

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РАЗРАБОТКАМИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ: МОДЕЛИ, СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Бочков Александр Владимирович, д.т.н., ученый секретарь, АО «НИИАС», Москва, Россия,
E-mail: a.bochkov@vniias.ru

Озеров Алексей Валерьевич, начальник Международного управления – начальник Центра управления интеллектуальной собственностью, АО «НИИАС», Москва, Россия,
E-mail: A.Ozerov@vniias.ru

Куроптева Алеся Павловна, главный специалист, АО «НИИАС», Москва, Россия,
E-mail: A.kuropteva@vniias.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлен всесторонний анализ международных подходов к управлению научно-техническими разработками в железнодорожной отрасли. Рассмотрены модели организации НИОКР в США, других странах Европейского Союза, Германии, Южной Кореи, Японии, Китае и Индии. Особое внимание уделено анализу российской модели управления, включая наднациональный уровень координации в рамках Совета по железнодорожному транспорту СНГ, корпоративный уровень холдинга «РЖД» и его научно-отраслевого комплекса. Выявлены ключевые тенденции: определяющая роль государства как стратега и источника финансирования, консолидация усилий в рамках государственно-частных партнерств, а также универсальность приоритетных направлений исследований. Представлен расширенный сравнительный анализ моделей управления по множеству критериев. Отдельное внимание уделено методологии реальных опционов как инструменту повышения эффективности управления инновационными проектами в условиях высокой неопределенности. Предложена математическая модель для оценки стоимости гибкости управления проектами НИОКР на основе формулы Блэка–Шоулза. Сделан вывод о том, что выбор модели управления разработками определяется не только экономической эффективностью, но и геополитическими стратегиями.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, управление НИОКР, инновации, государственно-частное партнерство, сравнительный анализ, реальные опционы, модель Блэка–Шоулза, цифровизация, интероперабельность, технологический суверенитет.

Введение

Железнодорожная отрасль в XXI веке переживает период глубокой технологической трансформации. Глобальные вызовы, такие как необходимость декарбонизации транспорта, повышение безопасности и пропускной способности сетей, а также интеграция с цифровыми платформами «мобильность как услуга», требуют от участников рынка значительных инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР). Однако высокая капиталоемкость, длительные сроки реализации проектов и жесткие требования к надежности и безопасности делают управление инновациями в этой сфере особенно сложной задачей [1, 2].

Необходимость реализации стратегических задач развития привела к тому, что ведущие компании коренным образом изменили подходы к сотрудничеству с научно-исследовательскими учреждениями. В мировой практике сложились две основные модели организации НИОКР: интегрированная (корпоративная), предполагающая создание собственных научных центров внутри крупных корпораций, и кооперационная (сетевая), основанная на делегировании функций стратегического управления специализированным органам и аутсорсинге исследований [3].

Цель данной работы – провести сравнительный анализ международной практики управления научно-техническими разработками в железнодорожной отрасли, выявить ключевые тенденции и факторы успеха, а также предложить методологический подход к повышению эффективности управления инновационными проектами на основе теории реальных опционов.

1. Обзор международных моделей управления НИОКР

1.1 Соединенные Штаты Америки: создание инновационной среды

В США, где насчитывается около 700 частных грузовых железнодорожных компаний при доминировании гигантов (BNSF, Union Pacific, Norfolk Southern, CSX), а пассажирские перевозки представлены как общенациональным оператором Amtrak, так и частными пригородными компаниями, государство не управляет разработками напрямую. Вместо этого оно создает «инновационный лифт», финансируя рискованные исследования, предоставляя уникальную испытательную инфраструктуру и обеспечивая трансфер знаний [4].

Ключевую роль в этой модели играет Федеральное железнодорожное агентство (FRA) при Министерстве транспорта США. Изначально созданное для контроля безопасности, FRA со временем взяло на себя функции стимулирования инноваций. Большую часть финансируемых FRA исследований проводят подрядчики и получатели грантов – университеты, научно-исследовательские институты и консалтинговые фирмы. Контракты заключаются на конкурсной основе по принципу наилучшего соотношения цены и качества [5].

Важнейшим элементом инфраструктуры является Транспортный технологический центр (TTC) в Пуэбло, штат Колорадо – крупнейший в мире полигон, располагающий 78 км испытательных путей и высокотехнологичными лабораториями. TTC финансируется за счет государственных субсидий (не более 30%) и частных инвестиций членов Ассоциации американских железных дорог.

Отдельного внимания заслуживает Совет по транспортным исследованиям (TRB) при Национальной академии наук. Эта некоммерческая организация, финансируемая на паритетных началах государством и частным капиталом, выполняет функции связующего звена между наукой и бизнесом. TRB способствует формированию междисциплинарных исследовательских групп, оказывает консультативную поддержку, организует международные конференции и, что самое важное, занимается распространением и внедрением результатов интеллектуальной деятельности. TRB ежегодно проводит более 200 мероприятий, объединяя свыше 7000 постоянных членов и сотрудничая с более чем 150 университетами по всему миру [6].

Американская модель доказала свою высокую эффективность в создании «инновационной среды» и быстром поиске решений через широкий круг исполнителей, но она требует развитой системы венчурного финансирования и отлаженных механизмов трансфера технологий.

1.2 Европейский Союз: консолидация ради интероперабельности

В Европе, где остро стоит задача создания единого железнодорожного пространства, была выбрана прямо противоположная стратегия – консолидация усилий и ресурсов. Флагманскими инициативами стали программы Shift2Rail (2014-2024) и её преемник Europe's Rail Joint Undertaking (EU-Rail).

EU-Rail представляет собой государственно-частное партнерство и институт Европейского Союза с совокупным бюджетом более 1,2 млрд евро [7]. В рамках партнерства объединены 30 ключевых игроков: производители (Alstom, Siemens Mobility, Hitachi Rail), операторы (Deutsche Bahn, SNCF, Ferrovie dello Stato Italiane), управляющие инфраструктурой (ADIF, ProRail) и научные организации (DLR, CEIT) из разных стран ЕС [8].

Ключевой особенностью европейского подхода, выгодно отличающей его от многих других, является обеспечение полноценной преемственности. Новые участники и исследовательские консорциумы имеют доступ ко всей истории развития технологий: от первых концепций и промежуточных результатов до финальных отчетов и спецификаций, разработанных в рамках предыдущих программ Shift2Rail. Это позволяет избежать дублирования работ и концентрировать ресурсы на решении новых, более сложных задач, а также способствует разработке интероперабельных решений, пригодных для использования во всех странах-членах ЕС.

Исследования в рамках EU-Rail сгруппированы в несколько инновационных блоков (Innovation Programme, IP), охватывающих все аспекты железнодорожной системы:

- IP1: Пассажирские поезда, включая высокоскоростные;
- IP2: Системы управления движением (ERTMS) и безопасности;

- IP3: Оптимизация использования инфраструктуры и техническое обслуживание;
- IP4: Цифровые сервисы в концепции «мобильность как услуга» (MaaS);
- IP5: Устойчивое развитие грузовых перевозок, включая цифровую автоматическую сцепку (DAC);
- IP6: Инструменты оперативного моделирования и классификатор энергоэффективности EN 50591.

На начало 2025 года Европейская комиссия рассматривает новую инициативу в рамках следующего многолетнего финансового плана, предусматривающую выделение 3 млрд евро на дальнейшее развитие технологий ERTMS, FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) и DAC, а также на поддержку перехода от исследований к предварительному внедрению в масштабах всей сети ЕС [2].

1.3 Германия: открытые инновации и национальная стратегия

Германия, являясь локомотивом европейской экономики и железнодорожной отрасли, реализует собственную стратегию, гармонизированную с общеевропейскими инициативами. Основным оператором выступает государственный холдинг Deutsche Bahn AG (DB). Компании холдинга, как правило, не ведут НИОКР самостоятельно, а выступают инициаторами и заказчиками, действуя в рамках принципов «открытых инноваций» [9]. Они проводят отбор решений, отвечающих текущим и стратегическим целям.

В 2018 году была представлена инициатива «Цифровые железные дороги Германии» (Digitale Schiene Deutschland, DSD) [10]. Для управления проектами внедрения цифровых систем микропроцессорной централизации (МПЦ) и ETCS в 2019 году была учреждена дочерняя компания Digitale Schiene Deutschland.

Цифровизация DSD реализуется поэтапно. Первый этап – создание базовой цифровой инфраструктуры (внедрение МПЦ и ETCS). На последующих этапах планируется развертывание интеллектуальной системы диспетчерского управления пропускной способностью (СТМС), системы автоведения (АТО) и интегрированной системы управления движением на основе поездоцентричной логики безопасности – Advanced Protection System (APS). Логика APS разрабатывалась в тесной кооперации: сначала в рамках швейцарской программы SmartRail 4.0, затем в европейской инициативе RCA, и в 2023 году DB InfraGO совместно с партнерами приступила к подготовке финальных спецификаций.

Эта модель демонстрирует, как государство в лице DB и правительства задает стратегические цели, подключается к общеевропейским проектам для разработки стандартов, а затем выступает гарантированным заказчиком для частных компаний-разработчиков. Важно отметить, что две трети всех НИОКР в Германии финансируются частным сектором, и лишь одна треть – государством, при этом расходы немецкого бизнеса на исследования за рубежом растут быстрее внутренних [11].

1.4 Южная Корея: государственное планирование и трансфер технологий

Южнокорейская модель представляет собой яркий пример государственного стратегического планирования и концентрации ресурсов на прорывных направлениях. Научно-исследовательская деятельность контролируется Министерством науки, информационных технологий и перспективного планирования, которое покрывает до 80% стоимости исследований за счет государственных субсидий. Приоритет отдается проектам, соответствующим национальным стратегиям «цифрового» и «зеленого» роста и укрепляющим позиции страны на мировом рынке высокоскоростных железных дорог [12].

Ключевыми элементами системы являются три государственных института:

1. Корейский институт оценки и планирования строительства и транспорта (КИСТЕР) – занимается стратегическим планированием, оценкой эффективности проектов и вовлечением малого и среднего бизнеса в инновационную деятельность.
2. Корейский институт железнодорожных исследований (KRRRI) – ведущий научный центр, реализующий прикладные исследования, разрабатывающий отраслевые стандарты и проводящий экспертизу. Бюджет KRRRI составляет около 100 млн долл. США (80% – госсубсидии, 20% – заказы промышленности), штат – 373 сотрудника, из которых 262 имеют докторскую степень [13].

3. Корейский институт машиностроения и материалов (КИММ) – проводит НИОКР в области машиностроения и материаловедения, обеспечивая трансфер технологий, в том числе для малых и средних предприятий, что позволяет им впоследствии вырасти в средние и крупные компании.

Основной оператор – Корейская государственная железнодорожная корпорация (KORAIL) – определяет практические задачи и внедряет готовые разработки институтов и производителей (Hyundai Rotem). Государственное финансирование является основой для стратегических разработок. Например, в проекте высокоскоростного поезда EMU-370 с общим бюджетом 22,5 млрд вон государство выделило 18 млрд вон (80%), а частные компании – 4,5 млрд вон (20%) [12].

1.5 Япония: эволюционное развитие и корпоративная ответственность

Японская модель управления НИОКР в железнодорожной отрасли сформировалась под влиянием уникальной корпоративной культуры с ее методами мотивации, коллективной ответственностью и использованием инициативы «снизу» (правило «ринги»). После приватизации национальных железных дорог в 1987 году была создана Japan Railway Group, состоящая из восьми частных компаний, а функции научного центра были переданы НИИ железнодорожного транспорта (RTRI) [14].

RTRI – это мощная научная организация, сотрудники которой (534 человека, из них 207 докторов наук) объединены в 17 отделов и обладают развитой экспериментальной базой из 4 испытательных центров. Задачи RTRI включают активизацию НИОКР для повышения безопасности, освоение передовых технологий и удержание мирового лидерства. Доход института от основной деятельности составляет 17,7 млрд йен (около 8,5 млрд руб.) [14].

Каждые пять лет RTRI разрабатывает долгосрочный план НИОКР. План на 2025-2030 годы включает пять проектных направлений:

1. Повышение устойчивости к стихийным бедствиям.
2. Развитие автоматизированного управления поездами.
3. Экономия трудозатрат на техническое обслуживание.
4. Декарбонизация железнодорожных систем.
5. Изучение специфических явлений с помощью моделирования.

Инвестиции в НИОКР на этот период составят 16,7 млрд йен. Новые разработки проходят жесткую процедуру: тестирование на стендах оператора, экспертизу и сертификацию в RTRI, утверждение Советом директоров JR Group и только затем вводятся в эксплуатацию. Японская модель отличается высокой степенью интеграции науки и бизнеса, долгосрочным планированием и фокусом на эволюционное совершенствование.

1.6 Китай: мобилизационная модель и глобальное лидерство

Китай демонстрирует наиболее масштабный и централизованный подход к управлению железнодорожными НИОКР. Исследования координируются Министерством транспорта КНР и Китайской государственной железнодорожной компанией (CR) в рамках национальных стратегий, таких как «Сделано в Китае 2025» и программа «Инновации 2035». Значительная часть финансирования поступает из государственного бюджета, и Китай занимает первое место в мире по абсолютным расходам на железнодорожные НИОКР. Например, на разработку поездов серии «Фусин» (Fuxing) было направлено более 4 млрд долл. США.

Ключевые игроки:

1. Китайская академия железнодорожных наук (CARS) – ключевой государственный НИИ, занимающийся разработкой технологий высокоскоростных поездов, управлением движением, стандартизацией, испытаниями и сертификацией. В CARS работают 2468 сотрудников, из которых более 1300 – научные сотрудники [15].
2. Китайская корпорация CRRC – крупнейший в мире производитель подвижного состава. Корпорация имеет 11 научных центров национального уровня, 22 технологических центра и сеть из 16 отечественных и 18 зарубежных исследовательских центров (на-

пример, CRRC Qingdao Sifang, CRRC Zhuzhou Locomotive). Затраты CRRC на НИОКР составляют 5-6% от годовой выручки – это один из самых высоких показателей в тяжёлом машиностроении (средний по отрасли обычно 3-4%).

3. Ведущие вузы (Юго-западный университет Цзяотун, Пекинский университет Цзяотун) готовят кадры и проводят фундаментальные исследования.

Китайская модель демонстрирует высочайшую эффективность в реализации крупных, капиталоемких проектов с четко определенными сроками, но требует значительных бюджетных вливаний и менее гибка по сравнению с рыночными моделями.

1.7 Индия: догоняющая модель и борьба за суверенитет

Индийская железнодорожная система – одна из крупнейших в мире, и страна сталкивается с колоссальными вызовами по ее модернизации. Однако модель управления НИОКР здесь существенно отличается от лидеров отрасли. Индия пока заметно отстает по масштабам финансирования науки: внутренние затраты на исследования и разработки (ВЗИР) составляют лишь 0,65% ВВП, а доля частного сектора в финансировании – 36,4%, тогда как в странах-конкурентах этот показатель превышает 70%. Серьезной проблемой остается «утечка умов» (по данным NSF, в 2021 г. 29% всех иностранных ученых и инженеров в США были выходцами из Индии) [18].

НИОКР в индийских железных дорогах представляют собой экосистему, где центральная роль принадлежит государственной Организации по исследованиям и стандартам (RDSO) при Министерстве железных дорог. RDSO выполняет функции головного научного центра, разработчика стандартов, испытательного полигона и сертификационного органа. Главная цель RDSO – снижение зависимости от иностранных технологий через программу Make in India. RDSO разработало и утвердило более 1000 стандартов и выступает главным фильтром для допуска технологий на сеть, занимаясь также расследованием причин отказов и материаловедческими исследованиями.

Несмотря на значительные инвестиции в инфраструктуру (около \$30 млрд ежегодно), индийская система НИОКР на данном этапе построена как «догоняющая модель» с попыткой опереться на национальные НИИ и импортозамещение. Она ориентирована на стандартизацию и безопасность существующей сети, а не на прорывные исследования, что несет риск превращения страны в сборочный цех без права голоса в разработке новых поколений техники [17].

2. Российская модель управления научно-техническими разработками в железнодорожной отрасли

Российская система управления научно-техническими разработками представляет собой многоуровневую структуру, сочетающую элементы наднациональной координации, государственного стратегического планирования и корпоративного управления в рамках холдинга «РЖД». В отличие от рассмотренных ранее моделей, российская система характеризуется высокой степенью централизации и интеграции науки в структуру государственной компании-монополиста, что определяет ее уникальные особенности.

2.1 Наднациональный уровень: координация в рамках СНГ

Важной особенностью российской модели является ее интеграция в более широкий контекст сотрудничества железнодорожных администраций государств-участников Содружества Независимых Государств (СНГ). основополагающим документом, регламентирующим этот процесс, выступает «Положение по организации планирования, финансирования, выполнения и приемки работ, направленных на научно-техническое развитие железнодорожного транспорта», утвержденное Советом по железнодорожному транспорту государств-участников СНГ [26].

Этот документ, регулярно обновляемый (последняя редакция – июнь 2025 года), устанавливает единые правила для работ, включенных в План НИОКР Совета. Ключевыми элементами этой системы являются:

- 1. Централизованное планирование:** Формирование проекта Плана НИОКР осуществляется на основании решений Совета, совещаний уполномоченных представителей железнодорожных администраций и предложений рабочих органов Совета. Исполнители (юридические лица) готовят заявки на включение работ в проект Плана НИОКР и направляют их в Дирекцию Совета до 1 июня года, предшествующего планируемому [26].
- 2. Долевое финансирование:** Финансирование работ осуществляется железнодорожными администрациями в долях, установленных Советом. Сумма средств для каждой администрации определяется по формуле:

$$B_i = C \times \frac{\Pi_i}{\sum \Pi_i}, \quad (1)$$

где B_i – сумма средств i -й железнодорожной администрации; C – общая стоимость работы; $\sum \Pi_i$ – сумма долей финансирования всех участвующих администраций (в процентах); Π_i – доля финансирования i -й администрации [26].

Средства перечисляются на счет Дирекции Совета двумя траншами: 50% – в первом квартале планового года, оставшаяся часть – после приемки выполненных работ. Предусмотрен механизм перерасчета долей при присоединении новых участников к финансированию конкретной работы.

- 3. Работы общесетевого характера:** Отдельно выделяется категория работ, связанных с реализацией единых подходов к технологическим процессам, обеспечивающим межгосударственные перевозки. Переход на новую технологию по результатам таких работ предусматривается всеми железнодорожными администрациями на основе технико-экономической целесообразности. При этом неучастие в финансировании не исключает возможность использования новой технологии с согласия разработчиков, но может повлечь риски, связанные с ограничением использования результатов работ [26].

Таким образом, на наднациональном уровне формируется единое нормативное и финансовое пространство для проведения НИОКР, результаты которых имеют значение для всего железнодорожного транспорта на постсоветском пространстве.

2.2 Корпоративный уровень: стратегическое планирование и научно-отраслевой комплекс

Основным центром управления отраслевой наукой в России выступает холдинг «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). Стратегические приоритеты определяются в документах холдинга, ключевым из которых является Стратегия научно-технологического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и перспективу до 2030 года (известная как «Белая книга») [24]. На ее основе формируются Комплексная программа инновационного развития холдинга (КПИР) и программы инновационного развития дочерних обществ.

Ключевую роль в выполнении НИОКР играет научно-отраслевой комплекс (НОК) холдинга «РЖД». В его состав входят ведущие отраслевые институты, такие как АО «НИИАС», АО «ВНИИЖТ», АО «ИЭРТ», АО «ВНИКТИ», а также проектно-конструкторские бюро. Для обеспечения взаимодействия этих организаций создан Координационный совет институтов НОК, на заседаниях которого обсуждаются единые подходы к управлению совместными проектами, формирование единой научно-исследовательской программы в контексте национальных проектов (например, «Эффективная транспортная система»), а также вопросы привлечения внешнего финансирования [24].

Инструментом реализации научно-технической политики холдинга является План научно-технического развития ОАО «РЖД». Для его формирования и контроля исполнения была создана и внедрена автоматизированная система «Единая база знаний», обеспечивающая регистрацию, учет и хранение результатов научно-технических и консультационных работ с целью исключения их повторного выполнения. Это позволяет эффективно решать задачи накопления и повторного использования интеллектуального капитала в масштабах всего холдинга [25].

В 2023 году в рамках реализации КПИР были осуществлены следующие ключевые инновационные проекты [24]:

- внедрение инновационного подвижного состава для пассажирских перевозок;
- разработка электровоза ЕМКА2 с комбинированным (контактно-аккумуляторным) питанием и маневровых локомотивов на альтернативном топливе;
- внедрение интеллектуальных и автоматизированных систем обслуживания клиентов грузовых перевозок, включая «Автоагент», «Электронное досудебное урегулирование убытков», «RZD Market»;
- внедрение технологии виртуальной сцепки (беспроводной межвагонной связи) и технологии управления грузовым поездом без помощника машиниста;
- разработка и испытания систем компьютерного зрения для организации движения высокоавтоматизированных электропоездов на МЦК;
- развитие технологий квантовых коммуникаций: новые сегменты квантовой сети доведены до общей протяженности 3295 км, ведется 25 научно-исследовательских проектов по созданию отечественного оборудования и компонентов.

2.3 Политика импортозамещения программного обеспечения

Важным направлением научно-технической политики холдинга «РЖД» является переход на преимущественное использование отечественного программного обеспечения. В 2023 году целевые показатели по импортозамещению были достигнуты [24]:

- 173 автоматизированные системы, принадлежащие РЖД, зарегистрированы в Едином реестре российских программ и баз данных;
- доля расходов на закупку российского ПО и сопутствующих услуг достигла 81,76% от общих затрат на программное обеспечение, превысив целевой показатель в 78,0%;
- на отечественное ПО переведено более 144 тысяч пользователей систем электронного документооборота, 133,7 тысячи пользователей ERP-систем, более 31 тысячи пользователей систем бизнес-аналитики.

Российская модель управления научно-техническими разработками представляет собой вертикально-интегрированную систему, ядром которой является холдинг «РЖД» и его научные институты. При сохранении высокой степени централизации, система демонстрирует способность к реализации масштабных проектов в области цифровизации и импортозамещения, а также интегрирована в наднациональные структуры координации на пространстве СНГ.

3. Расширенный сравнительный анализ моделей управления

Проведенный обзор позволяет выделить множество ключевых параметров, по которым модели управления НИОКР в разных странах существенно различаются. Добавление российской модели в сравнительную матрицу позволяет выявить ее уникальные черты и место в мировой практике. Для более глубокого понимания проведем сравнительный анализ по нескольким основным критериям: организационная структура, механизмы финансирования, трансфер технологий, управление интеллектуальной собственностью, координация и планирование, а также адаптивность к внешним изменениям.

3.1 Организационная структура и институциональная среда

Организационная структура управления НИОКР является фундаментальной характеристикой, определяющей все остальные аспекты модели. В рассмотренных странах можно выделить три базовых типа структур: вертикально-интегрированная (Россия, Китай, Южная Корея, Япония), сетевая (США) и кооперационная (ЕС, Германия).

Российская вертикально-интегрированная модель базируется на мощном научно-отраслевом комплексе (НОК) внутри государственного холдинга «РЖД». Это обеспечивает непосредственную связь между заказчиком (оператором) и исполнителями (научными институтами). Институты НОК, такие как ВНИИЖТ, НИИАС, ИЭРТ, не просто выполняют

исследования, но и участвуют в формировании единой технической политики, разработке нормативной базы и проведении экспертизы. Координация осуществляется через специально созданные органы, такие как Координационный совет институтов НОК, что позволяет избежать дублирования работ и консолидировать усилия на ключевых направлениях. Уникальной особенностью является наличие наднационального уровня координации в рамках Совета по железнодорожному транспорту СНГ, что создает единое нормативное поле на постсоветском пространстве и позволяет распределять затраты на разработки, имеющие значение для нескольких стран.

Китайская модель во многом схожа с российской по степени централизации, но отличается масштабами и наличием мощного производственного крыла в лице корпорации CRRC. CARS выступает в роли главного академического центра, а CRRC – главного индустриального партнера, причем оба находятся под жестким государственным контролем. Создание 18 зарубежных исследовательских центров CRRC свидетельствует о глобальной экспансии и стремлении встраиваться в локальные инновационные экосистемы по всему миру.

Японская модель представляет собой особый случай, где после приватизации была создана специализированная научная структура (RTRI), обслуживающая все компании JR Group на коммерческой основе. Это сочетает элементы вертикальной интеграции (RTRI исторически и функционально тесно связан с операторами) и рыночных отношений (институт финансируется за счет взносов и заказов компаний группы). Модель отличается высокой долей докторов наук в штате (более 50%) и фокусом на долгосрочные (пятилетние) планы развития.

Южнокорейская модель построена на системе из нескольких специализированных государственных институтов (KICTEP, KRRRI, KIMM), которые разделили между собой функции стратегического планирования, прикладных исследований и трансфера технологий. Это создает четкое разделение труда и позволяет эффективно вовлекать малый и средний бизнес в инновационные процессы через механизмы технологического трансфера.

Американская сетевая модель радикально отличается от всех вышеперечисленных. При наличии гигантских частных операторов (BNSF, UP) государство не создает собственных отраслевых НИИ. Вместо этого FRA и TRB формируют «инновационную среду», выступая в роли заказчиков и координаторов, а непосредственными исполнителями выступают университеты, консалтинговые фирмы и стартапы. TTC в Пуэбло является уникальным примером государственно-частной инфраструктуры, доступной для всех игроков. Эта модель максимально гибка и ориентирована на быстрый поиск решений.

Европейская кооперационная модель (EU-Rail) представляет собой попытку создать единое исследовательское пространство для множества стран с разными научными и промышленными традициями. Объединение в консорциум 30 ключевых игроков, включая прямых конкурентов (например, Siemens и Alstom), является сложной организационной задачей, но позволяет добиться синергии и, что самое важное, разрабатывать интероперабельные стандарты, пригодные для всей европейской сети.

3.2 Механизмы финансирования и распределения ресурсов

Финансовые механизмы являются вторым критическим параметром, определяющим устойчивость и эффективность модели.

Как видно из Таблицы 1, модели кардинально различаются по доле частного финансирования. В США и Германии частный сектор играет определяющую роль, что стимулирует конкуренцию и коммерциализацию результатов. В азиатских моделях и России доминирует государственное финансирование, что обеспечивает стабильность и возможность реализации долгосрочных программ, но снижает гибкость.

Уникальным является механизм долевого финансирования в рамках Совета по железнодорожному транспорту СНГ. Формула (1) позволяет странам с разным экономическим потенциалом участвовать в совместных разработках пропорционально своим возможностям, при этом результаты становятся доступными всем участникам. Это пример эффективной наднациональной кооперации, не имеющей аналогов в других регионах мира.

Таблица 1

Сравнение механизмов финансирования НИОКР

Модель	Основные источники финансирования	Механизмы распределения	Доля частного сектора
Россия	Бюджет холдинга «РЖД», госпрограммы, долевое финансирование в рамках СНГ	Централизованное планирование через КПИР и План НТР, конкурсные процедуры	Низкая (преимущественно в рамках дочерних обществ)
США	Госбюджет (через FRA), частные инвестиции членов AAR	Конкурсные контракты (лучшее соотношение цены и качества), гранты университетам	Высокая (ГТС финансируется на 70% частным капиталом)
ЕС	Бюджет ЕС (Horizon Europe), взносы участников консорциумов	Целевые программы (IP), конкурсный отбор проектов в рамках EU-Rail	Средняя (государственно-частное партнерство)
Германия	Частный сектор (2/3), госбюджет (1/3)	Открытые инновации, заказ со стороны DB, участие в европейских программах	Высокая
Корея	Госсубсидии (до 80%), частные инвестиции (20%)	Целевое финансирование через KISTER, распределение по институтам	Средняя (с акцентом на софинансирование)
Япония	Взносы компаний JR Group, доходы от коммерческой деятельности RTRI	Долгосрочное планирование (5-летние планы RTRI)	Высокая (через систему взносов)
Китай	Госбюджет, средства CR и CRRC	Централизованное планирование в рамках нацстратегий	Низкая
Индия	Госбюджет	Централизованное через RDSO	Очень низкая (36,4% ВЗИР в целом по стране)

3.3 Трансфер технологий и управление интеллектуальной собственностью

Механизмы трансфера технологий и подходы к управлению интеллектуальной собственностью (ИС) являются ключевыми факторами, определяющими, насколько быстро результаты НИОКР внедряются в практику и приносят экономический эффект.

В **российской модели** трансфер технологий осуществляется преимущественно внутри вертикально-интегрированной структуры. Результаты НИОКР, выполненные институтами НОК, передаются для внедрения в дочерние общества холдинга «РЖД». Инструментом накопления и повторного использования знаний служит «Единая база знаний», которая предотвращает дублирование работ и позволяет эффективно управлять интеллектуальным капиталом [25]. Права на ИС, как правило, остаются у холдинга, что обеспечивает контроль, но может снижать мотивацию сторонних разработчиков к сотрудничеству.

В **американской модели** трансфер технологий является одной из главных функций TRB. Совет активно занимается распространением результатов исследований через публикации, конференции и онлайн-платформу. Университеты, получающие гранты FRA, как правило, сохраняют права на свои разработки, что стимулирует их к дальнейшей коммерциализации через создание стартапов или продажу лицензий. Это создает динамичный рынок технологий.

Европейская модель в рамках EU-Rail решает задачу управления ИС в условиях кооперации множества партнеров. Соглашения о консорциуме четко определяют права на фоновые (внесенные участниками) и форграундные (созданные в ходе проекта) знания. Главной целью является не столько коммерческая выгода от лицензирования, сколько обеспечение интероперабельности и широкого внедрения разработанных стандартов (ERTMS, FRMCS, DAC) по всей Европе. Тот, кто формирует стандарт, получает контроль над будущим рынком, и европейская модель демонстрирует это наиболее ярко.

В азиатских моделях (Китай, Корея, Япония) трансфер технологий часто носит целенаправленный, программный характер. Например, в Корее КИММ специально ориентирован на передачу технологий малому и среднему бизнесу, чтобы помочь им вырасти в более крупные компании. В Японии новые разработки проходят жесткую многоступенчатую процедуру утверждения (RTRI – JR Group), что гарантирует безопасность и надежность, но может замедлять внедрение.

3.4 Координация и стратегическое планирование

Способы координации исследовательской деятельности и горизонты планирования существенно различаются.

Российская и китайская модели характеризуются жестким централизованным планированием. В России это реализуется через «Стратегию научно-технологического развития холдинга «РЖД» и Комплексную программу инновационного развития (КПИР), которые увязывают научные разработки с инвестиционными программами. В Китае стратегические приоритеты задаются на высшем государственном уровне в рамках национальных программ («Сделано в Китае 2025»).

Японская и корейская модели также используют долгосрочное планирование (5-летние планы RTRI, государственные программы КИСТЕР), но оставляют больше пространства для инициативы исполнителей. В Японии значительную роль играет инициатива «снизу» (правило «ринги»), когда идеи генерируются на местах и затем проходят процедуру согласования.

Европейская модель координации через EU-Rail является попыткой синхронизировать национальные исследовательские программы 30 стран-участниц и десятков компаний. Это чрезвычайно сложная задача, решаемая через создание тематических инновационных блоков (IP) и строгую отчетность. Преимуществом является устранение дублирования усилий в масштабах всего континента.

Американская модель делает ставку на рыночную координацию. FRA определяет приоритетные направления, но не диктует, кто и как будет проводить исследования. Рынок сам отбирает наиболее эффективных исполнителей через конкурсные процедуры.

3.5 Адаптивность к изменениям и устойчивость

Способность модели быстро реагировать на изменения внешней среды (технологические сдвиги, политические кризисы, санкции) является критически важной в современном мире (Таблица 2).

Российская модель в последние годы продемонстрировала высокую устойчивость к внешним шокам, связанным с санкционным давлением. Политика импортозамещения, развернутая в холдинге «РЖД», позволила достичь целевых показателей по переходу на отечественное ПО (81,76% в 2023 году) и продолжить разработку критически важных технологий (квантовые коммуникации, системы автоведения). Вертикальная интеграция и наличие собственного НОК позволяют оперативно перенаправлять ресурсы на наиболее приоритетные направления. Однако сохраняется риск технологической изоляции от глобальных трендов, что требует поддержания внутренней конкурентоспособности разработок.

Таблица 2

Сравнение адаптивности и устойчивости моделей

Модель	Сильные стороны в адаптации	Слабые стороны / Риски	Устойчивость к внешним шокам
Россия	Способность к мобилизации ресурсов на критических направлениях, политика импортозамещения	Риск технологической изоляции, бюрократизация, зависимость от одного заказчика	Высокая (за счет господдержки и вертикальной интеграции)
США	Высокая гибкость, огромное количество независимых игроков, развитый венчурный рынок	Зависимость от рыночной конъюнктуры, сложность быстрой мобилизации на стратегических направлениях	Средняя (зависит от состояния экономики)
ЕС	Широкая кооперация, распределение рисков, сильная политическая воля	Бюрократизация, медленное принятие решений из-за необходимости согласования интересов многих стран	Высокая (за счет диверсификации)
Китай	Высочайшая скорость мобилизации ресурсов, четкое выполнение директив	Зависимость от импортных технологий на старте, долговая нагрузка	Очень высокая (государственный контроль)

Американская модель, будучи максимально гибкой, сильно зависит от состояния экономики и рыночной конъюнктуры. В периоды кризисов частные компании могут сокращать инвестиции в долгосрочные НИОКР, что снижает общую инновационную активность. Однако развитая система венчурного финансирования и огромное количество стартапов позволяют быстро находить новые точки роста.

Европейская модель демонстрирует высокую устойчивость за счет диверсификации: проблемы в одной стране-участнице могут быть компенсированы усилиями других. Однако согласование интересов 30 партнеров требует времени, что снижает скорость принятия решений в кризисных ситуациях.

Китайская модель показывает наивысшую скорость мобилизации ресурсов. Государство может директивно направить миллиардные средства на разработку нового поколения высокоскоростных поездов и в кратчайшие сроки получить результат. Однако эта модель требует постоянных и очень высоких бюджетных вливаний, что создает риски возникновения долговой нагрузки. Для наглядного представления результатов анализа приведем сводную матрицу, объединяющую ключевые характеристики всех рассмотренных моделей (Таблица 3).

Таблица 3

Сводная матрица сравнительного анализа

Критерий	Россия	США	ЕС	Германия	Китай	Япония/Корея
Тип модели	Вертикально-интегрированная + наднациональная координация	Сетевая (рыночная)	Кооперационная (ГЧП)	Смешанная (открытые инновации)	Мобилизационная (государственно-интегрированная)	Государственно-интегрированная / Специализированные институты
Роль государства	Стратег, владелец, заказчик	Создатель инфраструктуры и «инновационной среды»	Координатор, соинвестор, разработчик стандартов	Заказчик (через DB), участник евро-программ	Главный стратег и источник финансирования	Стратег, координатор, основной инвестор
Ключевые игроки	ОАО «РЖД», НОК (ВНИИЖТ, НИИАС), Совет СНГ	FRA, TRB, TTC, частные операторы	EU-Rail, Siemens, Alstom, DB, SNCF	DB, VDB, частные компании	CARS, CRRC, Минтранс	KRRI, KTRI, KORAIL, Hyundai Rotem
Финансирование	Преимущественно гос./корпоративное + долевое в СНГ	Гос. (гранты) + частное (70% TTC)	Гос. (бюджет ЕС) + взносы участников	Частное (2/3) + гос. (1/3)	Преимущественно гос.	Преимущественно гос. (80%) / система взносов
Планирование	Долгосрочное, централизованное (КПИР, «Белая книга»)	Среднесрочное, через приоритеты FRA, конкурсный отбор	Долгосрочное, программно-целевое (Innovation Programmes)	Стратегическое (DSD), участие в европейских планах	Долгосрочное, в рамках нацстратегий	Долгосрочное (5-летние планы)
Трансфер технологий	Внутри холдинга, «Единая база знаний»	Через TRB, университеты, стартапы	Через разработку стандартов, обязательства по внедрению	Через открытые инновации, заказы DB	Через гос. программы, экспорт	Через КИММ (для МСП), через систему утверждения JR Group
Управление ИС	Централизованное, права у холдинга	Гибкое, права у разработчиков (университетов)	Распределенное, фокус на интероперабельность	У разработчиков, лицензирование	Государственный контроль	Государственный / корпоративный контроль
Адаптивность	Высокая устойчивость к внешним шокам, риск изоляции	Высокая гибкость, зависимость от рынка	Средняя скорость, высокая устойчивость за счет диверсификации	Высокая гибкость, зависимость от глобальных цепочек	Высокая скорость мобилизации, риск долговой нагрузки	Средняя, зависимость от госбюджета
Приоритеты НИОКР	Цифровизация, импортозамещение, безопасность, квантовые коммуникации	Безопасность, РТС, экологичность, РТС, новые материалы	ERTMS, FRMCS, DAC, АТО, устойчивое развитие	Цифровизация (DSD), ETCS, АТО, APS	ВСМ, глобальное лидерство, «Инновации 2035»	ВСМ, автоматизация, сейсмостойкость, «зеленые» технологии

3.6 Выводы из сравнительного анализа

Проведенный расширенный анализ позволяет сделать несколько обобщающих выводов.

- 1. Отсутствие идеальной модели.** Ни одна из рассмотренных моделей не является универсально лучшей. Выбор модели определяется историческим контекстом, структурой собственности в отрасли, геополитическим положением и национальными приоритетами. Российская вертикально-интегрированная модель, американская сетевая, европейская кооперационная и азиатские государственно-интегрированные модели – каждая имеет свои сильные и слабые стороны.
- 2. Конвергенция подходов.** Несмотря на различия, наблюдается тенденция к конвергенции. Рыночные модели (США) усиливают элементы государственного стратегического планирования (через FRA и TRB). Государственные модели (Россия, Китай) внедряют рыночные механизмы (конкурсные процедуры, коммерциализацию разработок). Европейская модель изначально строится на балансе государственно-частного партнерства.
- 3. Критическая роль координации и управления знаниями.** Во всех успешных моделях создаются механизмы, предотвращающие дублирование работ и обеспечивающие накопление и повторное использование знаний. Это и TRB в США, и «Единая база знаний» в РЖД, и программные библиотеки EU-Rail, и пятилетние планы RTRI. Создание единого информационного пространства становится обязательным условием эффективности НИОКР.
- 4. Управление стандартами как высшая форма управления НИОКР.** Европейская модель наиболее ярко демонстрирует, что в зрелых железнодорожных системах разработка интероперабельных стандартов (ERTMS, FRMCS, DAC) становится главной целью НИОКР. Тот, кто контролирует стандарт, контролирует будущее развитие всей отрасли. Китай, развивая собственную линейку высокоскоростных поездов и экспортируя их, также стремится к формированию глобальных стандартов.
- 5. Устойчивость и суверенитет.** В условиях глобальной нестабильности на первый план выходят вопросы технологического суверенитета. Российская модель с фокусом на импортозамещение и наличие собственного НОК продемонстрировала высокую устойчивость к санкционному давлению. Азиатские модели изначально строились с прицелом на национальную независимость в критических технологиях. Американская и европейские модели, будучи более открытыми, сталкиваются с вызовами, связанными с сохранением контроля над цепочками поставок и критическими технологиями.

Очевидно, что выбор и развитие модели управления НИОКР в железнодорожной отрасли – это сложная многокритериальная задача, решение которой должно учитывать не только сиюминутную экономическую эффективность, но и долгосрочные стратегические цели, включая обеспечение технологического суверенитета и возможности влиять на формирование будущих отраслевых стандартов.

4. От сравнительного анализа к методологии оценки: проблема «невидимой» стоимости

Проведенный сравнительный анализ моделей управления НИОКР в мировой и российской практике отчетливо демонстрирует, что эффективность научно-технического развития определяется не только объемом финансирования или степенью централизации управления, но и способностью адекватно оценивать результаты интеллектуальной деятельности. Однако именно в оценке эффективности возникает фундаментальное противоречие, коренящееся в глубоком институциональном разрыве, который, как ни парадоксально, заложен уже в самом языке управления.

Английский термин R&D (Research and Development) описывает единый конвейер, непрерывную цепочку создания стоимости, которая тянется от фундаментального поиска через прикладные исследования и опытно-конструкторские работы к опытному образцу, а затем к серийному производству и рыночному успеху. В этом контексте Research (НИР) – это лишь первый, начальный этап, создающий потенциал, а Development

(ОКР и внедрение) – этап, превращающий этот потенциал в осязаемый результат. Российская же практика управления, унаследовавшая советское разделение труда, часто оперирует сокращением НИР как самостоятельной и самодостаточной единицей планирования и финансирования.

Возникает классический разрыв ожиданий: заказчик констатирует, что «деньги потрачены, а изделия в металле нет», объявляя НИР неэффективной и уничтожившей стоимость. На самом же деле стоимость была уничтожена не самим исследованием, а отсутствием в системе следующих, незапланированных этапов – ОКР и внедрения, которые только и способны превратить потенциальную стоимость, созданную наукой, в реальную.

Эта ситуация ярко высвечивает главную методологическую проблему: требование «осязаемой» экономической эффективности, предъявляемое к этапу Research, методологически несостоятельно. Если для этапа Development (ОКР) классические финансовые показатели вроде NPV или IRR, основанные на прогнозе денежных потоков, вполне применимы, то для ранних НИР они работают как «убийца стоимости». Высокая ставка дисконтирования, отражающая неопределенность, обесценивает будущее, отдаленные на годы выгоды, а отсутствие предсказуемого денежного потока в краткосрочном периоде делает проект формально убыточным. Однако истинная ценность НИР заключается не в сиюминутной прибыли, а в создании того, что в корпоративных финансах называется продленной стоимостью (continuing value) и создании стратегических опционов. Проводя фундаментальное исследование, НИИ не производит товар, оно создает платформу – техническую документацию, кадры, понимание физических процессов, объекты интеллектуальной собственности, – которая станет источником денежного потока через 5-10 лет, когда пройдет стадию внедрения. НИР устраняет технический риск, создавая знание о том, как это сделать. По сути, она формирует «опцион» на будущее производство.

Инструментом, который позволяет количественно оценить эту незримую стоимость, превратить «веру» экспертов в обоснованные финансовые параметры, как раз и является методология реальных опционов. Она позволяет рассматривать инвестиции в ранние стадии НИОКР не как затраты на получение немедленного денежного потока (которого не будет), а как премию за приобретение стратегического опциона – права на коммерциализацию технологии в будущем, если разрешится техническая и рыночная неопределенность.

В отличие от классического метода дисконтированного денежного потока, где волатильность (риск) «убивает» стоимость проекта, в опционной модели она является источником ценности: чем выше неопределенность (например, вокруг возможности импортозамещения критически важной технологии), тем дороже стоит опцион на ее разработку.

Таким образом, методология реальных опционов может стать тем самым мостом через пропасть между «исследованием» и «разработкой», позволяя перекинуть количественную связку от сегодняшних затрат на НИР к завтрашней стоимости создаваемого ими права на технологическое будущее.

Однако, прежде чем перейти непосредственно к обсуждению методологии реальных опционов применительно к железнодорожной отрасли, следует особо подчеркнуть, что ее реальное применение потребует принципиальной смены управленческой парадигмы в области управления НИОКР, а именно перехода от оценки НИОКР как потока прибылей к оценке НИОКР как портфеля стратегических опционов, стоимость которых лишь отчасти заключена в текущем денежном потоке и в значительной мере – в продленной стоимости создаваемых знаний и технологических платформ.

5. Методология реальных опционов в управлении НИОКР

Несмотря на различия в организационных моделях, все компании и страны сталкиваются с общей проблемой – высокой неопределенностью и длительными сроками окупаемости инвестиций в железнодорожные НИОКР. Традиционные методы оценки инвестиционных проектов, такие как дисконтированный денежный поток (Discounted Cash Flow, DCF) и расчет чистой приведенной стоимости (Net Present Value, NPV), часто оказываются неадекватными в этих условиях. Высокая ставка дисконтирования, применяемая к далеко отстоящим во времени прибылям, может «убить» самые перспективные проекты. Например, при ставке дисконтирования 12% деньги потеряют половину своей стоимости через 6 лет, а через 20 лет их ценность составит менее 12% от первоначальной [19]. Многим успешным железнодорожным технологиям, от новых систем управления до инновационных конструкций пути, требуется не менее 10-15 лет, чтобы пройти путь от концепции до полной коммерциализации.

Методология реальных опционов предлагает инструмент для количественной оценки управленческой гибкости, которая в таких условиях становится критически важной [19, 21]. Ключевое преимущество опционного подхода заключается в признании того, что планы являются опционами. Менеджмент получает право, но не обязательство, осуществлять последующие инвестиции по мере получения новой информации и снижения неопределенности. Возможность прекратить проект на ранней стадии, если обнаруживаются «фатальные» технические или рыночные проблемы, создает асимметричность доходности: потенциал роста при ограниченном риске снижения. Это и есть главный источник стоимости в портфеле исследовательских проектов.

5.1 Модель Блэка–Шоулза для оценки реальных опционов

Для формализации опционного подхода в управлении НИОКР может быть использована адаптированная модель Блэка–Шоулза, изначально разработанная для оценки финансовых опционов [20]. Стоимость реального опциона «колл» на право реализации инвестиционного проекта (C) рассчитывается по формуле:

$$C = P \cdot N(D_1) - X \cdot e^{-rt} \cdot N(D_2), \quad (2)$$

где P – текущая стоимость базового актива (например, NPV проекта, рассчитанная на момент принятия решения о коммерциализации, но с учетом вероятности успеха на ранних стадиях). Часто используется формула $P = p \cdot NPV$, где p – кумулятивная вероятность успеха проекта; X – цена исполнения опциона (инвестиции, необходимые для завершения разработки и вывода продукта на рынок); r – безрисковая ставка процента (обычно принимается равной доходности долгосрочных государственных облигаций); t – время до истечения опциона (период, в течение которого компания может принять решение об инвестициях, сохраняя конкурентное преимущество); $N(D)$ – функция кумулятивного стандартного нормального распределения.

Параметры D_1 и D_2 рассчитываются следующим образом:

$$D_1 = \frac{\ln\left(\frac{P}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}}, \quad (3)$$

$$D_2 = D_1 - \sigma\sqrt{t}. \quad (4)$$

Ключевым параметром, отличающим этот подход от классического DCF-анализа, является σ – волатильность или неопределенность стоимости базового актива. В финансовом мире волатильность рассматривается как риск, снижающий стоимость. В модели реальных опционов она является благоприятным фактором: чем выше неопределенность в отношении будущего технологии (новые научные открытия, изменение рыночной конъюнктуры, действия конкурентов), тем выше стоимость опциона на ее разработку.

5.2 Пример расчета стоимости опциона для проекта в железнодорожной отрасли

Рассмотрим гипотетический проект разработки новой цифровой системы управления движением поездов на основе искусственного интеллекта, аналогичный разрабатываемым в рамках DSD, EU-Rail или НИИАС. Исходные данные для расчета представлены в Таблице 4.

Таблица 4

Исходные данные для расчета стоимости реального опциона

Параметр	Обозначение	Значение
NPV проекта (при успешной коммерциализации)	NPV	100 млн долл.
Кумулятивная вероятность успеха на начальной стадии	p	15%
Текущая стоимость базового актива	$P = p \cdot NPV$	15 млн долл.
Инвестиции, необходимые для завершения разработки	X	30 млн долл.
Безрисковая ставка	r	5%
Время до принятия окончательного решения	t	5 лет
Волатильность (неопределенность)	σ	40%

Подставляя значения в формулы (3), (4) и (2), получаем:

$$D_1 = \frac{\ln(15/30) + (0,05 + 0,4^2/2) \cdot 5}{0,4 \cdot \sqrt{5}} = \frac{-0,6931 + (0,05 + 0,08) \cdot 5}{0,4 \cdot 2,236} \approx \frac{-0,6931 + 0,65}{0,8944} \approx -0,0482$$

$$D_2 = -0,0482 - 0,4 \cdot \sqrt{5} = -0,0482 - 0,8944 = -0,9426.$$

Значения функции нормального распределения находим по таблицам или с помощью встроенных функций (например, в Excel): $N(D_1) \approx 0,4808$, $N(D_2) \approx 0,1730$.

Тогда стоимость опциона составит:

$$C = 15 \cdot 0,4808 - 30 \cdot e^{-0,05 \cdot 5} \cdot 0,1730 = 7,212 - 30 \cdot 0,7788 \cdot 0,1730 \approx 7,212 - 4,042 \approx 3,17 \text{ млн долл.}$$

Полученная стоимость в 3,17 млн долл. – это та дополнительная ценность, которую создает сама возможность гибкого управления проектом. Даже если традиционный анализ показывает, что ожидаемая NPV (15 млн долл.) меньше требуемых инвестиций (30 млн долл.), опцион на разработку имеет положительную стоимость благодаря потенциалу успеха и возможности отказаться от проекта в будущем, если неопределенность разрешится неблагоприятным образом. Эта сумма может быть включена в общую оценку стоимости портфеля НИОКР компании и служить обоснованием для инвестиций на ранних, наиболее рискованных стадиях.

5.3 Анализ чувствительности и практическое применение

Важным преимуществом рассмотренной модели является возможность анализа чувствительности стоимости опциона к изменению ключевых параметров, особенно волатильности и времени. Для железнодорожной отрасли, где многие факторы (политика регулирования, появление новых конкурентных технологий, готовность операторов) труднопредсказуемы, наличие такого инструмента позволяет руководству компаний более взвешенно подходить к распределению ресурсов, понимая, что «благоприятные допущения» в традиционных моделях (более короткие временные рамки и меньшая изменчивость) работают против стоимости в модели опциона.

Интеграция методологии реальных опционов в систему управления научно-техническими разработками позволяет:

1. Количественно оценить стратегическую гибкость, присущую инновационным проектам.
2. Обосновать инвестиции в высокорисковые, но потенциально прорывные проекты, где традиционные критерии NPV дают заниженные результаты.
3. Создать общий язык между техническими специалистами и финансовым руководством, так как финансисты хорошо понимают характеристики опционов.
4. Более эффективно управлять портфелем проектов, рассматривая его как набор опционов с разными сроками и уровнями риска.

Этот подход особенно ценен для оценки проектов, которые могут стать основой для целого семейства будущих продуктов и решений – от цифровых двойников инфраструктуры до систем предиктивной аналитики, что в конечном итоге обеспечивает устойчивое конкурентное преимущество и создает долгосрочную стоимость для компании.

Заключение

Проведенный анализ международной практики управления научно-техническими разработками в железнодорожной отрасли, включая детальное рассмотрение российской модели, позволяет сделать следующие ключевые выводы.

1. **Определяющая роль государства.** Во всех рассмотренных странах (Россия, США, ЕС, Германия, Корея, Япония, Китай, Индия) государство выступает ключевым стратегом и источником финансирования, особенно для фундаментальных и рискованных исследований. Однако его роль варьируется от создания «инновационной среды» и инфраструктуры (США) до прямого управления и финансирования через государственные корпорации и институты (Россия, Китай, Корея). Эффективность достигается не столько через администрирование, сколько через создание национальных экосистем инноваций, объединяющих государственное планирование с частной инициативой.
2. **Консолидация как ключевая тенденция.** Наблюдается устойчивое стремление к объединению компетенций и ресурсов для решения масштабных и дорогостоящих задач. Наиболее ярко это проявляется в Европе, где создание государственно-частных партнерств типа EU-Rail является обязательным условием для получения финансирования. В Азии и России консолидация происходит внутри вертикально интегрированных структур (CRRC, НОК РЖД) или через сеть государственных институтов (Korea, Japan). В США эту функцию выполняют профессиональные ассоциации, такие как TRB, а в СНГ – Совет по железнодорожному транспорту.
3. **Универсальность приоритетов.** Несмотря на различия в моделях, все страны фокусируются на схожих технологических областях: цифровизация и автоматизация (ETCS, АТО, СТМС), повышение безопасности, включая кибербезопасность, устойчивое развитие и «зеленые» технологии, развитие высокоскоростного движения и создание интероперабельных систем и единых стандартов. Российская модель, при сохранении верности этим глобальным трендам, делает особый акцент на импортозамещении критических технологий и информационную безопасность.
4. **Модели управления.** Можно выделить четыре основные модели, детально охарактеризованные в сводной матрице (Таблица 3):
 - **Российская (вертикально-интегрированная) модель** с мощным научно-отраслевым комплексом внутри государственного холдинга и наднациональной координацией в СНГ;
 - **Американская (рыночная) модель**, ориентированная на создание инновационной среды и гибкий поиск решений;
 - **Азиатские (государственно-интегрированные) модели**, ориентированные на реализацию крупных проектов и технологический суверенитет;
 - **Европейская (кооперационная) модель**, нацеленная на интероперабельность и создание единых стандартов.
5. **Критическая роль управления знаниями и стандартами.** Во всех успешных моделях создаются механизмы, предотвращающие дублирование работ и обеспечивающие

накопление знаний (TRB, «Единая база знаний», библиотеки EU-Rail). Управление НИОКР все больше превращается в управление разработкой стандартов (ERTMS, FRMCS, DAC). Тот, кто формирует стандарт, получает контроль над будущим рынком.

- 6. Методология реальных опционов.** Для повышения эффективности управления инновационными проектами в условиях высокой неопределенности и длительных сроков окупаемости, характерных для железнодорожной отрасли, целесообразно рассмотреть возможность применения методологии реальных опционов. Модель Блэка-Шоулза позволяет количественно оценить стоимость управленческой гибкости. Это дает возможность обосновать инвестиции в высокорисковые, но потенциально прорывные проекты в любой из рассмотренных моделей.

В конечном итоге, выбор модели управления НИОКР определяется не только экономической эффективностью, но и геополитическими стратегиями. Понимание сильных и слабых сторон различных моделей, а также владение современными методами оценки, такими как теория реальных опционов, является необходимым условием для успешного развития национальных железнодорожных систем и их интеграции в глобальную инновационную экосистему.

Проведенный анализ подтверждает, что эффективное управление НИОКР в железнодорожной отрасли требует не просто выбора между централизованной и рыночной моделями, а их адаптации под национальные стратегические приоритеты. Применение методологии реальных опционов позволяет количественно оценить стоимость управленческой гибкости, что особенно важно в условиях высокой неопределенности и длительных сроков окупаемости. Перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция этого подхода в существующие корпоративные системы управления, такие как «Единая база знаний» холдинга «РЖД», для динамической переоценки портфеля проектов.

Список использованной литературы

1. В США профинансируют трехлетнюю программу исследований на железнодорожном транспорте // Железные дороги мира. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://zdmira.com/news/v-ssha-profinansiruyut-trekhletnyuyu-programmu-issledovaniy-na-zheleznodorozhnom-transporte>
2. European commission considers €3 billion allocation for rail technology research under next framework programme // *Railmarket*. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://railmarket.com/news/technology-innovation/32040-siemens-to-digitize-sao-paulo-s-rail-network>
3. Управление зарубежной железнодорожной наукой и техникой = 国外铁路科技管理 / под ред. Чжоу Ли. – Пекин: China Railway Publishing House, 2018. – 301 с. – ISBN 978-7-113-24086-8.
4. Research and Development Funding [Электронный ресурс] // Federal Railroad Administration (FRA), U.S. Department of Transportation. – URL: <https://railroads.dot.gov/research-development/program-areas/research-and-development-funding/research-and-development>
5. About FRA [Электронный ресурс] // Federal Railroad Administration. – URL: <https://railroads.dot.gov/about-fra>
6. About TRB [Электронный ресурс] // Transportation Research Board (TRB). – URL: <https://www.nationalacademies.org/trb/transportation-research-board>
7. Partnership Fiche: Europe's Rail [Электронный ресурс] // European Commission, ERA-LEARN. – URL: https://www.era-learn.eu/documents/europes_rail_bmr2022.pdf
8. Europe's Rail Joint Undertaking [Электронный ресурс]. – URL: <https://rail-research.europa.eu/>
9. Германия: рост инвестиций в железнодорожную инфраструктуру // Железные дороги мира. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://zdmira.com/news/germaniya-rost-investitsij-v-zheleznodorozhnyu-infrastrukturu>
10. Digitale Schiene Deutschland [Электронный ресурс]. – URL: <https://digitale-schiene-deutschland.de/en>

11. Statista. Research and development (R&D) expenditure in Germany [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.statista.com/statistics/> (использованы обобщенные данные)
12. Korea unveils next-gen high-speed train, world's 2nd-fastest // *The Korea Times*. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.koreatimes.co.kr/business/tech-science/20251222/korea-unveils-next-gen-high-speed-train-worlds-2nd-fastest>
13. Korea Railroad Research Institute (KRRI) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.krri.re.kr/en/main/index.do>
14. Railway Technical Research Institute (RTRI), Japan. *Master Plan – Creating sustainable railway systems – RESEARCH 2030 (FY2025-FY2029)* [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rtri.or.jp/assets/edga9q00000003x7-att/RESEARCH2030RTRI_E.pdf
15. China Academy of Railway Sciences (CARS) [Электронный ресурс] // IRCIP profile. – URL: <http://www.ircip.cn/web/999722-999725.html?id=26645&newsid=630481>
16. CRRC continues intensifying R&D investments // *RollingStockWorld*. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://rollingstockworld.com/economy/crrc-continues-increasing-rd-investments/>
17. Тише едешь – второй в мире будешь // Железные дороги мира. – 2025. [Электронный ресурс]. – URL: <https://vgudok.com/lenta/tishe-edesh-vtoroy-v-mire-budesh-poka-rzhd-boryutsya-s-vagonami-indiya-perevozit-16-mlrd-tonn>
18. «Научный поток» и другие меры поддержки исследований в Индии [Электронный ресурс] // ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. – URL: <https://issek.hse.ru/news/1095643097.html>
19. Боев Ф. Питер. Оценка стоимости технологий: проблемы бизнеса и финансов в мире исследований и разработок / пер. с англ. – М.: Олимп-Бизнес, 2007.
20. F. Black and M. Scholes, «The Pricing of Options and Corporate Liabilities,» *J. Polit. Econ.*, vol. 81, no. 3, pp. 637–654, 1973.
21. G. R. Mitchell and W. Hamilton, «Managing R&D as a Strategic Option,» *Res. Technol. Manag.*, vol. 31, no. 3, pp. 15–22, 1988.
22. T. Copeland, T. Koller, and J. Murrin, *Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies*. New York: Wiley, 1995. (Рус. изд.: Коупленд Т., Коллер Т., Муррин Дж. Стоимость компаний: оценка и управление. М.: Олимп-Бизнес, 2005.)
23. R. A. Brealey and S. C. Myers, *Principles of Corporate Finance*. New York: McGraw-Hill, 1996. (Рус. изд.: Брейли Р., Майерс С. Корпоративные финансы. М.: Олимп-Бизнес, 2004.)
24. Russian Railways. *Sustainability Report 2023: Innovation-driven development and digital transformation* [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: <https://sr2023.rzd.ru/en/managerial-aspect/efficiency-improvement>
25. P. M. Gureev, E. O. Koshcheeva, and A. V. Kudryavtseva, «Experience in the implementation of a common knowledge base for consulting and research engineering at JSC «Russian Railways»,» in *AIP Conf. Proc.*, vol. 2526, no. 1, p. 030004, 2023.
26. Положение по организации планирования, финансирования, выполнения и приемки работ, направленных на научно-техническое развитие железнодорожного транспорта (утв. Советом по железнодорожному транспорту государств-участников СНГ, протокол от 4-05.11.2015 № 63, с изм. от 11.06.2025) [Электронный ресурс] // ГАРАНТ. – URL: <https://base.garant.ru/412277592/>

ANALYSIS OF INTERNATIONAL PRACTICES IN MANAGING SCIENTIFIC AND TECHNICAL DEVELOPMENTS IN THE RAILWAY INDUSTRY: MODELS, STRATEGIES, AND PROSPECTS

Alexander V. Bochkov, Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary, JSC NIIAS, Moscow, Russia,
E-mail: a.bochkov@vniias.ru

Alexey V. Ozerov, Head of International Department – Head of Intellectual Property Management Centre, JSC NIIAS,
Moscow, Russia, E-mail: A.Ozerov@vniias.ru

Alesia P. Kuropteva, Chief Specialist, JSC NIIAS, Moscow, Russia,
E-mail: A.kuropteva@vniias.ru

ABSTRACT

This article presents a comprehensive analysis of international approaches to managing scientific and technological developments in the railway industry. R&D organizational models in the United States, other countries of the European Union, Germany, South Korea, Japan, China, and India are examined. Particular attention is paid to the Russian governance model, including the supranational level of coordination within the CIS Railway Transport Council, the corporate level of the Russian Railways holding company, and its scientific and industrial complex. Key trends are identified: the decisive role of the state as a strategic investor and source of funding, the consolidation of efforts within public-private partnership, and the flexibility of priority research areas. An extensive comparative analysis of governance models is presented based on a variety of criteria. Special attention is paid to the real options methodology as a tool for improving the efficiency of innovative project management under conditions of high uncertainty. A mathematical model for assessing the cost of flexibility in R&D project management based on the Black-Scholes formula is proposed. It is concluded that the choice of a development management model is determined not only by economic efficiency but also by geopolitical strategies.

Keywords: rail transport, R&D management, innovation, public-private partnership, comparative analysis, real options, Black-Scholes model, digitalization, interoperability, technological sovereignty.