, 3.1 и 5 имеют *Hст*=1 км. Это обусловлено тем, что для данных схем мощность силовой установки определяется режимом висения. Для вертолета поперечной схемы с кормой аналогичной РТС оказалось возможным сформировать вариант ПТВ-5.1 с увеличенным статическим потолком. При этом не произошло существенно-

го увеличения взлетного веса и веса пустого. Для винтокрыла ПТВ-3 и 3.1 увеличение статического потолка приводит к существенному росту взлетного веса и веса пустого (прирост свыше 7 т).

Для концепции ПТВ-3 в режиме горизонтального полёта пропеллеры на крыле создают дополнительную пропульсивную силу, что может увеличить скорость ВКЛА выше заданной. В связи с этим был дополнительно сформирован расчетный вариант ПТВ 3.1 с увеличенной крейсерской скоростью полета $V_{кр\max} = 375$ км/ч.

В работе [7] были выделены основные факторы, определяющие показатели функциональной эффективности ЛА:

— производительность, т. е. величина, характеризующая объем полезной работы, выполняемой рассматриваемым аппаратом в единицу времени;

— весовое совершенство летательного аппарата, характеризуемое обычно соотношениями между полетным весом, платной нагрузкой и весом конструкции;

— экономичность аппарата с точки зрения расходования топлива, зависящая, с одной стороны, от аэродинамического совершенства, определяющего потребную для полета мощность, а с другой стороны от экономичности силовой установки, которая характеризует расход топлива, соответствующий потребной для полета мощности.

В итоге необходимо выбрать вариант, имеющий наибольшую производительность, лучшее весовое совершенство и наименьший расход топлива. Таким обобщенным критерием, определяющим эффективность транспортных и пассажирских вертолетов, может быть критерий приведенной производительности:

$$\tilde{\Pi} = k_v \frac{G_{гр} \cdot V_{кр} \cdot L}{G_T},$$

где k_v — коэффициент, учитывающий потери времени на маневрирование до взлета и после посадки, а также набор высоты и снижение. Критерий приведенной производительности характеризует в комплексе транспортную производительность, аэродинамическое качество, массовую отдачу вертолета по целевой нагрузке и экономичность расходования топлива его силовой установкой. Он показывает, какая производительность в тс*км/ч будет у условного вертолета, имеющего с рассматриваемым одинаковые крейсерскую скорость, весовое совершенство, удельные расходы топлива двигателей и аэродинамическое качество, но отличающегося по взлетному весу, причем взлетный вес условного вертолета должен быть таким, при котором километровый расход топлива составит 1 кг/км.



Рис. 6. Приведенная производительность

Значения приведенной производительности альтернативных концепций показаны на рис. 6. Из данных рисунка следует, что по критерию приведенной производительности наилучшим вариантом является ПТВ-3.1. За ним следуют ПТВ-0, ПТВ-5.1 и 5.

Интегральную оценку проекта, учитывающую на единой основе все качества машины, можно получить только используя экономическую оценку, определяя себестоимость эксплуатации ЛА. Для расчета себестоимости транспортной работы (табл. 3) использовались методики изложенные в [11].

Таблица 3

Оценка себестоимости транспортной работы

Вариант	ПТВ 0	ПТВ 1	ПТВ 2	ПТВ 3.0	ПТВ 3.1	ПТВ 4	ПТВ 5	ПТВ 6	ПТВ 7	ПТВ 5.1
Масса пустого без двигателей, кг	18432	25367	19424	24060	23821	28114	19517	18049	24856	20288
Мощность одного двигателя, кВт	6685	5974	8748	8424	8380	7122	4570	10545	6426	5339
Цена вертолета, млн \$	49,21	67,67	54,48	66,98	66,23	77,44	49,38	53,14	66,74	52,45
Стоимость летного часа, долл/ч	13437	16997	14763	16770	17671	18853	12959	14705	16580	13676
Себестоимость тонно-километра, долл/ткм	3,80	5,67	4,47	5,59	3,93	8,38	4,32	6,05	8,29	4,38

Из данных табл. 3 следует, что наименьшую себестоимость транспортной работы имеют ПТВ-0 и ПТВ-3.1. Несколько проигрывают им ПТВ-5, ПТВ-5.1 и ПТВ-2.

На рис. 7 представлена диаграмма приоритетности, где рассматриваемые проекты расположены в координатах экономической и транспортной эффективности. Транспортная эффективность выражается в величине приведенной производительности, а экономическая эффективность обратна величине стоимости тонно-километра. Значения приведены к безразмерному виду путем деления показателя для конкретного варианта на сумму показателей для всех вариантов. Можно видеть, что по совокупности транспортной и экономической эффективности в группе лидеров находятся концепции ПТВ-0, ПТВ 3.1, а также ПТВ-5 и 5.1. Концепции ПТВ-4, 6 и 7 находятся в зоне наименьшей приоритетности, поскольку существенно уступают как по транспортной, так и по экономической эффективности. Отчасти это обусловлено меньшим весом целевой нагрузки, что снижает производительность.



Рис. 7. Диаграмма приоритетности в поле транспортной и экономической эффективности

Заключение

Комплексная сравнительная оценка ожидаемых характеристик альтернативных концептуальных вариантов ПТВ показала:

- по критерию приведенной производительности, определяющему функциональную эффективность транспортного вертолета, лидером является вариант ПТВ-3.1. Варианты ПТВ-0, 5.1 и 5 уступают ему 15—20% по этому показателю;

- наименьшую себестоимость тонно-километра имеет ПТВ-0. Вариант ПТВ-3.1 уступает ему 3%. Варианты ПТВ-2, 5 и 5.1 имеют себестоимость тонно-километра на 15% выше;

- по совокупности транспортной и экономической эффективности в группе лидеров находятся концепции ПТВ-0, 3.1, а также ПТВ-5 и 5.1;

Варианты ПТВ-0, ПТВ-5.1 и ПТВ-3.1 рекомендованы для дальнейшей проработки в рамках исследования перспективного тяжелого транспортного вертолета, входящего в авиационный транспортный комплекс. При этом варианты ПТВ-5.1 и ПТВ-3.1 соответствуют стратегии концептуального проектирования ПТВ, а вариант ПТВ-0 принят в качестве базового для сравнения.

Литература

1. Михеев В. Р. МВЗ им. М.Л. Миля 50 лет. М. «Любимая книга», 1998.
2. Гвоздев Н. Д., Косушкин К. Г. Разработка концепции транспортного вертолета грузоподъемностью 8—12 тонн. Материалы XXX научно-технической конференции по аэродинамике. ЦАГИ, 2019.
3. Скворцов Е. Б., Шелехова А. С. Концептуальное проектирование и системная интеграция технологий / Ученые записки ЦАГИ. — 2017. — Т. XLVIII, №5. — С. 54—62.
4. Бондарев А. В., Васин С. С., Коноплева В. М., Кукса В. И., Скворцов Е. Б., Чернавских Ю.Н., Чанов М. Н., Шелехова А. С. Концептуальное проектирование регионального транспортного самолета. Материалы XXX научно-технической конференции по аэродинамике. ЦАГИ, 2019.
5. Косушкин К. Г., Машкова Е. Н. Разработка автоматизированной системы формирования облика вертолета, отвечающего заданным требованиям ТЗ. Материалы XXII научно-технической конференции по аэродинамике. ЦАГИ, 2011.

6. *Кривцов В. С., Карпов Я. С., Лосев Л. И.* Проектирование вертолетов. Харьков, «ХАИ», 2003.
7. *Тищенко М. Н., Некрасов А. В., Радин А. С.* «Вертолеты. Выбор параметров при проектировании». М., Машиностроение 1976.
8. *Вильдгрубе Л. С.* Вертолеты. Расчет интегральных аэродинамических характеристик и летно-технических данных. М., «Машиностроение», 1977.
9. *Юрьев Б. Н.* Избранные труды, том I. Воздушные винты. Вертолеты. М., Издательство Академии наук СССР, 1961.
10. *Петров А. В.* Энергетические методы увеличения подъемной силы крыла. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 404 с
11. *Тищенко М. Н.* Выбор параметров вертолета на начальной стадии проектирования: учебное пособие. М. МАИ 2010

Согласование научных разработок в концептуальном проектировании транспортного самолета: метод и его приложение

*Васин С. С., инженер,
sergey.vasin@tsagi.ru*

*Коноплева В. М., инженер,
viktoria.konopleva@tsagi.ru*

*Скворцов Е. Б., к.т.н., заместитель начальника отделения,
skvortsov-tsagi@yandex.ru*

Шалашов В. В., ведущий инженер,

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

*Челомбитько А. В., старший научный сотрудник
avchel@ciam.ru*

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва

В процессе усложнения задач, которые ставятся перед авиационной отраслью, ключевым становится качественное управление научными проектами. Основным средством повышения эффективности управления является разработка методологии проектного управления как основы для осуществления как комплексных научно-технологических проектов, отличающихся сложной организацией, так и более простых проблемно-ориентированных проектов, посвящённых отдельным технологическим разработкам.

После решения о начале проекта на Этапе 0 жизненный цикл изделия осуществляется шаг за шагом. Этап 1 на концептуальной стадии (рис. 1) предназначен для выбора рациональной технической концепции и тех научных разработок, которые нужны для её осуществления. Для обеспечения максимальной эффективности технологических новшеств требуется согласование научных разработок на Этапе 2. Решение задач согласования позволяет перейти к оценке рисков. Высокорисковые разработки требуют своей валидации, которая осуществляется на Этапе 3 для доказательства их технической реализуемости.

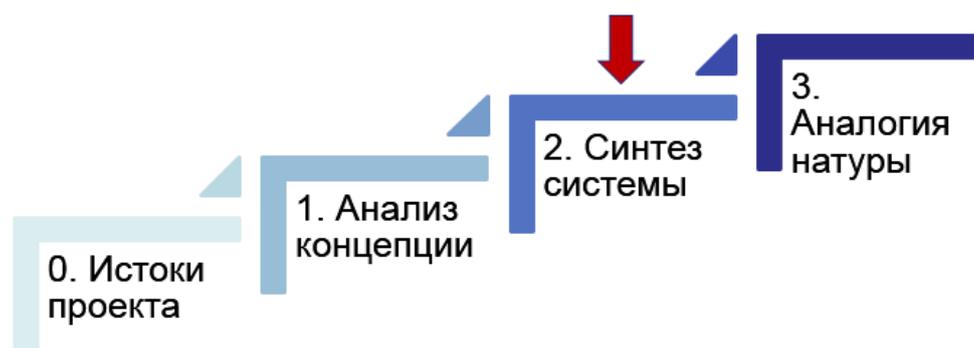


Рис. 1. Этапы концептуального проектирования

Настоящая работа посвящена формированию и применению метода согласования научных разработок на Этапе 2 «Синтез системы», где центральную роль играет непротиворечивое объединение разнородных технологических разработок в интегральном объекте исследования.

Следует отметить, что научную основу метода составляет теория иерархических систем [1], которая первое своё применение нашла при решении планово-экономических задач [2]. Необходимость в оптимизации лётно-технических характеристик самолёта [3] привела к решению ряда прикладных задач согласования планера и двигателей, когда были рассмотрены вопросы оптимизации режима работы двигателя и его согласования с другими элементами силовой установки [4], решены задачи выбора оптимальных размеров самолёта и его основных элементов [5].

В отличие от упомянутых работ настоящее исследование также, как известные экономические, использует представления теории множеств и теории систем. Решаются новые задачи проектирования регионального транспортного самолёта (РТС), связанные с формированием системы проектных параметров планера и двигателя.

В соответствии с порядком концептуальных исследований (рис. 1) задача синтеза системы является логическим следствием результатов (рис. 2), полученных на предыдущем Этапе 1 «Анализ концепции».

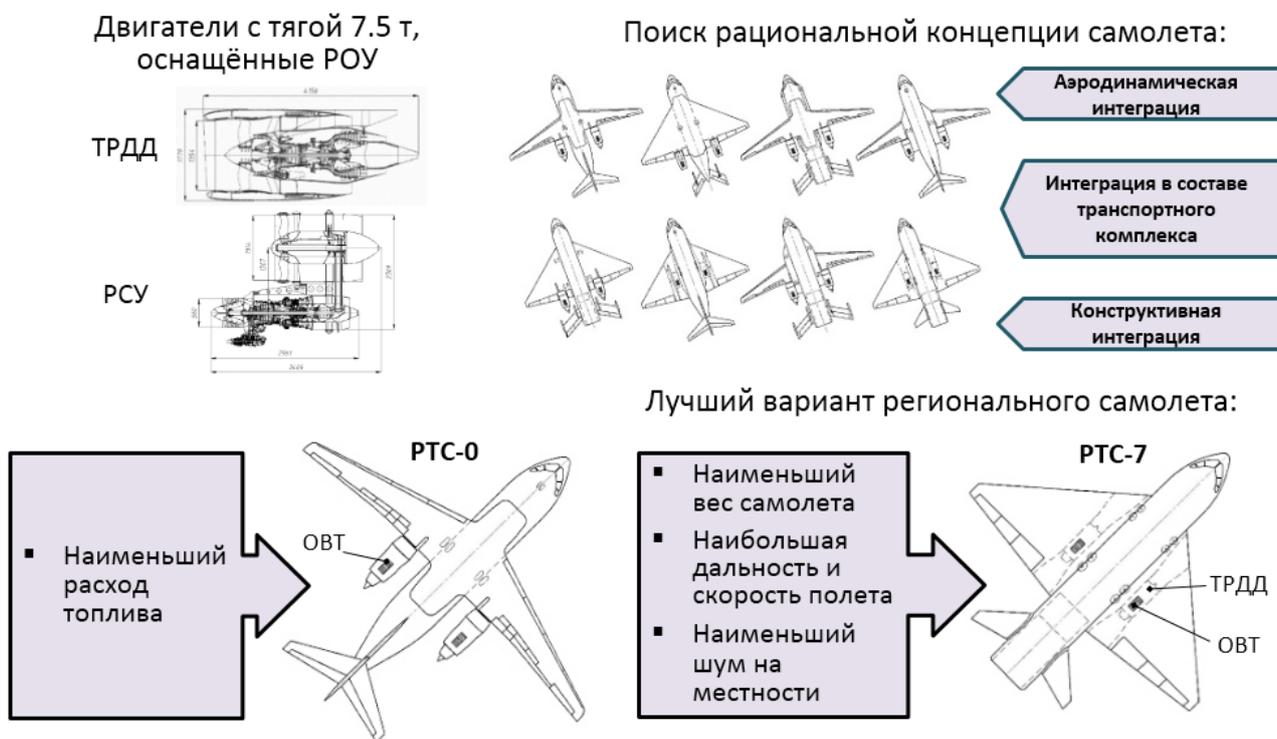


Рис. 2. Результаты Этапа 1 «Анализ концепции»

Материалы анализа концепции РТС опубликованы в трудах [6], где показано, что рациональной основой дальнейших исследований может служить концепция регионального транспортного самолёта (РТС-7) со струйным треугольным крылом. Однако сделанное при этом описание концепции не является полным.

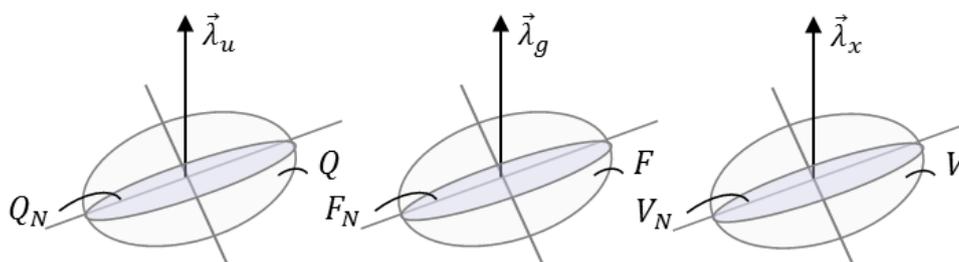
Действительно, полнофакторный проектный эксперимент, основанный на комбинаторной математической модели, потребовал перехода к морфологической модели, понятной проектировщику, с выделением основных проектных признаков, сочетание которых и позволило определить особенности каждого варианта концепции в отличие от других. Так, для концепции РТС-7 (табл. 1) все проектные признаки описывают максимальную степень интеграции для независимых факторов исследования.

Проектные признаки, соответствующие концепции РТС-7

S_0	Независимые факторы	Некоторые проектные признаки	Полезные эффекты
Q	Способ аэродинамической балансировки	Интегрированное с фюзеляжем хвостовое оперение в нормальной схеме	Аэродинамическая устойчивость и управляемость самолета по тангажу, рысканию и крену
F	Аэродинамическая форма планера и силовой установки	Малая поверхность трения, большая хорда, развитый центроплан или наплыв крыла для интеграции с фюзеляжем и силовой установкой, отсутствие пилонов, мотогондол и обтекателей шасси	Безопасность от сваливания, малое аэродинамическое сопротивление, увеличенная скорость полета, увеличенные несущие свойства, положительная аэродинамическая интерференция, «струйный» эффект (возможно синергетическое улучшение конструкции)
V	Устройство конструкции планера и силовой установки	Большая строительная высота лонжеронов (относительная толщина) крыла, уменьшенная поверхность обшивки	Облегченная конструкция, повышенная прочность и жесткость (возможно синергетическое улучшение аэродинамики)

В соответствии с этими рекомендациями и известными требованиями к РТС специалисты выполнили геометрическую модель и на её основе многодисциплинарное исследование возможных характеристик самолёта. Конечно, простейшая модель (Рисунок 2) и экспресс-описание технических систем самолёта не может в дальнейшем рассматриваться как исчерпывающее и окончательное. Следовательно, и работа по формированию концепции самолёта ещё не завершена.

В соответствии с теоретико-множественными представлениями концепция есть сочетание нескольких принципов (рис. 3). Каждый из принципов является вектором, направленным на достижение поставленной цели. Его направление характеризуется ортом-идеей, а скалярная величина локальной системой.

Рис. 3. Принципы способа действия \vec{Q} , формы \vec{F} и устройства \vec{V}

Для выбора концепции из числа возможных на предшествующем этапе достаточно было описать только отличительные признаки варианта, составляющие основу (Q_N , F_N , V_N) системы, и в общем чертах, характеризующие полезность этих идей в сравнении с другими. Но по итогам сравнения и выбора рациональных идей осталась неопределённость в описании локальных и интегральной системы, которую необходимо преодолеть, чтобы получить возможность верификации систем.

Тогда математическая постановка предстоящей задачи исследования может быть сформулирована следующим образом.

Постановка задачи

В результате предшествующих исследований в числе входных данных Этапа 2 выделяется замысел концепции

$$\vec{K}_N \subset \vec{\sigma}_N \times S_N, \quad (1)$$

состоящий из имени концепции $\vec{\sigma}_N$, объединяющем смысл и логику идей $\vec{\lambda}$ достижения общей цели

$$\vec{\sigma}_N = \{(\vec{\lambda}_x, \vec{\lambda}_u, \vec{\lambda}_g)\}, \quad (2)$$

и системы признаков способа действия ($Q_N \subset Q$), устройства ($V_N \subset V$) и формы ($F_N \subset F$)

$$S_N \subset V_N \times F_N \times Q_N, \quad (3)$$

где система проектных признаков является лишь частью интегральной объектовой системы S_0

$$S_N \subset S_0. \quad (4)$$

Неразвитая модель и неопределённости системы признаков порождают необходимость создания интегральной объектовой системы

$$S_0 \subset V \times F \times Q, \quad (5)$$

с упорядоченными тройками фазовых параметров (x, g, u) , в т.ч. структурных x , формы g и организации u

$$S_0 = \{(x, g, u) | x \in \vec{V} \wedge g \in \vec{F} \wedge u \in \vec{Q}\}, \quad (6)$$

образующих наиболее эффективное сочетание и производящих показатели качества такие, что оптимальная целевая система, включающая модели полезного эффекта E , ресурсов R и внешних нагрузок P

$$\hat{S}_z = \max_{P \subset N_p} \{E / R\}. \quad (7)$$

Метод согласования элементов самолёта

Летательный аппарат (ЛА) является сложной объектовой системой, в которую входят разнородные локальные системы (подсистемы). Специалисты по силовой установке, системам управления и конструкции оптимизируют технические параметры каждый в рамках своей подсистемы. Однако проблема построения интегральной объектовой системы при концептуальном проектировании требует согласованных технических решений. На рис. 4 показана последовательность действий, приводящая к созданию оптимальной объектовой системы самолёта.

Сложную систему трудно описать полно и детально. Классическая дилемма состоит в нахождении компромисса между простотой описания и необходимостью учёта многочисленных характеристик типа «вход-выход» для элементов сложной системы. Разрешение этой дилеммы ищется в иерархическом описании. Для решения специализированных задач выделяются локальные системы (подсистемы), каждая подсистема классифицируется на страты с рядом характерных особенностей, например, рис. 5.

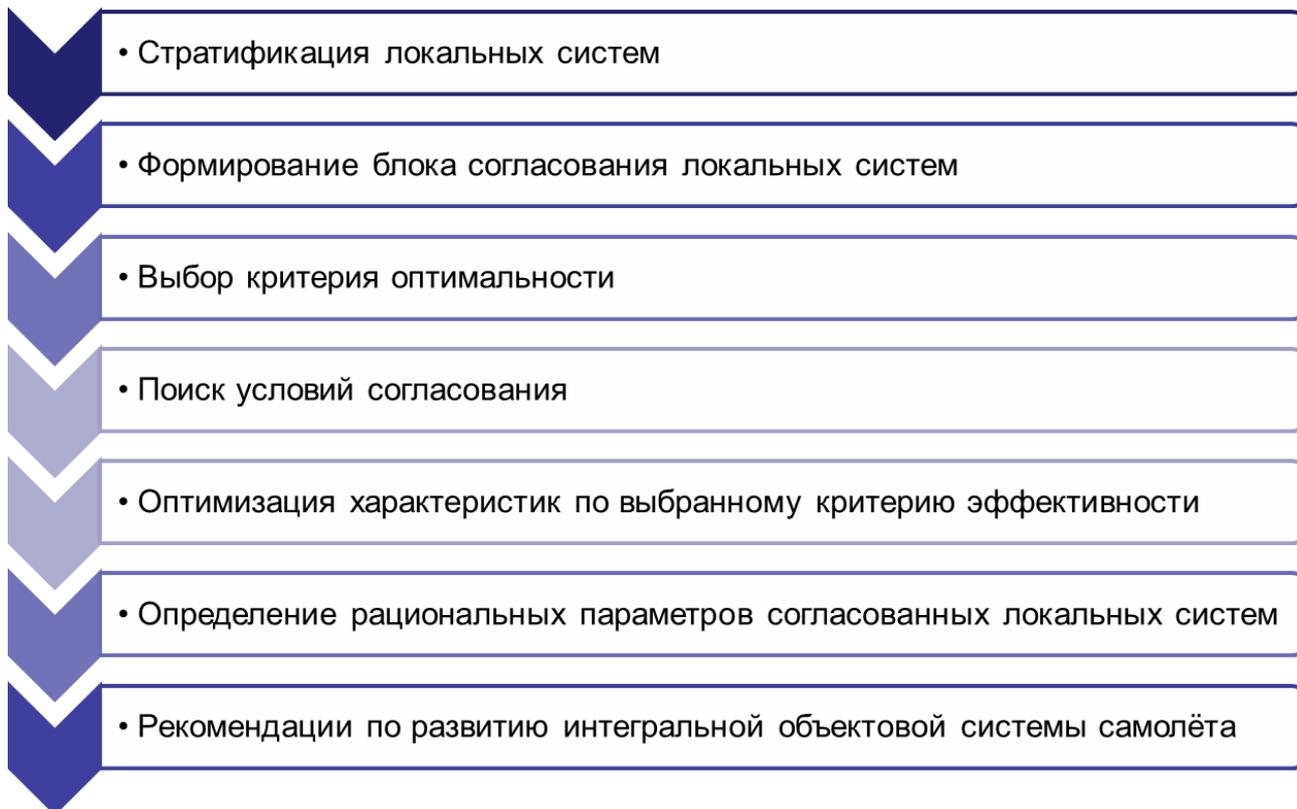


Рис. 4. Этапы концептуального проектирования

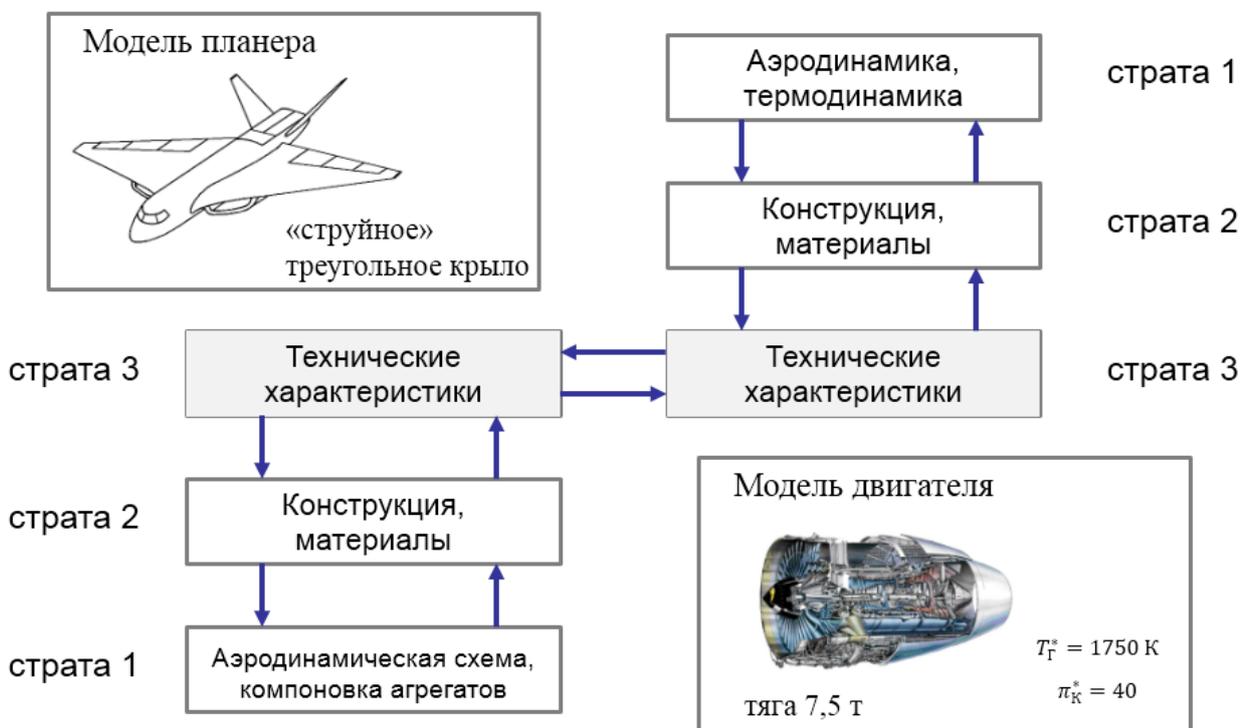


Рис. 5. Стратификация подсистем планера и двигателя

Понимание системы возрастает при последовательном переходе от одной страты к другой. Стратификация неразрывно связана с интерпретацией производимых подсистемой действий. Контекст, в котором рассматривается подсистема, определяет какие страты необходимо использовать. Для обеих подсистем (планер и двигатель) стратифи-

кация возможна, например, на трёх уровнях. На первых двух уровнях описания подсистем в общем случае не связаны между собой. На третьей ступе возможно проведение процедуры согласования, так как именно здесь проявляется функциональная зависимость разнородных локальных систем (рис. 6).



Рис. 6. Функциональная зависимость планера и двигателя

Проектные исследования в соответствии с методом согласования элементов самолёта

Рассмотрим синтез системы «планер-двигатель» в составе самолёта для достижения максимально возможной дальности полёта. С этой целью решено три задачи согласования:

- выбор рациональной геометрии крыла;
- выбор рациональной степени двухконтурности ТРДДсм;
- выбор рациональной взлётной тяги ТРДДсм.

При оптимизации дальности полёта используется комплексный подход, учитывающий эффективность ТРДД, аэродинамику самолёта и вес силовой установки.

Дальность крейсерского полёта на участке прямолинейного установившегося движения, определяется известным выражением

$$L = \frac{V \times K}{C_R} \ln \frac{1}{1 - \bar{G}_T} \rightarrow \max, \quad (8)$$

где:

- V — скорость крейсерского полёта;
- K — аэродинамическое качество самолёта;
- C_R — удельный расход топлива СУ;
- \bar{G}_T — относительный вес топлива.

Для достижения максимально возможной дальности крейсерского полёта выполняется согласование планера и силовой установки, которые характеризуются:

- аэродинамической полярной планера $C_y (C_x)$;
- дроссельной характеристикой $C_R(C_p)$, где C_p — коэффициент тяги силовой установки.

Для оценки аэродинамического совершенства самолёта служит аэродинамическое качество

$$K = \frac{C_y}{C_x}, \quad (9)$$

где:

C_x — коэффициент силы аэродинамического сопротивления;

C_y — коэффициент подъёмной силы.

Тяга силовой установки задаётся выражением [4]

$$P = C_p q S, \quad (10)$$

где:

q — скоростной напор;

S — площадь крыла.

В число условий крейсерского полёта с постоянной скоростью входит соотношение

$$C_x = C_p, \quad (11)$$

откуда следует, что обе подсистемы можно рассматривать на общем плане согласования. Отношение $\frac{K}{C_R}$ является частным критерием согласования характеристик планера и силовой установки при заданной скорости $V = \text{const}$.

Отметим, что необходимая длина ВПП для двухдвигательного самолёта обеспечивается при средней тяге ТРДД на разбеге около 6 тс. Другим требованием к тяге являются условия крейсерского полёта. Неопределённость ожидаемых результатов согласования с планером делает необходимым задание диапазона возможных параметров двухконтурного двигателя. Если уровень технического совершенства, рассматриваемого ТРДД, его схема и термодинамические параметры заданы, то в качестве свободного параметра в этом исследовании может рассматриваться степень двухконтурности, от которой зависит экономичность двигателя (рис. 7), его геометрия и вес (рис. 8).

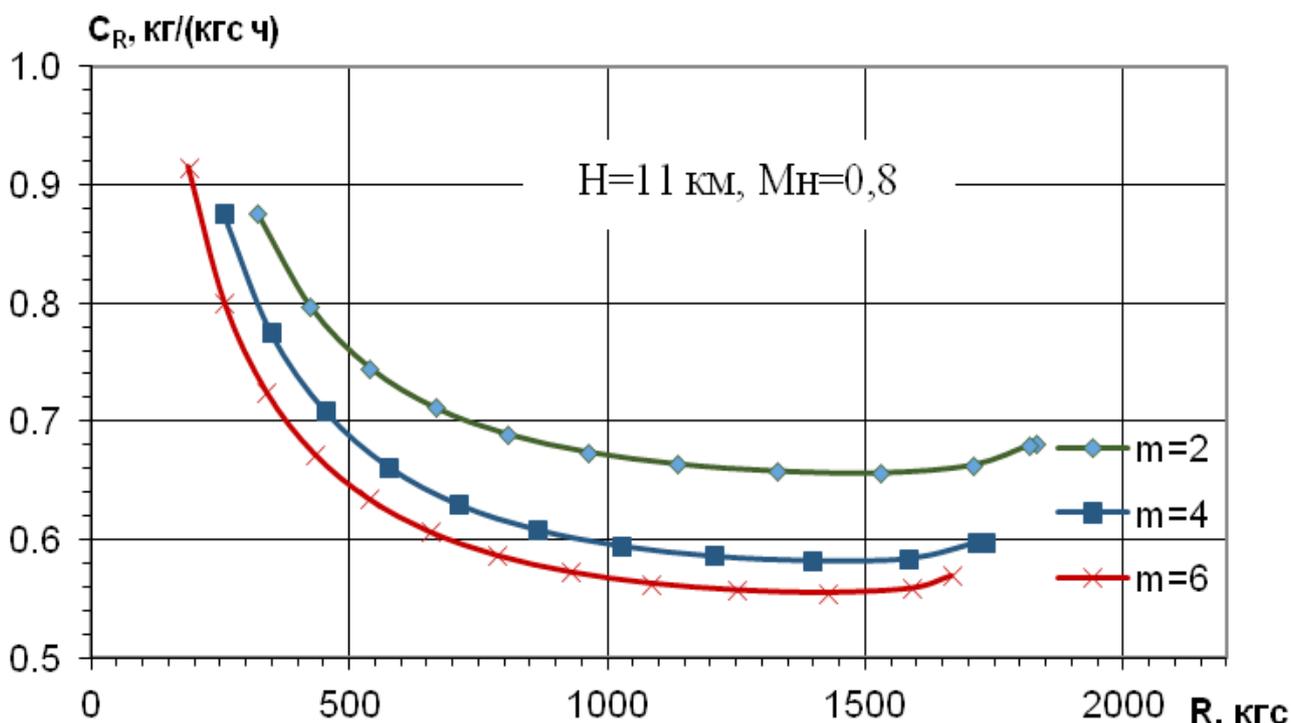


Рис. 7. Удельный расход топлива в зависимости от тяги в полёте

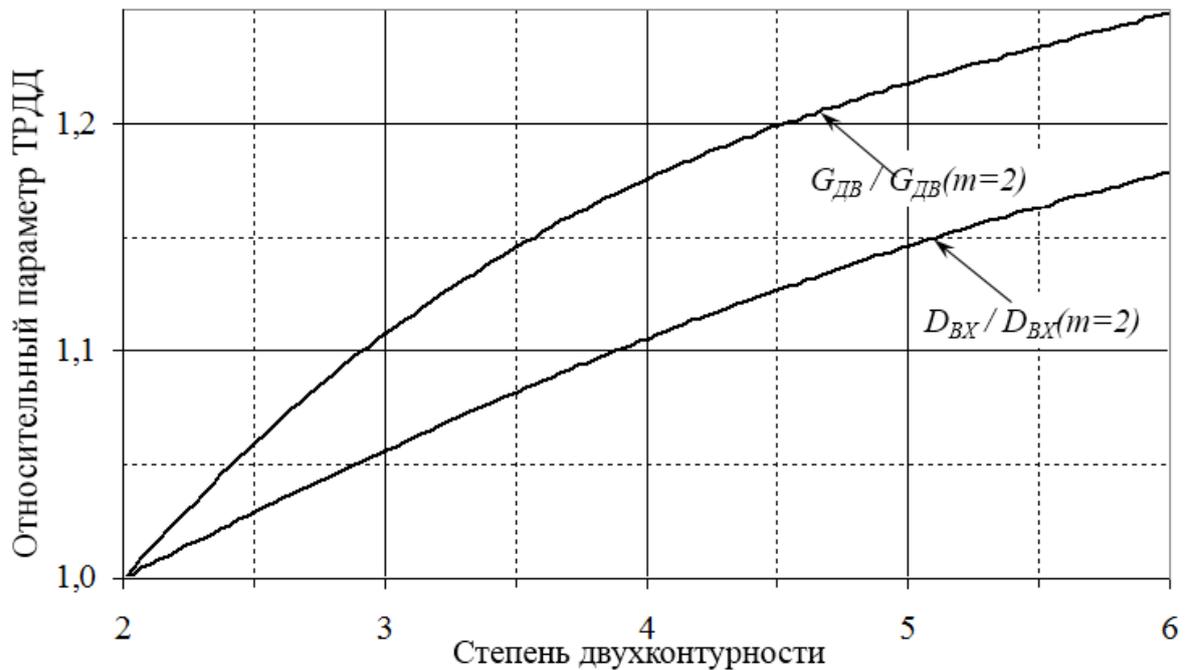


Рис. 8. Геометрия ($D_{ВХ}$) и вес двигателя ($G_{ВХ}$)

В тоже время изменение степени двухконтурности приводит к изменению весовых значений таких элементов как каналы воздухозаборника и сопла с реверсивно-отклоняющим устройством, что в свою очередь влияет на относительный вес топлива, входящий в (8). Поэтому для определения изменений в дальности крейсерского полёта вводится функция изменения веса, которая задаётся соотношением [3]

$$\bar{F}_G(m_0) = 1 + \beta \Delta \bar{G}_T, \quad (12)$$

где:

β — коэффициент, показывающий на сколько процентов изменяется дальность полёта при изменении конечного веса самолёта на 1%;

$\Delta \bar{G}_T$ — изменение относительного веса топлива в сравнении с базовым вариантом.

Изменение относительного веса топлива за счёт изменения веса силовой установки, определяется по формуле

$$\Delta \bar{G}_T = \Delta \bar{G}'_{СУ} = \bar{G}_{СУ_{m=2}} - \bar{G}_{СУ_{m=i}}, \quad (13)$$

где

$\bar{G}_{СУ_{m=2}}$ — вес СУ при степени двухконтурности $m_0=2$;

$\bar{G}_{СУ_{m=i}}$ — вес СУ при степени двухконтурности $i=2, 4, 6$.

Таким образом для определения оптимальных технических характеристик системы анализируется показатель

$$\frac{K}{C_R}(m_0) \cdot \bar{F}_G(m_0) \rightarrow \max, \quad (14)$$

который является критерием сравнения в параметрических исследованиях.

Другой неопределённостью проекта является аэродинамическая компоновка крыла с заданной в плане геометрией. Принято оптимизировать аэродинамические характеристики крыла выбором его профилей в продольных сечениях по размаху, а также формированием срединной поверхности крыла, несущей информацию о его кривке. Однако изолированное формирование геометрии крыла вне связи с крейсерскими харак-

теристиками двигателей может не дать результата, наилучшего для самолёта. Поэтому в исследование включаются два варианта крыла — с плоской срединной поверхностью и с кривой, — имеющие различные аэродинамические поляры (рис. 9).

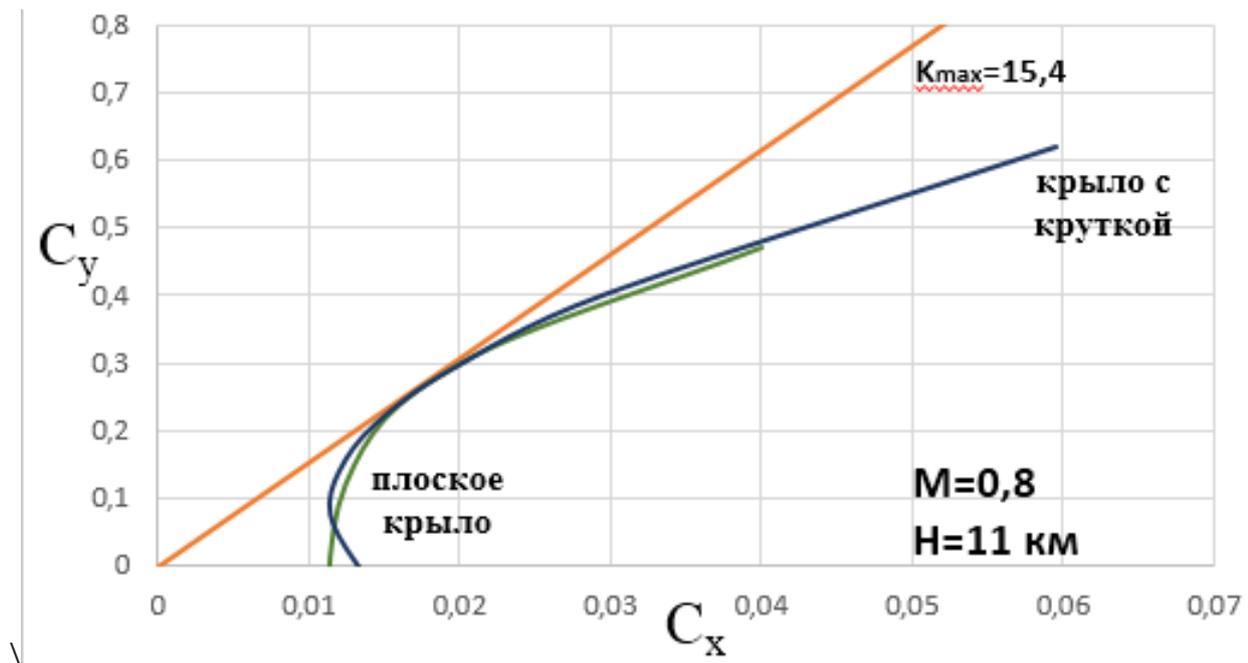


Рис. 9. Поляры для различных профилировок крыла

Результаты решения задачи согласования с выбором рациональной геометрии крыла представлены на рис. 10. Получено, что предпочтительным вариантом является крыло с кривой. В связи с этим результаты аэродинамической оптимизации позволили полностью определить в ЦАГИ трехмерную модель геометрии крыла с оптимальным набором профилей (автор Болсуновский А. Л.).

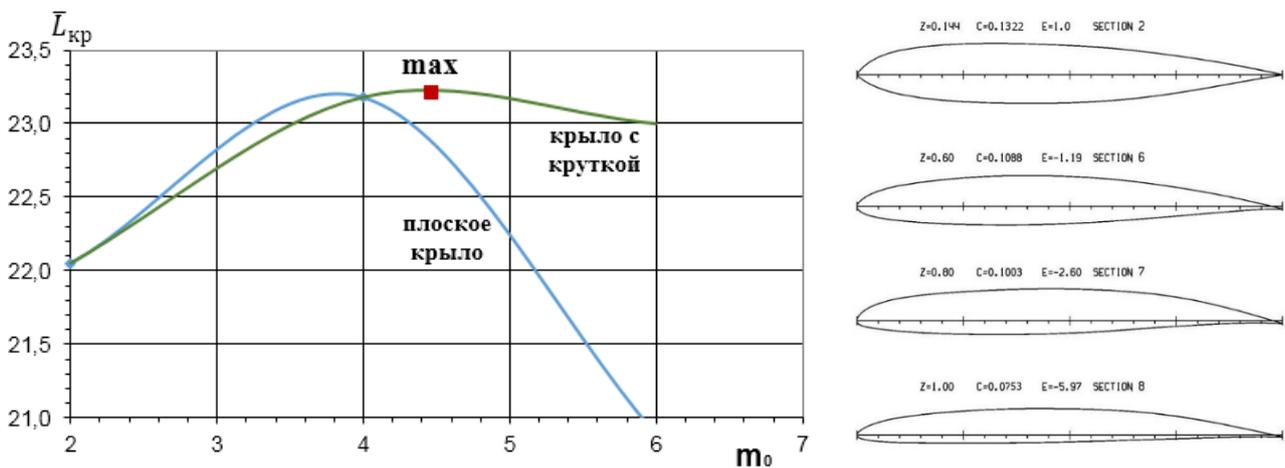


Рис. 10. Результат согласования и оптимальная геометрия крыла

Результаты решения задачи согласования с выбором рациональной степени двухконтурности ТРДДсм представлены на рис. 11—12. Определена оптимальная степень двухконтурности, равная $m_0 = 4,5$.

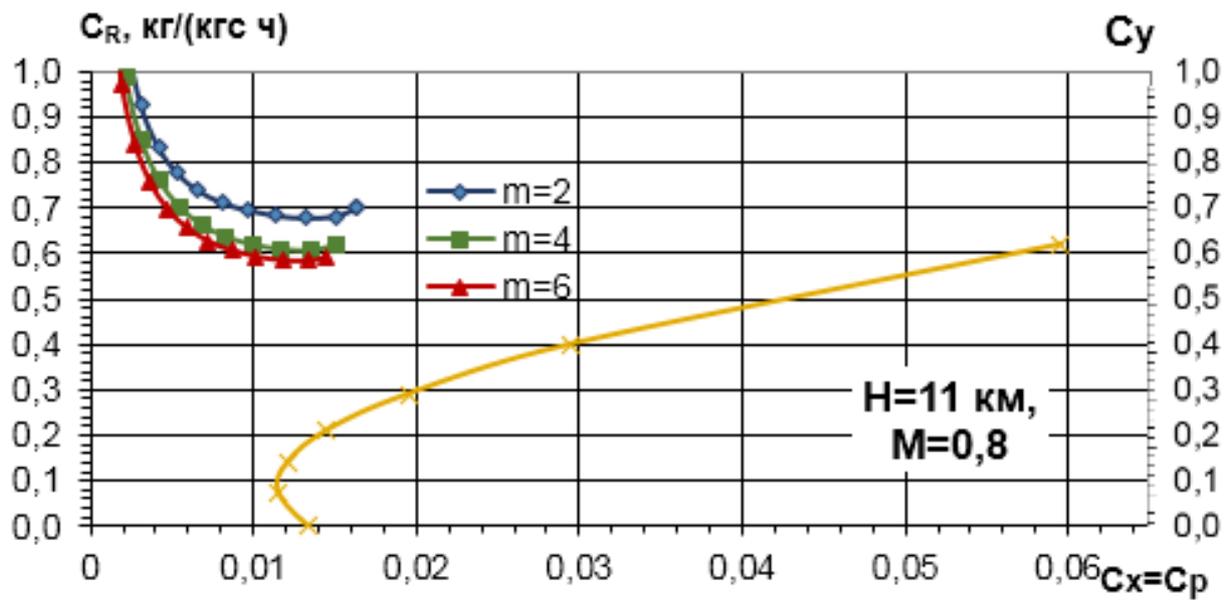


Рис. 11. План согласования

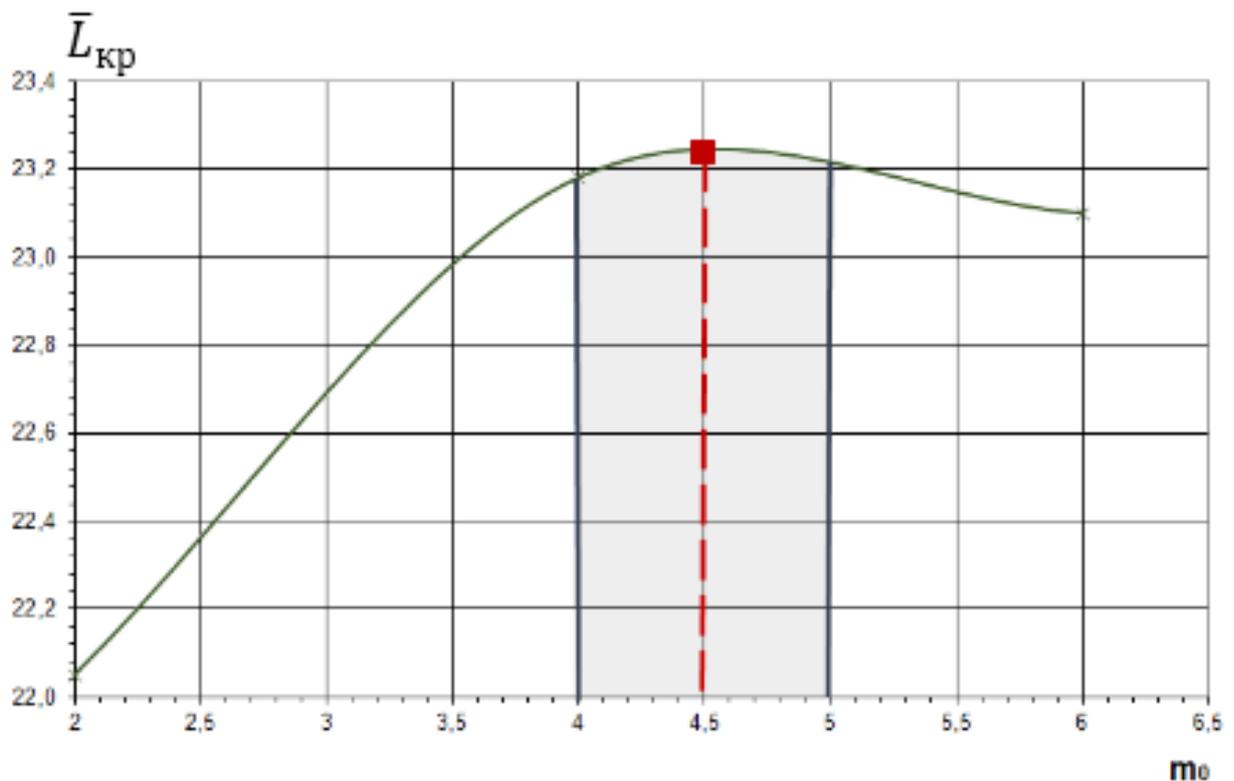


Рис. 12. Результат согласования

Полученные данные позволили внести определённую в возможные параметры ТРДДСм для проекта РТС-7. В ЦИАМ был разработан проект двигателя со степенью двухконтурности $m_0=4,5$ (рис. 13).

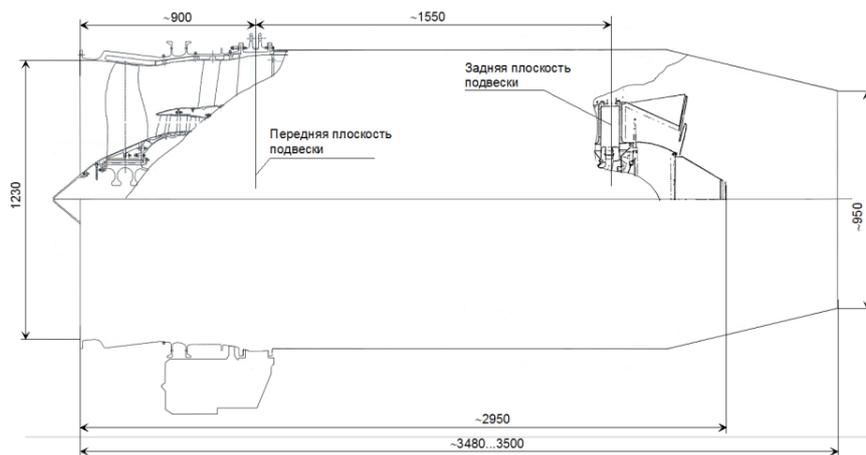


Рис. 13. Разработанный в ЦИАМ двигатель

При этом следует отметить, что решение задачи согласования с планером состоялось на пределе возможностей двигателя по тяге в крейсерском полёте. Это создаёт риски ухудшения характеристик самолёта в случае неполной технической реализации характеристик планера и двигателя. В связи с этим рассмотрена возможность увеличения стендовой тяги на 10% — с 7,5 тс до 8,3 тс.

Результаты решения задачи согласования с выбором рациональной взлётной тяги ТРДДсм представлены на рисунке 14.

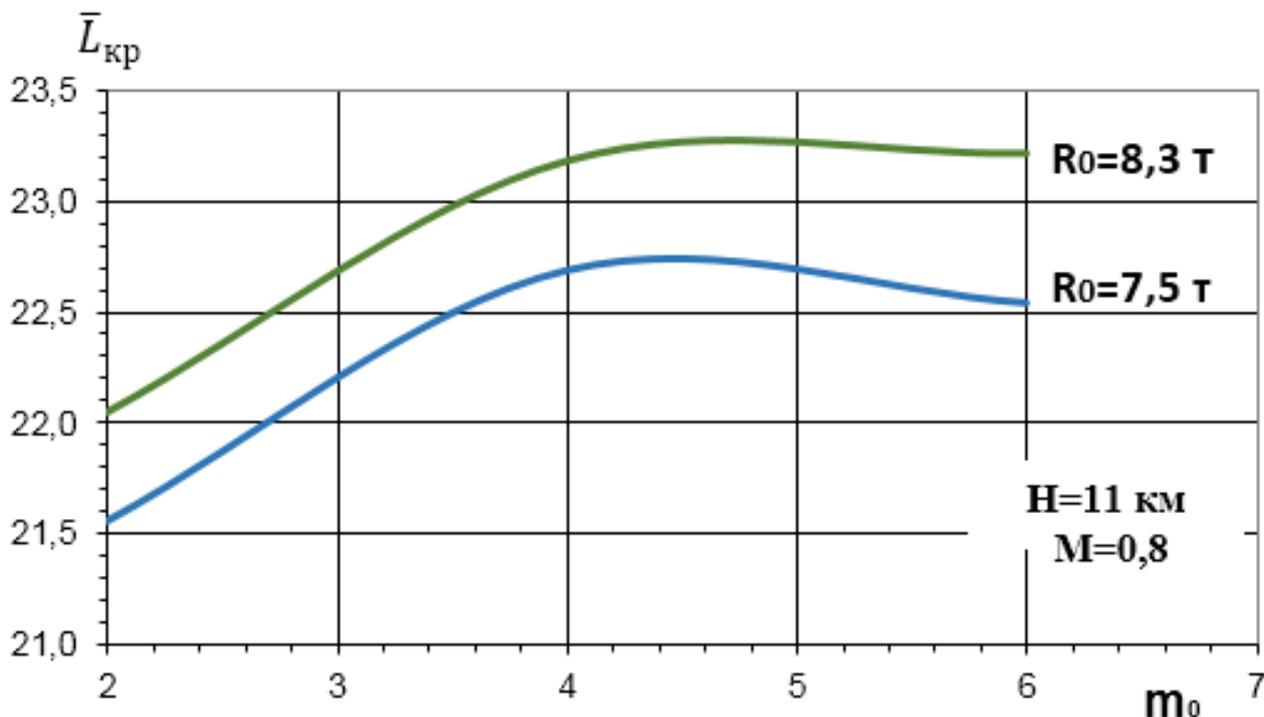


Рис. 14. Результат согласования

Установлено, что увеличение взлётной тяги на 10% приводит к увеличению дальности полёта на 2% и уменьшению длины потребной ВПП на 9%. При этом размеры ТРДДсм в силовой установке самолёта будут увеличены на 5%, но общий критерий эффективности выше при большей тяге двигателя.

Таким образом метод согласования характеристик планера и двигателя в концепции РТС-7 позволяет выбрать основные проектные решения для интегральной системы самолёта (рис. 15).

Принятые проектные решения:

1. Крыло:

- площадь крыла 200 м²;
- аэродинамическая профилировка с куткой.

2. Двигатели:

- тип ТРДДсм;
- взлётная тяга 2х8,3 т;
- степень двухконтурности 4,5
- интегрированы в крыло.

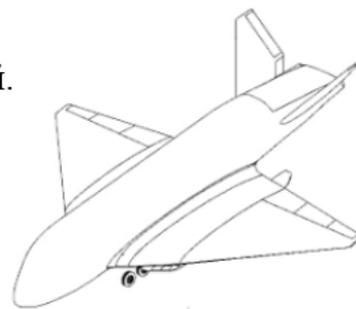


Рис. 15. Проектные решения

Благодаря этому разработана модель поверхности самолёта в качестве универсальной базы данных для многодисциплинарных исследований на основе конечно-элементных методов в области аэродинамики и прочности.

Заключение

1. На основе теории иерархических систем разработан метод согласования технически разнородных локальных систем в проекте самолёта.

2. В условиях крейсерского полёта выполнено согласование планера и силовой установки регионального транспортного самолёта интегральной схемы. Выбранные параметры обеспечили наилучшие характеристики самолёта.

3. По результатам согласования разработаны крыло с оптимальной аэродинамической профилировкой и ТРДДсм с оптимальной степенью двухконтурности. Выбрана увеличенная взлётная тяга двигателя.

4. Выполнен синтез согласованных локальных систем в интегральной системе самолёта.

Литература

1. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. / Пер. с англ., М: Мир, 1973

2. Багриновский К. А. Основы согласования плановых решений / М., Наука, 1977

3. Шкадов Л. М. Лекции по оптимизации режимов полета и параметров самолетов / МФТИ, 1970

4. Югов О. К., Селиванов О. Д. Согласование характеристик самолёта и двигателя / М., Машиностроение, 1975

5. Югов О. К., Селиванов О. Д. Основы интеграции самолёта и двигателя / М., Машиностроение, 1989

6. Бондарев А. В., Васин С. С., Ковалев И. Е., Коноплева В. М., Скворцов Е. Б., Чанов М. Н., Шелехова А. С. Управление качеством технической концепции перспективного транспортного самолета на начальной стадии проектирования / Четвёртая научно-практическая конференция «Проблемы управления научными исследованиями и разработками-2018»: Сб. науч. тр. [Электронный ресурс] — Москва, 2019. — С. 41 — 59

Стратегические подходы к развитию цифровых основ научно-технического развития в сфере электро- и теплоэнергетики России

*Гребчак Е. П., к. э. н., директор Департамента оперативного контроля и управления в электроэнергетике,
grabchak.eugene@gmail.com*

*Логинов Е. Л., д. э. н., профессор РАН, начальник службы Ситуационно-аналитического центра
loginovel@mail.ru*

Министерство энергетики России, г. Москва

Введение

Существующая система управления научно-техническим развитием в сфере электро- и теплоэнергетики России, сложившаяся в постсоветский период, имеет низкую эффективность: фактически является набором отдельных систем управления госведомств и компаний, стихийно формировавшихся под влиянием часто и бессистемно меняющихся, нередко противоположных, трендов — указаний, концепций, стратегий разного уровня, принятых после корпоративной дезинтеграции ЕЭС России.

Минэнерго России для упорядочения этих процессов сформировало проект «Цифровая энергетика». Целью его создания является цифровая трансформация отраслей ТЭК с учетом приоритетов, обозначенных Президентом РФ, и положений национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [4].

Реализация проекта «Цифровая энергетика» требует учета следующих проблем и путей их решения.

Проблемы информационной основы научно-технического развития

Единого информационного механизма, который бы увязывал оргструктуры организационных единиц, занимающихся научно-техническими проблемами в электро- и теплоэнергетике России, нормативно-правовую базу и информационные системы и вычислительные мощности сейчас пока нет, хотя ряд информационных сервисов для решения этих проблем учтен в рамках Государственной информационной системы топливно-энергетического комплекса (ГИС ТЭК) (межкорпоративное электронное взаимодействие, отраслевая платформа распределенной обработки данных и пр.).

Элементы такой системы ранее пытались создавать, например, как в оборонных корпорациях, так и в системе Минобороны России (например, система управления жизненным циклом продукции и пр.). Однако, до логического завершения эти системы не были доведены и носили ярко выраженный сегментный характер, в принципе не ставя задач восстановления эффективных элементов системы управления и планирования развитием науки и техники советского периода с их адаптацией к современным нормативно-правовым реалиям, корпоративной структуре экономики, системе госведомств России [1].

При этом, имеются — отсутствовавшие в советский период — новые возможности конвергентной интеграции информационных, телекоммуникационных и вычислительных сервисов в рамках создания распределенной информационно-вычислительной сре-

ды на основе имеющихся информационно-вычислительных мощностей государственных ведомств и компаний с государственным участием.

Информационно-вычислительная поддержка научно-технического развития

Решение проблем информационно-вычислительной поддержки управления научно-техническим развитием в сфере электро- и теплоэнергетики России в рамках приоритетов развития цифровой экономики требует:

— обеспечения реальной объединенности международно распределенных участников научно-технической деятельности в рамках интеграционной консолидации предприятий независимо от формы собственности во временные [ситуационные] инновационные кластеры (на организационной основе корпоративных групп компаний с госучастием при выполнении государственного и муниципального заказа) по разработке и коммерциализации новых технологий в рамках интеграции информационной инфраструктуры министерств, ведомств и госкорпораций (прежде всего, Минэнерго России, Минпромторга России, Минобрнауки России, ГК «Ростех» и пр.) как организационного центра мультиагентной оргструктуры управления научно-технической деятельностью в электро- и теплоэнергетике России;

— интегрирования организационно-экономических механизмов управления всем комплексом участников научно-технической деятельности в отрасли с позиций интеллектуальной трансформации управленческих механизмов в сфере науки и техники на основе использования виртуальных интеллектуальных управленческих сред конвергентного характера (цифровизация всех бизнес-процессов) на основе комплексного внедрения 2D, 3D, 4D, 5D и пр. моделирования;

— выяснения спросовых сигналов со стороны товаропроизводителей государственных участников ЕАЭС с целью возможности расширения встречных поставок в рамках ЕАЭС по позициям спроса и предложения (при реализации приоритетов евразийско-союзного импортозамещения) — на основе интегрированного управления в рамках мультиагентной организационной структуры управления научно-технической деятельностью через создание и конфигурирование многослойных информационно-управляющих полей в привязке к кооперационным цепочкам предприятий России и других государств-членов ЕАЭС.

Формирование распределенной информационно-вычислительной среды

Единый информационный механизм в рамках создания распределенной информационно-вычислительной среды должен включать, прежде всего:

— адаптированные к новым задачам оргструктуры госведомств и энергетических компаний во взаимосвязи с конфигурацией архитектуры ведомственных информационных систем;

— качественно новую многофункциональную цифровую управленческую среду, позволяющую на основе современных информационных и вычислительных сервисов интегрировать функции управления, мониторинга и контроля, а также синхронизацию работы в отношении:

— информационного и организационного взаимодействия всех государственных ведомств и коммерческих структур, имеющих отношение к функционированию организационных единиц, занимающихся научно-техническими проблемами в электро- и теплоэнергетике России;

— координирования финансово-хозяйственной деятельности энергокомпаний всех форм собственности, участвующих в технологических цепочках (организационного хода научно-технических процессов: научные исследования, проектирование, производство, поставка, обслуживание и т.п.) и т.п. [1; 2].

Заключение

Координирование [импортозамещающего] пакета встречных заказов и поставок в рамках приоритетов импортозамещения должно быть основано на планах модернизации основных производственных фондов группы ключевых энергокомпаний России — с выделением в рамках этой группы ключевых компаний укрупненных технологических платформ, организационно определяющих приоритеты, программы и структуры в отношении создания распределенной информационно-вычислительной среды на основе имеющихся информационно-вычислительных мощностей государственных ведомств и компаний с государственным участием в рамках приоритетов развития цифровой экономики.

При формировании российской стратегии цифрового преобразования электро- и теплоэнергетики необходимо принимать во внимание, что отрасль существует в условиях международных санкций на поставки электроэнергетического оборудования, отсутствия производства ряда компонентов и целых классов энергетического оборудования на территории России, высокой стоимости заемного финансирования и низкой инвестиционной активности [3]. Поэтому в стратегический документ научно-технического развития в сфере электро- и теплоэнергетики России необходимо включать вопросы преимущественного использования российских решений и технологий, создание стимулов для развития российского производства, а также создание инвестиционной привлекательности отраслевых научно-технических проектов.

Литература

1. Барикаев Е. Н., Логинов Е. Л., Эриашвили Н. Д. Построение контура стратегического управления научно-техническим развитием в оборонно-промышленном комплексе России // Образование. Наука. Научные кадры. 2015. № 1. С. 156—161.
2. Борталевич С. И., Грабчак Е. П., Логинов Е. Л., Шкута А. А. Адаптация стратегий развития компаний для работы на будущих мировых рынках, которые будут созданы при развитии ключевых научно-технических трендов в условиях цифровой революции // Образование. Наука. Научные кадры. 2018. № 4. С. 229—234.
3. Грабчак Е. П., Медведева Е. А., Васильевна И. Г. Как сделать цифровизацию успешной // Энергетическая политика. 2018. № 5. С. 25—29.
4. Минэнерго РФ сформировало проект «Цифровая энергетика» [Электронный ресурс] // <https://iot.ru/energetika/minenergo-rf-sformirovalo-proekt-tsifrovaya-energetika> (Дата обращения: 12.11.2019)

Предварительная оценка целесообразности применения распределенных электросиловых установок на самолетах местных воздушных линий

Егошин С.Ф., инженер,

Смирнов А.В., к.т.н., заместитель начальника отделения,

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени проф. Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Настоящая работа выполнена в продолжение исследований [1], направленных на поиск новых технических решений, которые могли бы способствовать улучшению транспортной доступности в отдаленных и труднодоступных районах Российской Федерации (рис. 1):

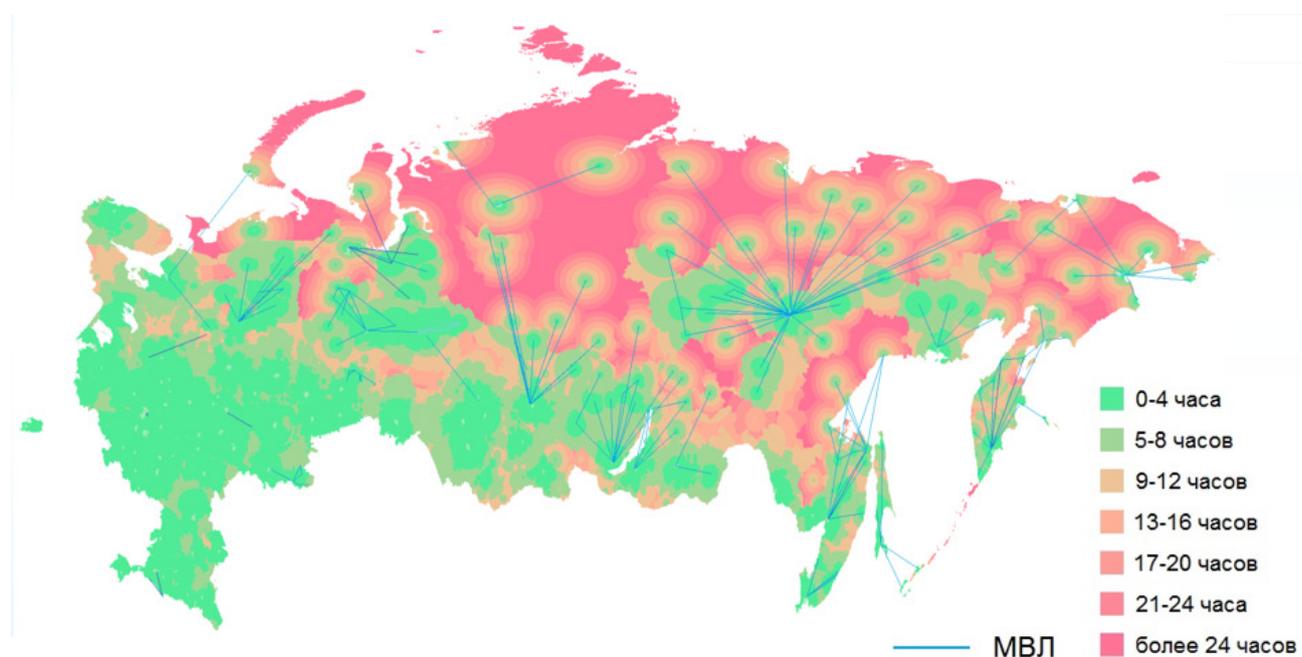


Рис. 1. Транспортная доступность в регионах Российской Федерации в 2015 году [2]

Уровень транспортной доступности для населения, проживающего на отдаленных и труднодоступных территориях страны (это более чем 50% территории РФ), существенно отличается от уровня транспортной доступности для населения центральных и южных регионов России — регионов с развитой наземной инфраструктурой транспорта. Развитие авиационного транспорта на этих территориях является приоритетной задачей государства. Однако снижение степени неравенства, а тем более полное устранение транспортной дискриминации, связано как с вложением огромных инвестиционных ресурсов, так и с последующими затратами на поддержку функционирования региональных транспортных систем.

Задачей отечественной авиационной науки является поиск новых технологий (технических и компоновочных решений) для создания воздушных судов (ВС), которые позволили бы значительно снизить затраты государства на организацию местных авиалиний в отдаленных и труднодоступных районах страны.

Рассматриваемая технология

В настоящей работе рассматривается целесообразность применения на самолете местных воздушных линий (МВЛ) гибридной силовой установки для создания энергетическим способом дополнительной подъемной силы на взлете. Использование обдувки крыла вспомогательной распределенной (многовинтовой) электрической силовой установкой (РЭСУ) направлено на улучшение взлетно-посадочных характеристик (ВПХ) самолета (МВЛ). Оценка производится на основе характеристик, полученных для варианта самолета L-410UVP (далее L-410), на крыле которого смонтирована распределенная электросиловая установка (рис. 2, [3]).

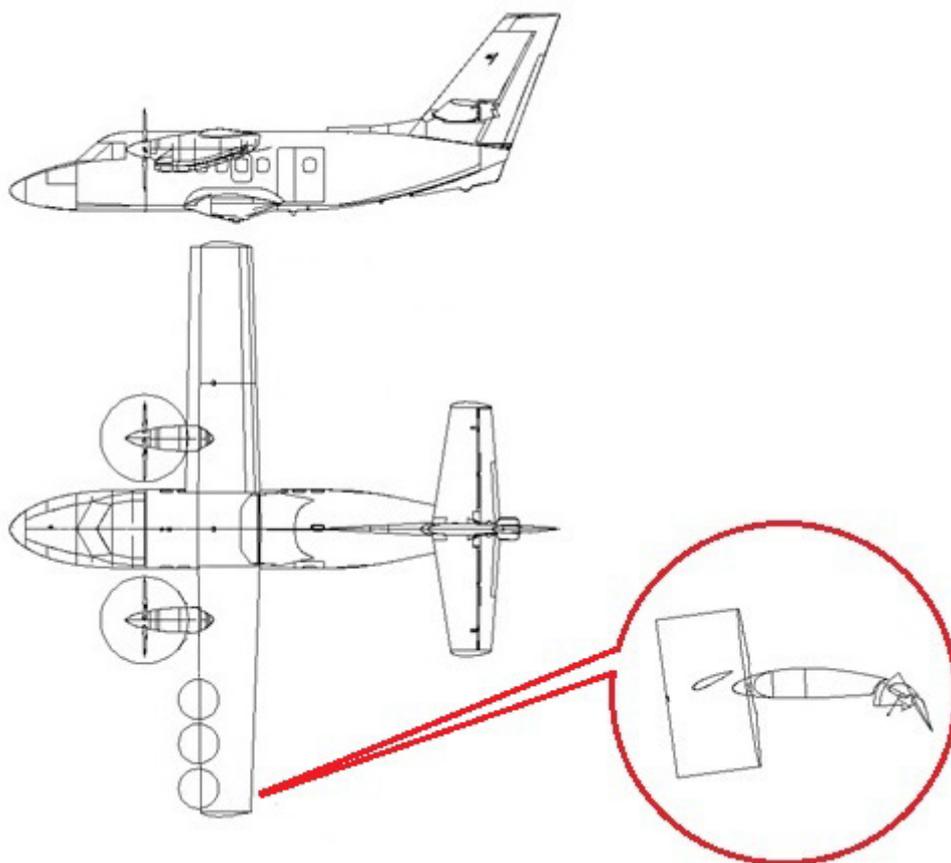


Рис. 2. РЭСУ обдувки крыла для самолета L-410

В состав РЭСУ входят:

- безредукторные электрические двигатели с контроллерами;
- воздушные винты (22 штуки);
- аккумуляторные батареи;
- электропроводка;
- крепежные элементы (10% от суммарного веса прочих элементов РЭСУ);
- механизм уборки-выпуска воздушных винтов.

РЭСУ обдувает крыло самолета только на режимах взлета и посадки. В крейсерском полете РЭСУ убирается в отсеки, расположенные в передней части крыла. Для удобства самолет L-410, на котором смонтирована РЭСУ, далее будем называть L-410 КВП (L-410 короткого взлета и посадки). При монтаже РЭСУ не затрагиваются остальные элементы конструкции L-410 и сохраняется ограничение максимальной взлетной массы. Так как далее в крейсерском полете винты РЭСУ убираются в крыло, аэродинамика самолета остается прежней, следовательно, не изменяются крейсерская скорость самолета и максимальная дальность полета.

Предварительные оценки [3] взлетно-посадочных характеристик самолета L-410 КВП показали, что потребная длина ВПП может быть меньше на 30% по сравнению с длиной ВПП обычного L-410. При этом общая масса элементов РЭСУ (дополнительно к массе пустого снаряженного самолета L-410) может составить около 160 кг. Увеличение массы пустого снаряженного самолета для L-410 КВП приводит к росту среднего километрового расхода топлива на ~4%. На рис. 3 показано, как изменятся транспортные возможности L-410 КВП по сравнению с L-410.

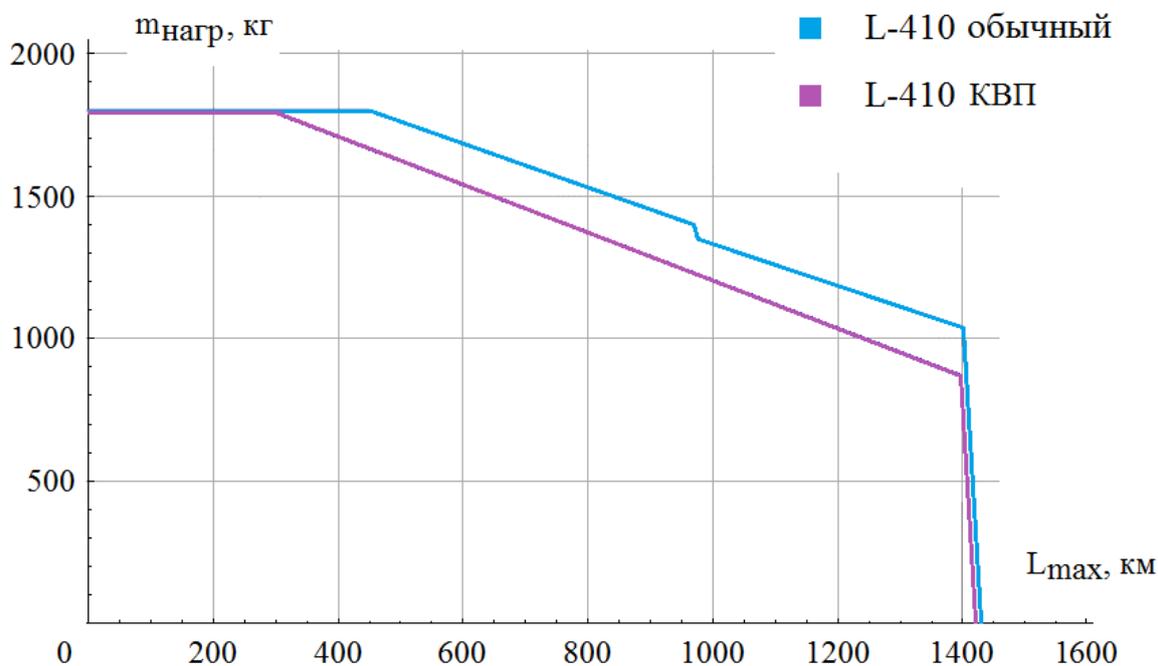


Рис. 3. Коммерческая нагрузка обычного и модифицированного самолетов L-410

Кроме того, увеличиваются стоимостные характеристики ЛА. В частности, стоимость ЛА и стоимость эксплуатации ЛА могут быть оценены на основе статистических зависимостей [4, 5]. Разработка и производство РЭСУ приведет к удорожанию ЛА на сумму порядка 6,5 млн рублей. По сравнению с обычным L-410, прибавка составит ~2% к нормативу трудоемкости работ по ТО по форме А-1 (А-транзитная), к нормативу трудоемкости работ по обеспечению вылета и встречи и осмотра воздушного судна (ВС) и к стоимости периодического ТО.

Способ исследования

Для экономической оценки рассматриваемой технологии использовался разработанный в ЦАГИ программный комплекс, предназначенный для моделирования авиаперевозок в местном сообщении [1] (рис. 4).

Данный программный комплекс позволяет осуществлять исследования местных перевозок в каждом субъекте РФ и выполнять расчеты показателей эффективности авиатранспортной системы, характеризующих с одной стороны гарантируемый определенный уровень транспортной доступности для каждого гражданина независимо от места его проживания на всей территории страны, а с другой — потребные масштабы авиатранспортной системы и возможные затраты на организацию местных перевозок.

Оценка целесообразности применения на самолетах МВЛ технологии гибридной силовой установки для создания энергетическим способом дополнительной подъемной силы на взлете была выполнена с учетом следующих допущений при создании модели авиатранспортной системы:

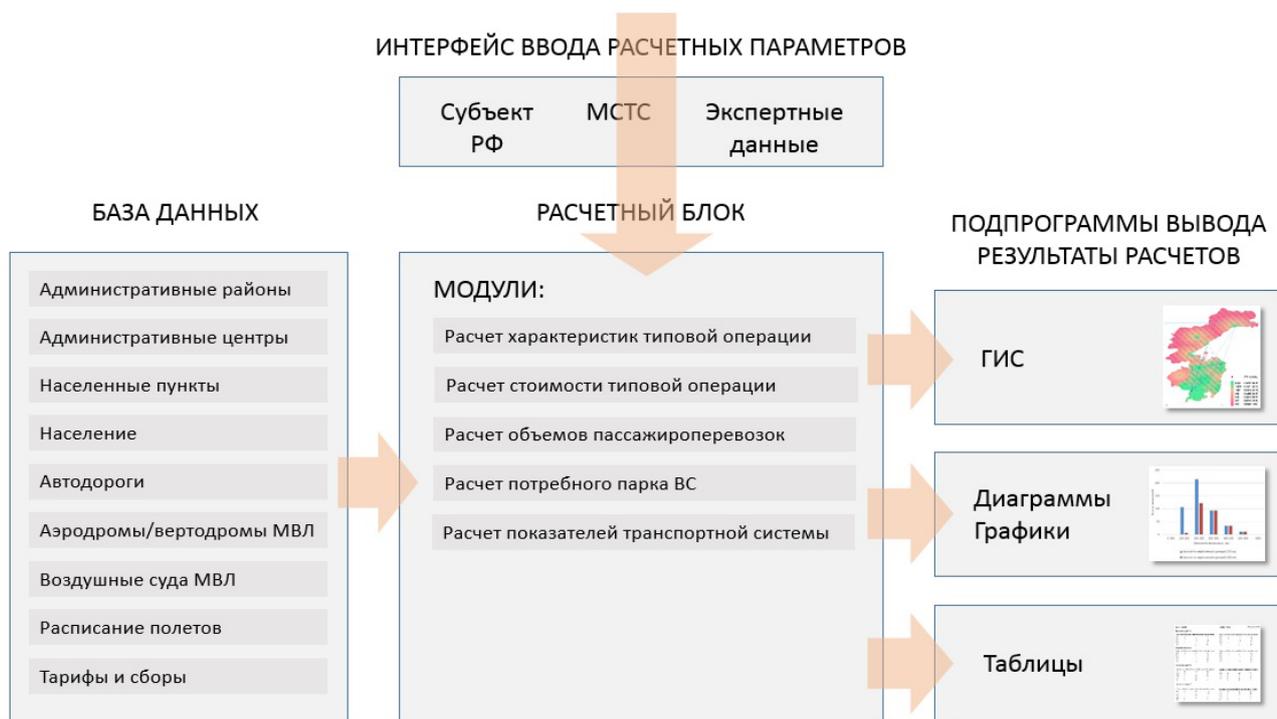


Рис. 4. Структура программного комплекса для исследования авиaperевозок в местном сообщении [1]

Во всех регионах России организуется авиатранспортная сеть по принципу «прямого самолетного» сценария местных перевозок [1], при котором компактные места проживания людей (городские и сельские поселения) обслуживаются аэропортом МВЛ, соединенным со столицей субъекта РФ прямой авиалинией. При этом не рассматривается вопрос подразделения поселений на отдельные населенные пункты: для обслуживания некоторых поселений, в силу больших расстояний между населенными пунктами в составе этих поселений, могут быть необходимы несколько аэропортов. В целом же, анализ расписания движения воздушных судов на внутрироссийских линиях, представленного Центром расписания и тарифов ПАО «Транспортная Клиринговая Палата» («ТКП»), показал, что в настоящее время по принципу прямого самолетного сценария осуществляется около 90% рейсов МВЛ, и минимальная регулярность авиaperевозок составляет 1 рейс в неделю (последнее задавалось как значение соответствующего параметра минимального социального транспортного параметра МСТС).

Местные авиaperевозки в пределах одного субъекта РФ осуществляет одна авиакомпания. Соответственно, каждое ВС эксплуатируется только в пределах своего субъекта РФ, а межрегиональные перелеты не производятся. Данное предположение вводится для расчета общего потребного парка ВС как суммы потребных парков в субъектах (а в каждом субъекте потребный парк рассчитывается по количеству рейсов с округлением количества ВС до целого числа, ограничивающего сверху).

Анализ затрат проводился для однотипового парка. В расчетах наиболее целесообразное значение параметра МСТС «суммарное время местной поездки» задавалось как «4 часа» [2]. Чтобы выполнить данное требование МСТС, самолеты должны иметь максимальную крейсерскую скорость не менее 350 км/ч. Почти на всех рассматриваемых авиалиниях это условие для L-410 выполняется. На момент проведения исследований авторы не располагали информацией о результатах проектирования на основе рассматриваемой в данной работе технологии самолетов с меньшей пассажироместимостью.

Вывод о целесообразности применения на самолетах МВЛ технологии гибридной силовой установки для создания дополнительной подъемной силы на взлете может быть

сделан на основе сравнения затрат на развитие инфраструктуры местных авиаперевозок в субъектах РФ для двух вариантов самолетов МВЛ: самолета L-410 и L-410 КВП, а также затрат на организацию авиаперевозок. Затраты были проанализированы путем их разбиения на децили: первыми в децилях учитываются аэропорты, позволяющие охватить максимальное количество населения, а затем с каждым разом суммируются всё менее и менее загруженные.

Результаты моделирования первоначальных и текущих затрат на организацию авиатранспортной системы

Моделирование местных авиаперевозок с учетом распределения населения по сельским и городским поселениям показало, что при МСТС «4 часа» численность населения, испытывающего потребность в организации МВЛ, составляет примерно 9 млн. человек. Это существенно меньше значения 15 млн. человек, рассчитанного ранее в [2], и меньше 11,5 млн. человек в [1], в силу следующих причин:

- при моделировании транспортной системы местных перевозок было учтено, что транспортная доступность части территории субъектов РФ должна обеспечиваться посредством улучшения дорожной инфраструктуры для наземных перевозок (в том числе с возможностью автомобильного движения на загородных трассах со скоростью до 90 км/ч);

- учет компактного расселения людей в отдаленных и труднодоступных регионах является более корректным шагом вместо моделированного ранее площадного распределения населения: при площадном распределении некоторая доля населения, проживающего в зоне обслуживания наземными перевозками, попадала на территории, обслуживаемые МВЛ.

Показатели, характеризующие потребный парк авиатранспортной системы, представлены на рис. 5.

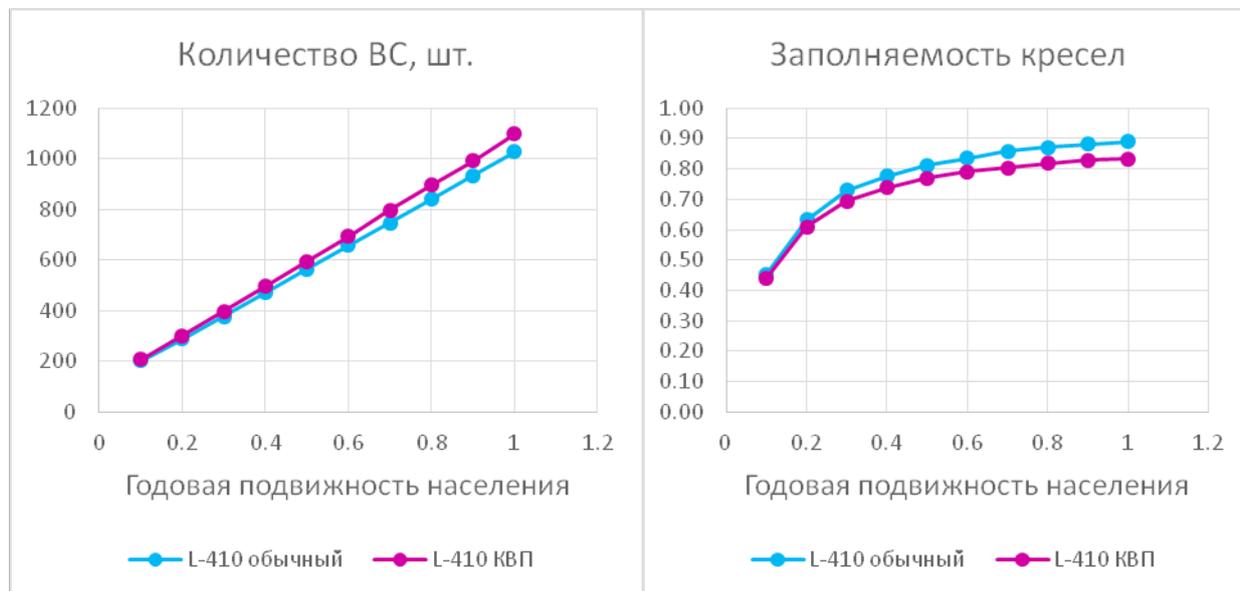


Рис. 5. Потребный парк ВС и средняя заполняемость кресел для однотипового парка 19-местных ВС при 100% охвате населения местными перевозками

Во-первых, количество ВС растет почти пропорционально количеству перевозимых пассажиров. Уменьшение транспортной работы самолета L-410 КВП по сравнению с обычным L-410 (рис. 3) приводит к увеличению численности потребного парка ВС: при годовой подвижности населения $\gamma = 0,1$ [полетов/чел.-год] самолетов L-410 КВП — больше на 6 штук, в то же время при $\gamma = 1$ — уже на 70 штук. Следствием этого, при одинаковом

количестве перевозимых пассажиров, является некоторое уменьшение средней заполняемости кресел для L-410 КВП. При $\gamma = 0,1$ общее количество воздушных судов в парке составило чуть более 200 ЛА при средней заполняемости кресел порядка 0,45.

Во-вторых, необходимо отметить, что заполняемость кресел рис. 5 нелинейно стремится к предельному значению, равному единице. Это происходит потому, что при однотиповом парке ВС на данный показатель одновременно влияют два фактора: количество перевозимых пассажиров и количество задействованных на одной авиалинии воздушных судов. Взаимосвязь этих факторов можно пояснить следующим примером. Если на авиалинии используется только одно ВС, то с ростом пассажиропотока заполняемость кресел достигнет единицы. При дальнейшем росте пассажиропотока одно ВС не сможет перевезти всех пассажиров, а задействование второго ВС сначала приведет к падению средней заполняемости кресел. Далее, с ростом числа пассажиров, заполняемость кресел снова достигнет единицы и снова уменьшится с введением третьего ВС, и т.д. Усреднение заполняемости для всех авиалиний, каждой со своей дальностью и своим пассажиропотоком, дает в совокупности результат, представленный на рис. 5.

В силу этого, можно сделать вывод, что для однотипового парка ВС на основе 19-местного самолета приемлемая заполняемость (условно 0,75) будет достигнута при $\gamma = 0,3 \div 0,4$. При меньших значениях подвижности целесообразно использовать двух-типовой парк ВС (заполняемость повысится за счет применения, например, 9-местных самолетов), или создавать однотиповой парк на основе самолета вместимостью менее 19 пассажиров, но обладающего ЛТХ, сопоставимыми по скорости и дальности полета с ЛТХ самолета L-410 (заполняемость кресел быстрее достигнет величины 0,75).

По результатам расчетов, при 100% охвате населения местными перевозками задействованная в масштабах государства инфраструктура составила 556 аэропортов МВЛ. То же количество, полученное в [1], составляет 993 аэропорта. Данный факт свидетельствует о том, что моделирование пространственного распределения населения может привести к значительной погрешности в расчетах и выводах относительно перспектив развития МВЛ России.

Из 556 аэропортов большинство требует первоначальных инвестиций. При этом, если для достижения 90% охвата населения достаточно восстановить/построить заново около 25 аэропортов, то для 100% охвата требуется ввести в строй почти 280 аэропортов (рис. 6).

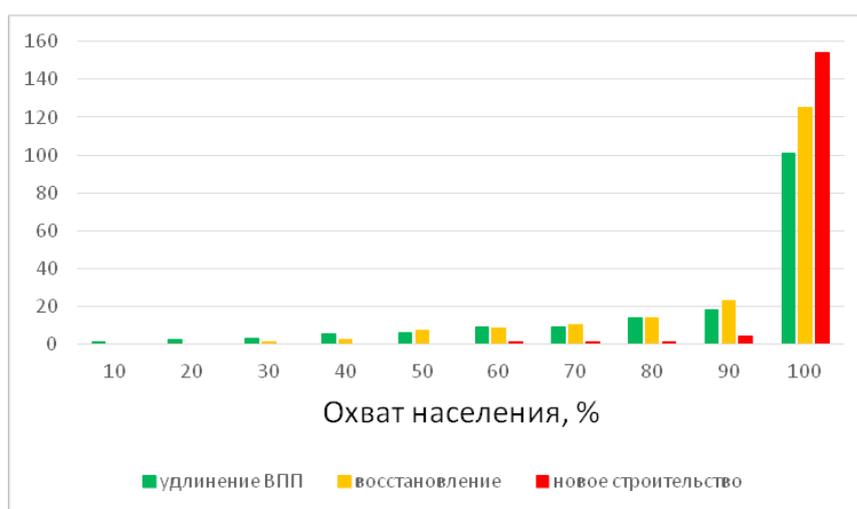


Рис. 6. Распределение количества аэродромов, требующих первоначальных инвестиций, по типам первоначальных затрат (для самолета L-410)

Аналогичная диаграмма, построенная для L-410 КВП, имеет незначительные отличия в сторону уменьшения количества аэропортов, где требуется удлинение ВПП.

Основные работы по организации авиаперевозок должны быть направлены на развитие МВЛ в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Общее количество аэропортов, задействованных в авиатранспортной системе МВЛ при 100% охвате населения, в Дальневосточном (273 аэродрома) и Сибирском (162 аэродрома) федеральных округах заметно превышает потребности в аэродромной инфраструктуре в других округах (рис. 7).

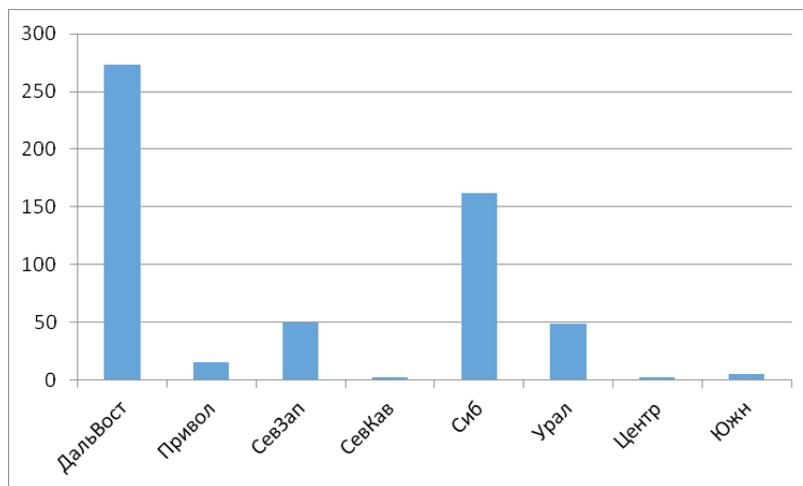


Рис. 7. Распределение аэропортов МВЛ при 100% охвате регионов России перспективной авиатранспортной системой местных перевозок

Первоначальные затраты в ценах 2019 года на развитие аэропортовой инфраструктуры МВЛ представлены на рис. 8.

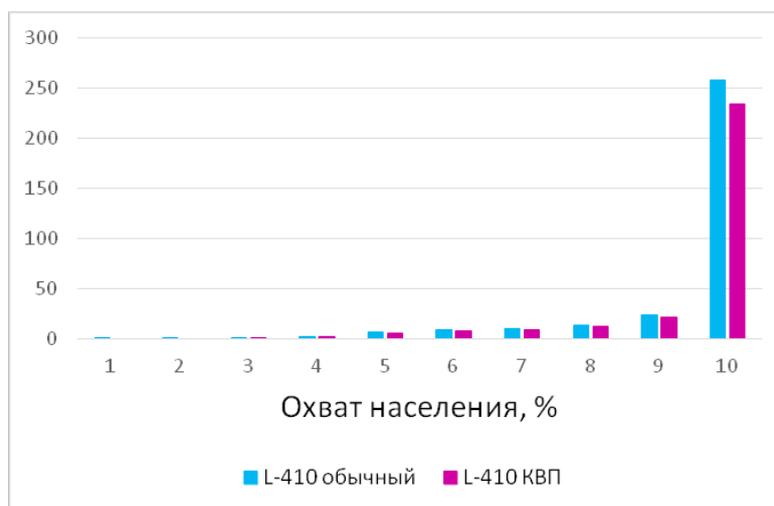


Рис. 8. Первоначальные затраты государства на развитие инфраструктуры МВЛ, млрд. рублей

В обоих случаях, для достижения 90% охвата населения местными авиаперевозками достаточно первоначальных затрат ~25 млрд. рублей. Для охвата населения, равного 30÷40%, первоначальные затраты практически не нужны. В то же время, при 100% охвате населения требуются на порядок большие первоначальные затраты: более 250 млрд. рублей для L-410 и более 225 млрд. рублей для L-410 КВП.

Таким образом, при 100% охвате населения местными перевозками применение самолета L-410 с РЭСУ позволит сэкономить порядка 25 млрд. рублей на строительстве/восстановлении аэропортов МВЛ, что составляет ~10% от потребных затрат для случая L-410. Для подавляющего большинства моделируемых авиалиний годовой пассажиро-

поток не превышает 25 тыс. человек, следовательно, допустимо рассматривать все аэропорты как относящиеся к III-ей категории [6], и тогда указанная экономия не будет зависеть от годовой подвижности населения.

Текущие годовые затраты для двух рассматриваемых авиатранспортных систем представлены на рис. 9.

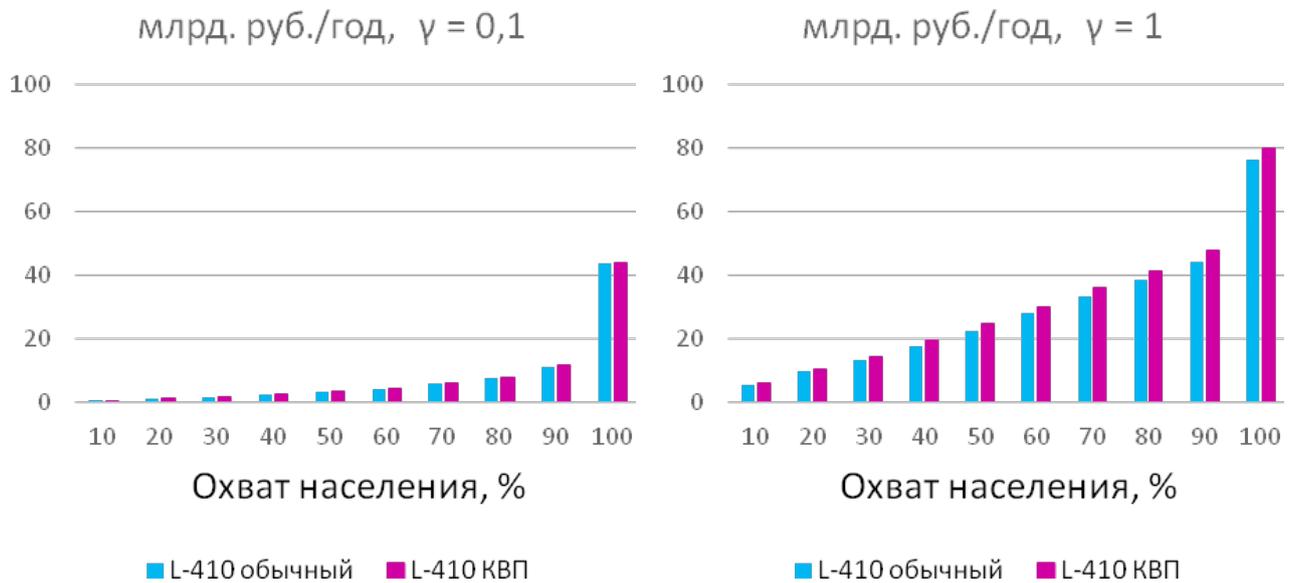


Рис. 9. Суммарные годовые затраты на выполнение авиаперевозок и содержание аэропортовой инфраструктуры для годовой подвижности 0,1 и 1,0, соответственно (без учета стоимости владения ВС)

В обоих случаях текущие затраты для авиатранспортной системы на основе самолета L-410 КВП будут больше. Разница в затратах растет почти линейно от 0,44 млрд. рублей/год при годовой подвижности $\gamma = 0,1$ до 3,73 млрд. рублей/год при $\gamma = 1$. Основной причиной увеличения текущих годовых затрат для L-410 КВП по сравнению с обычным L-410 являются разные транспортные возможности самолетов (что, как уже указывалось, привело к увеличению парка ВС) и большие затраты на эксплуатацию самолета L-410 КВП.

Структура затрат (без учета стоимости владения ВС) для обеих авиатранспортных систем представлена на рис. 10.

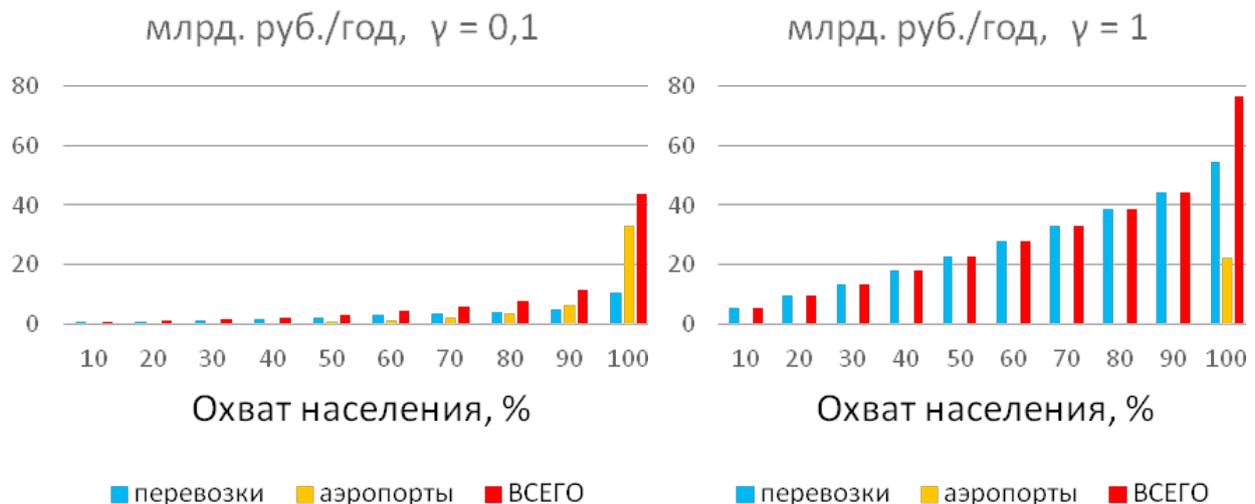


Рис. 10. Структура суммарных годовых затрат на выполнение авиаперевозок и содержание аэропортовой инфраструктуры при годовой подвижности 0,1 и 1,0, соответственно (без учета стоимости владения ВС — обычного L-410)

Как можно видеть, текущие годовые затраты на функционирование сети МВЛ находятся в прямой корреляции с первоначальными затратами на развитие инфраструктуры (рисунок 9). При увеличении охвата населения от 0% до 90% наблюдается близкий к линейному рост суммарных затрат. Прирост же охвата от 90% до 100% сопровождается почти скачкообразным увеличением затрат, так как при этом требуется организация большого количества слабонагруженных полетами ВС авиалиний.

Кроме того, необходимо отметить что с ростом охвата населения постепенно возрастает доля затрат на эксплуатацию аэропортов. При увеличении охвата населения от 90% до 100% доля затрат на аэропорты становится преобладающей: при 100% охвате населения местными авиаперевозками при годовой подвижности населения 0,1 полета/чел.-год основную часть затрат (33 млрд. рублей, 75% от общих) составляют расходы на содержание аэропортов МВЛ. С ростом подвижности до 1,0 полета/чел.-год эти расходы уменьшаются до 22 млрд. рублей (менее 30%) в силу роста аэропортовых сборов, в то время как расходы на перевозку пассажиров увеличиваются более чем в 5 раз. Для промежуточных значений, если предполагать, что в ближайшее несколько лет произойдет рост годовой подвижности в местном авиасообщении от существующей 0,1 полета/чел.-год до $0,4 \div 0,5$ полетов/чел.-год, доля затрат на аэропорты по-прежнему останется весьма существенной. Следовательно, для развития авиатранспортной сети целесообразен поиск таких сценариев организации МВЛ, при котором затраты на аэропорты будут существенно снижаться, например, в сценариях с задействованием подвозящего транспорта.

По результатам моделирования, эти же закономерности наблюдаются и в федеральных округах по отдельности, причем проблема слабонагруженных авиалиний при прямом самолетном сценарии наиболее остро проявляется в Дальневосточном федеральном округе, где доля затрат на содержание аэропортов заметно превышает 75%.

Сравнение суммарных затрат на организацию авиатранспортной системы

Приведенные в предыдущем разделе результаты были получены без учета стоимости владения ВС, которая может быть задана различными способами. Для проведения окончательного анализа были рассмотрены два гипотетических варианта и один приближенный к реальности:

1. Безлизинговый (гипотетический). Вводится предположение, что для осуществления местных авиаперевозок создается единая государственная авиакомпания, для нужд которой государство сразу закупает необходимое количество ВС.

2. Лизинговый на весь период эксплуатации ВС (гипотетический). Считается, что для формирования потребного парка ВС привлекаются различные коммерческие структуры, например, как акционеры единой лизинговой компании, и для этой компании создаются достаточно привлекательные условия работы, сопоставимые с банковской ипотекой, а именно: полная амортизация стоимости ВС происходит за весь период его эксплуатации, с ежегодной уплатой начисляемых процентов за лизинг.

3. Лизинг за ограниченный период эксплуатации ВС (реалистичный). В этом случае полная стоимость воздушного судна и проценты выплачиваются лизингодателю в течение ограниченного периода (в расчетах задавалось 6 лет), а далее ВС переходит в собственность авиакомпании, и лизинг не выплачивается.

Анализ производится через сравнение суммарных затрат для каждой из двух рассматриваемых авиатранспортных систем за период эксплуатации самолетов. Считается, что ресурсы L-410 и L-410 КВП одинаковы и составляют 20000 летных часов. При среднегодовом налете ~1000 часов выработка ресурса происходит за 20 лет, что и соответ-

ствует периоду моделирования. Вопросы возможного дальнейшего продления ресурса, после капитального ремонта, не затрагиваются.

При проведении анализа рассматривается только финансовый лизинг: считается, что МВЛ функционируют круглогодично и в течение длительного срока, а потому операционный лизинг, подразумевающий краткосрочную аренду ВС, не имеет смысла. При расчетах задавалась годовая процентная ставка лизинга 12%.

Суммарные затраты нарастающим итогом для трех рассматриваемых вариантов владения ВС при различных уровнях годовой подвижности показаны на рис. 11:

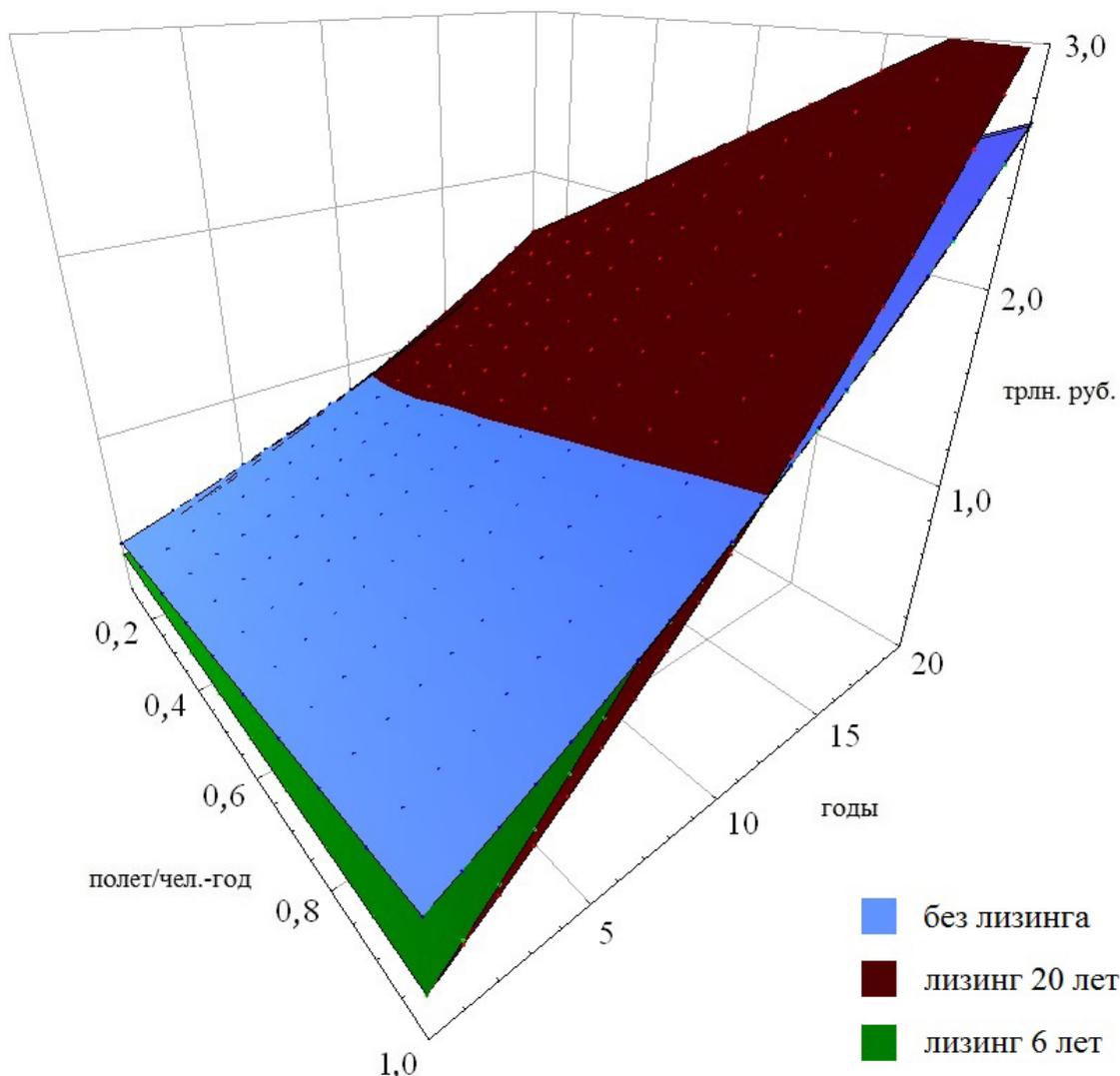


Рис. 11. Сравнение суммарных затрат на авиатранспортную систему местных перевозок в масштабах государства для трех форм владения ВС (самолет L-410 КВП, годовая инфляция 3%)

Независимо от годовой подвижности, наиболее затратной для государства схемой является вариант с лизингом на период 20 лет: начиная с рубежа 10 лет соответствующая ему поверхность коричневого цвета оказывается расположенной выше остальных, хотя в течение первых 10 лет она расположена ниже всех. Безлизинговый вариант (поверхность голубого цвета), в сравнении с остальными, требует достаточно больших первоначальных затрат. Схема с реалистичным лизингом на 6 лет оказывается наиболее привлекательной, так как по итогам 20 лет соответствующая ему поверхность зеленого цвета располагается ниже остальных, при этом и в начальный период затраты близки к минимальным.

При схеме с 6-летним лизингом сопоставление суммарных затрат для двух авиатранспортных систем (на основе обычного L-410 и L-410 КВП) представлено на рис. 12:

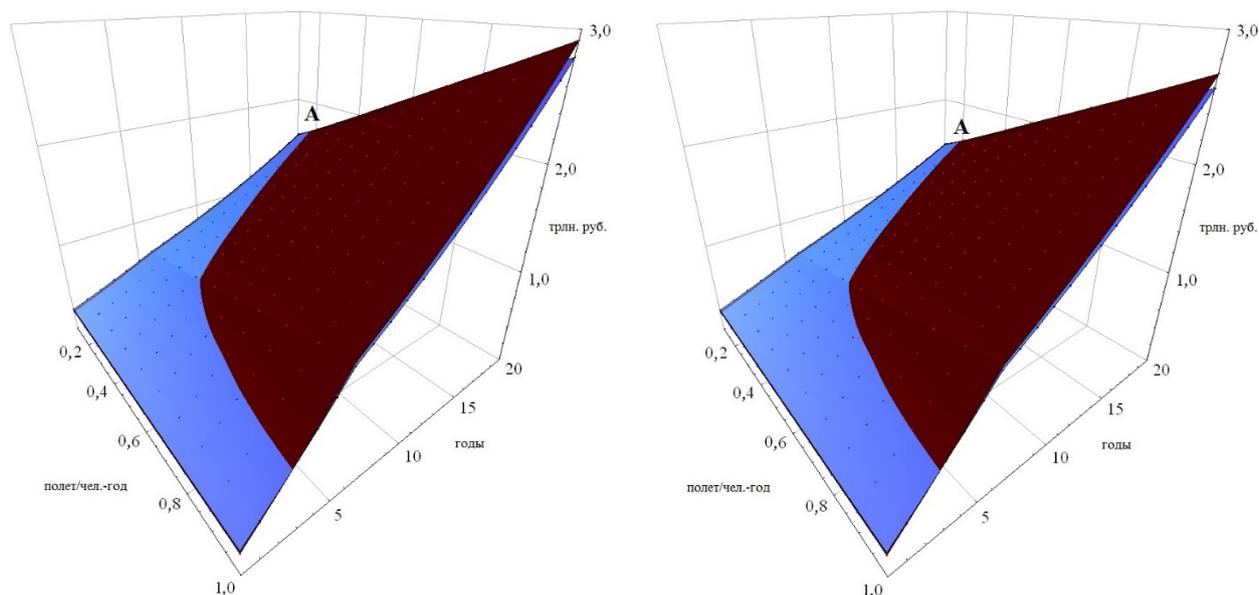


Рис. 12. Сравнение суммарных затрат на авиатранспортные системы: синий цвет — на основе обычного L-410, коричневый — на основе L-410 КВП; слева — при средней годовой инфляции 2,5%, справа — при 3,5%

При малых значениях годовой подвижности населения $\gamma = 0,1 \div 0,2$ суммарные затраты для L-410 КВП будут меньше, так как экономия средств на строительстве аэропортов будет превышать сумму потерь в текущих годовых затратах в течение периода 20 лет. При больших значениях $\gamma \geq 0,3$ рост ежегодных потерь превысит экономию средств на строительстве аэропортов, причем при $\gamma > 0,4$ — уже через 6 ÷ 7 лет. Получаемые результаты слабо чувствительны к изменениям такого параметра, как годовая инфляция, и гораздо более чувствительны — к годовой подвижности населения.

Кроме того, по итогам моделирования следует также отметить влияние на полную сумму затрат таких характеристик РЭСУ, как ее стоимость и масса.

Учет стоимости РЭСУ, при прочих равных, не приводит к существенному изменению взаимного положения поверхностей. Приведенные результаты были получены с учетом оценки стоимости РЭСУ, полученной на основе статистики стоимостных характеристик воздушных судов класса L-410. Но поскольку рассматриваемая технология обдувки крыла ранее не применялась на серийных самолетах, полученную статистическую оценку следует считать заниженной. Однако варьирование данной стоимости в пределах до 16 млн рублей (удорожание в 2,5 раза) при неизменной массе РЭСУ незначительно смещает пересечение поверхностей (точка А рис. 12) в сторону $\gamma = 0,1$.

Необходимость же учета возможного увеличения массы РЭСУ может быть вызвана введением в рассмотрение дополнительных факторов. Примером такого фактора являются природно-климатические условия эксплуатации ВС. Так как основными регионами, где осуществляются местные авиаперевозки, являются Дальний Восток и Сибирь, важным расчетным случаем эксплуатации должен быть полет ЛА в зоне интенсивных осадков. Причем обледенение подвижных частей РЭСУ вследствие дождя или снега должно быть устранено не только при взлете/посадке, но и для тех режимов полета, когда винты РЭСУ убраны в крыло. Как следствие, в состав РЭСУ (или как отдельная подсистема) должна быть добавлена противообледенительная система с дренажом воды из тех внутренних полостей крыла, в которые убираются винты, а также добавлена антикоррозийная защита. Если предположить, что все эти дополнительные элементы

приведут к увеличению массы РЭСУ на 50% (на 80 кг) с соответствующим изменением всех прочих рассматриваемых характеристик ЛА, то итоговый результат моделирования будет выглядеть следующим образом (рис. 13):

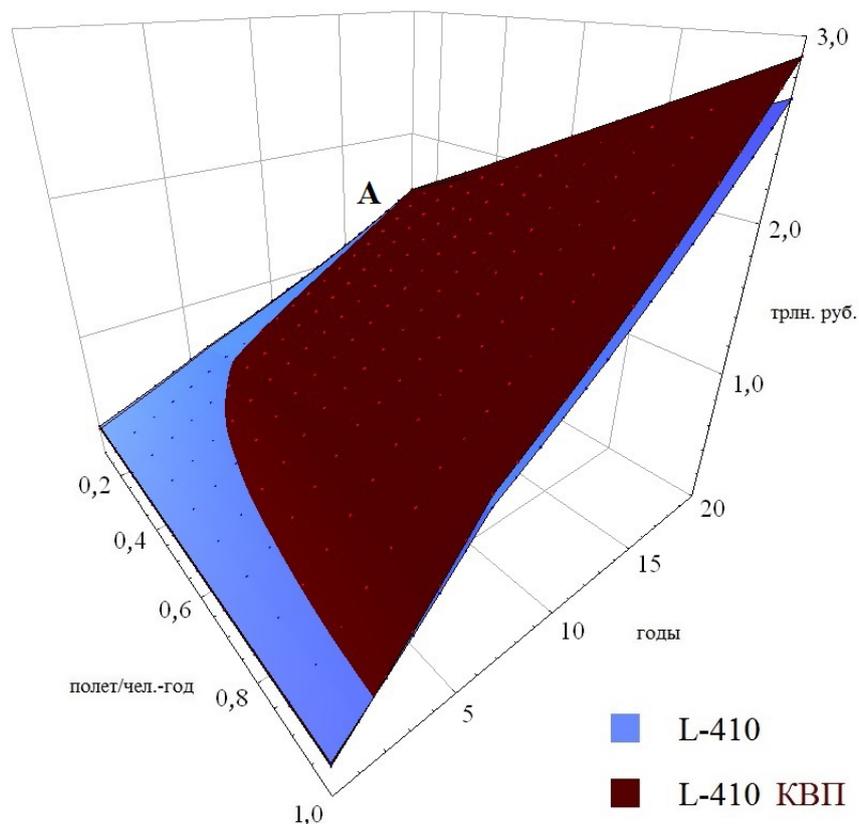


Рис. 13. Сравнение суммарных затрат на авиатранспортные системы на основе обычного L-410 и L-410 КВП при средней годовой инфляции 3% с учетом возможного дополнительного увеличения массы РЭСУ

При годовой подвижности 0,1 полет/чел.-год суммарные затраты на авиатранспортную систему на основе L-410 КВП превосходят аналогичные для L-410 на 18-ый год эксплуатации (см. положение точки А). Полученный результат показывает, что влияние роста массы ЛА на ЛТХ при внедрении технологии имеет гораздо большее значение, чем удорожание стоимости разработки и производства ЛА, так как увеличение массы не только отрицательно сказывается (напрямую или опосредованно) на технико-экономических характеристиках ЛА, но и ведет к увеличению количества ВС в парке, что приводит к дополнительному росту затрат на организацию авиаперевозок.

Заключение

В настоящая работа с использованием программного комплекса для моделирования авиаперевозок в местном сообщении получены предварительные оценки эффективности применения на самолете местных воздушных линий распределенной электрической силовой установки (РЭСУ) для создания энергетическим способом дополнительной подъемной силы на взлете.

Для «прямого самолетного» сценария при существующем и перспективном уровне годовой подвижности населения субъектов РФ получена оценка первоначальных и текущих годовых затрат на организацию местных авиаперевозок в масштабах страны при различных уровнях охвата населения местными авиаперевозками. Для 100% охвата местными перевозками населения отдаленных и труднодоступных районов субъек-

тов РФ количество аэропортов, необходимое для функционирования авиатранспортной системы, составит 556 штук. При этом затраты на развитие сети аэропортов составят более 250 млрд. рублей. Потребный однотиповой парк 19-местных воздушных судов типа L-410 при подвижности населения $\gamma = 0,1$ и $\gamma = 1$ составит 202 и 1029 ВС соответственно. На выполнение авиаперевозок потребуется от 52 млрд. рублей в год.

Выполнено сравнение показателей эффективности двух авиатранспортных систем на основе однотипового парка с самолетами L-410 и самолетами L-410, оснащенными РЭСУ. Применение РЭСУ на самолетах МВЛ в однотиповом парке может быть экономически оправдано только в том случае, если уровень годовой подвижности населения (около 0,1 полета/чел.-год) не вырастет в ближайшее десятилетие. При благоприятном прогнозе экономического развития России и уровне годовой подвижности населения более 0,3 полета/чел.-год применение РЭСУ на самолетах МВЛ в однотиповом парке будет нецелесообразно, так как возможное снижение затрат на развитие аэропортовой сети будет нивелировано вследствие увеличения затрат на функционирование авиатранспортной сети уже через 6–7 лет.

Однако применение РЭСУ в сочетании с другими техническими решениями, — например, с одновременным уменьшением площади крыла, — может позволить снизить затраты на организацию авиаперевозок и сделать применение РЭСУ в составе гибридной силовой установки самолета МВЛ экономически оправданным. Кроме того, пересмотр оценок эффективности применения РЭСУ на самолетах МВЛ может быть произведен при дальнейшем развитии программного комплекса моделирования местных авиаперевозок, которое будет связано прежде всего с созданием возможностей для поиска более оптимальных решений (многотиповой парк ВС МВЛ, различные сценарии местных авиаперевозок и т.п.) для обеспечения лучшей транспортной доступности в регионах России.

Литература

1. Смирнов А.В., Егошин С.Ф. Разработка методики для проектирования сети местных воздушных линий и оценки перспективных технологий // Проблемы управления научными исследованиями и разработками-2018. Государство и наука: новые модели управления. Труды Четвертой научно-практической конференции, Москва, 26 ноября 2018. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского»; под общ. ред. Дутова А.В., Новикова Д.А. М.: ИПУ РАН, НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2018. 243 с.
2. Смирнов А.В., Егошин С.Ф. Авиатранспортная доступность и транспортная дискриминация населения в субъектах Российской Федерации // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21 № 3. С. 78—90.
3. Комплексные исследования по созданию демонстратора технологий многоцелевого самолета короткого взлета и посадки «МСКВП». Разработка и оценка эффективности различных концепций МСКВП с РЭСУ. Отчет ФГУП «ЦАГИ», инв. 10/1395ДСП, 2019
4. Авиационный стандарт «Воздушные суда гражданской авиации. Эксплуатационно-технические характеристики. Общие требования» ОСТ 1 02785—2009
5. Далецкий С.В. Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. Москва, изд. «Воздушный транспорт», 2005
6. Руководство по проектированию аэропортов местных воздушных линий. Государственный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Аэропроект». Министерство гражданской авиации, Москва, 1985

Предложения по приоритетным направлениям исследований в области коммерческих беспилотных авиационных систем

Наумов Р. С., директор департамента беспилотных авиационных систем

Дрозд А. С., начальник отделения мониторинга программ беспилотных авиационных систем департамента беспилотных авиационных систем

Благодарящев И. В., к. т. н., доцент, старший научный сотрудник аналитического отдела координации и сопровождения программ

Михайлин И. С., заместитель генерального директора — директор департамента координации и сопровождения программ

ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Москва

В последние годы развитие мирового рынка коммерческих беспилотных авиационных систем (БАС) носит лавинообразный характер. По данным маркетинговых исследований ведущих иностранных компаний объем рынка БАС в 2018 году составил 6,56 миллиардов долларов и, как ожидается, достигнет 21,61 миллиардов долларов к 2027 году [1].

Еще недавно применение беспилотных воздушных судов (БВС), или как их называют «дронов», ассоциировалось с решением различных задач в локальных вооруженных конфликтах, либо использованием фотоаппаратами для получения масштабных и необычных снимков природы, спортивных мероприятий и городских пейзажей.

Однако все больше компаний из различных отраслей промышленности проявляют интерес к БАС как инструменту выполнения ежедневных работ. Страховые компании используют беспилотники для осмотра поврежденных активов, фермеры отправляют их, чтобы контролировать посевы и собирать данные почвы. Энтузиасты по всему миру исследуют и тестируют новые направления применения БАС, например для доставки товаров розничных магазинов и в качестве воздушных такси для пассажиров из пригородов.

В настоящее время, не все направления использования БАС могут завоевать коммерческие рынки, ведь для их полноценного применения требуется создание нормативной базы, инфраструктуры, подготовки персонала, обеспечение безопасности и конечно, проведение соответствующих научных исследований.

В данной статье для обоснования предложений по приоритетным направлениям исследований в области коммерческих БАС предлагается использовать следующий подход:

- на 1 этапе проводится анализ рынок коммерческих БАС;
- на 2 этапе группируются основные задачи коммерческих БАС;
- на 3 этапе выявляются факторы, оказывающие влияние на создание, внедрение и развитие коммерческих БАС;
- на 4 этапе формируются предложения по приоритетным направлениям исследованиям в области коммерческих БАС.

Анализ рынка коммерческих БАС

В соответствии с общепринятым подходом рынок коммерческих БАС можно сегментировать по группам потребителей и отраслям применения.

Группа — B2C («бизнес для конечного потребителя»)

К этой группе потребителей можно отнести частных пользователей, приобретающих малые БАС весом преимущественно от 7 граммов и до 2,5 кг для личного пользования: фотографирования, видеосъемки, спортивных соревнований и других хобби.

Группа — B2B («бизнес для бизнеса»)

Наряду с растущей популярностью БАС потребительского сектора, БАС гражданского назначения широко применяются в различных отраслях экономики. Основными драйверами в данном сегменте являются доступность решений и услуг по сравнению с использованием традиционных технологий пилотируемой авиации. БАС не только обеспечивают возможности аналогичные пилотируемой авиации, но и имеют преимущество в том, что они меньше, доступнее, проще в эксплуатации. С течением времени доля замещаемых существующих способов производства услуг будет увеличиваться, особенно, когда будут сняты инфраструктурные и правовые барьеры эксплуатации БАС.

Группа — B2G («бизнес для государственных структур»)

В данной категории широкое применение БАС находят в экстренных (аварийных) службах и государственных организациях, осуществляющих кадастровый учет земель и объектов. К этой группе можно отнести использование БАС в образовательных целях в различных учебных заведениях.

Группа — C2C («потребитель для потребителя»)

В последнее время растет рынок выполнения работ частными лицами с использованием небольших БАС. В основном предлагаются услуги фото- и видеосъемки на различных мероприятиях, аэросъемки промышленных объектов и объектов недвижимости, геодезические работы с применением мультикоптеров, ремонт, доработка БАС и др.

Структура основных сегментов рынка коммерческих БАС представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура сегментов рынка коммерческих БАС

По разным оценкам диапазон применений БАС составляет до 1000 приложений в более чем 20 отраслях экономики. Основные примеры возможного использования коммерческих БАС рассмотрены в табл. 1 [2].

Основные примеры возможного использования коммерческих БАС

Отрасль экономики	Применение
Сегмент рынка коммерческих БАС B2C («бизнес для конечного потребителя»)	
Видеосъемка	Съемка роликов, видеофильмов
Фотосъемка	Панорамные фото, фото с высоты птичьего полета
	Селфи, экстремальные съемки, групповые фото
Соревнования	Гонки, дрон-рейсинг, дрон-биатлон, прочие спортивные соревнования дронов
Охота	Обнаружение местоположения дичи, загонная охота
Рыбалка	Поиск и прикормка (приманка) рыб
Развлечения	Игрушки, радиоуправляемые модели, конструкторы
Изобразительное искусство	Дистанционное рисование на стенах/поверхностях, граффити
Музыка	Игра на музыкальных инструментах (ударные, струнные)
Сегмент рынка коммерческих БАС B2B («бизнес для бизнеса»)	
Нефтегазовая промышленность	Обследование трубопроводов, диагностика и контроль повреждений, обнаружение протечек; доставка еды/медикаментов в вахтовые отряды
Промыслы	Дистанционная разведка рыбы (летающий эхолот)
Горное дело	Периодическая съёмка отвалов породы/выработки в карьерах для подсчета добычи
	Обследование шахт/штолен, при завалах, поиск людей
	Геологоразведка, спектральный анализ, нивелировка местности для разведочных работ; сбор и транспортировка образцов горных пород
Животноводство	Пастьба скота на выпасах; замеры и диагностика массы скота, количества питания, состояния выпасов; поиск пропавших животных; обнаружение/отпугивание хищников
	Мониторинг пчел, птиц
Растениеводство	Дистанционный периодический анализ роста и состояния растений, состояния почвы
	Обработка растений и почвы, опыление, борьба с сорняками, борьба с вредителями
	Сбор урожая; осмотр состояния теплиц, замеры температур
	Отпугивание птиц и грызунов
Спорт	Использование дронов в качестве мишеней, лазертаг, пейнтбол
	Видеотрансляция спортивных мероприятий, экстремальных видов спорта; максимальное приближение к спортсмену, слежение/полет за объектами с видеосъемкой (мячи, спортивные снаряды и пр.)
Кино и видео	Дистанционно управляемая камера, операторская работа при съемке фильмов

Отрасль экономики	Применение
Театр и шоу-бизнес	Световые шоу
	Видеотрансляция массовых мероприятий, концертов, шоу; съемка активности посетителей массовых мероприятий
	Летающий проектор
Гостиницы	Доставка еды/предметов в номера
Экскурсии	Дистанционные виртуальные онлайн и офлайн туры с аудиосопровождением в виде дополнительной информации об объектах
Лекарственные средства	Доставка лекарств/вакцин/инсулина/инструментов
Охрана недвижимости	Охрана периметров: дачные участки, коттеджи, складские и производственные территории; поочередной облет периметра, видеонаблюдение, автоматическое распознавание объектов, людей, съемка в различных диапазонах, автоматический подлет к подозрительным объектам; включение прожектора, электрошок, сирена, несмывающаяся краска, другие исполнительные устройства
Личная безопасность	Вызов дрона в случае противоправных действий; персональное сопровождение, эскорт
Строительные работы	Подъем и перемещение стройматериалов; протяжка тросов, кабелей, канатов
Обслуживание объектов	Обследование инженерных сооружений (мосты, дороги, здания), обследование и ремонт ВЛЭП, тепловизионное обследование объектов
Грузоперевозки	Доставка грузов по воздуху; курьерские услуги.
Автотранспорт	Мобильная техпомощь, доставка запчастей на место поломки
Автотранспорт.	Съемка мест ДТП сверху (схема, план) для разбора обстоятельств, онлайн-моделирование ДТП
Пассажирские перевозки	Помощь в регулировании дорожного движения (перекрестки с неисправными светофорами, пробки и пр.); мобильные светофоры
	Перевозка пассажиров в одноместных или многоместных БВС
Перевозки опасных грузов	Перевозка опасных грузов по воздуху по специально выделенным маршрутам (вне населенных пунктов и автодорог)
Уличная инфраструктура	Съемка улиц для создания электронных карт; фиксация знаков, разметок, светофоров и прочих элементов для построения графа дорог
Мониторинг транспортных потоков	Съемка транспортных потоков, мониторинг пассажиропотоков, пешеходных потоков
Система передачи данных	Организация временных сетей для передачи информации
Локальные сети	Протяжка кабелей между домами/зданиями

Отрасль экономики	Применение
Беспроводные сети	Временные/мобильные точки доступа Wi-Fi
Реклама	Летающие баннеры, реклама на верхних этажах за окном Раздача промо-материалов на мероприятиях Дымовые/огненные рекламные надписи в небе (день/ночь)
Недвижимость	Фотографирование и видеосъемка объектов недвижимости для буклетов/сайтов Фотография вида из окна будущей квартиры дома на начальном этапе строительства Съемка границ земельных участков при продаже, межевании
Рестораны/кафе	Дроны-официанты, разнос еды по столикам; оплата, летающие платежные терминалы; доставка еды на дом; срочная доставка свежих продуктов для кухни ресторана
ТБО	Вывоз мусора, очистка урн
Уборка улиц	Сбор уличного мусора
Сезонные работы	Посыпка тротуаров/дорожек против гололеда; снятие сосулек с карнизов
Эксплуатация жилых зданий	Мониторинг состояния стен, фасадов, крыш, подвалов
Клининговые услуги	Уборка помещений Уборка территорий Мытьё окон, фасадов, стен, ограждений Полив и опрыскивание зеленых насаждений
Озеленение и ландшафтный дизайн	Фигурная стрижка кустарника и деревьев Опиливание сухих веток
Средства массовой информации	Фотографии для журналистики, дистанционные интервью и съемки (в зонах боевых действий, ЧС и пр.)
Банковские услуги	Инкассация, сопровождение инкассации
Сегмент рынка коммерческих БАС B2G («бизнес для государственных структур»)	
Полиция	Разведка, обследование объектов, в т. ч. незаметное, наружное наблюдение; преследование нарушителей, нейтрализация преступников
МЧС	Поиск и спасание потерпевших в ЧС; оказание первой помощи, доставка медикаментов, средств первой необходимости, гуманитарной помощи
Люди с ограниченными возможностями	Дроны-поводыри; помощь в передвижении, перемещение предметов

Отрасль экономики	Применение
Школьное образование	Виртуальные обучающие туры онлайн/офлайн
Телемедицина	Проведение видеоконференций, консилиумов, с обследованием/осмотром пациентов
	Дрон-дефибриллятор, искусственное дыхание
Санэпиднадзор	Доставка медикаментов/вакцин в центры эпидемий
Экология	Охрана окружающей среды
Метеорология	Мобильные метеостанции
Сегмент рынка коммерческих БАС С2С («потребитель для потребителя»)	
Профессиональная видеосъемка	Съемка роликов и видеofilьмов мероприятий (праздники, свадьбы, дни рождения и т.д.)
Профессиональная фотосъемка	Фотографирование мероприятий (праздники, свадьбы, дни рождения и т.д.)
Походы и пробеги	Съемка/трансляция, доставка еды, предметов первой необходимости/запчастей, радиосвязь
Отделочные работы	Окраска стен, наружных и внутренних поверхностей, в автоматическом или ручном режиме
Строительные работы. Проектирование	Периодическая фото-, видеосъемка результатов строительства, построение виртуальных моделей стройки
	Ремонт/сварка/слесарные работы в труднодоступных местах
	Геодезические работы, съёмка местности, рельеф
Мобильные устройства	Мобильная подзарядка по вызову
Обслуживание БАС	Тестирование Удалённая диагностика и сервисное обслуживание Страхование БАС Аренда/лизинг/шеринг БАС Тюнинг БАС Защита от взлома и перехвата Флит-менеджмент Станции зарядки и обслуживания Аэродромы базирования Точки забора грузов Городские парковки для БАС Инфраструктура для полётов БАС (воздушные огороженные коридоры, мосты-туннели для пролета через критические объекты — авто-трассы, детские сады и пр.) Сервисы мониторинга загруженности коридоров («пробки», приоритетный пролёт)

Основные задачи коммерческих БАС

Исходя из анализа сегментов рынка коммерческих БАС с учетом опыта применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами военного назначения [3] и на основе ГОСТ Р 54265—2010 Воздушный транспорт. Авиационные работы. Классификация, возможно сгруппировать основные задачи коммерческих БАС:

а) мониторинг (наблюдение):

- поисково-съёмочные работы;
- аэросъёмочные работы;
- аэрофотосъёмочные работы;
- телевизионные и киносъёмочные работы;
- воздушное наблюдение;
- воздушное патрулирование;
- сопровождение объектов;
- радио- и радиотехнический мониторинг радиоэлектронных систем (РЭС) (анализ и оценка радиолокационных сетей, систем связи, навигации и пр.);
- радиолокационное наблюдение за воздушным пространством;
- обеспечение аварийно-спасательных работ в шахтах, туннелях и др.;

б) транспортирование:

- транспортирование персонала Заказчика авиационной работы (граждан из мест чрезвычайной ситуации);
- транспортирование грузов Заказчика авиационной работы;
- авиационные работы по оказанию медицинской помощи и проведению санитарных мероприятий;
- авиационные и монтажные работы;
- авиационное распределение жидких веществ;
- авиационной распределение сыпучих веществ;
- авиационное распределение биологических объектов;

в) образовательные и развлекательные задачи:

- проведение виртуальных экскурсий;
- групповое построение различных фигур в рамках световых шоу;
- использование для игры на музыкальных инструментах;
- образовательные конструкторы;

д) специальные:

- авиационное обеспечение связи;
- летные проверки;
- радиоэлектронное подавление РЭС объектов, ведение комплексного технического контроля мероприятий по радиоэлектронной защите;
- постановка радиопомех для подавления работы средств и сетей связи, в том числе сотовой, а также спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС, NAVSTAR, GPS);
- тренировка расчетов комплексов по борьбе с БАС.

Предлагаемые выше основные задачи коммерческих БАС пока не в полной мере учитывают всевозможные варианты применения БАС и будут дорабатываться по мере проведения дальнейших научных исследований.

Факторы, оказывающие влияние на создание, внедрение и развитие коммерческих БАС

В основном развитие рынка БАС зависит от пяти факторов: общественного признания, экономической целесообразности, технологий, законодательства и инфраструктуры [4].

Общественное признание

В настоящее время на первый план выходит проблема общедоступного восприятия БАС, доверия и способности жить в мире роботов Исследования общественного мнения говорят о том, что у людей двоякое отношение к дронам. Так, в опросе 2016 года только 44 процента американских респондентов поддерживали их использование для услуг по доставке. Конечно, отношение к беспилотникам будет улучшаться, чему способствует как их повсеместное внедрение, так и создание положительного образа посредством популяризации робототехники в целом.

Экономическая целесообразность

Стремительное развитие коммерческих БАС стало возможно благодаря жесткой конкуренции на потребительском рынке, что вынудило разработчиков сделать дроны намного дешевле, надежнее и работоспособнее, чем они были всего несколько лет назад: современные потребительские беспилотники во многих отношениях опережают более дорогостоящие военные беспилотные летательные аппараты.

Прогнозируется, что в ближайшее время развитие рынка БАС главным образом будет основано на внедрении недорогих полупрофессиональных дронов. Использование таких дешевых БАС позволит принципиально изменить подходы к производству продуктов и услуг в различных сферах экономики.

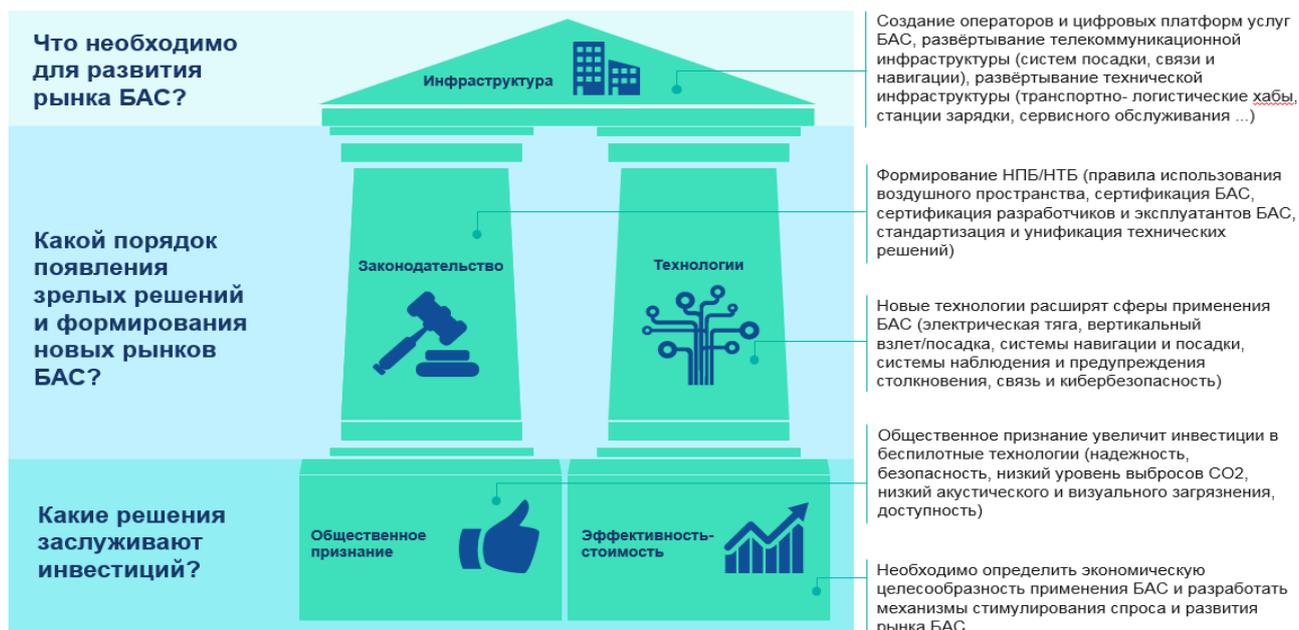


Рис. 2. Факторы, влияющие на рынок БАС

Новые технологии

В современных БАС находят свое применение самые новейшие технологии, многие из которых еще находятся в стадии развития, такие как [5]:

- энергообеспечение;
- системы управления;
- средства связи и передачи данных;
- системы навигации;
- датчики внутреннего состояния;
- системы технического зрения;
- пункты управления и интерфейсы «БВС-оператор»;
- бортовые вычислители;
- двигатели;
- моделирование и испытания.

Дальнейшее развитие технологий позволит повысить автономность БАС и обеспечить их интеграцию в единое воздушное пространство.

Законодательство

Одним из направлений деятельности регулирующих организаций в области авиации по всему миру является создание условий, обеспечивающих безопасное применение коммерческих БАС.

Так, выпущенный Федеральным управлением гражданской авиации (ФАУ) в августе 2016 года свод правил, известный как «часть 107», определяет условия, при которых небольшие беспилотники могут использоваться в коммерческих и развлекательных целях. Эти правила, разрабатывавшиеся в течение десяти лет, позволяют операторам с сертификатом удаленного пилота (после прохождения испытания стоимостью 150 долларов США) управлять беспилотником в коммерческих целях в дневное время в пределах прямой видимости, в неконтролируемом воздушном пространстве и без полетов над людьми, не задействованных в управлении дроном. Многие другие страны следуют нормативному руководству ФАУ, поэтому американский прецедент снял многие ограничения с коммерческих дронов не только в США, но и во всем мире.

Сравнительно более гибкие разрешительные правила Франции выводят эту страну на передний план использования беспилотников в сельском хозяйстве. А в Великобритании в Уэльсе, где были приняты правила, благоприятствующие движению беспилотников, вокруг аэропорта в Аберпорте возникло целое скопление дронов. Теперь регулирующие органы разных стран работают в тесном контакте, организуя совместные встречи и учась друг у друга, а также соревнуясь за привлечение стартапов по разработке и производству дронов и программного обеспечения для них.

Некоторые страны уже продвинулись дальше: Франция и Швейцария разрешают некоторые операции с дронами за пределами прямой видимости. В Австралии ввели специальные правила для категории очень маленьких беспилотников (весом менее 2 кг), допускающие их коммерческую эксплуатацию без какой-либо сертификации. Аналогичные правила применяются в Мексике и Канаде, их введение рассматривается в Индии и некоторых европейских странах [6].

Инфраструктура

Существующие коммерческие дистанционно управляемые БАС практически не имеют требований к инфраструктуре, так как могут взлетать и совершать посадку на любые ровные площадки, а их зарядка возможна от стандартных устройств.

С расширением функциональных возможностей БАС, повышения их автономности и возможности группового применения требования к системе эксплуатации беспилотников ужесточатся и будут зависеть от целевого назначения.

Для эффективного использования перспективных БАС необходимо рассмотреть создание следующих основных элементов инфраструктуры:

- оборудованных площадок, обеспечивающих размещение и одновременный взлет и посадку нескольких БАС для перевозки людей и транспортировки грузов;
- сервисных центров для технического обслуживания и текущего ремонта БАС;
- автоматизированных логистических центров для хранения, сортировки и загрузки БАС грузами;
- зарядных (заправочных) станций БАС;
- пунктов управления и контроля группировок БАС.

Предложения по приоритетным направлениям исследований в области коммерческих БАС

Ключевой составляющей научно-технической политики государства в области БАС являются приоритетные направления прикладных научных исследований, закладыва-

ющие фундаментальные методические основы долгосрочного перспективного развития и внедрения БВС в экономику Российской Федерации.

Особую значимость приобретают вопросы, связанные с интеграцией БАС в единое воздушное пространство, определением приоритетных направлений развития (повышения уровня автономности за счет передовых инновационных технологий и интеллектуализации управления), решением обликочных задач и формированием системы подготовки соответствующих специалистов.

В целях формирования научно-обоснованного замысла развития коммерческих БАС в Российской Федерации на долгосрочный период видится необходимым выполнение прикладных научных исследований, посвященных решению следующих основных актуальных вопросов:

1. Предложения по совершенствованию нормативной базы в области коммерческих БАС.

Нормативное обеспечение этапов жизненного цикла БАС оказывает исключительное влияние на развитие беспилотной авиации в Российской Федерации. В целях скорейшего внедрения БАС в единое воздушное пространство требуется проведение исследований и разработка обоснованных предложений по следующим направлениям [7]:

- классификация БАС;
- сертификация БАС и их взаимосвязанных элементов: БВС, станции внешнего пилота, линии передачи данных управления и контроля, системы обнаружения и предотвращения столкновений БВС с пилотируемыми воздушными судами и другими БВС, оборудования для запуска и посадки БВС и др. (рис. 3) [8];
- требования к летной годности для БВС различных категорий.

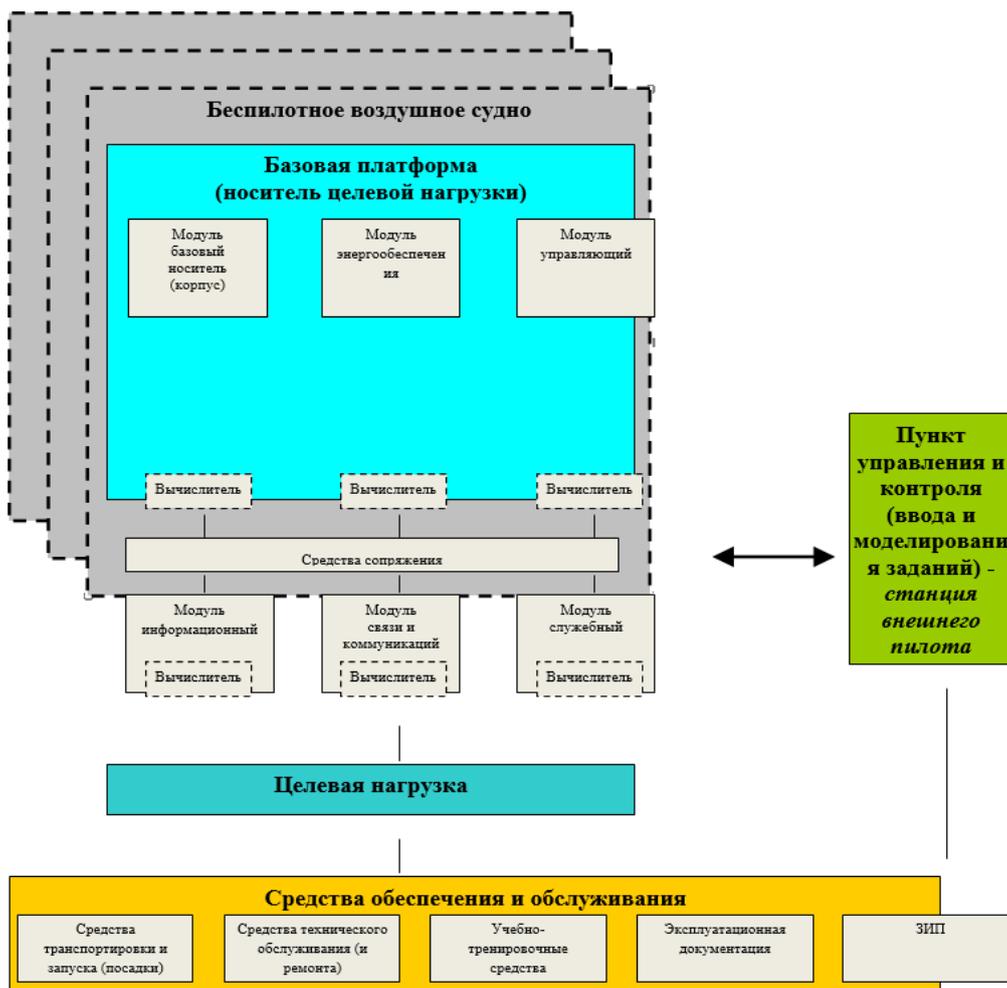


Рис. 3. Структура БАС (вариант)

2. Разработка многоцелевой интегрированной системы моделирования формирования облика перспективных БАС и их подсистем, проведения виртуальных исследований, отладки, испытаний, отработки вариантов применения (виртуальное прототипирование).

Целью создания многоцелевой интегрированной системы моделирования является автоматизация процессов проектирования подсистем (элементов), формирования облика, проведения исследований, отладки, испытаний и отработки вариантов применения БАС на базе средств виртуальной реальности [9].

В рамках формирования многоцелевой интегрированной системы моделирования необходимо разработать следующие основные частные модели:

— модели виртуального прототипирования и синтеза облика перспективных образцов БАС, включая основные функциональные подсистемы, их конструкцию, аппаратное и программное обеспечение сенсоров, средств навигации, связи, управления, интерфейсов «БВС-оператор»;

— виртуальные модели внешней среды функционирования с возможностями имитации различных факторов неопределенности, обусловленных изменением характера обстановки, времени суток, сезонных, климатических и погодных условий;

— виртуальных моделей вариантов применения и поведения прототипов образцов БАС при выполнении задач в различных условиях внешней среды для отработки вариантов применения БАС с учетом фактического состояния и динамики изменения располагаемых ресурсов.

3. Разработка комплексных моделей и методик оценки эффективности как собственно отдельно взятых единичных образцов БАС, так и вариантов их применения, включая групповое и совместно с воздушными судами.

Эффективность БАС, как любой сложной технической системы, в общем виде определяется посредством трех групп основных факторов следующего содержания:

— факторов, характеризующих качество БАС, включая уровень технических, эксплуатационных, стоимостных характеристик и состояние готовности к применению по назначению;

— факторов, характеризующих уровень подготовки (профессиональной компетентности и обученности) специалистов по эксплуатации БАС;

— факторов, характеризующих качество управления применением БАС, в том числе, организации обеспечения применения.

Перечисленные факторы образуют соответственно: функциональные возможности БАС; квалификацию обслуживающего БАС персонала; качество управления использованием БАС.

На основе анализа результатов оценки эффективности БАС, можно определить влияние характеристик и вариантов применения БАС на рентабельность для использования в дальнейшем в двух направлениях:

— для синтеза обоснования рациональных вариантов применения уже существующих БАС в интересах повышения качества управления в целях более полной реализации их потенциальных возможностей;

— для обоснования требований к создаваемым БАС и определения облика перспективных образцов.

4. Разработка системы управления жизненным циклом БАС.

Важность этой задачи определяется необходимостью поддержания технического состояния БАС в заданной степени готовности к применению по назначению. Современные БАС являются наукоемкими, сложными по своему устройству, организации ремонта и сервисного обслуживания техническими средствами, включающими в свой состав

разнородные функциональные подсистемы, которые требуют высокотехнологичной системы эксплуатации (технического обслуживания и ремонта), а именно:

- создание необходимой базы для хранения воздушных судов, выполнения работ по поддержанию их летной годности и хранения эксплуатационно-технической и пономерной документации на основные и комплектующие изделия воздушных судов;
- обеспечение технического обслуживания и ремонта заявленных воздушных судов;
- учет данных об отказах и неисправностях воздушных судов;
- учет наработки воздушных судов;
- обработку полетной информации при наличии на борту воздушного судна бортовых самописцев;
- медицинское, метеорологическое, аэронавигационное и другие виды обеспечения полетов;
- обеспечение (осуществление мер) авиационной безопасности.

5. Разработка многоуровневой системы обучения и подготовки специалистов в области БАС.

Эффективность и безопасность применения БАС в значительной мере определяются квалификацией соответствующих специалистов: внешних пилотов БВС и обслуживающего авиационного персонала. Исходя из этого, особую значимость приобретает процесс обучения и подготовки специалистов в области БАС.

С учетом особенностей БАС как сложных, высокотехнологических объектов применения и эксплуатации видится необходимым создание соответствующей системы обучения (подготовки) специалистов, интегрируемой с существующей системой подготовки кадров для авиационной промышленности.

Список использованных источников

1. Civil drone market growth rate of 14.3% in the forecast period from 2019 to 2027. — URL: <http://theinsightpartners.com/reports/civil-drone-market.html> (дата обращения 2019-10-09).

2. Анализ существующего состояния международного и отечественного рынка применений беспилотных авиационных систем гражданского назначения, оценка ключевых характеристик отечественного рынка: Аналитический отчет/Инфраструктурный центр по направлению Аэронет НТИ. — М., 2019. — 136 с.

3. Робототехнические средства, комплексы и системы военного назначения. Основные положения. Классификация: Методические рекомендации/ФГБУ «ГНИИЦ РТ» МО РФ. — М., 2014. — 36 с.

4. Commercial drones are here: The future of unmanned aerial systems. — URL: <http://mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-inights/commercial-drones-are-here-the-future-of-unmanned-aerial-systems.html> (дата обращения 2019-11-23).

5. Технологии робототехнических комплексов военного назначения: Аналитический отчет/Национальный центр развития технологий и базовых элементов робототехники Фонда перспективных исследований. — М., 2018. — 111 с.

6. Бурукина О. А. Потенциал и перспективы развития рынка дронов в глобальном масштабе// Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. — 2018. — Vol. 8, Is. 12A — С. 485—494.

7. Анализ международных и национальных программ, нормативных актов и современных технологических решений, относящихся к интеграции беспилотных авиационных систем в контролируемое и неконтролируемое воздушное пространство, и предложения по их совершенствованию в Российской Федерации: Аналитический отчет/

Автономная некоммерческая организация «Аналитический центр «АЭРОНЕТ». — М., 2018. — 300 с.

8. Ермолов И. Л., Хрипунов С. П., Благодарящев И. В., Хрипунов С. С., Типовая структурно-функциональная схема робототехнических комплексов военного назначения, Информационно-измерительные и управляющие системы, Издательство “Радиотехника”, ISSN: 2070-0814 , Том: 15, № 6, 2017. С. 4—9.

9. Хрипунов С. П., Климов Р. С., Благодарящев И. В. Приоритетные направления развития военной робототехники, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Академические Жуковские чтения Современное состояние и перспективы развития комплексов авиационного вооружения. — Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015.—294 с.(с. 280 — 286).

Метод выбора вариантов реализации комплексного научно-технического проекта разработки технологий самолетов местных воздушных линий

*Сухарев А. А., руководитель направления,
alx.sukharev@gmail.com*

*Власенко А. О., старший научный сотрудник,
andrey.vlasenko84@gmail.com*

ООО «Межотраслевой аналитический центр», г. Москва

Аннотация. Изложен подход к формированию вариантов и выбору целевого портфеля технологических проектов при формировании комплексного научно-технологического проекта (КНТП) на основе методологии «дорожных карт». Представлены предварительные результаты апробации подхода на примере КНТП разработки технологий самолетов местных воздушных линий.

Ключевые слова: технологии, дорожная карта, управление, авиастроение, научно-технический задел

Введение

Как известно, подавляющее большинство продукции авиационной промышленности в силу своей постоянно увеличивающейся сложности обладает длительным циклом разработки. В то же время из-за жесткой конкурентной борьбы, наблюдаемой в различных сегментах рынка мирового авиастроения, выигрыш по времени вывода инновационной продукции на рынок на сегодняшний день становится одним из ключевых факторов, определяющих её успех. Указанный выигрыш может быть обеспечен не только путем оптимизации проектно-конструкторской деятельности, но и путем сокращения сроков прикладных научных исследований, на которые сегодня, по некоторым оценкам, приходится более половины длительности цикла создания наукоемкой продукции [1]. В современной практике управления инновациями это достигается за счет (1) рационализации выбора исследований направлений исследований на ранних стадиях зрелости технологии и (2) последующего совмещения экспериментальной отработки сразу целого комплекса новых технологий путем создания экспериментальных образцов-демонстраторов в рамках комплексных научно-технологических проектов (КНТП).

Для сокращения сроков проведения второго из указанных этапов актуальна задача рационализации его планирования, нахождения варианта развития технологий, который бы обеспечил достижение требуемых потенциальными бенефициарами характеристик технологий при приемлемом сочетании сроков, стоимости и рисков их разработки.

В докладе предложен подход к решению указанной проблемы и представлены предварительные результаты его апробации.

1. Основные принципы и шаги предлагаемого подхода

Предлагаемый подход призван обеспечить переход от широко применяемой в настоящее время практики субъективного планирования тематик прикладных исследований к выбору и сравнению альтернативных портфелей технологий по формализованным критериям. За основу взята методология дорожных карт, поскольку ее преимущество

состоит в возможности сформировать портфель проектов с учетом факторов разной природы — рыночных, регуляторных, конкурентных, технологических, технических.

Подход базируется на следующих основных принципах:

1. Формирование целей и требований к результату КНТП с учетом интересов основных сторон, заинтересованных в результате разработки — потребителей технологии и финальной продукции на ее основе, регуляторов и др.

2. Квалифицированное и обоснованное формирование вариантов обеспечения требований к результату КНТП.

3. Выбор целевого варианта на основе формализованных критериев, выражающих оценку (1) временных и материальных ресурсов, и (2) степень относительного риска, связанного с реализацией каждого из альтернативных вариантов КНТП.

Указанные принципы предлагается реализовать в четыре последовательно реализуемых шага, представленных на рис. 1 в разбивке на подзадачи, которые решаются авторами в рамках формирования портфеля разработки технологий самолетов МВЛ.

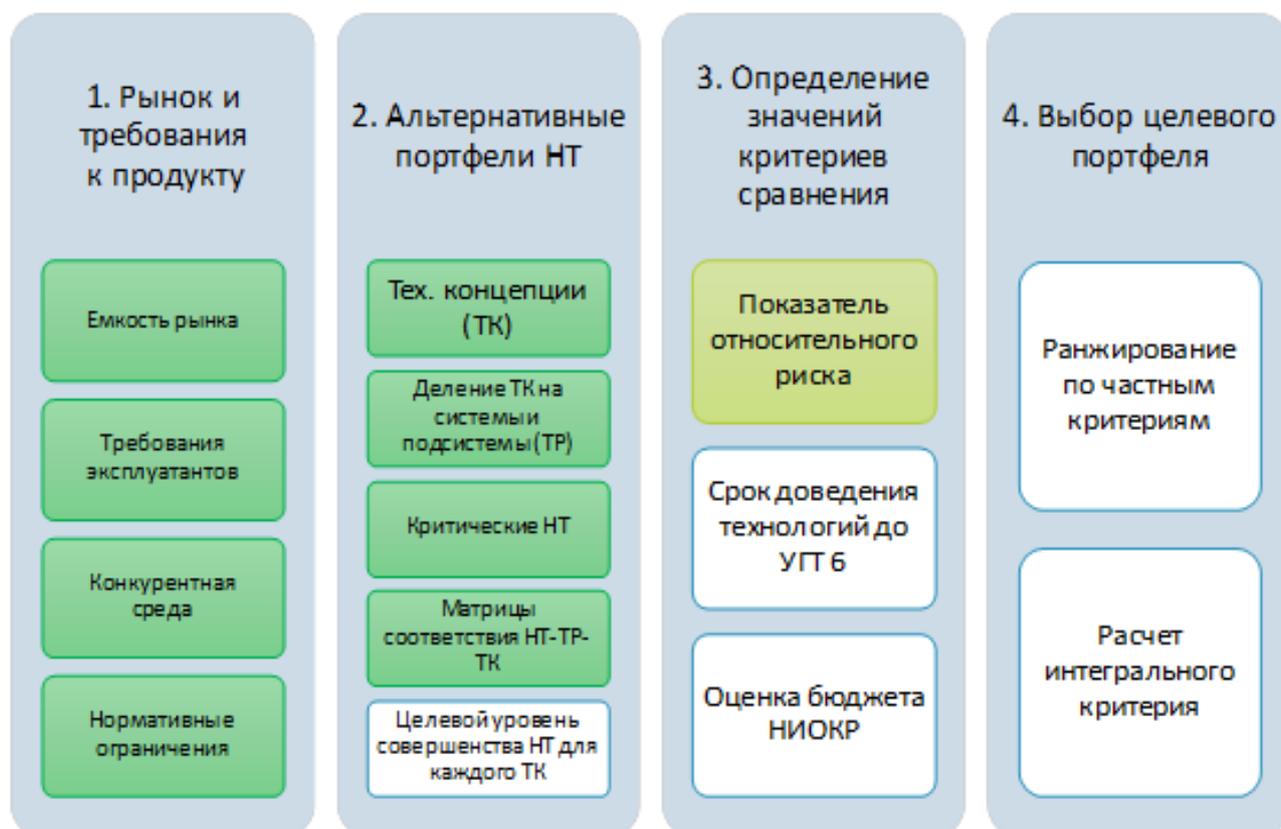


Рис. 1. Основные шаги алгоритма выбора вариантов реализации КНТП

Цель первого шага — выявление и параметризация требований заинтересованных сторон к характеристикам продукта, в обеспечение которого реализуется КНТП. Подзадачи и методы, применяемые на этом шаге, могут варьироваться, поскольку сильно зависят от специфики планируемого к созданию технического объекта. В частности, при реализации проектов, нацеленных на создание технологий самолетов гражданской авиации целесообразно решить следующие четыре подзадачи:

(а). Разработка прогноза емкости рынка. Спектр потенциально применимых методов включает (1) ретроспективный анализ структуры и динамики объемных показателей рынка сбыта продукции и рынков его применения; (2) анализ факторов, оказывающих влияние на развития рынка; (3) составление баланса отхода парка ВС и потребности в провозных мощностях на целевых рынках авиационной транспортной работы; (4) прогнозирование объемных показателей и др.

(б). Определение требований эксплуатантов к продукту, включая (1) аналитические и прогнозные исследования маршрутной сети рынков потенциального применения; (2) исследования наземной инфраструктуры и планов ее развития.

(в). Анализ и прогноз развития конкурентной среды, включая (1) прогноз развития конкурирующих проектов; (2) анализ перспективных НИРпо разработке ЛА и отдельных систем; (3) оценку факторов конкурентоспособности перспективных самолетов (экономическую и техническую конкурентоспособность).

(г). Анализ и прогноз развития нормативных ограничений, оказывающих влияние на требования к характеристикам продукции, включая (1) планы ужесточения требований по шуму и эмиссии; (2) изменение правил сертификации; (3) прогноз изменений специфических требований к системам летательного аппарата (например, обусловленных вводом новых стандартов).

Конечными результатами решения указанных подзадач являются оценка объема рынка применения и требования заинтересованных сторон к характеристикам конечного продукта.

Цель второго шага — сформировать альтернативные портфели новых технологий, с помощью которых могут быть удовлетворены выявленные на первом шаге требования.

Для решения указанной задачи предлагается следующая последовательность действий:

(а) На основе располагаемого НТЗ сформировать варианты принципиальных решений («технических концепций», ТК), на основе которых можно создать товарный продукт, удовлетворяющий, каждому из наборов требований к продукту, выработанному на первом шаге.

(б) Произвести декомпозицию технических концепций до уровня подсистем и компонентов характеристики которых определяют степень технического совершенства перспективной продукции.

(в) Сформировать «длинный список» новых технологий (НТ), которые необходимы для обеспечения целевых характеристик.

(г) Идентифицировать критические технологии. В общем виде критическими могут быть признаны технологии, для которых верно хотя бы одно из утверждений:

1. Технология обладает высокой новизной.
2. Высоко влияние технологии на эффективность и результативность системы.
3. С применением технологии связан главный технический риск системы, в которой она применена.

Конечным результатом второго шага является набор матриц соответствия технических концепций, технических решений и критических технологий, необходимых для их реализации (рис. 2);

На третьем шаге для каждого из сформированной матрицы соответствия предлагается получить оценки (1) уровня относительного технологического риска реализации портфеля проектов, (2) сроков и (3) бюджета проекта.

Уровень относительного технологического риска предлагается определять, используя в качестве меры оценку показателей готовности каждой из критических технологий, входящих в портфель (шкала TRL и ее расширенные модификации, описание которых изложено, например, в [2], [3]). Ранжирование портфелей предлагается производить путем построения для каждого сравниваемого варианта распределения количества связанных критических технологий по их уровням готовности. Наименее рискованным предлагается считать портфель (и соответствующий ему вариант технической концепции), создание которого связано с использованием наименьшего количества технологий с минимальными УГТ.

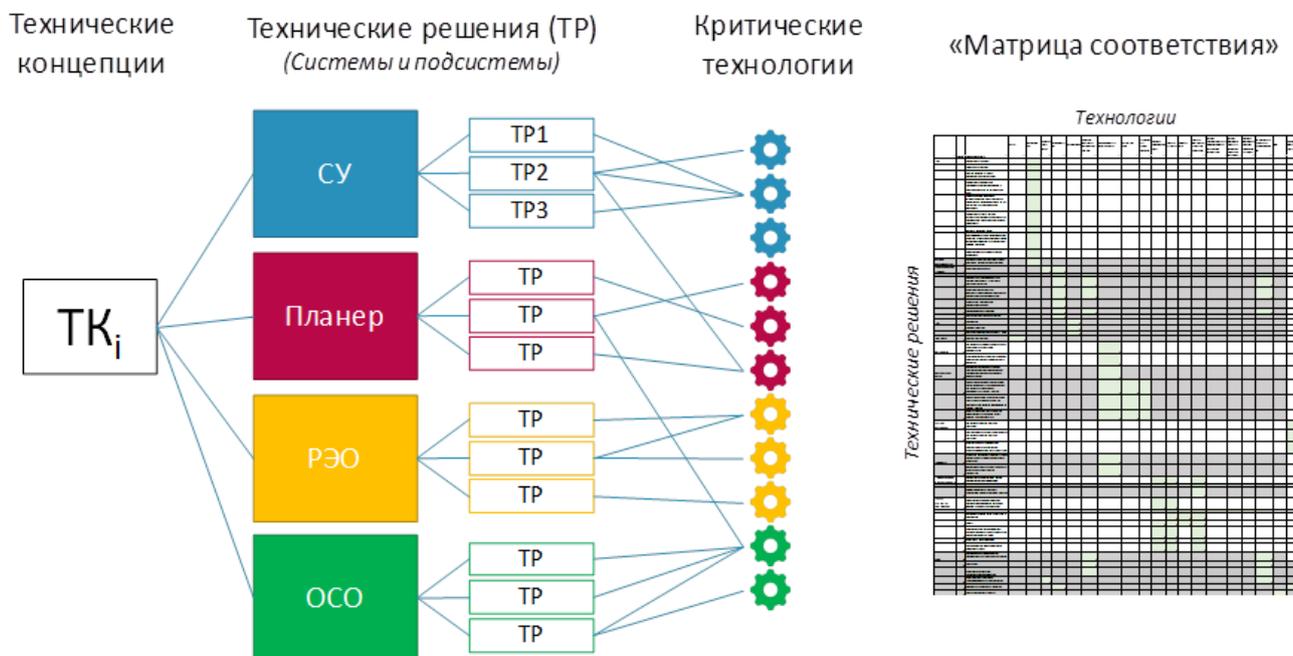


Рис. 2. Объекты и последовательность формирования альтернативных вариантов портфелей новых технологий

Нахождение сроков и оценку бюджета НИР для элементов портфеля технологий предлагается проводить в последовательности, представленной на рис. 3.



Рис. 3. Последовательность нахождения сроков и бюджета НИР элементов портфеля технологий

Оценку потребного бюджета предлагается в обязательном порядке проводить для каждого элемента портфеля в тесном взаимодействии с командами — операторами проекта. Для проектов, находящихся на низком (TRL 2-3) уровне готовности, оценка уровня потребных расходов может быть произведена аналого-сопоставительным, экспертным, историческим методами или их комбинацией. Для проектов с уровнем готовности TRL 4 и предпочтителен расчет методом калькулирования себестоимости.

За интегральное время разработки портфеля технологий предлагается принять максимальную из расчетных продолжительностей работ по отдельным элементам портфеля, оцененных по балансовому методу.

На четвертом шаге предлагается произвести выбор целевого варианта реализации проекта путем (1) определения соответствия значений частных критериев портфелей заданным граничным условиям и (2) расчета значений интегрального критерия который предлагается путем комбинации частных критериев с применением метода анализа иерархий [4].

2. Предварительные результаты апробации

К настоящему времени проведена частичная апробация описанного выше подхода применительно к КНТП разработки технологий самолетов местных воздушных линий.

Представленные результаты охватывают только этапы, отмеченные на рис. 1 зеленым цветом и не являются полными.

1. Анализ требований российских эксплуатантов, осуществляющих местные перевозки в том числе в удаленных и труднодоступных регионах России, показал, что для обеспечения потребностей авиатранспортной системы необходимы самолеты пассажироместимостью как 9—13, так и 19 кресел с определенными транспортными возможностями. В силу особенностей наземной инфраструктуры российской маршрутной сети местных авиалиний даже с учетом планов государства по ее модернизации необходимо обеспечить возможность безангарного хранения перспективных ВС, эксплуатацию с короткой взлетно-посадочных полос, необорудованных посадочных площадок, снеговых аэродромов и водных поверхностей.

Одним из важнейших требований эксплуатантов является обеспечение как минимум 30%-ного преимущества по уровню прямых эксплуатационных расходов над лучшими современными аналогами зарубежного производства, обладающими сопоставимыми эксплуатационными характеристиками.

2. Установлено, что максимальный годовой объем спроса на российские самолеты рассматриваемых классов в среднем может составить 21—27 ВС класса 9 кресел и 14 ВС в год в классе 19 кресел, что, в пересчете по ценам на существующие зарубежные аналоги, соответствует годовой выручке 120—140 млн. долларов США. Столь скромный потенциальный объем продаж ограничивает объем совокупных инвестиций в проект на уровне 11,7—13 млрд. рублей в ценах 2019 г. Для соблюдения столь жесткого бюджета исследований и разработок целесообразна максимальная унификация технического лица, комплектующих и технологий, используемых для создания самолетов 9 и 19 мест, с комплектующими и технологиями, направленными на создание пассажирских самолетов магистрального и регионального класса. Подавляющее большинство критических технологий МВЛ, идентифицированных в ходе настоящей работы, соответствует указанному принципу.

3. Анализ структуры прямых эксплуатационных расходов (ПЭР) современных и перспективных зарубежных турбовинтовых самолетов местных воздушных линий показал, что снижение ПЭР указанных самолетов за счет развития технологий топливной экономичности малоэффективно, поскольку расходы на топливо а расчете на кресло-километр составляют в общей структуре затрат для типовой рейс 500 км лишь 13—17%. Значительно большее снижение ПЭР могло бы быть достигнуто за счет технологий, обеспечивающих (1) удешевление самолета и (2) сокращение затрат эксплуатанта на техническое обслуживание и ремонт, поскольку соответствующие статьи затрат составляют в структуре ПЭР современных турбовинтовых самолетов малой авиации 33—41% и 26—35% соответственно.

4. В то же время анализ перспективных сертификационных требований авиационных регуляторов показал необходимость соответствия перспективных самолетов класса 9—19 мест ряду новых требований, обусловленных (а) развитием систем навигации и организации воздушного движения и (б) стремлением авиационных регуляторов к сокращению производимых самолетами шума и эмиссии вредных веществ.

5. Таким образом, необходимость затрат на инновации в области экологии вступает в противоречие с задачей минимизации цены самолетов путем упрощения конструкции и снижения инвестиций в его разработку и приводит к необходимости улучшать топливную экономичность, несмотря на относительно низкую ценность дальнейшего улучшения этой характеристики для самолетов рассматриваемой размерности.

Было установлено, что для решения этого противоречия улучшение экологических характеристик при одновременном снижении стоимости владения самолетами 9—19 кресел может быть достигнуто путем создания самолетов с гибридной силовой установкой. Применение в гибридной силовой установке электродвигателей, более простого

по конструкции и, соответственно, потенциально более дешевого в производстве газотурбинного агрегата позволит существенно снизить цену самолета и сократить расходы на техническое обслуживание, поскольку в настоящее время расходы, связанные с силовой установкой, составляют до 50% как цены, так и текущих расходов на техническое обслуживание и ремонт самолетов рассматриваемой размерности.

Для сокращения инвестиционных расходов на реализацию программ малой авиации предложено максимально унифицировать программы разработки технологий малой авиации с программами разработки технологий «более электрического самолета» для перспективных ЛА большей размерности.

6. Специалистами ФГУП «ЦАГИ» сформированы шесть «технических концепций» самолетов, каждая из которых может быть применена для создания самолетов обеих рассматриваемых размерностей. Одна из концепций представляет собой самолет с традиционной турбовинтовой силовой установкой и пять — технические концепции, подразумевающие применение гибридных двигателей (рис. 4)



Рис. 4. Общий вид и основные особенности технических концепций перспективных самолетов местных воздушных линий

7. На основе предложенного формата — «паспорта технологии» — специалистами научных организаций подготовлены предложения по использованию в составе выбранных технических концепций 87 технологий, в том числе по газотурбинным и электрическим двигателям (ФГУП «ЦИАМ») — 34 наименования; по технологиям РЭО и КБО (ФГУП «ГосНИИ АС») — 39 наименований; по технологиям аэродинамики и прочности ЛА (ФГУП «ЦАГИ») — 14 наименований. Из представленного перечня сформирован перечень 69 критических технологий, который включает в себя 10 технологий развития газотурбинных двигателей, 16 технологий электрических машин, 11 технологий развития аккумуляторных батарей и топливных элементов, 9 технологий аэродинамики и прочности, 2 технологии движителей, 12 технологий бортового радиоэлектронного оборудования и 7 технологий общесамолетного оборудования.

8. Для критических технологий были получены экспертные оценки специалистов ФГУП «ЦАГИ», ФГУП «ЦИАМ» и ФГУП «ГосНИИ АС» текущего уровня готовности технологий по шкале согласно ГОСТ Р 58048-2017. Технические концепции ранжированы по степени относительного технического риска их реализации на основе оценок уровня готовности технологий с использованием матриц соответствия.

Предварительно, по совокупности качеств наиболее предпочтительными для реализации признаны концепции №№ 2 и 3, поскольку они в наибольшей степени соответствуют следующим необходимым критериям, следующим из приведенных выше результатов исследования:

- обладают приемлемыми значениями ранга риска реализации;
- в максимальной степени отвечают требованиям к основным характеристикам по надежности и степени унификации технологий;
- предполагают применение гибридных силовых установок, используя группу технологий, обладающих наибольшим потенциалом приращения характеристик и (в варианте применения технологий ВТСП — единственную выявленную группу критических технологий, по которым достигнут технологический паритет с промышленностью зарубежных стран);
- содержат в себе минимальное количество специфических (то есть не применимых на воздушных судах других классов) критических технологий, что создает предпосылки сокращения бюджета исследований и разработок.

Выводы

1. Предложен методический подход к выбору альтернативных вариантов технологических портфелей при планировании комплексных научно-технических проектов, применение которого, как ожидается будет способствовать исключению ошибок, сокращению времени и повышению эффективности расходов на прикладные научные исследования.

2. Продемонстрирована практическая применимость части положений методического подхода, связанной с формированием состава продуктовых портфелей, выбором критических технологий, их ранжированием по критерию относительного риска реализации.

Литература

1. Клочкин В. В., Рождественская С. М. Современные принципы управления прикладными исследованиями в авиационной науке // Интеллект и технологии. 2016. № 1 (13). С. 58—63.

2. Петров А. Н., Сартори А. В., Филимонов А. В. Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий ЭКОНОМИКА НАУКИ 2016, Т. 2, № 4.

3. Technology Readiness Assessment Guide. Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and projects <https://www.gao.gov/assets/680/679006.pdf>.

4. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

Моделирование и оценка доступности местных и региональных авиаперевозок для населения РФ в интересах формирования требований к перспективным образцам авиатехники

Сухарев А. А., руководитель направления, alx.sukharev@gmail.com

*Власенко А. О., старший научный сотрудник,
andrey.vlasenko84@gmail.com*

*Урюпин И. В., научный сотрудник,
uryupin93@yandex.ru*

ООО «Межотраслевой Аналитический Центр» (ООО «МАЦ»), г.Москва

Аннотация. В докладе предложен подход к оценке экономической и физической доступности местных и региональных авиационных перевозок для населения РФ, Учет данных показателей необходим при решении задачи формирования требований к перспективным образцам авиатехники. Предложен перечень задач, решаемых с использованием оценки доступности.

Ключевые слова: моделирование, авиатранспортная система, транспортная доступность, экономическая и физическая доступность авиаперевозок.

Введение

За последние четыре года коллективом ООО «Межотраслевой аналитический центр» совместно с ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» был создан значительный задел по тематике создания комплекса моделирования авиатранспортной системы (АТС) [1—3]. Анализ показал, что для решения широкого круга задач по моделированию АТС и оценке требований к перспективным образцам авиатехники необходим инструмент, позволяющий оценить изменение параметров АТС для пассажиров. Данный инструмент, реализованный в виде программного модуля оценки экономической и физической доступности местных и региональных авиаперевозок для населения РФ, был создан в этом году [4].

Создание инструмента оценки экономической и физической доступности авиаперевозок для населения потребовало решения двух укрупненных задач:

1. Выбор методического подхода к оценке доступности авиаперевозок, применимого для РФ, с учетом планов развития инфраструктуры и доступных статистических данных;
2. Разработка базы данных и ее наполнение исходными данными, разработка программного модуля расчета показателей транспортной доступности.

1. Выбор методического подхода к оценке экономической и физической доступности авиаперевозок для населения

Методический подход был реализован для случая оценки доступности местных и региональных перевозок для населения РФ, проживающего в малонаселенных и труднодоступных регионах РФ. При этом дополнительно был проведен анализ доступности статистических данных и анализ планов развития наземной транспортной инфраструктуры. Анализ доступности данных показал, что при разработке методики можно использовать информацию о расположении населенных пунктов и их показателях (числен-

ность населения и средний уровень дохода), расположении и параметрах аэродромов и посадочных площадок, а также данные о расстоянии и времени на движение по дорогам между населенными пунктами и аэропортами. Анализ планов развития наземной транспортной инфраструктуры выявил, что качественного ее изменения, даже при полной реализации всех проектов, не произойдет, а, следовательно, данные о расстояниях между населенными пунктами и аэропортами могут не обновляться значительное время и использоваться в прогнозных оценках.

При выборе методического подхода был проведен анализ существующих подходов к оценке транспортной доступности [5—10]. Так, было рассмотрено 6 групп основных методов, применяемых для определения транспортной доступности. Были рассмотрены такие методы как: топологические, оценки пространственного разграничения, изолиний, потенциалов, инверсионных балансов и пространственно-временные. С учетом доступности исходных данных была предложена методика, допускающая реализацию по отдельности и комбинацию трех групп методов:

- Метод оценки пространственного разграничения;
- Метод изолиний;
- Метод потенциалов.

Нужно отметить, что учет фактического расположения населенных пунктов РФ и аэродромов, достижимости аэродромов из населенных пунктов наземным транспортом является важной особенностью методики. Также важной особенностью разработанной методики, базирующейся на доступных исходных данных, является возможность альтернативности выбора аэропорта для каждого населенного пункта. Допустим, что в окрестностях населенного пункта расположено несколько аэропортов (см. рис.1). Часть из них может быть закрыта или недостижима из населенного пункта наземным транспортом, часть слишком далеко и не может рассматриваться как вариант для поездки из населенного пункта, а несколько аэропортов могут быть достижимы по дороге за приемлемое время. Фактический авиационный пассажиропоток из этого населенного пункта будет распределяться между достижимыми из него аэропортами с некоторыми весами.

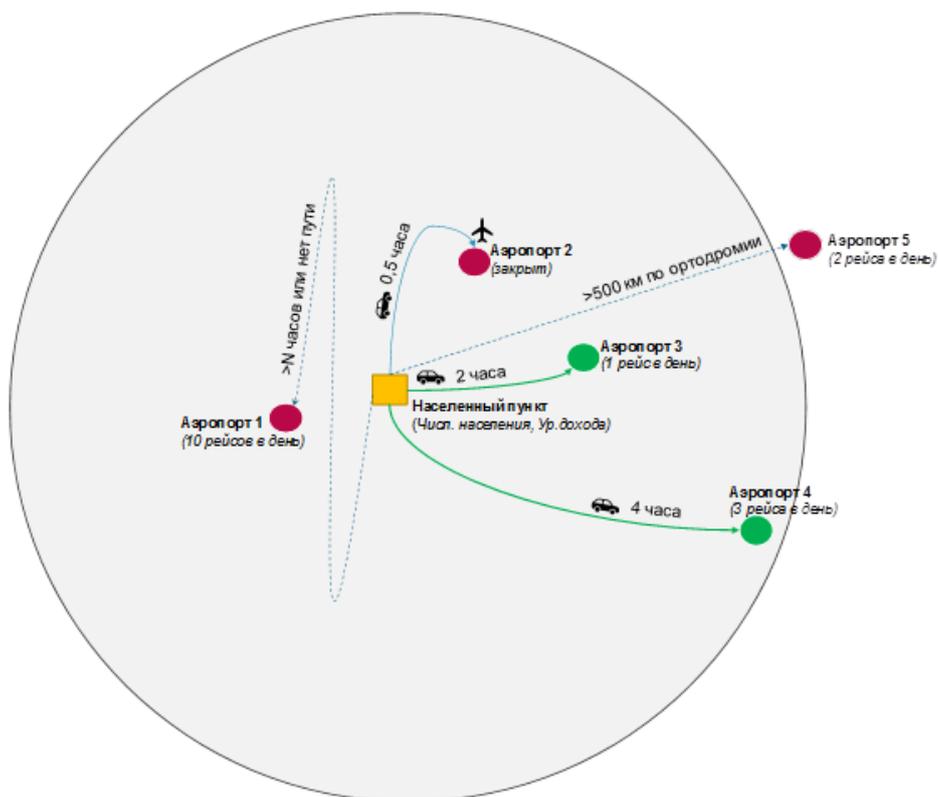


Рис. 1. Пример расположения населенного пункта и аэропортов

Поскольку точное время возникновения у потенциального пассажира потребности в услуге авиационного транспорта не известно, привлекательность того или иного аэропорта из населенного пункта во многом определяют два фактора:

Частота рейсов (чем больше из аэропорта рейсов, тем он более привлекателен) — то есть как часто пассажир может улететь из аэропорта;

Удаленность (чем ближе аэропорт, тем лучше) — сколько по времени добираться до аэропорта.

Вес каждого альтернативного для населенного пункта аэропорта, может быть определен исходя из его потенциальной доступности (привлекательности), в которой может учитываться как количество рейсов (чем больше из аэропорта рейсов, тем он более привлекателен), так и мера его удаленности от населенного пункта (чем ближе ехать в аэропорт, тем лучше). Вес аэропорта i для населенного пункта j в предложенной методике определяется по следующей формуле.

$$W_{i,j} = \text{sign}((\text{sign}(R_i - R_0) + 1)) R_i^\alpha f_w(c_{i,j}, c_{max})$$

где:

$W_{i,j}$ — показатель веса (интегральной привлекательности) аэропорта i для населенного пункта j ;

$\text{sign}(x)$ — функция, принимающая значение «1» при $x > 0$, «-1» при $x < 0$ и «0» при $x = 0$;

R_i — количество исходящих рейсов для аэропорта i ;

R_0 — минимальное годовое количество рейсов из аэропорта, при котором данный аэропорт принимается в расчет (может быть присвоен ненулевой вес);

α — параметр для учета влияния количества исходящих рейсов аэропорта на его привлекательность для населенных пунктов;

$c_{i,j}$ — мера преодоления пространства между j и i ;

c_{max} — предельное (заданное) значение меры преодоления пространства, больше которого доступность можно считать нулевой;

$f_w(c_{i,j}, c_{max})$ — функция меры преодоления пространства, причем при

$c_{i,j} > c_{max}$

$f_w(c_{i,j}, c_{max})_{c_{i,j} > c_{max}} = 0$, а при $c_{i,j} = 0$ $f_w(c_{i,j}, c_{max}) = 1$.

Обычно в задачах исследования доступности в качестве функций $f_w(c_{i,j}, c_{max})$ используют степенные, экспоненциальные и линейные. В разработанном подходе функция $f_w(c_{i,j}, c_{max})$ была сконструирована таким образом, что позволяет исследователю самостоятельно выбрать ее вид. Необходимо отметить, что выбор конкретного вида функции носит субъективный характер, при этом наиболее правильным для задачи определения доступности авиаперевозок представляется вариант использования линейной функции, показывающей запас меры преодоления пространства относительно предельного значения c_{max} . В качестве меры преодоления расстояния при определении весов $W_{i,j}$ наиболее объективным, инвариантным показателем является время. Необходимо отметить, что весовая функция $W_{i,j}$ сконструирована таким образом, что позволяет исследователю моделировать и реализовывать выбранные три группы методов оценки транспортной доступности.

Таким образом, доступность аэропортов из населенного пункта характеризуется средней взвешенной удаленностью достижимых из него аэропортов, а также затрачиваемыми на поездку до аэропорта средними взвешенными значениями времени и стоимости.

$$L_{j, \text{подв}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} l_{i,j}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

$$T_{j, \text{подв}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} t_{i,j}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

$$P_{j, \text{подв}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} P_{i,j}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

где

$L_{j, \text{подв}}$ — средняя взвешенная протяженность пути до аэропорта из населенного пункта j ;

$T_{j, \text{подв}}$ — среднее взвешенное время на поездку до аэропорта из населенного пункта j ;

$P_{j, \text{подв}}$ — средняя взвешенная стоимость поездки до аэропорта из населенного пункта j ;

$l_{i,j}$ — расстояние по дорогам из населенного пункта j до аэропорта i ;

$t_{i,j}$ — время на поездку из населенного пункта j до аэропорта i ;

$p_{i,j}$ — стоимость поездки из населенного пункта j до аэропорта i , $p_{i,j} = l_{i,j} \times P_{\text{уд.назем}}$, где $P_{\text{уд.назем}}$ — удельная стоимость пассажирокилометра на наземном транспорте.

n — количество рассматриваемых i -ых пунктов (аэропортов), являющихся альтернативами для j -го населенного пункта, $i = 1, \dots, n$.

Поскольку доступность авиаперевозок для населения определяется не только удаленностью аэродромов, но и средним временем между рейсами, для его учета предлагается следующий подход. Для населенного пункта вычисляется среднее взвешенное количество рейсов в год по доступным из него аэропортам, которое умножается на доступное для населенного пункта количество аэропортов. Из этого значения определяется среднегодовое значение межрейсового интервала для населенного пункта.

$$T_{j, \text{межр}} = \frac{365 \times 24 \times \sum_{i=1}^n W_{i,j}}{2 \times \sum_{i=1}^n W_{i,j} R_i \sum_{i=1}^n \text{sign}(W_{i,j})}$$

где $T_{j, \text{межр}}$ — среднее взвешенное время между рейсами (в часах) для населенного пункта j .

Суммарное время, необходимое для доступа к услуге воздушных перевозок из населенного пункта j определяется как:

$$T_{j, \text{дост}} = T_{j, \text{подв}} + T_{j, \text{межр}}$$

При оценке воздушной составляющей экономической доступности предлагается использовать подход, основанный на средних стоимостях перевозки из аэропортов. Поскольку решается задача о доступности региональных и местных авиаперевозках, то для определения средних тарифов необходимо отсечь магистральные маршруты. К магистральным маршрутам предлагается относить маршруты, дальность или интенсивность на которых превосходит некоторые заданные значения. Характерными значениями дальности и интенсивности, позволяющими отнести маршрут к классу магистральных, обычно является протяженность более 3000 км или количество выставленных кресел более 50 тыс. кресел в год (более 1000 рейсов 50-местного ВС). Тогда средний удельный тариф на воздушную перевозку из аэропорта будет определяться по следующей формуле:

$$P_{i, \text{уд}} = \frac{\sum_{l=1}^m \text{Seats}_{i,l} P_{i,l, \text{возд}}}{\sum_{l=1}^m \text{ASK}_{i,l}}$$

где

$P_{i, \text{уд}}$ — средний удельный тариф за ккм из аэропорта i ;

l — направление из аэропорта i , удовлетворяющее условиям непринадлежности к магистральным перевозкам;

$\text{ASK}_{i,l}$ — выполненные кресло-километры из аэропорта i на направлении l ;

$\text{Seats}_{i,l}$ — выставленные кресла на направлении l из аэропорта i ;

$P_{i,l, \text{возд}}$ — средняя стоимость билета из аэропорта i на направлении l .

Для оценки стоимости перелета предлагается использовать целевую поездку, параметры которой задаются исследователем. Поскольку основным объектом исследования являются местные и региональные перевозки в удаленных и труднодоступных регионах, а сети местных воздушных линий представляет собой звездообразные структуры с центрами в столицах регионов РФ, то в качестве целевую поездку можно условно разбить на два этапа. Первый — перелет в центр региона, в котором расположен аэропорт первоначального вылета, а второй — перелет на некоторую заданную дальность, характерную для региональных авиаперевозок. Тогда средняя суммарная стоимость перелета составит:

$$P_{j, \text{возд}} = P_{j, \text{МВЛ}} + P_{j, \text{рег}}$$

$$P_{j, \text{МВЛ}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} P_{i, \text{уд}} L_{i, \text{МВЛ}}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

$$P_{j, \text{рег}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} P_{i, \text{центр}} L_{\text{рег}}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

где

$P_{j, \text{возд}}$ — среднее взвешенное значение расходов на перелет для населенного пункта j ;

$P_{j, \text{МВЛ}}$ — среднее взвешенное значение расходов на перелет в центр региона для населенного пункта j ;

$P_{j, \text{рег}}$ — среднее взвешенное значение расходов на перелет на региональной линии для населенного пункта j ;

$L_{i, \text{МВЛ}}$ — ортодромия от аэропорта i до главного аэропорта столицы региона, в который входит аэропорт i ;

$P_{i, \text{центр}}$ — средний удельный тариф на перевозки из главного аэропорта столицы региона, к которому относится аэропорт i ;

$L_{\text{рег}}$ — заданное исследователем значение средней дальности региональной перевозки.

Таким образом, полная средняя стоимость путешествия из населенного пункта j будет определяться по формуле:

$$P_j = P_{j, \text{подв}} + P_{j, \text{возд}}$$

Исходя из полной стоимости путешествия можно оценить коэффициент экономической доступности местных и региональных перевозок для населения удаленных и труднодоступных регионов РФ. Коэффициент для населенного пункта j определяется как отношение полной стоимости целевого путешествия к среднему уровню доходов.

$$E_j = \frac{P_j}{I_j}$$

где E_j — значение коэффициента доступности местных и региональных перевозок для населенного пункта j ;

I_j — средний уровень душевого дохода в населенном пункте j ;

P_j — средняя полная стоимость поездки в населенном пункте j .

Суммарное время оказания услуги осуществления целевой поездки складывается из времени, необходимого для доступа к услуге воздушных перевозок, $T_{j, \text{дост}}$ и времени оказания услуги по осуществлению воздушной перевозки.

$$T_j = T_{j, \text{дост}} + T_{j, \text{МВЛ}} + T_{j, \text{рег}} + T_{j, \text{ц. межр}}$$

$$T_{j, \text{МВЛ}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} L_{i, \text{МВЛ}}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j} V_{\text{МВЛ}}}$$

$$T_{j, \text{пер}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} L_{\text{пер}}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j} V_{\text{пер}}}$$

$$T_{j, \text{ц.межр}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} \text{sign}(L_{\text{пер}} + L_{i, \text{МВЛ}}) T_{i, \text{ц.межр}}}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

где T_j — значение суммарного времени оказания целевой транспортной услуги для населенного пункта j ;

$T_{j, \text{МВЛ}}$ — значение времени на перелет на МВЛ для населенного пункта j ;

$T_{j, \text{пер}}$ — значение времени на перелет на региональном сегменте для населенного пункта j ;

$V_{\text{МВЛ}}$ — задаваемая исследователем средняя скорость ВС на местных перевозках;

$V_{\text{пер}}$ — задаваемая исследователем средняя скорость ВС на региональных перевозках;

$T_{i, \text{ц.межр}}$ — среднее время между рейсами в аэропорту пересадки в столице субъекта РФ.

Средний путь, проделанный пассажиром из населенного пункта j определяется формулой:

$$L_j = L_{j, \text{подв}} + L_{j, \text{МВЛ}} + L_{\text{пер}}$$

$$L_{j, \text{МВЛ}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_{i,j} (L_{i, \text{МВЛ}})}{\sum_{i=1}^n W_{i,j}}$$

Средние значения показателей доступности для административно-территориальных объединений населенных пунктов: муниципального района, субъекта федерации, федерального округа и Российской Федерации в целом могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$L_{\text{ц.межр}} = \frac{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j L_{j, \text{ц.межр}}}{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j}$$

$$L = \frac{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j L_j}{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j}$$

$$T = \frac{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j T_j}{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j}$$

$$E = \frac{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j E_j}{\sum_{j=1}^N \text{pop}_j}$$

где pop_j — численность населения в населенном пункте j ;

N — количество рассматриваемых населенных пунктов (в зависимости от уровня агрегации и типа решаемой задачи: все населенные пункты или только относящиеся к удаленным и труднодоступным);

$L_{\text{подв}}$ — среднее взвешенное значение дальности до аэропорта на наземном транспорте;

L — среднее взвешенное значение пути, пройденного при совершении целевого путешествия;

T — среднее взвешенное значение времени, затрачиваемого на осуществление целевой поездки;

E — среднее взвешенное значение коэффициента экономической доступности целевой поездки для населения.

2. Разработка базы данных и программного модуля

На основе собранной информации была разработана база данных под управлением PostgreSQL. База данных содержит 45 таблиц, сгруппированных в 6 блоков по типу хранимой информации. Таблицы первого блока содержат данные, 408 аэродромов (включая расположение) с характеристиками их взлетно-посадочных полос. Во втором блоке хранятся таблицы, содержащие информацию об объемах авиаперевозок между пунктами полета ВВЛ, расписании полетов и средних тарифах на авиаперевозки. Третий блок хранит данные о финансировании и возможной реконструкции наземной авиационной инфраструктуры. В таблицах четвертого блока распределена информация о 20 тыс. населенных пунктах (муниципальных образованиях — сельских и городских поселениях, городских округах), включая распределение среднедушевых доходов, численность населения и географическое расположение. Пятый блок включает данные о 8,2 тыс. железнодорожных и 1,1 тыс. автобусных станциях, расписания рейсов наземного транспорта. Последний — шестой блок содержит вспомогательные таблицы для хранения полученных результатов.

На основе описанных выше методики и базы данных, в среде программирования QT был разработан программный комплекс «AirportMap». Функционал программы позволяет рассчитывать и визуализировать показатели физической и экономической доступности, визуализировать данные БД на двумерной карте и графиках, а также редактировать содержимое таблиц.

- Кроме статических данных БД, входными параметрами являются:
- Предельное время до объекта транспортной инфраструктуры;
- Средняя скорость самолета местных воздушных линий;
- Ограничение для местных линий (протяженность, пассажиропоток в год);
- Удельная стоимость пассажирокилометра на наземном транспорте;
- Средняя дальность и скорость перевозки на региональном воздушном судне;
- Минимальное годовое количество рейсов из аэропорта.

3. Примеры использования программного модуля

На рис/ 2 представлен пример работы «AirportMap», визуализирующий время подвоза к аэропортам. Максимальное допустимое время на дорогу до аэропорта было ограничено 7 часами. На карте синими и черными точками отмечены аэродромы и площадки. Населенные пункты имеют цветовой спектр от зеленого — минимальное время на подвоз, до красного — максимальное время подвоза. Населенные пункты, не укладывающиеся на подвоз в 7 часов в расчете не были учтены и окрашены также красным.

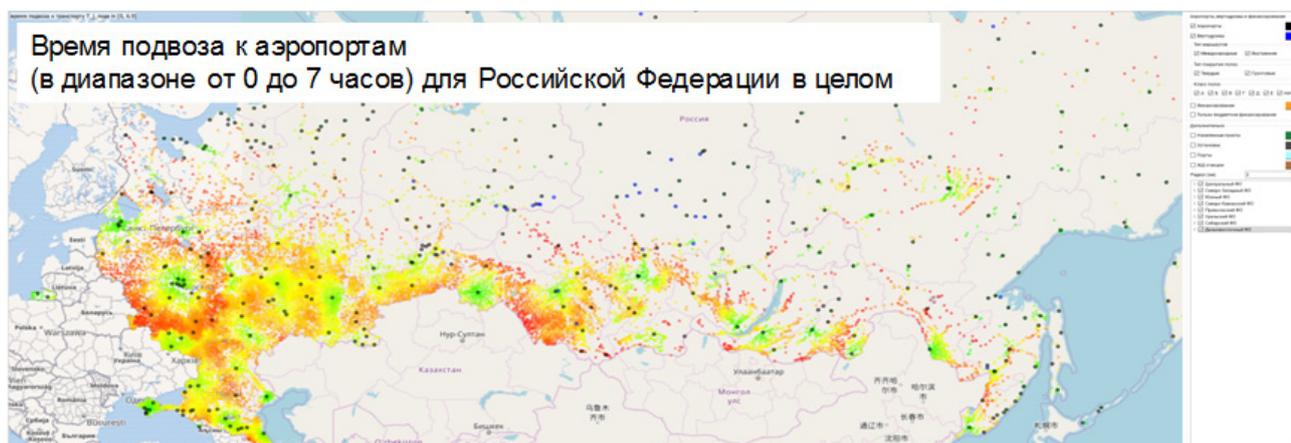
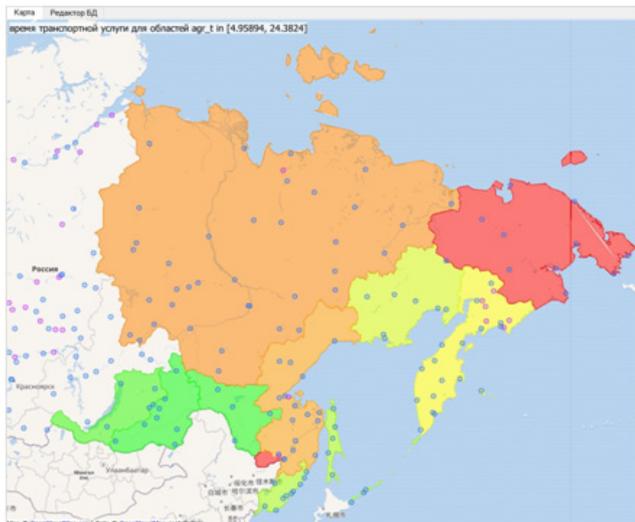


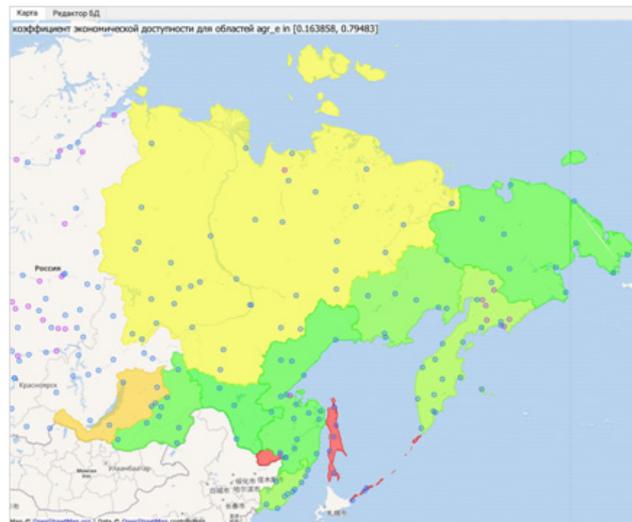
Рис. 2. Пример расчета времени подвоза от населенных пунктов до аэропорта

Анализ показал, что при таком заданном ограничении на максимальное время до аэропорта ~33 млн. человек смогут добраться до аэропорта в течении часа. Еще ~34 млн. потребуется на дорогу до 2,5 часов. Большеи доли населения ~54 млн. человек потребуется до 4,5 часов. Оставшимся 27 млн. придется потратить свыше 4,5 часов.

Другой пример (рис. 3) иллюстрирует время оказания транспортной услуги (слева) и коэффициент экономической доступности (справа) для областей ДФО.



Время оказания транспортной услуги для областей ДФО (диапазон 4.9 – 24.4 часа)



Коэффициент экономической доступности для областей ДФО (диапазон 0.16 – 0.79)

Рис. 3. Пример расчета физической и экономической доступности авиаперевозок для областей ДФО (физической — времени оказания транспортной услуги; экономической — коэффициент экономической доступности)

Расчет показал, что лучшим временем оказания транспортной услуги обладают Амурская область и Забайкальский край — 4.9 часов. Среди худших — Еврейский и Чукотский АО — 24.4 часа. При этом, с точки зрения экономической доступности лучший результат у Чукотской АО — отношение стоимости целевой поездки к среднему доходу составляет 0.16.

Заключение

Разработанный программный модуль позволяет получать оценку текущего уровня экономической и физической доступности авиаперевозок для населения РФ, а также моделировать изменение данных показателей при внедрении новой техники (технологий) в АТС РФ. Так, например, можно оценить изменение доступности авиаперевозок при изменении скорости перспективных ВС, изменении их пассажироместности (частотности рейсов) или снижении прямых эксплуатационных затрат (снижении стоимости авиаперевозок).

Дальнейшим продолжением работы может быть построение системы, объединяющей созданную в рамках данной работы модель, модель оценки прироста пассажиропотока и пассажирооборота от внедрения новой техники (полученную ранее) и модель зависимости улучшения показателей техники от затраченных инвестиций. Подобная комплексная система позволит в значительной мере оценивать и оптимизировать технологическое развитие авиастроения.

Дополнительными задачами, в решении которых возможно применение полученных результатов являются:

Расчет зоны подбора для аэропортов и ее характеристик (численность населения, уровень дохода);

Определение зон с неудовлетворительной ситуацией по доступности авиаперевозок для населения (по времени оказания транспортной услуги или ее относительной стоимости);

Выбор характеристик ВС из условий обеспечения заданной доступности авиатранспорта путем многократного (итерационного) решения задачи моделирования влияния характеристик ВС на доступность авиаперевозок;

Определение аэропортов, требующих развития в приоритетном порядке (например, расположенных в зонах с недостаточной доступностью или путем сравнения численности обслуживаемого населения и исходящего потока).

Оценка целесообразности субсидирования МВЛ для повышения их доступности для населения с учетом экономической доступности перевозок.

Литература

1. НИР «Разработка методологии моделирования технологического развития авиационной техники гражданского назначения в составе авиатранспортных систем» (шифр «Методология — моделирование АТС»), Москва, 2016 г.

2. НИР «Разработка методологии и алгоритмов оценки базовых показателей текущего состояния авиатранспортной системы в обеспечение моделирования научно-технологического развития авиастроения» (шифр «База-АТС-17»), Москва, 2017 г.

3. НИР «Разработка предложений по оценке влияния новой авиационной техники (технологий) на спрос на авиаперевозки в РФ с использованием ценовой эластичности спроса в целях решения задач оценки эффективности НТЗ» (шифр «КСМ-НТЗ-МАЦ»), Москва, 2018 г.

4. НИР «Разработка методики и программного модуля оценки экономической доступности местных и региональных авиаперевозок для населения РФ, физической доступности объектов транспортной инфраструктуры воздушного и наземного транспорта, предназначенной для междугородних перевозок в удаленных и труднодоступных регионах Сибири и Дальнего Востока», Москва, 2019 г.

5. Малащук П. А. Зарубежный опыт оценки транспортной доступности. ООО «Коми республиканская типография» (Сыктывкар). Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2018.

6. Дубовик В. О. Методы оценки пространственной доступности территории. Региональные исследования. 2013 г., №4(42).

7. Иванов М. В. Исследование понятийного аппарата транспортной доступности (зарубежный опыт). Вестник ВГАВТ. 2013 г., 37.

8. Ковалева Е. Н. Интегральная транспортная доступность как показатель качества транспортного обслуживания. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2011 г., 3 (11).

9. Karst T. Geurs, Bert van Wee. Accessibility avaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. Journal of transport geography. 2004 г., 12.

10. Wilson A. G. A statistical theory of spatial distribution models. Transportation Research. 1967 г., 1.

**Секция 3. Математическое и компьютерное
моделирование в интересах управления
научными исследованиями и разработками
(модератор — Тюрин В. М.,
директор департамента стандартизации,
сертификации и управления качеством
ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»)**

Роль научных больших данных в экосистеме цифрового общества. Тенденции и перспективы

*Балякин А. А., к.ф.-м.н., начальник отдела,
balyakin_AA@nrcki.ru*

*Нурбина М. В., ведущий инженер,
nurbina_MV@nrcki.ru*

*Тараненко С. Б., главный советник Администрации Президента Центра,
taranenko_SB@nrcki.ru*

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва

Введение

В настоящее время цифровизация рассматривается как один из инструментов успешного входа России в следующий технологический уклад в рамках модернизационного развития Российской Федерации [1,2,3]. Частным элементом, участвующим в формировании цифровой экосистемы, выступают различные методы и подходы, опирающиеся на прогресс в развитии цифровых компьютерных технологий и теории алгоритмов. К их числу принадлежит технология «больших данных», которая в соответствии с решением Правительственной комиссии отнесена к числу сквозных технологий (радикально меняющих ситуацию на существующих рынках и способствующих формированию новых) наряду с искусственным интеллектом, нейротехнологиями, технологиями блокчейна, квантовыми технологиями, методами и подходами виртуальной реальности, робототехникой и сенсорики [2].

В соответствии с Программой «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» развитие цифровой экономики предполагает формирование трех взаимодополняющих компонент [4]:

- создание институциональной и инфраструктурной среды (сюда включается регулирование, инфраструктура, кадры, информационная безопасность);
- развитие соответствующих рынков и отраслей и, наконец,
- прогресс в технологическом развитии, в том числе путем создания технологических платформ и формирования компетенций.

Целостное изучение феномена трансформирующейся цифровой экономики требует осмысления сопровождающих этот процесс разнонаправленных явлений. Так, на наш взгляд, необходимо четко понимать роль и место больших данных, как одной из ведущих технологий цифровой эпохи, в формировании экосистемы цифрового общества. Подобные исследования отличает как междисциплинарность предмета, так и широкий спектр возможного влияния объекта исследования на социально-экономическую жизнь общества: внедрение технологии больших данных не ограничивается исключительно техническими вопросами (методы, алгоритмы, процессоры), но включает в себя так же вопросы инфраструктуры, социальные и политико-экономические аспекты (риски и вызовы, ассоциированные с высокими технологиями).

В данной работе представлены промежуточные результаты работ по проекту, посвященному комплексному исследованию нормативно-правовых аспектов оборота «больших данных», полученных в ходе научной деятельности на установках класса «мегасайенс».

При этом следует отметить отсутствие однозначного общепринятого определения термина «большие данные»: технически принято характеризовать большие данные на-

бором свойств (например, так называемые, три V: скорость, объем и вариативность [5]). С точки зрения бизнеса, технологии больших данных — это процесс, позволяющий получить представление о принятии решений [6]. В юриспруденции продолжаются споры [7], понимать ли под «большими данными» процесс или некий объект (например, трактовать их как аномально большую базу данных с заданными свойствами).

В настоящей работе мы будем подразумевать под «большими данными» сложный процесс, включающий в себя как методики обработки, хранения и передачи информации, так и социально-экономические последствия, вызванные использованием цифровых технологий.

Наука как источник больших данных

Традиционно считается, что большие данные продуцируются в социальных сетях или в системе ритейла. [8,9] В то же время именно научная сфера была родоначальником самого понятия «больших данных»: например, экстремально большие объемы информации, требующие специального обращения, полученные при работе Большого адронного коллайдера, дали толчок к разработке методов и подходов того, что впоследствии получило название технологии больших данных. В настоящее время научные проекты класса «мегасайенс» продолжают оставаться одними из главных источников больших данных.

Схожесть применяемых методов хранения и обработки информации, неоднозначность возможных результатов использования цифровых технологий характерны для всех сфер человеческой деятельности [10]. При этом опыт обращения с большими данными, полученный в научной среде, целесообразно использовать при формировании механизмов управления большими данными в иных отраслях. Этому способствует тот факт, что в науке ранее других сфер возникли вопросы хранения и передачи данных, соблюдение прав владельцев данных, создания безопасной информационной и правовой среды для пользователей научными установками класса «мегасайенс», учета социальных последствий внедрения новых технологий и пр.

Практически, технологии больших данных представляют собой на сегодня исключительно технологии поиска корреляций по заданным априорно критериям. «Среда знаний» подменяется «средой готовых решений»: предлагаемые решения отличает кажущаяся универсальность ответов и решений. Все имеющиеся решения критически зависят от исходных данных (так называемых «озер данных» — то, что служит источником для применения подходов технологии больших данных) и используемых алгоритмов. Фактически, выбор методов обработки, равно как и исходных озер данных равносильны запрятанному в фундамент таких поисков субъективизму [11].

Уход от этой зависимости, напротив, открывает дорогу к становлению такого явления, как «умные данные» (Smart Content), которые будут характеризоваться меньшим, чем в настоящее время, количеством переменных наряду с возможностью свертки и восстановления данных (т.е. операция, обратная технологии больших данных, когда из «результатов» можно будет восстановить исходное множество¹). Упор в будущем будет сделан на внедрение различных платформ для работы с данными, а не на методах и алгоритмах.

В социальной сфере развитие технологии больших данных привело к постулированию основных положений концепции «открытых данных». Этот подход, появившийся ранее всего в ЕС, предполагает, что все научные знания и достигнутые результаты научной деятельности, финансируемые из общественных фондов и/или за счет государства, должны находиться в открытом доступе [12]. Причины поддержки такого отно-

¹ Такие технологии уже сейчас начинают применяться в алгоритмах обратной идентификации

шения к данным несколько. Во-первых, техническая невозможность продолжительной жесткой организации и хранения данных, в сколь угодно продолжительной перспективе, с разделением на «доступную» и «закрытую» информацию (включая информацию, получаемую после использования технологии больших данных, когда из первоначально «нейтральных» сведений получают данные, которые можно отнести, например, к категории персональных). Во-вторых, необходимость более критической оценки полученных результатов и возможность их перепроверки. С точки зрения бизнеса поддержка концепции открытых данных («ничьи данные» в терминологии бизнес-аналитиков [13]) вызвана невозможностью однозначно установить принадлежность (собственника) данных, и, соответственно, желание избежать любых неоднозначных решений, предполагающих ответственность за неправомерное использование информации.

В правовой сфере авторы считают целесообразным использовать опыт международных научных коллабораций, прописывающих в своих уставных документах вопросы доступа к информации, подходы к ее обработке и пр. К настоящему времени сформировалось 2 подхода, оформившихся в ходе работ научных установок класса мегасайенс. В рамках первого подхода (CERN) реализуется политика открытых данных, когда научные результаты, полученные коллаборацией, публикуются и находятся в открытом доступе. Открытый доступ к сырым (необработанным) данным не предполагается. Сами данные (в обработанном формате) хранятся долгий срок и доступны для повторного анализа любыми заинтересованными акторами.

Второй подход, реализованный в European XFEL, — представляет собой изъятие из политики открытых научных данных European XFEL для частных исследований. А именно, все необработанные данные, и связанные с ними метаданные, а также результаты анализа сырых данных, полученные в результате частных исследований, будут принадлежать исключительно клиенту, который приобрёл доступ и не подпадает под действие Политики научных данных European XFEL. В отношении же чисто научных экспериментов предполагается доступность их результатов после периода эмбарго (3 года, см. описание эксперимента 2010 года коллаборацией CMS CERN¹). Обработанные данные и результаты промежуточного анализа и связанные с ними метаданные не рассматриваются EuXFEL для долгосрочного хранения (5 лет и более).

Политически в сфере обращения с большими данными наблюдается политика локализации центров обработки данных, когда государства предпочитают контролировать физические сущности, основываясь на положительном опыте «вещного права». Практически это означает отход от политики запретов и контроля информации: признается, что данные легко переносятся и могут быть использованы в самых разных областях без понимания последствий их применения. Соответственно, важнее становится управлять доступом к данным (хранилищу данных) и к методам и средствам обработки. Это приводит к необходимости развития надлежащей инфраструктуры цифровой экономики, что включает в себя как физические дата-центры, так и численные и аналитические методы и подходы. В совокупности это должно сформировать целостную платформу работы с большими данными, услуги которой будут предоставляться всем заинтересованным пользователям.

Перспективы внедрения технологии больших данных

Новые технологии несут с собой как решение старых проблем, так и продуцируют новые. Риски и вызовы, связанные с технологиями больших данных, широко обсуждаются в экспертном сообществе. Не останавливаясь подробно на этом вопросе, выделим несколько важных, на наш взгляд, моментов, ярко проявившихся в научной сфере.

¹ <https://home.cern/news/news/knowledge-sharing/cms-releases-open-data-machine-learning>

Во-первых, появление социальной окраски информации. Наиболее осязаемыми результатами является злонамеренное использование информации и продуцирование фейков. Традиционный ответ (как показывает, например, правоприменительная практика США и ЕС) заключается в запретах и ограничениях разного рода¹. Такое отношение контрпродуктивно, поскольку, препятствуя экономически выгодным решениям, законодатели выталкивают пользователей в серую зону (даркнет).

Во-вторых, потеря качества информации и подмена знания данными (пусть и большими). Это комплексный процесс, включающий в себя как рост количества данных, так и проблемы их сортировки и управления. На наш взгляд, эта проблема схожа со средневековыми сложностями, проявившимися после изобретения книгопечатания. В современном мире аналогом может служить пример организации музейного дела, когда музей — это комплексное учреждение, действующее в культурной, научной и образовательной сферах. По факту, требуется осознание, что большие данные не означают новое знание. Для ответа на этот вызов потребуется, с одной стороны, изобретение новых способов хранения данных и организации доступа к ним, а с другой — изменение отношения к результатам использования технологии больших данных. Вышесказанное равнозначно формированию культуры обращения с большими данными в частности и с цифровыми технологиями в целом [14].

В-третьих, негативные социальные последствия внедрения новых технологий. Эти риски не присущи исключительно технологии больших данных, и сопровождают всю формирующуюся экосистему цифровой экономики. В частности, цифровизация подталкивает общество к штамповке простых (массовых) решений, способствует деградации традиционных социальных институтов и — возможно — означает возвращение статусной экономики (когда ценна не информация сама по себе, а имеет значение, кто ей пользуется).

В целом, высокие технологии не означают социального прогресса, и требуется учитывать социально-экономическое измерение цифровых технологий при планировании дальнейшего развития. По состоянию на настоящий момент ведутся следующие работы в сфере регулирования технологии больших данных:

— Продолжаются попытки согласовать единый глоссарий в сфере «больших данных» с учетом опыта из разных сфер деятельности. Российское законодательство определяет большие данные как технологию, что прямо указано в Распоряжении Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Кроме того, Российская наука подходит к вопросу классификации Больших данных, разделяя их на Большие пользовательские данные и Большие промышленные данные, исходя из способа их получения. Вместе с тем, легального определения Больших данных в Российской Федерации еще нет. В настоящее время на рассмотрении находится Законопроект № 571124-7 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации», который предлагает ввести термин «Большие пользовательские данные»;

— Всё более заметным становится отказ от попыток контролировать «большие данные», с переводом акцента на результат их использования. При этом государство заинтересовано в активном вовлечении бизнес-сообщества в решение возникающих проблем, оставляя себе роль контролера и регулятора;

— Государства уделяют всё большее внимание политике локализации и развития инфраструктуры. Так, в этом ключе сформулирован указ Президента Российской Федерации о развитии высоких технологий в России, предполагающем строительство и реконструкцию пяти крупнейших объектов класса «мегасайенс» [15], что будет спо-

¹ В частности, в США наиболее важным вопросом является защита прав несовершеннолетних, для ЕС основной регулирующий документ — GDPR (General Data Protection Regulation, . <https://gdpr-info.eu/>)

способствовать как повышению связанности территорий, так и развитию методов сбора, хранения и обработки больших объемов данных на мощностях, локализованных на территории Российской Федерации и находящихся под ее юрисдикцией;

— Растет роль социальной составляющей науки и технологий. В Европейском Союзе социально-гуманитарные вызовы ставятся в центр всех проектов [16], схожего подхода придерживается и Россия: стратегия научно-технологического развития России предполагает фокусировку научного потенциала страны на решении ряда задач, к которым в первую очередь относятся риски для человека и устойчивого общественного развития.

Развитие технологий больших данных дает толчок ряду смежных научных направлений, среди которых особый интерес представляет технология искусственного интеллекта. Причем развитие и применений таких систем происходит лавинообразно в различных областях. Наиболее яркие примеры приходят из бизнеса, когда использование больших данных позволит организовать умный (smart) маркетинг, а значит повысить коммерческие показатели¹.

К примеру, компания McLaren планирует при помощи инструментария платформы SAP HANA обрабатывать огромные массивы данных и моделировать самые разные ситуации, которые могут повлиять на исход гонки. Схожий подход с использованием аналогичной платформы от компании SAP будет использоваться КХЛ для сбора, анализа и управления большими данными в хоккее. В озеро данных специалистами SAP будет собираться информация из различных источников: официального сайта и мобильного приложения КХЛ, билетных касс, сайтов и форумов, социальных сетей (VK, FB, Twitter и Instagram), профиля болельщика.

В сфере распознавания и генерации образов следует упомянуть запуск платежной системы распознавания лиц Face to Pay Nestle Market² и генеративную модель SinGAN создания искусственных изображений на основании единственного исходного рисунка³. Искусственный интеллект используется в музыке, когда на основании сохранившихся обрывков записей Бетховена современные алгоритмы реконструируют новую (десятую) симфонию⁴.

Заключение

Представляется, что дальнейший вектор научно-технологического развития будет все более смещаться в сторону природоподобных систем. Комбинированное применение новейших достижений био-, нано- и информационных технологий в сочетании с успехами материаловедения позволит построить экономику знаний, синонимом чего выступает на сегодня цифровая экономика.

Одновременный прогресс во множестве технологических областей может привести к ряду аддитивных и/или синергетических эффектов. Разработки некоторых направлений исследований могут использоваться в совершенно другой области, выводя это направление на качественно новый уровень.

Необходимо учитывать, что некоторые комбинации новых разработок могут потенциально оказать негативное влияние друг на друга и приведут к непредсказуемым последствиям на этическом, экономическом или социальном уровнях. Например, существующие системы искусственного интеллекта оказываются необычайно энерго-

¹ https://www.vedomosti.ru/press_releases/2019/03/28/khl-i-sap-big-data-umnii-marketing-i-novaya-analitika.

² <https://retailtechinnovationhub.com/home/2019/11/18/caixabank-and-nestle-market-test-out-facial-payments-system>

³ <https://github.com/FriedRonaldo/SinGAN>

⁴ <https://nat-geo.ru/planet/ii-dopishet-desyatuyu-simfoniyu-bethovena/>

емкими, что входит в противоречие с экологической парадигмой современного общественного договора¹.

Разумеется, прогнозы будущего технологического развития всегда содержат элемент неопределенности, и задача экспертного сообщества обсуждать возможные пути развития науки и техники, учитывая как позитивные изменения, так и риски и вызовы, связанные с новыми технологиями. В этой связи изучение технологии больших данных как важного элемента экосистемы цифрового общества представляется важным и актуальным.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 18-29-16130 МК.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 01 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»
3. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года (разработан Минэкономразвития России) .
4. Паспорт нацпрограммы «Цифровая экономика», разработанный во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
5. Lynch, C.: How do your data grow? Nature 455, 28–29 (2008)
6. James R. Kalyvas Michael R. Overly Big Data A Business and Legal Guide // CRC Press Taylor & Francis Group. 2015.P/ 232.
7. Perspectives in Law, Business and Innovation// Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017. P. 341.
8. Отчет «Цикл зрелости технологий» (Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015). <https://www.gartner.com/doc/3100227/hype-cycle-emerging-technologies->
9. Ючинсон К. С. Большие данные и законодательство о конкуренции. Право. Журнал Высшей школы экономики. 2017. № 1. С. 216—245.
10. Григорьева Мария, Голосова Марина, Рябинкин Евгений, Климентов Алексей. Экзабайтное хранилище научных данных // «Открытые системы. СУБД» выпуск №04, 2015.
11. Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукьер. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим = Big Data. A Revolution That Will Transform How We Live, Work, and Think / пер. с англ. Инны Гайдюк. — М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014.
12. Балякин А. А., Мун Д. В. Формирование системы открытой науки в Европейском Союзе // Информация и инновации. Специальный выпуск 2017. Сборник трудов конференции «Наукометрия и библиометрия» С. 33—37
13. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / McKinsey Global Institute. — 2011, май. — <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>.
14. Balyakin A. A., Malyshev A. S., Nurbina M. V., Titov M. A. Big Data: Nil Novo Sub Luna // Lecture Notes in Networks and Systems. Volume 78, 2020, P. 364—373
15. Указ Президента Российской Федерации от 25.07.2019 г. № 356 «О мерах по развитию синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры в Российской Федерации».
16. Florio, Massimo & Sirtori, Emanuela. (2015). Social benefits and costs of large scale research infrastructures. Technological Forecasting and Social Change. 112. 10.1016/j.techfore.2015.11.024

¹ <https://horizon-magazine.eu/article/ai-can-help-us-fight-climate-change-it-has-energy-problem-too.html>

Научно-технические и организационные проблемы проведения испытаний авиационной техники военного и специального назначения в части замены ряда испытаний результатами полунатурного и математического моделирования

*Харитон В. А., к.т.н., директор департамента координации мероприятий по созданию авиационной техники военного и специального назначения,
haritonva@nrczh.ru*

*Лагойко О. С., главный специалист департамента координации мероприятий по созданию авиационной техники военного и специального назначения
lagoykoos@nrczh.ru*

ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е.Жуковского», г. Москва;

Современные взгляды на развитие военной авиации предусматривают широкое применение многофункциональных авиационных комплексов (далее — АК) военного назначения, основными характеристиками которых должны быть сверхманевренность и малозаметность [1]. Создание перспективных АК, соответствующих современным требованиям, является высокочрезвычайно затратным и продолжительным процессом. Значительную долю финансовых затрат при этом поглощает этап испытаний и доводки. Связано это, в первую очередь, с насыщенностью перспективных АК большим количеством различных бортовых систем и широкой номенклатурой авиационных средств поражения.

Так, программа испытаний перспективного АК, включающая программы предварительных и государственных (государственных совместных) испытаний, в зависимости от сложности АК может включать от 1500 до 4000 полетов и растянуться на срок до 10 лет [5]. Большую часть этих полетов (до 80%) приходится на испытания многочисленных бортовых систем и систем вооружения.

В тоже время следует отметить, что испытания большинства радиоэлектронных систем и их доводку можно проводить различными методами полунатурного моделирования, не используя дорогостоящий натурный эксперимент (испытательный полет). Кроме того, натурный эксперимент, даже при внешне успешном завершении, по различным причинам может оказаться незачетным и потребовать повторения, зачастую многократного. Достаточно много времени уходит на обработку и анализ полетной информации, полученной в ходе летного эксперимента.

Одним из направлений развития системы испытаний, позволяющем существенно снизить их стоимость и сроки проведения является расширение применения математического и полунатурного моделирования как отдельных составных частей систем АК, так и всего комплекса в целом.

Так, например, на предприятиях, входящих в ПАО «ОАК» при разработке, испытаниях и обеспечении эксплуатации широко применяются методы математического моделирования [4]. С использованием технологий моделирования созданы АК военного и гражданского назначения, такие как Су-57, Су-35, SSJ-100 и др. Разработаны сотни математических моделей и десятки методов подтверждения соответствия. Введено понятие «цифрового прототипа», одной из основных задач которого является обеспечение замены или существенного сокращения дорогостоящих натуральных стендов и летных испытаний за счет использования прецизионных и аттестованных расчетных физико-математических моделей. В процессе работ выявляется необходимость системного подхо-

да к внедрению технологий цифровых испытаний на всех этапах жизненного цикла АК, обеспечивающего сокращение количества натурных испытаний за счет моделирования.

Наиболее важным препятствием для использования результатов моделирования является несовершенство нормативной правовой и нормативной технической базы, регламентирующей процесс проведения испытаний, а именно представление результатов моделирования в качестве доказательной документации при государственных испытаниях и сертификации.

Концептуальные вопросы использования результатов математического и полунатурного моделирования для целей подтверждения достижения заданных тактико-технических требований к создаваемым образцам авиационной техники военного специального назначения (далее — АТВиСН) отражены в действующем Положении о создании авиационной техники военного назначения и авиационной техники специального назначения (далее — Положение), которое утверждено Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации 8 декабря 2010 года.

В соответствии с Положением комплексы и стенды математического, полунатурного и полигонного (физического) моделирования, математические модели, обеспечивающие сопровождение испытаний и эксплуатации наряду с АК и их составными частями отнесены к АТВиСН. Положением определено, что в целях сокращения сроков, повышения эффективности, снижения объемов и стоимости испытаний, а также обеспечения безопасности их проведения разработка и испытания образца АТ ВН или АТ СН должны сопровождаться моделированием (математическим и полунатурным) их функционирования при выполнении задач, решаемых как СЧ образца, так и образцом АТ ВН или АТ СН в целом. Методами моделирования должны проводиться также и оценки заданных характеристик образца АТ ВН или АТ СН в условиях применения, невозпроизводимых в полете, и во внестатных режимах работы.

К разработке моделей предъявляются те же требования, что и к разработке составных частей образца АТВиСН, а перечень моделей определяется тактико-техническим заданием (далее — ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу (далее — ОКР), т.е. формируется еще на этапе аванпроекта [2]. Порядок передачи моделей должен определяться Государственным заказчиком.

Проверка сходимости результатов моделирования с результатами натурных испытаний образца АТВиСН, а также выработка рекомендаций о возможности включения результатов моделирования в число зачетных работ осуществляются в процессе проведения государственных наземных (межведомственных) испытаний. Однако, Положение не регламентирует требование о необходимости и обязательности создания моделей при разработке авиационной техники и ее составных частей, в связи с чем заказчик не включает в стоимость ОКР разработку моделей, а разработчик соответственно, не заинтересован в их передаче заказчику.

Не регламентирован также и порядок создания самих моделей. Нормативные документы, регламентирующие порядок их создания до настоящего момента не разработаны и в действие не введены. Перечень нормативных документов, регламентирующих применение моделирования при создании АТВиСН приведен в табл. 1.

Так, в 2010 году в 929 ГЛИЦ Минобороны России совместно организациями авиационной промышленности, в том числе и с участием ФГУП «ГосНИИАС», был разработан проект Положения о порядке создания моделей образцов авиационной техники и вооружения для замены части испытаний полунатурными математическим моделированием. Однако, до настоящего времени, проект не утвержден.

Частично решить проблему в инициативном порядке пытались в 929 ГЛИЦ Минобороны России. Там было разработано Временное положение о порядке проведения аттестации математических моделей и аппаратно-программных средств, предназначенных для проведения испытаний образцов авиационной техники и вооружения. Однако этот

документ был направлен на регулирование процесса аттестации конкретного перечня уже существующих математических моделей и аппаратно-программных средств моделирования, и не регулировал процесс разработки новых моделей.

Таблица 1

Перечень нормативных документов по применению моделирования при создании авиационной техники военного назначения

№ п/п	Наименование документа	Примечание
1	Положение о порядке комплексирования бортовых систем и моделирования боевых функций и функций общесамолетного оборудования авиационных комплексов	Утверждено ГК ВВС и МАП, 1994 г.
2	ГОСТ РВ 52149-2003 «Комплекс бортового оборудования ЛА военного назначения. Организация проведения проектирования, испытаний, аттестации на основе использования комплексов моделирования»	
3	Положение о создании авиационной техники военного назначения и авиационной техники специального назначения	Утверждено Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации 08.12.2010 г.
4	Временное положение о порядке проведения аттестации математических моделей и аппаратно-программных средств, предназначенных для проведения испытаний образцов военной техники и вооружения	Утверждено Начальником вооружения ВВС 4 декабря 2010 г.
5	Положение о порядке создания моделей образцов авиационной техники и вооружения для замены части испытаний полунатурным и математическим моделированием	Не утверждено.
6	Нормативно-технические документы системы общих технических требований к вооружению, военной и специальной технике. ОТТ ВВС 2015	Введены в действие 30.03.2015 г.

Проблемы несовершенства нормативной технической базы, регламентирующей проведение испытаний перспективных образцов авиационной техники, далеко не единственная проблема, мешающая широкому распространению методов полунатурного математического моделирования в процессе проведения испытаний авиационной техники. Существует ряд и других научно-технических проблем.

В первую очередь к таким проблемам следует отнести несовершенство технологий проведения испытаний, и в первую очередь, несовершенство методов и средств внешнетраекторных и бортовых измерений. Это связано со старением материально-технической базы, обеспечивающей проведение испытаний и с существенным снижением финансирования работ по совершенствованию методов и систем регистрации и обработки полетной информации, получаемой в ходе натурального эксперимента.

Несовершенство средств измерений приводит к проблеме зачетности результатов летных испытаний при условиях, когда, например, максимальное (минимальное) значение фактической температуры воздуха и максимальное значение высоты аэродрома не полностью совпадают с расчетными значениями.

Проблема существенно усложняется тем, что новые самолеты у нас создаются не каждый год и даже не раз в 5 лет. В результате нарушается непрерывность процессов разработки, испытаний и сертификации новых образцов авиационной техники. Как известно, отработка любой методики требует времени и обеспечения преемственности, если речь идет о продолжительном процессе.

Другой, важной на наш взгляд проблемой является обработка огромных массивов данных, получаемых в ходе испытательных полетов. В настоящее время, в ходе натурального эксперимента с применением широкого спектра различных датчиков полетной информации и датчиков состояния элементов и систем АК получается огромный массив полетной информации. Из-за устаревших технологий обработки этой информации, ее идентификации существенно усложняется процесс оценки сходимости результатов моделирования с результатами летных испытаний.

Снятие информации с бортовых систем, доставка в центр обработки информации и обработка информации занимает продолжительное время. Дальнейшее выполнение испытательных полетов невозможно без получения результатов предыдущих экспериментов.

Оценка результатов летных экспериментов в реальном масштабе времени, автоматизация выполнения испытательных полетов, новые технологии измерений, сбора, передачи информации, совершенствование алгоритмов и автоматизация обработки полетной информации, анализ сходимости результатов расчетов, наземных и летных исследований — реальный резерв для сокращения времени проведения летных испытаний и повышения достоверности результатов.

Еще одним важным фактором сокращения сроков проведения летных испытаний является качественная наземная отработка составных частей и бортовых систем АК до начала летных испытаний. В идеале каждая из систем до установки на борт самолета должна пройти комплекс соответствующих наземных и летных испытаний, например, на летающей лаборатории или самолете-прототипе. Принципиальный вопрос — совместимость систем. Это предполагает обеспечение жесткого соответствия стандартам по интерфейсам оборудования, электромагнитной совместимости и т.д.

Предварительная комплексная наземная отработка оборудования на стендах полунатурного моделирования и устранение всех выявленных «конфликтов», готовность двигателя и конструкции планера — один из основных резервов сокращения количества полетов на этапе летных испытаний.

Итак, решение указанных выше проблем, учитывая недостаточную проработку вопросов нормативного регулирования в части создания и использования математических моделей и аппаратно-программных средств моделирования, используемых для проведения испытаний образцов авиационной техники и вооружения возможно путем организации Минобороны России совместно с Минпромторгом России проведения ряда исследований по развитию нормативной правовой и методической базы, регламентирующей проведение испытаний перспективной АТВиСН, в том числе в части определения порядка создания и использования моделей образцов для замены части испытаний полунатурным и математическим моделированием. В ходе проведения исследований целесообразно решить следующие задачи:

- анализ существующих нормативной правовой и нормативной технической баз, регламентирующих проведение испытаний авиационной техники военного и специального назначения;
- анализ существующих методов проведения испытаний авиационных комплексов и их составных частей;
- анализ программ летных испытаний образцов АТВиСН и возможных вариантов их сокращения, необходимых корректировок в связи с внедрением новых технологий

в перспективных образцах авиационной техники (конструкции из композиционных материалов, БПЛА и пр.);

- разработка предложений по совершенствованию нормативной правовой базы, регламентирующей порядок проведения летных испытаний, в том числе в области создания и аттестации моделей и программно-аппаратных средств образцов авиационной техники вооружения (включая разработку проектов новых нормативных правовых документов, регламентирующих порядок создания и применения моделей образцов авиационной техники («Положения о порядке создания моделей образцов авиационной техники вооружения для замена части испытаний полунатурным и математическим моделированием»), разработку предложений по внесению изменений в существующие («Положение о порядке создания авиационной техники военного назначения и авиационной техники специального назначения»);

- разработка предложений по формированию основных направлений развития методов и методик обработки полетной информации с целью обеспечения проверки сходимости результатов моделирования с результатами натурных испытаний, включающих: методики, алгоритмы и программные модули идентификации характеристик самолета по результатам летных испытаний; «сквозные» технологии сбора, передачи обработки полетной информации в интересах сокращения времени обработки информации и получения результатов летных испытаний;

- разработка критериев оценки сходимости результатов наземных (включая расчетные исследования) и летных испытаний (аэродинамика, ЛТХ, ВПХ, прочность, система управления);

- разработка предложений по совершенствованию экспериментальной базы наземных исследований в обеспечение сокращения сроков летных испытаний;

- разработка систем измерения параметров полета и состояния конструкции на основе новых физических принципов и с использованием современной элементной базы (аэроинерциальные системы, оптоволоконные системы, видеограмметрические системы) в интересах обеспечения полноты информации и повышения ее точности на этапе летных испытаний;

- создание банка математических моделей объектов испытаний (летательных аппаратов, составных частей и отдельных систем);

- апробация разработанных измерительных средств и методик обработки полетной информации в процессе испытаний новых образцов авиационной техники. Сопровождение летных испытаний.

Литература

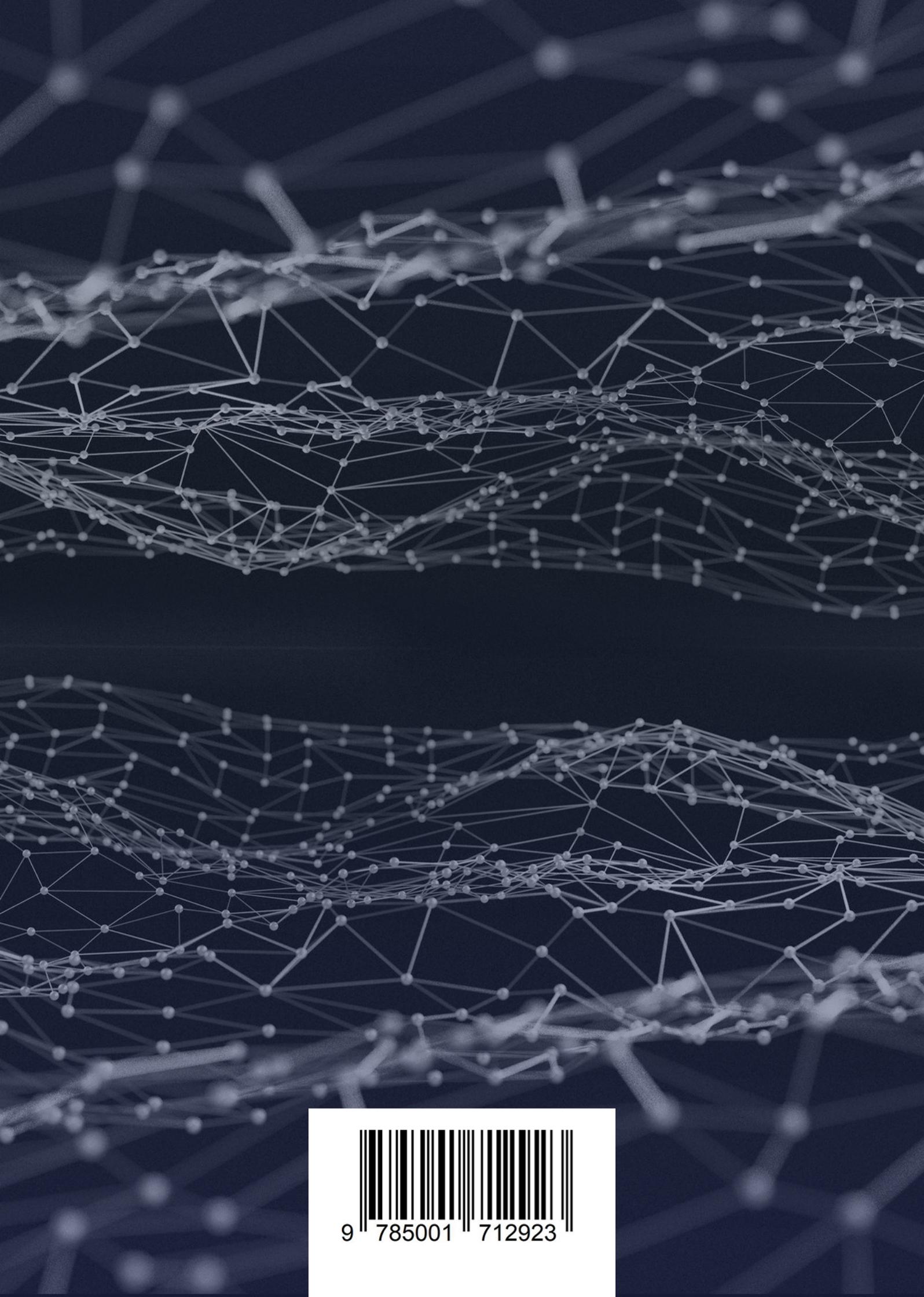
1. Михайлов В. С. Интервью «Жить на чужом багаже — недопустимо», // Горизонты, 2018. № 3 с. 10—13.

2. Положение о создании авиационной техники военного назначения и авиационной техники специального назначения, утверждено Военно-промышленной комиссией при Правительстве Российской Федерации (протокол от 8 декабря 2010 года № 17).

3. Дутов А. В. Проблемы государственного управления научно-технологическим развитием // Труды четвертой научно-практической конференции 26 ноября 2018г. С. 11—24

4. Коротков С. С. О цифровой трансформации процесса создания авиационной техники // АвиаСоюз. 2019. №3/4 (76) с. 12—15.

5. Бариев Р. А., Пушкарский Е. Ю. ГЛИЦ им. В.П. Чкалова: В стремлении к новому облику. //Авиапанорама. 2015. №3 с. 4—11.



9 785001 712923