

Методология создания инновационного научно-технического задела в ракетно-космической отрасли

В. Ю. Ключников, д. т. н., с. н. с., *klyushnikovvy@tsniimash.ru*

ФГУП «ЦНИИмашиностроения», Москва, Российская Федерация

А. А. Романов, д. т. н., профессор, *romanov@spacecorp.ru*

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

А. Е. Тюлин, д. э. н., *contact@spacecorp.ru*

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрена проблема создания инновационного научно-технического задела (НТЗ) в ракетно-космической отрасли. Предложен общий методологический подход к созданию НТЗ. Сформулированы основные положения методологии создания НТЗ в отрасли с учетом имеющейся инновационной неопределенности и ограничений, обусловленных структурой технологических укладов в экономике, фазой цикла экономической конъюнктуры и общими закономерностями развития технических систем.

Ключевые слова: инновационный научно-технический задел, ракетно-космическая отрасль, инновационная неопределенность, технологический уклад, закономерности развития технических систем

Methodology for the Creation of an Innovative Scientific and Technical Reserve in the Rocket and Space Industry

V. Yu. Klyushnikov, Dr. Sci. (Engineering), Senior Researcher, *klyushnikovvy@tsniimash.ru*

Central Research Institute for Machine Building (FGUP TSNIIMASH), Moscow, Russian Federation

A. A. Romanov, Dr. Sci. (Engineering), Prof., *romanov@spacecorp.ru*

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

A. E. Tyulin, Dr. Sci. (Econ.), *contact@spacecorp.ru*

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper analyzes the problem of creating an innovative scientific and technical reserve (STR) in the rocket and space industry. A general methodological approach to the creation of STR is proposed. The main provisions of the STR establishment methodology are formulated. At the same time, innovative uncertainty and some limitations are taken into account. Restrictions are due to the structure of technological way of life in the economy, the phase of the cycle of economic conjuncture and the general laws of the development of technical systems.

Keywords: innovative scientific and technical reserve, rocket and space industry, innovative restrictions, technological way of life, general laws of the development of technical systems

Введение

Все выдающиеся достижения научно-технического прогресса, в том числе успехи космонавтики в XX веке, были достигнуты за счет опережающей постановки и решения проблем и задач развития науки и техники. В основе всех инноваций лежит инновационный научно-технический задел (НТЗ), созданный задолго до начала реализации крупных проектов [1].

Стадия замысла (включающая разработку требований заказчика и концепции космической системы) в реальных затратах не превышает 20 % общих затрат на создание изделия. В то же время значимость работ, выполненных на данной стадии, достигает 95 % [2]. В этой связи наличие НТЗ имеет решающее значение для успеха проекта.

В теоретическом плане в нашей стране в наибольшей степени разработаны вопросы методологии планирования и управления созданием НТЗ для систем вооружений. Однако эти разработки не подходят для изделий РКТ из-за своей специфики [3, 4 и др.]. Публикации же, касающиеся аспектов методологии создания НТЗ (т. е. технических, а не организационных аспектов), носят слишком частный или же общетеоретический характер, не вполне соответствуют принятой терминологии и не учитывают ряд ограничений, обусловленных структурой технологических укладов в экономике, фазой цикла экономической конъюнктуры и общими закономерностями развития технических систем. Поэтому далее в тексте статьи под методологией будем понимать совокупность технических, методических и организационных аспектов создания НТЗ.

Ни в одной стране мира общий порядок создания НТЗ по разным направлениям до сих пор не регламентирован: различные предприятия и организации делают это каждый по-своему. Проектный принцип организации работ в области создания НТЗ, а тем более программно-целевое планирование, как показывает анализ проблемы, имеют существенные ограничения.

Так, проектный подход ограниченно применим в областях деятельности, где конечный результат, потребные ресурсы и время для его достижения определены недостаточно или совсем не определены.

В общем случае создание НТЗ — процесс, а не проект (т. е. работа по созданию НТЗ должна вестись непрерывно!). Причем процесс творческий, иницируемый инсайтами (озарениями) конкретных ученых и специалистов.

Иногда создание НТЗ может быть проектом, но только в небольшом числе случаев, — тогда, когда речь идет о целенаправленном создании задела для решения определенной задачи. Но тогда это, скорее, не создание НТЗ, а предпроектные исследования, направленные на реализацию конкретного проекта.

Проектный подход «зациклен» на задачах управления процессом проектирования, предполагает жестко заданные процедуры и, вообще говоря, не требует серьезных интеллектуальных усилий. Появляется искушение разрешить сложности, связанные с разработкой принципиально новых проектно-конструкторских решений, или на старой технологической базе, или путем принятия тривиальных решений «по аналогии».

При тотальном внедрении проектного подхода, в сочетании с общим падением уровня образования существует угроза «вымывания» творческого начала именно и в первую очередь на этапе создания НТЗ, замены высококлассных специалистов менеджерами и исполнителями.

Программно-целевое планирование в условиях ускорения технологического развития и углубления инновационных неопределенностей в развитии науки и техники может приводить к сдерживанию создания НТЗ, реализующего действительно инновационные принципы.

Таким образом, проблема создания инновационного научно-технического задела в ракетно-космической отрасли обусловлена тремя основными факторами:

- отсутствием системы создания НТЗ;
- противоречием между принятыми в отрасли проектным или программно-целевыми подходами к созданию новой техники и творческим характером самого процесса создания инноваций;
- необходимостью учета при создании НТЗ ограничений, обусловленных структурой технологических укладов в экономике, фазой цикла экономической конъюнктуры и общими закономерностями развития технических систем.

Целью данной статьи является обоснование основных направлений методологии создания НТЗ в ракетно-космической отрасли.

1. Структура инновационного научно-технического задела

В соответствии с определением, данным в ГОСТ Р 57194.1-2016 [5], инновационным научно-техническим заделом (в дальнейшем НТЗ) называют перспективную продукцию интеллектуальной деятельности предприятий и организаций в сфере науки и техники, критических и прорывных технологий, освоение и реализация которой в промышленном производстве и изделиях приведет к повышению эффективности функционирования промышленности и поступлению в обращение технических систем, обладающих новыми свойствами и качествами. Инновационный НТЗ включает (рис. 1) научный задел (НЗ), научно-технический задел (НтНЗ) и научно-технологический задел (НТлЗ).

В начальной стадии проекта создания конкретной системы (изделия РКТ) уже **наработанный НТЗ** может быть представлен как взаимосогласованная по интерфейсам сетевая иерархия технических компонентов (элементов) проекта PBS (*Product Breakdown Structure*), которые с помощью технологий создающих (обеспечивающих) систем интегрируются в целевую систему. Каждый из компонентов иерархии PBS в жизненном цикле включает все множество представлений от компьютерных моделей до физической реализации.

Под НтНЗ понимают перспективную продукцию, ориентированную на создание целевой технической системы, которая может быть описана в виде иерархической структуры продукции и представляет собой взаимосогласованную сетевую иерархию технических подсистем и компонентов, интегрированных в целевую техническую систему с помощью технологий обеспечивающих систем. НтНЗ ориентирован на определенную целевую систему, которой может быть и конкретный образец РКТ с полным жизненным циклом, и концептуальная разработка перспективного образца. Результатом создания НтНЗ может быть отчет о НИР,

системный проект, патент, ноу-хау и др. научно-техническая продукция, **произведенная в инициативном порядке**.

НТлЗ — перспективная продукция, ориентированная на создание обеспечивающей системы, которая продвигает перспективную целевую техническую систему по ее жизненному циклу и представляет собой взаимосогласованную сетевую иерархию работ, реализуемых с помощью существующих или перспективных организационных, технических и технологических механизмов. При этом продвижение обеспечивающими системами целевой системы по ее жизненному циклу (ЖЦ) регламентировано ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 [6] и ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 [7]. НТлЗ представляет собой взаимосогласованную по интерфейсам сетевую иерархию работ — WBS (*Work Breakdown Structure*), — потенциально реализуемых техническими и организационными механизмами создающих (обеспечивающих) систем для продвижения целевой системы по ее жизненному циклу. Зрелость как способность конкретной технологии научно-технологического задела выполнять работы по продвижению целевых систем определяется уровнями готовности технологий (УГТ) или TRL (*Technology Readiness Levels*).

Результатом создания НТлЗ может быть научно-техническая продукция того же типа, что и в случае НтНЗ, но с акцентом на технологии, а именно: как реализовать НтНЗ? Какие производственно-технологические возможности, технологии для этого потребуются?

НЗ, НтНЗ и НТлЗ в общем случае могут быть взаимно не увязаны. НЗ, НтНЗ и НТлЗ можно трактовать как степень зрелости НТЗ: причинно-следственная (производственная) динамика создания НТЗ может быть описана в виде последовательности: общая теоретическая концепция (НЗ) → техническое решение (НтНЗ) → средства реализации решения (НТлЗ).

Наконец, НЗ — это результат фундаментальных научных исследований (новые знания о явлениях, эффектах, законах, закономерностях и т. п.), напрямую не связанный с существующими или перспективными артефактами, техническими средствами и технологиями. Формы представления НЗ как товара — отчеты о НИР, статьи, монографии

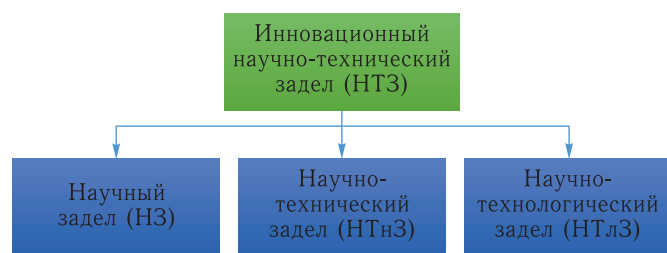


Рис. 1. Структура инновационного научно-технического задела

и другие источники информации в унифицированных представлениях, в том числе в архивах электронной документации, ориентированные на машинную обработку. Научный задел ориентирован на фундаментальные исследования и исследования, которые напрямую не предполагают последующих опытно-конструкторских работ (ОКР) по созданию конкретного образца ракетно-космической техники.

Таким образом, формирование НТЗ следует рассматривать как сложный системный вид деятельности, создающий научный, технический и технологический базисы отрасли, осуществляемый в основном научно-исследовательскими организациями и конкретными исполнителями совместно с ракетно-космической промышленностью и организациями других отраслей, необходимый для создания (разработки, модернизации) различных типов и образцов РКТ. НТЗ включает результаты теоретических и экспериментальных исследований, а также поисковых разработок.

Структурными составляющими НТЗ являются [8]:

- новые знания, полученные в ходе изучения свойств материальных объектов, процессов и явлений в области космонавтики, включающие результаты теоретических и экспериментальных исследований, — база знаний по направлениям научно-технической деятельности;

- новые технические решения (результаты поисковых разработок), включающие конструкторскую документацию, экспериментальные образцы новых конструкций, элементов и узлов ракетно-космической техники (в общем случае — целевых систем);

- технологические процессы и специализированное оборудование, необходимые для разработки, производства и испытаний ракетно-космической

техники, включая процессы и оборудование для проектирования, получения и обработки материалов, сборки, контроля качества, проведения испытаний. Данная составляющая НТЗ существует в виде соответствующей нормативно-технической документации и образцов оборудования (в общем случае — обеспечивающих систем).

Процесс создания НТЗ можно описать так называемой «спиралью знаний», которая показывает переходы знания из одного вида в другой. Выделяют, в частности, формализованные (осознанные) и неформализованные (неосознанные) знания. Создание НТЗ — это непрерывное взаимодействие неявного и явного знания через различные формы трансформации. Одно из основных условий, приводящее в действие «спираль знаний» (рис. 2), — избыточность НТЗ. Именно поэтому ведущие зарубежные страны уделяют созданию задела столь значительное внимание. В США, в частности, ориентация на заблаговременное создание НТЗ привела к тому, что «товаром» стали не только материальные объекты, но и знания [9].

Реализация этого принципа приводит к тому, что количество проводимых предприятием НИОКР заведомо превосходит номенклатуру образцов ракетно-космической техники, которые будут созданы. Поэтому при проведении конкурсов на заключение контракта на создание новой космической техники всегда будет выбор. Если же конкурсы сделать многоэтапными или хотя бы двухэтапными (например, первый этап — конкурс на выполнение аванпроекта/технического предложения, а второй этап по результатам первого — выполнение остальных этапов проектирования изделия), то появляется конкуренция, в основе которой лежит именно НТЗ, заблаговременно созданный каждым из участников конкурса. Предприятия отрасли, создавая НТЗ, уже конкурируют друг с другом, хотя и в неявной форме.

Финансирование создания НТЗ, на наш взгляд, может осуществляться либо за счет предприятия (скорее всего), либо на основе бюджетного финансирования. Размер бюджетного финансирования создания НТЗ может быть увязан с достижениями в этой области, например по результатам года: чем выше объем созданного НТЗ, тем выше финансирование на эти цели в следующем году.

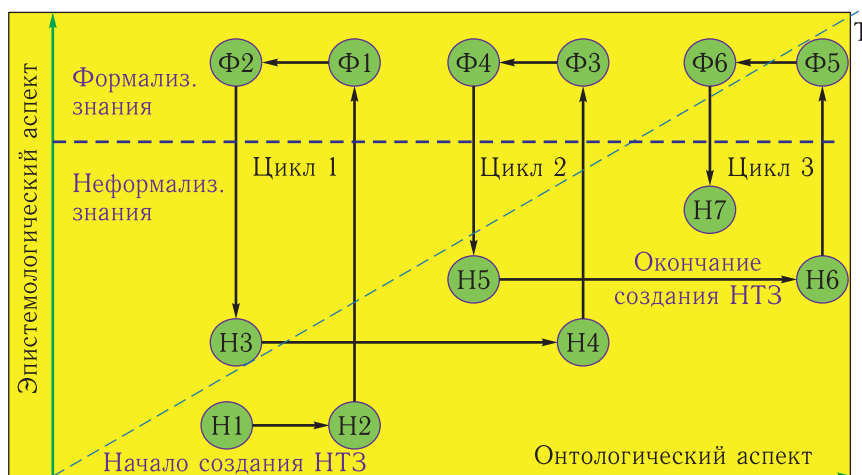


Рис. 2. Спираль создания знания в динамике формирования научно-технического задела

Обязательно необходимо адресное финансовое стимулирование конкретных ученых и специалистов — разработчиков НТЗ.

Текущие результаты непрерывного процесса создания НТЗ в виде конкретных документов могут быть объединены в информационную базу типа депозитария. Семантическая структура такого депозитария представлена на рис. 3.

Смысл термина «депозитарий» состоит в том, что информационная база НТЗ не только хранит документы НТЗ, но и гарантирует авторские права их разработчиков со всеми вытекающими последствиями. В депозитарии НТЗ находятся те самые «кирпичики», которые (при соответствующей «обработке») могут быть положены в основу конкретного проекта.

2. Общие принципы создания инновационного научно-технического задела

Основной проблемой создания инновационного НТЗ является так называемая инновационная неопределенность, возникающая как мера незнания потенциальных направлений и возможностей технологического развития, в частности с учетом возможных технологических разрывов, нарушающих инерционность развития науки и техники (рис. 4).

На рисунке проиллюстрирована одна из общих закономерностей развития технических систем — развития системы по S-образной (логистической) кривой в координатах «результат»–«усилия (затраты)». Рано или поздно затраты на модернизацию (совершенствование) системы станут несоизмеримыми с получаемым результатом (насыщение S-кривой). Дальнейшее развитие становится возможным только после скачкообразного перехода системы на новый принцип действия (при этом говорят, что наступает технологический разрыв). Далее цикл повторяется.

Под технологическим разрывом в развитии технической системы понимают качественный скачок в динамике целевых (прогнозных) характеристик системы, разрыв ее эволюционного развития на основе новых достижений фундаментальной науки или новых проектно-конструкторских решений. Развитие любой технической системы рано или поздно достигает такого уровня, когда, несмотря на предпринимаемые усилия, ее характеристики почти не улучшаются. В качестве примера можно привести жидкостный ракетный двигатель: его техническое совершенство достигло предела, любые проектно-конструкторские решения способны поднять удельный импульс не более чем на 10–15 %, но затраты при этом возрастают геометрически. В подобной ситуации дальнейшее развитие системы возможно только на основе технологического разрыва. Технологический разрыв ликвидирует инновационную неопределенность.

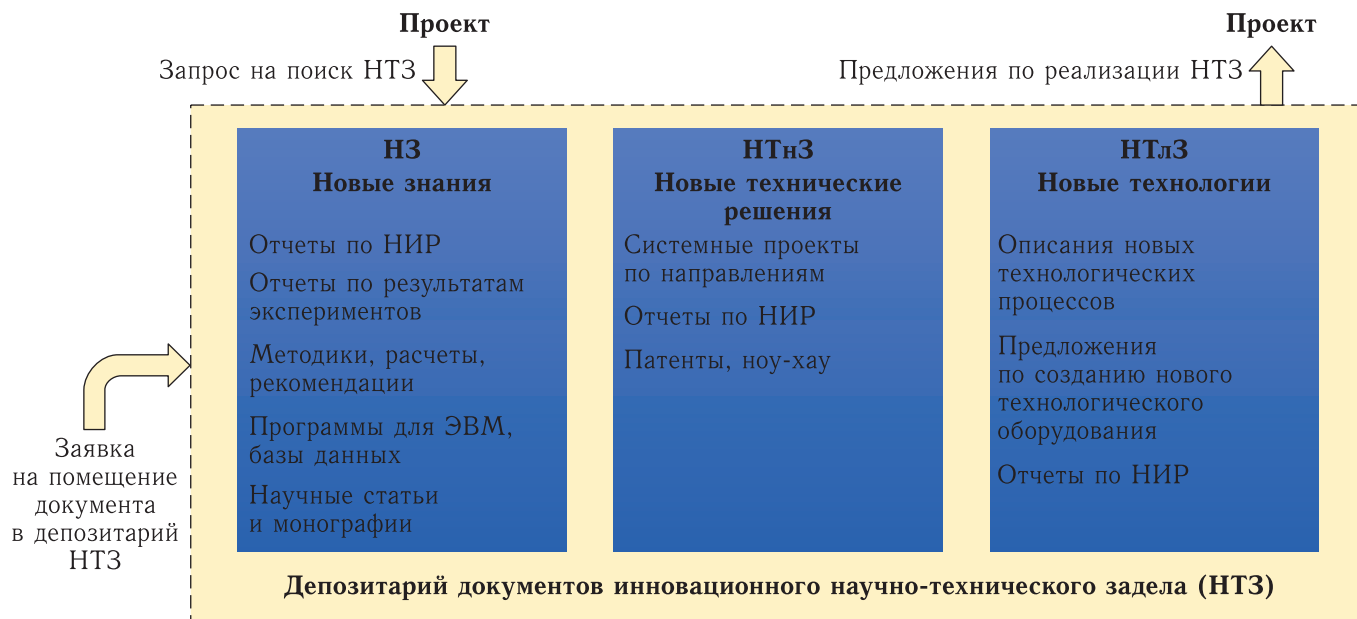


Рис. 3. Семантическая структура депозитария документов инновационного НТЗ

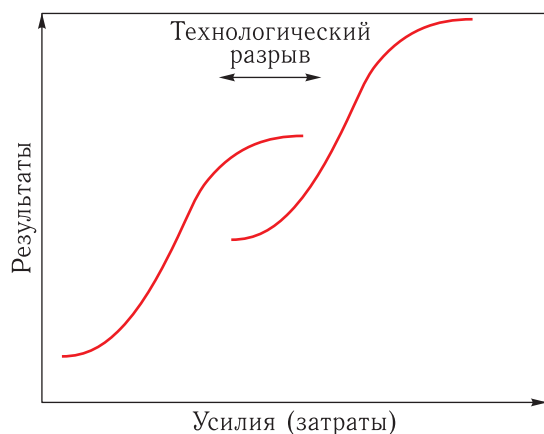


Рис. 4. Иллюстрация понятия технологического разрыва

Особое значение методология непрерывного создания НТЗ приобретает в связи с надвигающейся проблемой сингулярности («Проблемой-2045»)¹, иллюстрируемой «кривой Панова–Снукса» [10]:

¹Технологическая сингулярность — гипотетический момент, по прошествии которого, по мнению сторонников данной концепции, технический прогресс станет настолько быстрым и сложным, что окажется малодоступным пониманию человека. Реальность, видимо, будет не столь устрашающа. Говорить можно об угрозе сингулярности, об асимптотическом приближении к ней. Во всяком случае информационный взрыв будет несколько «размазан» во времени.

существует выраженная тенденция приближения границы инновационной неопределенности к длительности этапов НИОКР [11]. В нашем случае проблему сингулярности можно интерпретировать как рассинхронизацию длительности циклов создания инновационного НТЗ, развития технологий (от $TRL = 0$ до $TRL = 9$) и времени жизни изделия РКТ. Технологический разрыв будет наступать задолго до завершения жизненного цикла изделия.

В этой связи, во-первых, процесс создания НТЗ — разрешения инновационной неопределенности — должен быть непрерывным, а во-вторых, опережающим по отношению к текущей тематике НИОКР. При этом метод отбора критических технологий перестает работать в чистом виде: все технологии попадают в разряд критических.

На первый взгляд, с учетом всего сказанного выше задачу создания НТЗ можно охарактеризовать идиомой «Пойди туда — не знаю куда и принеси то — не знаю что». Тем не менее задача может быть успешно решена, если в основу методологии создания НТЗ положить следующие принципы (рис. 5).

1. В основе определения общих направлений создания НТЗ должны лежать объективно существующие критические системные противоречия в развитии ракетно-космической техники и косми-

ческой деятельности в целом. Как правило, преодоление таких противоречий сопровождается нарушением плавного эволюционного развития технической системы — технологическим разрывом. Однако направлений технологических разрывов может быть несколько. В таких случаях наиболее приемлемым способом преодоления противоречий предлагается считать тот, который в наибольшей степени отвечает ожиданиям социума [12]. Таким образом, может быть снижен уровень инновационной неопределенности.

Следует заметить, что ориентация только на технологическую среду в процессе выявления критических противоречий и выбора путей их разрешения непродуктивна. Необходимо учитывать синхрологический¹ характер потенциальных противоречий во всех средах социума [13].

Таким образом, при определении перспектив и направлений развития РКТ и КД в целом задается гуманитарная проблематика работы с социальными средами, что в общих чертах соответствует представлениям о седьмом технологическом укладе² [14, 15].

2. Определение «коридора» создания инновационного НТЗ в пространстве технологических и экономических возможностей [16], определяемых технологическим укладом в экономике и фазой цикла экономической конъюнктуры³.

3. Концептуальное проектирование перспективных изделий РКТ, их составных частей, приборов, систем и агрегатов в соответствии с предварительно выявленными направлениями создания инновационного НТЗ. Концептуальное проектирование, вообще говоря, должно стать начальным эта-

пом проекта создания конкретного образца РКТ. Однако в рамках создания НТЗ задачи концептуального проектирования практически не конкретизируются, они должны быть гораздо более избыточными и широкими по сравнению с задачами предпроектных исследований.

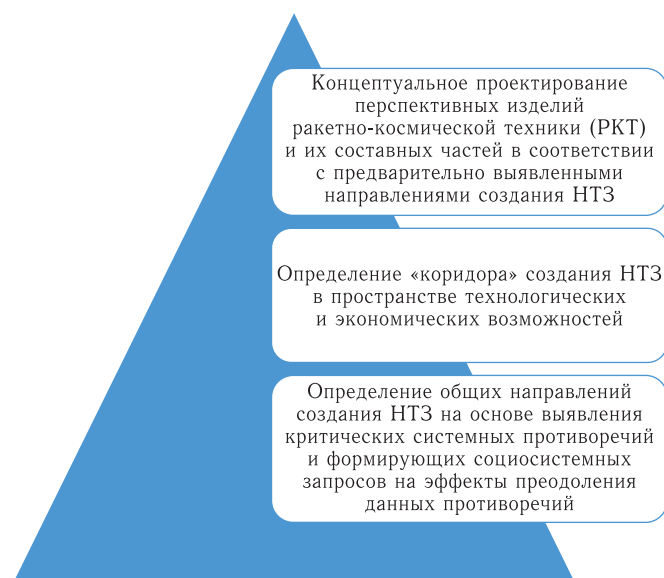


Рис. 5. Методологические принципы создания НТЗ

Таким образом, предложенные принципы создания НТЗ соответствуют основным вызовам времени, учитывают прогнозируемые изменения в технологической базе РКТ типа «технологический разрыв» и надвигающуюся проблему сингулярности.

3. Основные положения методологии создания инновационного научно-технического задела в ракетно-космической отрасли

Выявление критических системных противоречий

Выявление критических системных противоречий и формирующих социосистемных запросов на эффекты преодоления данных противоречий в ракетно-космической отрасли — достаточно сложная задача вследствие невозможности ее формального решения. В табл. 1 представлены некоторые

¹Синхрологический — устанавливающий взаимосвязь между явлениями и процессами, протекающими в одно и то же время в разных частях одного государства или в нескольких государствах.

²Седьмой технологический уклад называют социогуманитарным, или когнитивным. Основная его черта — конвергенция нано-, био- и информационных технологий, направленная на превращение человеческого сознания в производительную силу (сознательное управление реальностью — порождение новых реальностей: технологических, культурных, социальных).

³Имеются в виду фазы экономических циклов различной периодичности: Кондратьева, Кузнеца, Китчина, Жигляра и др. Основным из них считается цикл Кондратьева (волны Кондратьева).

Таблица 1. Результаты экспертного выявления критических системных противоречий и формирующих социосистемных запросов на эффекты их преодоления в ракетно-космической отрасли

№	Критическое системное противоречие	Возможный социосистемный запрос на эффекты преодоления противоречия
1	Противоречие между биологической природой человека и факторами космического пространства	Стремление к космической экспансии, в пределах включающей промышленное освоение космоса, перенос грязных и опасных производств в космос, освоение минерально-сырьевых ресурсов планет и астероидов, эффективное использование энергии Солнца, расселение человечества по Солнечной системе. Стремление к сублимации таких человеческих качеств, как пассионарность и агрессивность, в решении задач исследования, освоения и использования космоса
2	Противоречие между нечетким целеполаганием космической деятельности и большими ресурсными затратами на исследование и освоение космоса	
3	Противоречие между востребованностью космической продукции и космических услуг и высокой себестоимостью изделий РКТ	Стремление к доступности всей номенклатуры космических услуг в любое время и в любом месте
4	Противоречие между высокими темпами развития науки и техники и невозможностью модернизировать космические аппараты в орбитальном полете	Желание получать космические услуги все более высокого качества

предварительные результаты экспертного выявления критических системных противоречий и формирующих социосистемных запросов на эффекты их преодоления в ракетно-космической отрасли.

Определение «коридора» технологического развития

Возможные направления создания инновационного научно-технического задела в любой области, включая ракетно-космическую отрасль, ограничены существующей и перспективной структурами технологических укладов в экономике, фазой цикла экономической конъюнктуры и общими закономерностями развития технических систем.

В долгосрочной перспективе (10–30 лет) наибольшее влияние на развитие техники, видимо, оказывают циклы Кондратьева [17], непосредственно связанные с инновациями (рис. 6). С начала XXI века, после мирового кризиса 2001–2002 гг., 5-й технологический уклад и соответствующий ему Кондратьевский цикл вступили в понижательную фазу. Одновременно началась разработка первых поколений технологий 6-го уклада, который станет преобладающим в передовых странах в 2020–2050-е гг. Общая длительность циклов Кондратьева (длинных волн Кондратьева) составляет от

45–60 до 50–70 лет. Проблемы 6-го технологического уклада применительно к космической деятельности рассмотрены в [18, 19].

Исходя из теории больших циклов экономической конъюнктуры можно ожидать, что на понижательной волне Кондратьевского цикла глубина и продолжительность экономических кризисов будут возрастать. Их пик, возможно, придется на начало 2020-х гг., после чего станет преобладающей обратная тенденция.

В целом в ближайшие 25 лет «коридор» технологического развития РКТ, обусловленный текущим экономическим укладом и связанным с ним инновационным циклом, характеризуется в целом благоприятной экономической конъюнктурой.

В качестве ключевых факторов развития РКТ 6-го технологического уклада можно выделить от пяти до двадцати наиболее перспективных прорывных технологий начала XXI века, в том числе:

- компьютерно-управляемые процессы производства и функционирования ракетно-космической техники на всех этапах жизненного цикла;
- микроминиатюризацию и multifunctionalization информационно-коммуникационных, сенсорных и исполнительных устройств с высокой степенью точности;

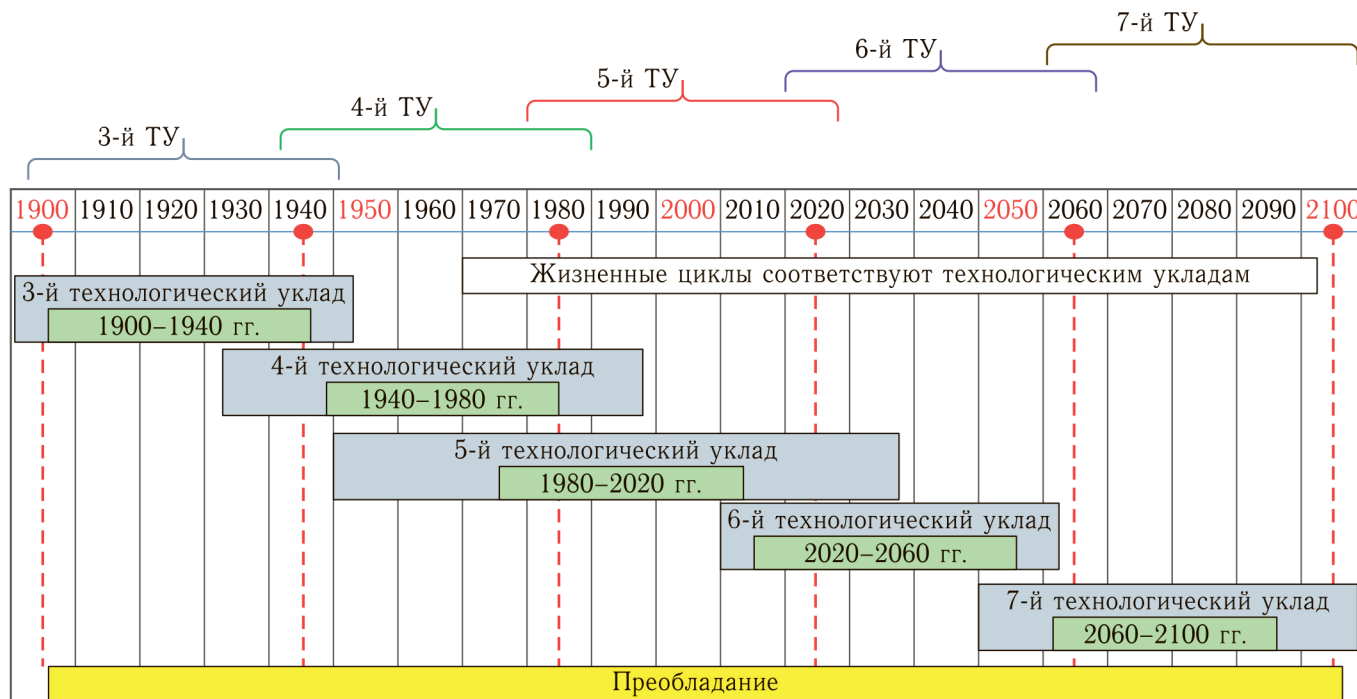


Рис. 6. Динамика смены технологических укладов [19]

– автономные интеллектуальные модули и космические аппараты (КА), в том числе мультиагентные системы КА;

– альтернативные и комбинированные источники энергии, способы ее высокоэффективной транспортировки, энергосбережение, соблюдение экологических норм;

– биотехнологические разработки в интересах пилотируемой космонавтики;

– нанотехнологии широкого спектра применения;

– реализацию бионических принципов (life-технологий) создания космической техники и т. д.

Концептуальное проектирование

Концептуальное проектирование дополняет и конкретизирует общие направления создания НТЗ. Концептуальное проектирование осуществляют отраслевые научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, отдельные ученые и специалисты.

Примеры возможных направлений концептуального проектирования при создании НТЗ в ракетно-космической отрасли представлены в табл. 2.

В качестве методов концептуального проектирования в процессе создания НТЗ могут быть использованы:

- эвристические методы,
- методы итераций (последовательного приближения),
- методы декомпозиции,
- методы контрольных вопросов,
- различные технологии мозгового штурма,
- методы теории решения изобретательских задач (ТРИЗ),
- методы функционально-стоимостного анализа и др.

Наиболее перспективными методами концептуального проектирования являются методы ТРИЗ, базирующиеся на общих закономерностях развития технических систем [20]. При этом под концепцией понимают описание способа достижения поставленной цели. К концепциям относят физические либо функциональные принципы действия, принципы изменения, принципы устранения противоречий, улучшающие пары взаимосвязанных показателей технической системы, а также наборы оптимальных значений параметров элементов системы.

Таблица 2. Примеры возможных направлений и объектов концептуального проектирования при создании НТЗ в ракетно-космической отрасли

№	Направления концептуального проектирования	Объекты концептуального проектирования
1	Выведение космических объектов на ОИСЗ и отлетные траектории	Новые способы выведения космических объектов на ОИСЗ и отлетные траектории. Конструктивная компоновка средств выведения. Многоразовые средства выведения. Платформы для выведения на орбиты ОИСЗ полезных грузов массой до нескольких тысяч тонн. Мало- и микроразмерные средства выведения для запуска малых (сверхмалых) космических аппаратов
2	Ракетные двигатели	Термохимические ракетные двигатели: – детонационные жидкостные ракетные двигатели (ЖРД); – ЖРД с центральным телом; – однокомпонентные ЖРД, в том числе на микро- (нано-) капсулированном топливе. Ядерные ракетные двигатели: – импульсные; – гетерогенные газофазные. Термоядерные ракетные двигатели. Электроракетные двигатели: – ионные двигатели; – плазменные двигатели, в том числе со свободным удержанием плазмы. Межсредные двигатели (атмосфера–космос). Ракетные двигатели на новых физических принципах (антигравитация, управление пространственно-временным континуумом и др.)
3	Пилотируемые полеты в космос	Обеспечение безопасности дальних космических полетов и комфортных условий обитаемости пилотируемых космических кораблей. Спасение экипажа при авариях. Средства посадки на планеты (возвращаемые аппараты). Замкнутые биологические системы жизнеобеспечения. Технологии гибернации (анабиоза) при дальних космических полетах. Технологии аватаров для внекорабельной деятельности и исследования планет
4	Дистанционное зондирование Земли из космоса	Новые способы зондирования Земли из космоса. Сверхкомпактные оптические системы. Распределение целевой функции зондирования Земли в кластере малых (сверхмалых) космических аппаратов
5	Космическая связь, вещание и ретрансляция	Новые способы передачи (ретрансляции) данных через космические каналы связи. Способы приема–передачи слабых сигналов с уровнями, сравнимыми или меньшими уровня естественных шумов. Квантовая связь. Связь между космическими аппаратами. Распределение целевой функции связи, передачи данных и ретрансляции в кластере малых (сверхмалых) космических аппаратов
6	Космическая навигация	Методы прецизионной космической навигации для земных потребителей. Методы навигации на высоких околоземных орбитах ($H > 2000$ км), включая геостационарную. Методы навигации в дальнем космосе: – в пределах Солнечной системы; – вне Солнечной системы. Методы навигации на поверхности планет

Описание концепции должно быть достаточным для разработки проектно-конструкторского решения.

В настоящее время создаются новые разновидности систем автоматизированного проектирования (САПР), ориентированные на концептуальное проектирование, — САИ-системы¹. В САИ-системах выделяют функции:

- управления инновационной деятельностью предприятия;
- разработки концепций (технических идей);
- управление патентами предприятия.

Главная функция САИ-систем — именно проектирование концепций. Метод концептуального проектирования объединяет все известные стратегии изобретательства и охватывает весь цикл разработки концепций. В нем используются сложные формальные алгоритмы и большая база общетехнических и научных знаний [21]. Следует, однако, заметить, что многочисленные разработки САИ-систем (изобретающих программ) так и не смогли существенно повысить производительность творческой деятельности из-за отсутствия формального метода, охватывающего все этапы разработки концепции: от выбора исходной цели до определения областей применения разработанных концепций.

Заключение

Таким образом, к основным положениям предлагаемой методологии создания инновационного научно-технического задела в ракетно-космической отрасли следует отнести:

1. Требования избыточности НТЗ по отношению к номенклатуре образцов ракетно-космической техники, создаваемых (планируемых к созданию) предприятием, а также непрерывности и креативности (творческого подхода) при создании задела. На основе избыточного НТЗ может быть реализован конкурентный отбор предприятий — разработчиков конкретных изделий путем проведения многоэтапных (не менее 2 этапов) конкурсов, в основе которых лежит НТЗ. Предприятия отрасли, создавая НТЗ, уже будут конкурировать друг с другом, хотя и в неявной форме.

¹САИ — Computer Aided Invention — поиск инновационных решений с помощью компьютера.

2. Создание НТЗ должно базироваться на неформальных эвристических процедурах и САИ-системах, позволяющих:

- определять общие направления создания НТЗ с учетом критических системных противоречий и социосистемных запросов на эффекты преодоления данных противоречий;
- выявлять пространства технологических и экономических возможностей, задающих «коридор» создания НТЗ с учетом текущего и прогнозируемого технологических укладов в экономике и фазы цикла экономической конъюнктуры;
- прогнозировать на концептуальном уровне проектный облик и основные характеристики перспективных проектно-конструкторских решений в соответствии с предварительно выявленными направлениями создания НТЗ; в основу процедур концептуального проектирования могут быть положены методы теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), базирующиеся на общих закономерностях развития технических систем.

3. Объединение конкретных документов — текущих результатов непрерывного процесса создания НТЗ — в информационную базу типа депозитария, включающего в себя новые знания, новые технические решения (результаты поисковых разработок) и новые технологические процессы и специализированное оборудование, необходимые для разработки, производства и испытаний ракетно-космической техники. Информационная база НТЗ должна не только хранить документы НТЗ, но и гарантировать авторские права их разработчиков.

Основные положения разработанной методологии целесообразно отразить в нормативно-методических документах отрасли, обратив особое внимание на творческий, неформальный, системный характер деятельности по созданию НТЗ, инициативу «снизу», на необходимость адресного стимулирования этого процесса, тщательного соблюдения авторского права, а также на требование избыточности НТЗ по отношению к тем НИОКР, которые направлены на создание конкретных образцов РКТ.

Предложенная методология может быть положена в основу новой научно-производственной системы ракетно-космической отрасли, призванной дать импульс ее инновационному развитию.

Список литературы

1. Романов А.А. Смена парадигмы разработки инновационной продукции: от разрозненных НИОКР к цифровым проектам полного жизненного цикла // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2017, т. 4, вып. 2. С. 68–84.
2. Романов А.А., Шпотя Д.А. Базовый подход к идентификации критических технологий: определение важнейших инженерных характеристик изделия // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2016, т. 3, вып. 3. С. 63–75.
3. Буренок В.М. Технологические и технические основы развития вооружения и военной техники. М.: Граница, 2010. 216 с.
4. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. М.: ИД «Граница», 2007. 408 с.
5. ГОСТ Р 57194.1-2016 Трансфер технологий. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2016. 8 с.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. М.: Фатум, 2006. 53 с.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология (ИТ). Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. М.: Стандартинформ, 2011. 99 с.
8. Криворученко В.С. Терминология создания НТЗ // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, 2015, №10-1. С. 114–119.
9. 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). С. 41–55.
10. Панов А.Д. Сингулярная точка истории // Общественные науки и современность, 2005, №1. С. 122–137.
11. Режимы с обострением: эволюция идеи: Сб. статей / Ред. Г.Г. Малинецкий. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 312 с.
12. Малинецкий Г.Г., Тимофеев Н.С. О методологии прогноза развития аэрокосмического комплекса // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2012. № 72. 16 с. <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-72>
13. Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. М.: АСТ, СПб: Terra Fantastica, 2009. 701 с.
14. Лепский В.Е. Рефлексивно-активные среды инновационного развития. М.: Когито-Центр, 2011. 255 с.
15. Прохоров И.А. Начало 7-го технологического уклада. <http://www.energoinform.org/pointofview/prohovorov/7-tech-structure.aspx> (Дата обращения 21.07.2017 г.)
16. Ключников В.Ю. Методология комплексного прогнозирования технологического развития ракетно-космической техники // Космонавтика и ракетостроение, 2017, №2 (95). С. 13–25.
17. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды. М.: Экономика, 2002. 767 с.
18. Романов А.А., Тюлин А.Е. Шестой технологический уклад в космическом приборостроении // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2017, т. 4, вып. 4. С. 64–82.
19. Прогноз инновационно-технологического развития России с учетом мировых тенденций на период до 2030 года / Ред. Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец, А.И. Рудской. М.: МИСК, 2008.
20. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Законы развития и прогнозирование технических систем: методические рекомендации. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. 114 с.
21. Глазунов В.Н. Концептуальное проектирование. Теория изобретательства. Учебное пособие. М.: Ленанд, 2018. 512 с.