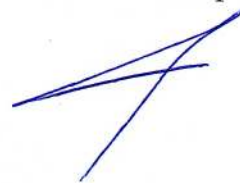


*На правах рукописи*



**ПЕРЕВЕЗЕНЦЕВ Игорь Геннадьевич**

**ПОВЫШЕНИЕ ЦЕННОСТИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ  
КАК НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ АКТИВОВ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Специальность: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика  
(экономика инноваций)**

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

**Москва - 2026**

Диссертация выполнена на кафедре управления инновациями и коммерциализации интеллектуальной собственности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская государственная академия интеллектуальной собственности».

Научный руководитель:

**Рыжов Игорь Викторович**  
доктор экономических наук, профессор

Официальные оппоненты:

**Гарнов Андрей Петрович**  
доктор экономических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» (г. Москва),  
кафедра мировых финансовых рынков и финтеха,  
профессор кафедры

**Митяков Евгений Сергеевич**  
доктор экономических наук, профессор  
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва), кафедра «Предметно-ориентированные информационные системы», заведующий кафедрой

Ведущая организация:

**ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»**  
(г. Владимир)

Защита диссертации состоится «09» июня 2026 года в 13:30 часов на заседании диссертационного совета 60.2.001.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российская государственная академия интеллектуальной собственности» по адресу: 117279, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 55а, ауд. 305.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Российская государственная академия интеллектуальной собственности» <https://dis.rgiis.ru>.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» апреля 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат экономических наук, доцент



Васильева Юлия Сергеевна

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Цифровые двойники, представляющие собой виртуальные модели реальных объектов с двусторонней информационной связью, в последние годы становятся одним из ключевых инструментов повышения конкурентоспособности фирм на мировом рынке. В условиях глобальной трансформации промышленности, обозначаемой как Четвёртая промышленная революция (Industry 4.0), цифровые двойники позволяют обеспечить более точный мониторинг производственных процессов, прогнозировать возможные сбои и совершенствовать взаимодействие между всеми звеньями цепочки создания стоимости. Тем самым исследование повышения ценности цифровых двойников становится особенно востребованным с учётом тенденций мировой экономики и экономики России.

Благодаря агрегированным данным о жизненном цикле продукта, цифровой двойник даёт компании уникальные возможности для совершенствования конструкторских и технологических решений, сокращения временных и финансовых затрат, а также для повышения точности прогнозирования спроса.

В современных российских условиях возникла острая потребность в повышении технологической самостоятельности и модернизации отечественных предприятий. Стремительный переход к цифровой экономике, усложнение логистических цепочек и рост значимости информационного обмена требуют от компаний активного внедрения технологий моделирования. Политика импортозамещения, усиление роли государства в стимулировании инноваций и расширяющиеся каналы финансирования наукоёмких проектов формируют благоприятные предпосылки для развития цифровых двойников в отечественной промышленности. Однако без научно обоснованного анализа и разработки методологии, позволяющей оценивать и повышать ценность таких цифровых активов, российским компаниям будет сложнее принимать решения как об инвестировании в создание цифровых двойников для собственного использования, так и о сделках по их трансферу.

Ключевая сложность при повышении ценности цифровых двойников заключается в том, что они, будучи экономическими активами комплексной природы, включающей материальные и нематериальные составляющие, вызывают затруднения при использовании традиционных методов учёта и оценки. Необходимы новые подходы, которые учитывают взаимосвязь производственных, маркетинговых, финансовых и организационных аспектов жизненного цикла изделия, отражённого в виртуальном пространстве. При этом необходимо учитывать, моделировать и прогнозировать как внутреннюю ценность цифрового двойника, внедренного на фирме-разработчике, так и трансферную ценность, необходимую для обоснованного ценообразования в ходе осуществления сделок по купле-продаже, аренде цифровых двойников или же их предоставлении по схеме «цифровой двойник как услуга».

Таким образом, *актуальность настоящего диссертационного исследования* заключается в настоятельной потребности разрешения противоречия, сложившегося между необходимостью целенаправленного и системного

повышения ценности цифровых двойников в интересах инвестирования их внедрения и определения условий трансферта и отсутствием научно-обоснованных, учитывающих существующий опыт учета и моделирования их ценности как экономического актива, теоретико-методических и практических разработок и рекомендаций, направленных на реализацию указанной потребности в современных экономических условиях, характеризующихся возрастающей ролью цифровых двойников как экономических активов комплексной природы.

В этой связи становится очевидным, что в сложившихся условиях научные исследования, посвящённые проблемам развития организационно-экономического механизма повышения ценности цифровых двойников как комплексного нематериального актива фирмы, представляются весьма актуальными.

**Степень разработанности темы исследования.** Проблематика цифровых двойников как нематериальных активов предприятия исследовалась многими российскими и зарубежными учёными, которых можно разделить на несколько групп, исходя из направленности их научных интересов.

Концептуальное развитие и эволюция понятия цифровых двойников представлены в трудах Майкла Гривза, Дэвида Гелернтера, Кари Фремлинга, Крицингера, К. Мискиниса, М. Синга. Существенный вклад в развитие теоретических представлений о цифровых двойниках в России внесли А.И. Боровков, А.В. Прохоров, М.Ю. Лысачев, С.А. Богун, Ю.А. Рябов, Л.А. Щербина.

Экономико-управленческие аспекты цифровых двойников как комплексных нематериальных активов рассматривались в работах С.П. Ковалёва, Жихана Лю, Шона Веста, Абдельджалила Бенише, Мартина Майера, Чунли Инь, Р.В. Мещерякова, Н.А. Фомина.

Методики оценки качества цифровых двойников разрабатывались Евгенией Сулемой, Андреасом Пестером, Томасом Эрнст Йостом, Ричардом Хейнингером, Вивеком Кантом, Джаясурьей Салем Судакараном.

Оптимизационные модели стоимости-эффективности цифровых двойников представлены в исследованиях Дан Вана, Давая Чена, Ифея Чжу, Чжу Ханя, Эмиля Курвинена, Б. Хелуани Джессики, Василиоса Гкиолоса, а также в работах Д.В. Вестерманна, К. Сонга.

Организационно-управленческие механизмы повышения ценности цифровых двойников анализировались Тимо Руохомяки, Мохаммедом Аделем Хамзауи, Натали Жюльен, Иштваном Давидом, Юджином Сириани, А.В. Кутвоненом, П.И. Аалтоненом.

Модели трансферта цифровых двойников исследовались Эсрой Кумаш, Хамиде Озюреком, Сердаром Челиком, Зейнепом Байсалом, Тобиасом Остерлохом, Эриком Гиффо Кайгом, Юргеном Россманном.

Вместе с тем, следует отметить, что в научной литературе недостаточно четко определены особенности целеполагания организационно-экономического механизма повышения инновационной активности в области цифровых двойников, отсутствует углубленный анализ специфики повышения их ценности как нематериального актива в современной российской экономике, недостаточно разработана проблематика координации действий правительственных и частных структур в разработке и внедрении технологий цифровых двойников, что

обуславливает необходимость развития методических разработок и практических рекомендаций по развитию организационно-экономического механизма повышения ценности цифровых двойников.

**Научная гипотеза исследования** заключается в предположении о том, что эффективное инвестирование в создание и совершенствование цифровых двойников, а также активизация процессов их трансферта может быть достигнуто за счет обоснования соответствующих научно-методических и практических разработок в области развития организационно-экономических методов моделирования и повышения ценности цифровых двойников изделий как нематериальных активов организации, что обеспечит принятие научно обоснованных решений по разработке и внедрению инновационных технологий цифровых двойников в различных отраслях экономики.

**Объектом исследования** выступают цифровые двойники как нематериальные активы современной организации.

**Предмет исследования** - процесс повышения ценности цифровых двойников.

**Цель исследования** состоит в научном обосновании теоретико-методических и практических разработок, направленных на развитие инструментария повышения ценности цифровых двойников как нематериальных активов современной организации в интересах стимулирования процессов инвестирования и трансферта технологий цифровых двойников.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

1. Уточнить теоретико-понятийный аппарат цифрового двойника как экономического актива с учетом его комплексной структуры.
2. Разработать инструментарий оценки качества цифрового двойника на основе иерархической модели качества.
3. Разработать оптимизационную модель стоимости-эффективности цифровых двойников.
4. Обосновать организационно-управленческий механизм повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла.
5. Разработать комплекс организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников и обосновать алгоритм выбора модели в зависимости от характеристик поставщика, покупателя и предметной области использования цифрового двойника.

**Область исследования** соответствует требованиям Паспорта научной специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (7. Экономика инноваций), в том числе пунктам: 7.5 «Цифровая трансформация экономической деятельности. Модели и инструменты цифровой трансформации»; 7.11. «Проблемы коммерциализации инноваций и механизмы трансферта технологий».

**Теоретической базой** исследования являются основные постулаты теории инновационного развития, цифровой трансформации и непосредственно разработки и внедрения цифровых двойников, теоретические изыскания отечественных и зарубежных авторов по проблемам формирования и развития механизмов, методов, моделей повышения ценности нематериальных активов, которые изложены в монографиях, периодических изданиях, справочной и учебной

литературе, практических пособиях и научных публикациях.

**Информационная база** научно-квалификационной работы включает нормативные-правовые акты РФ и документы международной финансовой отчетности, связанные с вопросами исследования, результаты компаративного анализа опыта внедрения цифровых двойников, наиболее значимые результаты, полученные в рамках фундаментальных и прикладных исследований, информация из сети «Интернет».

**Методологическая основа работы и используемые методы.** Методологическую основу исследования составляет системный подход к анализу объекта и предмета исследования, а также решению поставленных в рамках научно-квалификационной работы задач. В диссертации применялись общенаучные методы: анализ и синтез, индукция и дедукция, эксперимент и моделирование. Широко использовались табличные и графические методы визуализации исследуемого материала; методы количественной и качественной оценки, экономико-статистического, компаративного и инвестиционного анализа.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в *решении научной задачи* по обоснованию теоретико-методических и практических разработок, направленных на развитие инструментария повышения ценности цифровых двойников как нематериальных активов современной организации в интересах стимулирования процессов инвестирования и трансферта технологий цифровых двойников.

В частности, **элементами научной новизны** обладают следующие **положения, выносимые на защиту**:

1. С учетом отечественного и зарубежного опыта теоретического анализа сущности и классификации цифровых двойников *уточнен* теоретико-понятийный аппарат цифрового двойника как экономического актива с учетом его комплексной структуры. *В отличие от существующих технологически ориентированных подходов*, цифровой двойник определен как экономический актив, интегрирующий технологические, информационные и организационные компоненты, обеспечивающий возможности симуляции, прогнозирования и оптимизации на протяжении всего жизненного цикла физического объекта, при этом извлекающий свою основную ценность из взаимосвязанных моделей, алгоритмов и данных реального времени, что обеспечило возможность классифицировать его как особый класс комплексных нематериальных активов. Обоснование данного определения *позволило* сформулировать концептуальные предпосылки для более эффективного учета и повышения ценности цифрового двойника.

2. На основе анализа существующих методических подходов к определению и измерению качества цифрового двойника *разработан инструментарий* оценки качества цифрового двойника, базирующийся на иерархической модели качества. *Отличительной особенностью* представленного инструментария выступает *введение двух основных аспектов*: качества модели цифрового двойника и качества функционирования цифрового двойника; для каждого аспекта систематизированы модели его оценки и разработан алгоритм их выбора в зависимости от предметной области. Использование данного инструментария *позволяет* существенно

повысить объективность и комплексность оценки уровня качества цифровых двойников, принимать научно обоснованные решения о приоритетных направлениях повышения качества в зависимости от условий применения.

3. *Разработана оптимизационная модель* стоимости-эффективности цифровых двойников, которая, *в отличие от существующих подходов* включает моделирование влияния цифровых двойников на снижение аварийности, выраженное с помощью функции полезности и дисконтированную модель стоимости жизненного цикла цифрового двойника. Предложенная модель *позволяет* избежать ситуации неоптимального распределения ресурсов, *будет способствовать* обоснованию оптимального уровня инвестиций в цифровые двойники различного назначения за счет полноты учета прямых и косвенных эффектов влияния цифровых двойников на безопасность производства.

4. *Обоснован организационно-управленческий механизм* повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла, *отличительной особенностью которого* выступает оценка соответствия цифрового двойника международным стандартным критериям нематериального актива на этапах разработки, внедрения и модернизации. Предложенный механизм включает комплекс предложений по развитию финансирования, институциональной и информационной среды создания и трансферта цифровых двойников, *обеспечивающих возможность* снижения затрат на их разработку и повышения экономической ценности, в т.ч. развитие экспериментальных правовых режимов функционирования цифровых двойников, разработку комплекса типовых моделей лицензирования, государственное стимулирование инвестиций в цифровые двойники.

5. *Разработан комплекс организационно-экономических моделей* трансферта цифровых двойников, *важным отличием* которого выступает учет финансовых и нефинансовых выгод поставщика и покупателя, позволяющий оптимизировать ценообразование и модель оплаты цифрового двойника. На данной основе *предложен алгоритм выбора модели трансферта* в зависимости от характеристик поставщика, покупателя и предметной области использования цифрового двойника, который *позволяет осуществить научно обоснованный выбор* моделей продажи, аренды, цифрового двойника как услуги или формирование индивидуальной гибридной модели трансферта на основе балльного метода сравнения альтернатив.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в раскрытии специфики процесса повышения ценности цифровых двойников изделий как нематериальных активов организации, а также в возможности использования основных результатов исследования для углубления теоретических знаний в таких областях как теория инновационного развития, теория цифровой трансформации экономики, теория повышения ценности цифровых нематериальных активов.

**Практическая значимость диссертации** заключается в возможности использования результатов для формирования эффективного организационно-экономического механизма, моделей и алгоритмов стимулирования процессов инвестирования и трансферта технологий цифровых двойников.

Рекомендации прикладного характера, связанные с внедрением механизма

повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла и использованием алгоритма выбора организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников, обеспечат повышение экономической эффективности цифровых двойников, максимизируют их влияние на рыночную стоимость компании в целом, стимулируют рынок продажи, аренды и предоставления в качестве услуг цифровых двойников.

Полученные результаты могут использоваться в учебном процессе вузов при преподавании ряда управленческих дисциплин, таких как: «Экономика инноваций», «Управление цифровой трансформацией».

**Апробация результатов исследования.** Ряд предложений и результатов получили апробацию на международных форумах и конференциях: международной научно-практической конференции: Наука, общество, технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации (Пенза, 2025); IV международной научно-практической конференции: Актуальные вопросы науки, общества и образования. (Пенза, 2025), XXXII Международной научно-практической конференции: Актуальные научные исследования (Пенза 2026).

Некоторые результаты исследования внедрены в деятельность научно-производственных компаний ООО НПП «ИнтерПолярис», ООО «СМАРТ Автоматика».

**Публикации.** Основные результаты исследования опубликованы лично автором и в соавторстве в одной монографии и в 13 научных статьях, в том числе 6 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, и одной статье в международной системе цитирования SCOPUS. Общий объем опубликованных работ составил 16,3 п.л., доля автора – 6,0 п.л.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации обусловлена целью и задачами исследования и имеет общий объем 179 страниц (171 страница без приложений). Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы, в котором 117 источников, 2-х приложений. Иллюстрирована 8 рисунками и 1 таблицей.

**Во введении** обосновывается актуальность темы работы, формулируется гипотеза, цель и задачи исследования, его объект и предмет, теоретическая, информационная и методологическая основы; формулируется общая трактовка научной новизны и ее отдельные пункты, теоретическая и практическая значимость.

**В первой главе «Теоретико-понятийный аппарат цифровых двойников как нематериальных активов»** представлен компаративный анализ определений цифровых двойников и предложен собственные варианты определения, рассматривающего цифровой двойник как экономический актив комплексной природы, преимущественно нематериальный актив.

**Во второй главе «Научно-методические подходы к анализу ценности цифровых двойников как комплексных нематериальных активов»** разработан инструментарий оценки качества цифрового двойника, базирующийся на иерархической модели качества, и оптимизационная модель стоимости-эффективности цифровых двойников.

В третьей главе «Организационно-экономический механизм повышения ценности цифровых двойников» обоснован организационно-управленческий механизм повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла и разработан комплекс организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников, включая алгоритм выбора модели трансферта.

В заключении обобщены основные выводы и результаты, полученные по итогам исследования, рекомендации по их теоретическому и практическому применению.

### III. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Уточнен теоретико-понятийный аппарат цифрового двойника как экономического актива с учетом его комплексной структуры.

Цифровой двойник - сложный комплекс, включающий сразу несколько взаимосвязанных компонентов (рисунок 1).



Рисунок 1 - Схема структуры цифрового двойника, объединяющая физический объект, датчики (материальная часть), цифровую модель (нематериальная часть) и сервисные процессы сопровождения (составлено автором в формате Mermaid)

Его уникальная ценность заключается в объединении виртуальной модели, данных от реального объекта и сервисных процессов, что позволяет получать новые знания и оптимизировать использование актива. В составе цифрового двойника можно выделить, во-первых, виртуальную модель (модель объекта в цифровом виде, включая программное обеспечение, алгоритмы и данные), которая представляет нематериальную часть актива. Во-вторых, это физические средства

для сбора и обработки данных - датчики и устройства IoT, вычислительное оборудование и коммуникационные каналы – то есть материальная часть, обеспечивающая связь цифровой модели с реальным миром. В-третьих, необходима сервисная составляющая - совокупность услуг и процессов по настройке, калибровке, адаптации модели, регулярному обновлению данных и сопровождению функционирования цифрового двойника.

С экономической точки зрения, цифровой двойник определен как экономический актив, интегрирующий технологические, информационные и организационные компоненты, воплощенные в материальных активах, нематериальных активах и сервисах соответственно, обеспечивающий возможности симуляции, прогнозирования и оптимизации на протяжении всего жизненного цикла физического объекта, при этом извлекающий свою основную ценность из взаимосвязанных моделей, алгоритмов и данных реального времени, что позволяет классифицировать его как особый класс комплексных нематериальных активов.

## 2. Разработан инструментарий оценки качества цифрового двойника, базирующийся на иерархической модели качества.

Исходя из определения цифрового двойника в ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения», качество цифрового двойника предлагается декомпозировать на две основных составляющих - качество модели, на основе которой построен цифровой двойник, и качество двусторонних информационных связей с моделируемым физическим объектом-аналогом (изделием или его частями). Общая схема данного понятия показана на рисунке 2.

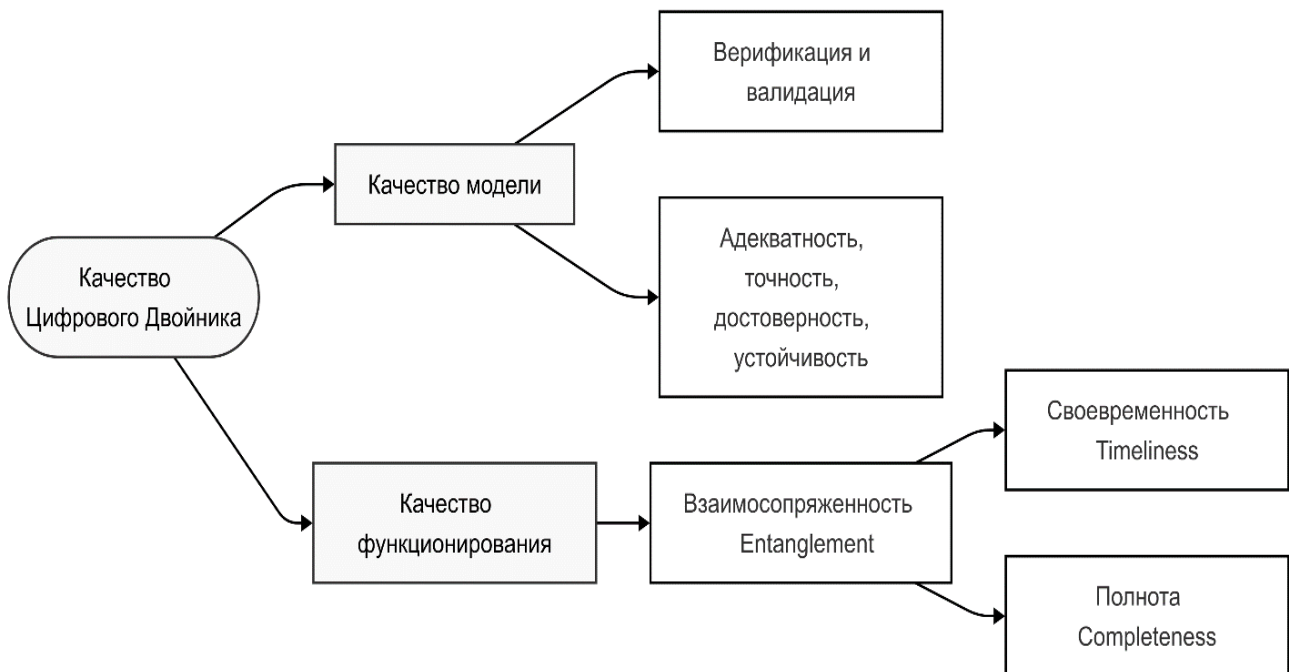


Рисунок 2 - Иерархическая модель качества цифрового двойника (составлено автором в формате Mermaid)

Высший уровень: «Качество Цифрового Двойника» рассматривается как интегральный показатель, который в общем виде можно разложить на две главные составляющие, опираясь на логику из ГОСТ Р 57700.37-2021 и дополнительных исследований.

Качество модели (соответствие математической/компьютерной модели реальному объекту), включает в себя: (а) классические процедуры верификации и валидации (V&V), т. е. проверку корректности и соответствия реальному объекту, а также (б) оценку по ряду критериев - адекватности, точности, достоверности, устойчивости. Данные критерии позволяют судить, насколько математическая часть цифрового двойника способна корректно воспроизводить реальные процессы.

Качество функционирования (эффективность и полнота информационного взаимодействия с физическим аналогом).

Предлагается следующий алгоритм (рисунок 3), описывающий типовую последовательность шагов при оценке качества математической модели (или совокупности моделей), лежащей в основе цифрового двойника.

Пошаговое описание алгоритма оценки качества математической модели.

1. Начало. На первом шаге формируется общее представление о назначении цифрового двойника, формулируются цели моделирования и основные требования к качеству (т. е. какая степень точности, адекватности и устойчивости необходима для удовлетворения нужд предметной области).

2. Выбор методов V&V. На основании целей и требований определяют, какие именно процедуры верификации и валидации уместны.

3. Первичная проверка корректности (концептуальная верификация; набор тестовых сценариев (краевые случаи, проверка логики)).

4. Проверка критериев адекватности. На этом этапе сравнивают модель с физическими экспериментами или полевыми данными, чтобы удостовериться, что модель в принципе способна давать реалистичные результаты. Если адекватность сомнительна, переходят к доработке (ветвь «Нет»).

5. Статистическая оценка точности. Предполагает расчёт RMSE (среднеквадратичная ошибка), MAE (средняя абсолютная ошибка), MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка), коэффициент детерминации  $R^2$ , либо других необходимых метрик.

6. Анализ чувствительности и Монте-Карло. Исследуют, насколько выходные результаты зависят от колебаний входных параметров и от статистических предположений. При слишком высокой чувствительности или слишком больших интервалах неопределённости снова дорабатывают модель (ветвь «Нет»).

7. Допустимая неопределённость. Если анализ показал, что степень расхождений (или ширина доверительных интервалов) приемлема для предметной области, то качества модели достаточно для финальной валидации.

8. Утверждение качества. Завершающий этап, на котором модель либо официально допущена для эксплуатации в составе цифрового двойника, либо выносится решение о необходимости дальнейшей корректировки.

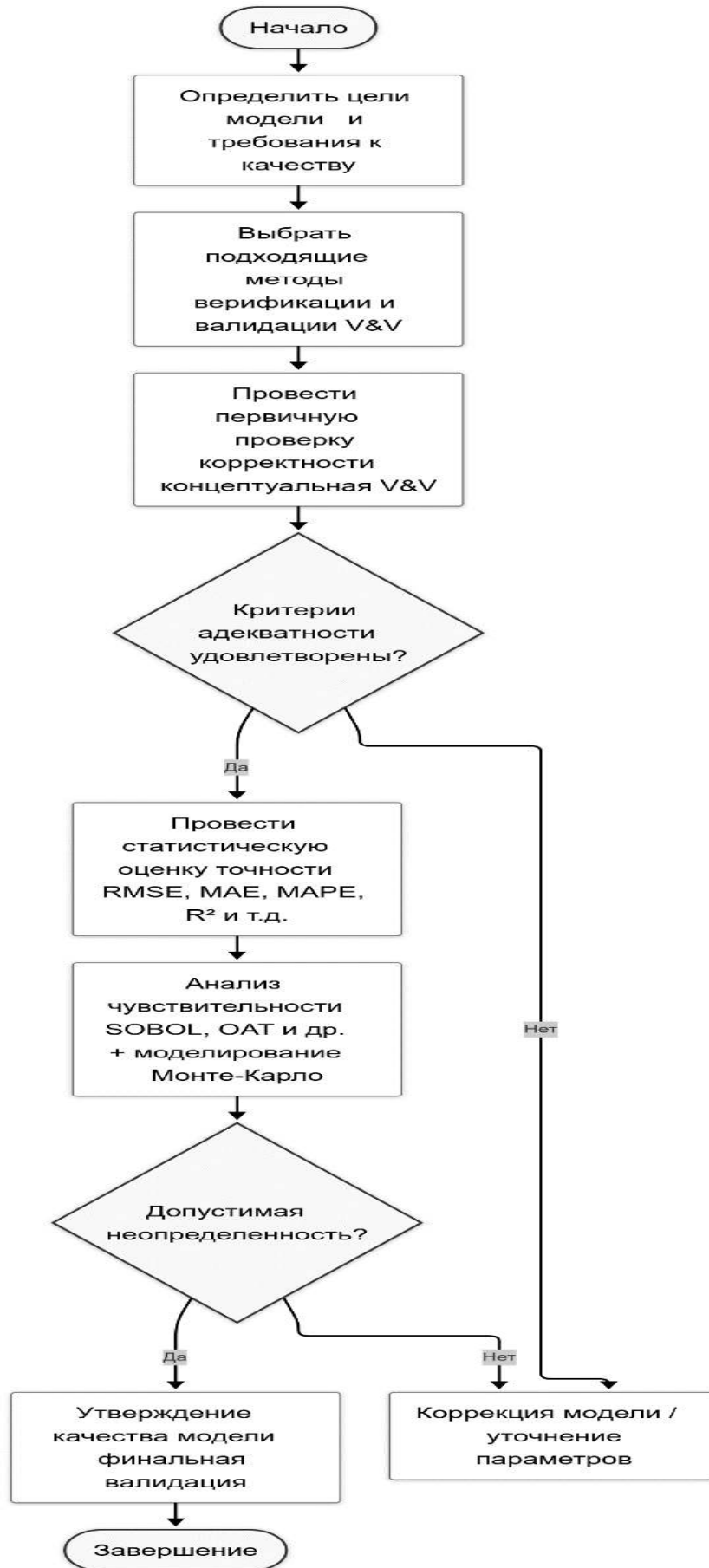


Рисунок 3 - Алгоритм оценки качества математической модели цифрового двойника (составлено автором в формате Mermaid)

Этот алгоритм имеет итеративный характер, а также демонстрирует, как выбираются подходящие методы проверки (верификация, валидация, статистическая оценка точности, анализ чувствительности и т. д.) в зависимости от требований к качеству, диктуемых конкретной предметной областью и типом физического объекта. Таким образом, логика алгоритма сводится к циклическому совершенствованию модели до тех пор, пока она не удовлетворит нужным показателям точности, устойчивости и адекватности.

Рассмотрим второй аспект, назвав его «качество функционирования ЦД». Данный аспект связывается с понятием *entanglement* (степень взаимосопряженности), под которым понимается «степень прочности, с которой двойник взаимосвязан со своим физическим аналогом». Существует показатель «Общая взаимосопряженность цифрового двойника (ODTE, Overall Digital Twin Entanglement)». ODTE метрика основана на двух критических измерениях динамической взаимосопряженности цифрового двойника и физического объекта (ФО): «своевременность» (Timeliness), которая отражает новизну данных, которыми обмениваются физические и цифровые системы, и «полнота» (Completeness), которая представляет собой долю собранных данных относительно общего объема доступных или требуемых данных. Эти факторы в своей совокупности определяют способность двойника оставаться синхронизированным и репрезентативным для своего физического аналога в операциях в реальном времени.

Конкретная реализация модели «Общей взаимосопряженности цифрового двойника (ODTE)» в значительной степени зависит от метода, используемого для объединения или свертки критериев «своевременности» и «полноты», поскольку подходящий метод свертки определяется уникальными свойствами и требованиями физической системы, представленной цифровым двойником. Рисунок 4 иллюстрирует разработанный алгоритм последовательной оценки качества функционирования цифрового двойника.



Рисунок 4 - Алгоритм оценки качества функционирования цифрового двойника (составлено автором) (полная блок-схема алгоритма размещена в диссертации, рис. 2.1.3)

Алгоритм определяет, как в зависимости от особенностей физического актива и приоритетов предметной области выбирается метод подсчёта и оценки интегрального показателя функционирования.

Пошаговое описание алгоритма.

1. Начало. Формулировка требований к обмену данными между цифровой моделью и реальным объектом.

2. Выяснение характера системы. Если физический объект динамичный (например, автономный транспорт или системы управления полетом), приоритет отдают своевременности (минимизации задержек). Если же объект эволюционирует медленно (например, строительные конструкции, стационарная инфраструктура), акцент может ставиться на полноту данных.

3. Оценка критериев своевременности (Т), полноты (С)

4. Расчет интегрального показателя (ODTE). На данном этапе выбирают способ агрегировать Т и С в единый показатель, исходя из особенностей предметной области:

- линейная свертка (взвешенная сумма);
- мультипликативная свертка;
- гармоническое среднее;
- другие нелинейные или пороговые модели.

Линейная (аддитивная) свёртка проста и наглядна; она рекомендуется к использованию, когда Т и С относительно независимы, а конечный результат зависит от их суммарного вклада (с учётом весовых коэффициентов).

Мультипликативная: для систем, где существенный «провал» по одному критерию практически обнуляет итоговое качество (без своевременных данных даже высокая полнота бессмысленна, и наоборот). Это типично для safety-critical систем (систем с критически важной безопасностью) - например, аэрокосмос, телемедицина в режиме реального времени.

Гармоническая модель воплощает акцент на баланс критериев; большие степени превосходства значения одного критерия над другим штрафуются. Такая свёртка полезна, когда нужно уравнивать своевременность и полноту, как в масштабных инфраструктурных проектах (умные города, сети IoT), где одностороннее достижение высокого результата по одному показателю без сопоставимого качества другого неэффективно.

5. Учет пороговых ограничений. В некоторых предметных областях обязательными являются минимально допустимые значения Т ( $T_{min}$ ) и С ( $C_{min}$ ). Если система не достигает этих пороговых уровней по своевременности или полноте, считают, что качество функционирования неудовлетворительно, и необходимо доработать аппаратную и программную инфраструктуру обмена данными.

6. Признание качества функционирования. Если и ODTE как агрегированный показатель, и каждое из пороговых значений (если таковые заданы) удовлетворяют потребностям, то качество функционирования ЦД признается удовлетворительным.

7. Завершение.

### 3. Разработана оптимизационная модель стоимости-эффективности цифровых двойников.

Сформулирована оптимизационная экономико-математическая модель стоимости-эффективности внедрения цифровых двойников (ЦД) критического оборудования, позволяющая количественно оценивать и сравнивать альтернативные конфигурации ЦД по снижению интенсивности экономически значимых отказов, сокращению простоев и чистому приведенному эффекту на горизонте планирования  $T$ .

1. Основные предпосылки и параметры модели. Рассматривается система из  $N$  критически важных единиц оборудования серийной структуры, в которой отказ любого элемента приводит к экономически значимому нарушению функционирования. Для  $i$ -го элемента задаются базовые параметры: интенсивность отказов  $\lambda_i$  и интенсивность восстановления  $\mu_i$ . Влияние ЦД на параметры функционирования описывается коэффициентами  $\delta_i$  и  $\gamma_i$ . Денежная часть модели включает прямой ущерб одного экономически значимого инцидента  $C_{\text{аварии}}$ , стоимость единицы времени простоя  $c_i$ , ставку дисконтирования  $r$  и затраты жизненного цикла  $C_{hw}, C_{sw}, C_{impl}, C_{op,k}, C_{dev,k}, C_{train,k}$ .

2. Технический контур надежности. Для серийной системы вероятность безотказной работы на горизонте  $t$  определяется выражением

$$R_{\text{sys}}(t) = \exp\left(-t \sum_{i=1}^N \lambda_i\right).$$

Вероятность хотя бы одного экономически значимого отказа  $P_{\text{acc}}(t)$  используется в модели как технический индикатор надежности, однако денежные оценки в базовой постановке рассчитываются не через эту вероятность, а через ожидаемое число инцидентов и ожидаемый простой в ремонтируемой постановке. Влияние ЦД на параметры системы задается соотношением

$$\lambda_i' = \lambda_i(1 - \delta_i), \quad \mu_i' = \mu_i(1 + \gamma_i).$$

Это позволяет интерпретировать цифровой двойник одновременно как инструмент предупреждения отказов и ускорения восстановления.

3. Краткосрочный эффект и ремонтируемая постановка. Для управленческого выбора конфигурации ЦД на горизонте  $T$  используется краткосрочный критерий

$$U(T) = \Delta L(T) + \Delta L_{\text{stop}}(T) - C_{\text{period}}(T),$$

где  $\Delta L(T)$  — предотвращенные прямые потери от экономически значимых инцидентов,  $\Delta L_{\text{stop}}(T)$  — предотвращенные потери от простоев,  $C_{\text{period}}(T)$  — текущие расходы периода. Ожидаемое число инцидентов в базовом и проектном сценариях определяется через вероятность нахождения элемента в работоспособном состоянии в двухсостояниеовой непрерывной марковской модели:

$$N_0(T) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \int_0^T P_{\text{work},i}^{(0)}(t) dt, \quad N_{\text{DT}}(T) = \sum_{i=1}^N \lambda_i' \int_0^T P_{\text{work},i}^{(\text{DT})}(t) dt.$$

При соотношении  $\lambda_i \ll \mu_i$  данные выражения допускают квазистационарное упрощение до произведения суммарной интенсивности отказов на горизонт оценки.

4. Денежная непротиворечивость модели. Прямой предотвращенный ущерб и предотвращенные потери от простоев рассчитываются отдельно:

$$\Delta L(T) = C_{\text{аварии}}(N_0(T) - N_{\text{ДТ}}(T)), \quad \Delta L_{\text{stop}}(T) = \sum_{i=1}^N c_i (D_i^{(0)}(T) - D_i^{(\text{ДТ})}(T)).$$

Такое разложение исключает двойной счет: показатель  $C_{\text{аварии}}$  трактуется как прямой ущерб одного экономически значимого инцидента и не включает потери, зависящие от времени простоя, которые отдельно учитываются через стоимость времени простоя и ожидаемую длительность неработоспособного состояния. Агрегированный показатель устойчивости  $S(t)$  в данной постановке используется как мониторинговый KPI и, при необходимости, как ограничение при выборе конфигурации, но не включается напрямую в денежный критерий.

5. Дисконтированная оценка проекта. Интегральный результат внедрения ЦД оценивается на основе стандартного инвестиционного критерия

$$NPV_{\text{ДТ}} = \sum_{k=1}^n \frac{B_k}{(1+r)^k} - \left( C_{hw} + C_{sw} + C_{impl} + \sum_{k=1}^n \frac{C_{op,k} + C_{dev,k} + C_{train,k}}{(1+r)^k} \right).$$

Здесь  $B_k$  объединяет предотвращенные прямые потери и предотвращенные потери от простоев в периоде  $k$ . Выбор конфигурации цифрового двойника осуществляется по максимуму  $NPV_{\text{ДТ}}$  при технологических, организационных и бюджетных ограничениях. Полученная модель обеспечивает экономически интерпретируемую связь между надежностью, ремонтируемостью и чистым приведенным эффектом проекта, что позволяет обосновывать параметры внедрения ЦД и приоритизацию объектов мониторинга в условиях ограниченного бюджета.

#### **4. Обоснован организационно-управленческий механизм повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла.**

Данный механизм изображен на рисунке 5.

1. Инициирование проекта, исследовательская фаза. Как и предписывает IAS 38, на этапе исследований, включая изыскания и доказательство реализуемости (proof-of-concept) все затраты относятся на расходы периода. Решение о возможности реализации (технической, коммерческой) цифрового двойника принимается после исследований. Если решение отрицательное - проект закрывается, затраты так и остаются в расходах (возможно, с раскрытием причин неудачи, если сумма существенная). Если позитивное - проект переходит в фазу разработки.

2. Фаза разработки. С этого момента необходимо отслеживать, выполняются ли критерии капитализации затрат согласно IAS 38. Здесь применяется стандартный перечень: техническая осуществимость, намерение завершить проект, способность использовать, наличие полезности или рынка, ресурсы, измеримость затрат.

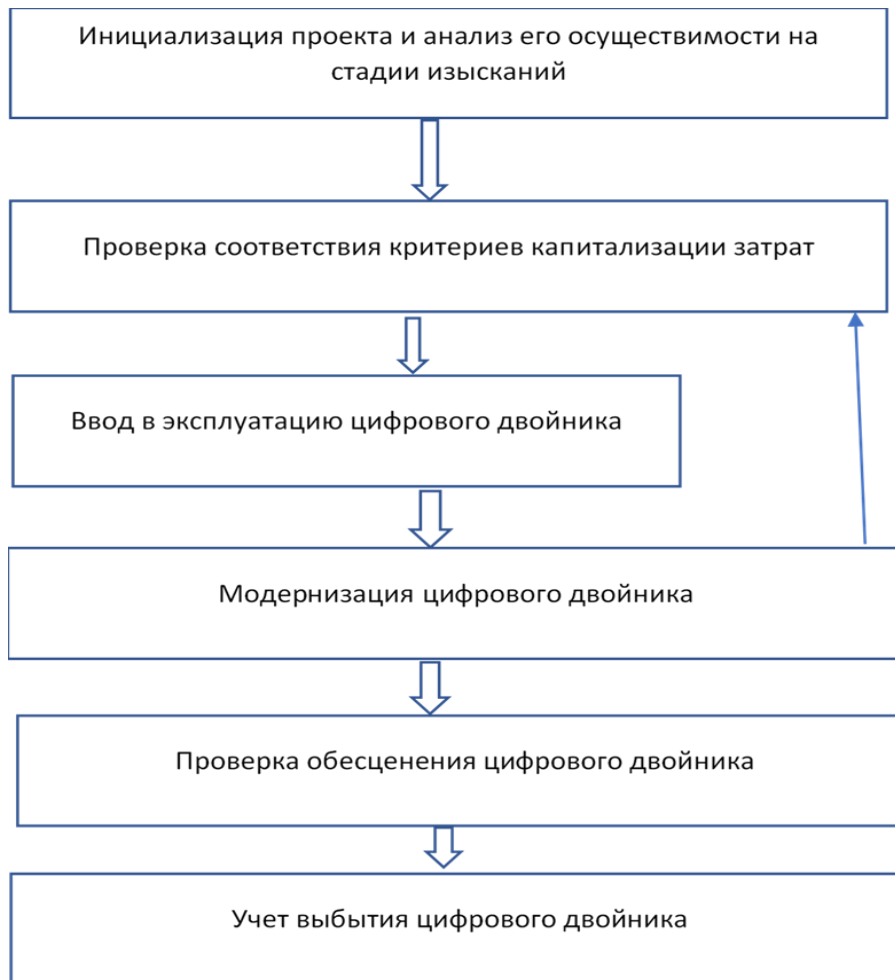


Рисунок 5 - Механизм повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла (составлено автором) (полная блок-схема механизма размещена в диссертации, рис.3.2.1.)

Как правило, на этапе утверждения проекта цифрового двойника компания уже имеет технический план, бюджет и понимание полезности (например, ожидаемую экономию). Потому часто критерии будут выполнены в начале разработки. В этом случае предлагается начинать капитализацию затрат на цифровой двойник с самого начала фазы разработки (стрелка «Да» от решения "критерии выполнены" к блоку "Признание НМА"). Если же не все критерии сразу выполнены (например, на 100% не уверены в технической реализуемости, проект пилотный), то допускается продолжать списывать на расходы до определённого контрольного пункта, когда сомнения развеяны. На схеме показан вариант "невыполнение критериев" -> продолжение списания на расходы - повторные тестирования вплоть до полного выполнения критериев и формирования учета соответствующего объекта НМА.

3. Признание НМА и ввод в эксплуатацию. По завершении разработки (обычно это момент, когда цифровой двойник прошёл тестирование и начал использоваться в рабочем режиме) актив переводится из незавершенного состояния в состояние готового нематериального актива. С этого момента начинается амортизация.

4. Эксплуатация и обновления. Во время использования цифрового двойника возможно проведение улучшающих модернизаций. Например, добавление нового модуля в модель, подключение дополнительных датчиков (расширение данных), переход на более сложный алгоритм - всё это улучшает функциональность цифрового двойника. В данном случае необходимо различать капитальные улучшения и текущие доработки. Критерий разграничения: приводит ли обновление к существенному увеличению ожидаемых выгод или срока службы цифрового двойника? Если да, то это капитализируемое улучшение (аналогично улучшению основного средства, продлевающему срок службы или увеличивающему производительность). Если нет - расходы списываются как обслуживание.

5. Мониторинг и обесценение. Раз в год при подготовке отчетности нужно оценивать, нет ли признаков обесценения цифрового двойника (МСФО требуют для нематериальных активов с ограниченным сроком службы - тест при индикаторах обесценения, с неограниченным - ежегодное тестирование). К признакам обесценения можно отнести следующие: объект, для которого двойник создан, выведен из эксплуатации досрочно; появилась новая технология моделирования, сделавшая старый двойник устаревшим; фактические выгоды сильно ниже ожидавшихся. При наличии признаков проводится тест на обесценение: сравнивается балансовая стоимость актива и recoverable amount (возмещаемая сумма). Если возмещаемая сумма меньше балансовой - отражается убыток от обесценения, списывающий актив до recoverable (блок "Обесценить"). Если признаков нет или возмещаемая сумма больше или равна балансовой - актив продолжает учитываться по прежней стоимости за вычетом амортизации.

6. Выбытие. Завершающим шагом будет списание цифрового двойника с баланса, когда он полностью амортизирован и более не используется, либо при ликвидации/продаже объекта. При списании по причине бесполезности - возможно доначисление амортизации или обесценение до нуля, если еще оставалась балансовая стоимость.

Разработанный механизм обеспечивает прослеживаемость и контроль на каждом этапе повышения ценности цифрового двойника.

## **5. Разработан комплекс организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников, и обоснован алгоритм выбора модели трансферта.**

При формировании ориентировочной стоимости цифрового двойника для продажи (или лицензионной передачи) необходимо:

1. Учесть себестоимость (включая разработку, адаптацию, инфраструктуру, поддержку и прочие внутренние расходы), что даёт нижнюю границу цены.

2. Проанализировать выгоды, которые покупатель получит в процессе эксплуатации ЦД (снижение аварийности, экономию на ремонтах, улучшение производительности). Это даёт верхнюю границу цены или стимулирует использовать схемы «оплата за результат».

3. Выбрать модель платежей, удобную для обеих сторон:  
— разовый платёж,

- рассрочка,
- подписка (SaaS-модель),
- плата за результат (outcome-based),
- плата за фактическое использование (pay-per-use),
- гибридные варианты (фиксированная часть + переменная составляющая).

4. Учесть рыночные факторы: конкуренцию, уровень зрелости рынка, стратегические цели поставщика и покупателя, готовность инвестировать в долгосрочную перспективу и т.д.

Разработанный алгоритм выбора оптимальной модели трансфера цифрового двойника заключается в том, чтобы последовательно учитывать совокупность критериев, наиболее значимых при выборе модели поставки цифрового двойника, и затем присвоить каждой из возможных схем (продажа «под ключ», аренда, сервис) интегральный показатель предпочтительности. Логика предлагаемого алгоритма на качественном уровне изображена на рисунке 6.

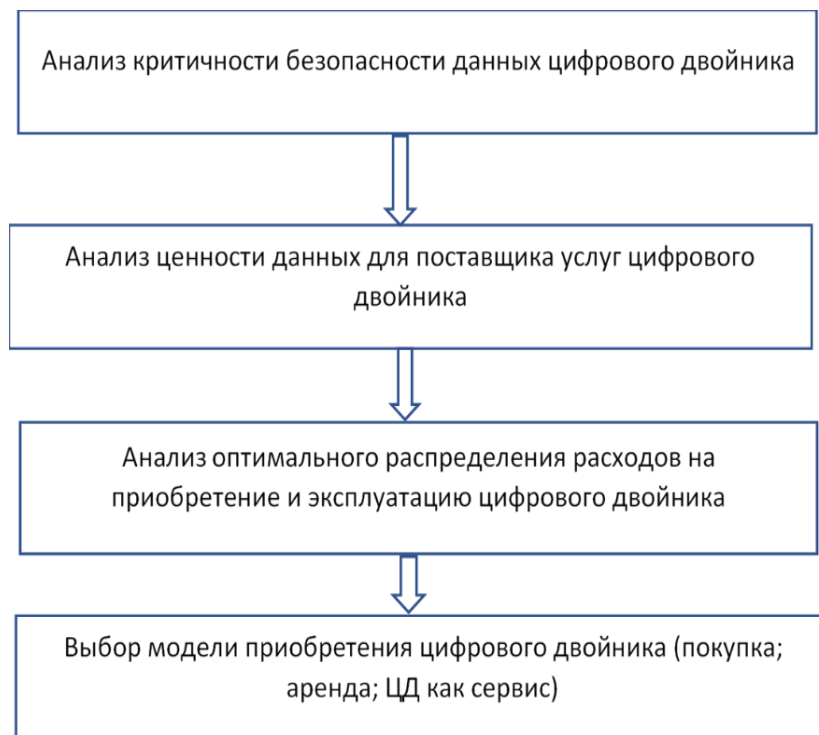


Рисунок 6 - Алгоритм выбора модели трансфера цифровых двойников (составлено автором) См. полную блок-схему алгоритма в диссертации, рис. 3.3.1.

#### Шаг 1. Определение исходных данных

##### 1. Анализ области применения:

- Насколько постоянны условия эксплуатации?
- Высока ли потребность в регулярных обновлениях?
- Есть ли требования к непрерывной работе цифрового двойника?

##### 2. Характеристика покупателя:

- Размер организации (крупная, средняя, малая).
- Финансовые возможности для единовременных затрат (CAPEX) или предпочтение распределённых платежей (OPEX).

- Наличие штатных специалистов (есть ли IT-команда, которая способна обслуживать и дорабатывать цифровой двойник).

Шаг 2. Характеристика поставщика:

- Его стратегические приоритеты (нужен ли быстрый приток капитала или важнее регулярный поток подписной выручки).

- Готов ли он предоставлять постоянную техническую поддержку (требуется ли его бизнес-модель сохранения оборудования у себя на балансе).

- Насколько важна для поставщика собственная база данных (хочет ли он агрегировать обезличенную информацию со всех клиентов для совершенствования своих алгоритмов и анализа больших данных).

Шаг 3. Финансовый анализ расходов на приобретение и реализацию

1. Двухконтурная оценка реализуемости трансферта (покупатель и поставщик).

Пусть горизонт анализа -  $T$  периодов, ставки дисконтирования различны:  $d_B$  (покупатель) и  $d_S$  (поставщик). Тогда вводятся две приведенные стоимости:

$$NPV_B = \sum_{t=0}^T \frac{B(t) - Pay(t) - K(t)}{(1+d_B)^t}, NPV_S = \sum_{t=0}^T \frac{Pay(t) - C(t)}{(1+d_S)^t}.$$

Минимальная совместная реализуемость сделки задается условиями

$$NPV_B \geq 0, NPV_S \geq 0,$$

либо (в более строгой постановке)

$$NPV_B \geq \theta_B, NPV_S \geq \theta_S,$$

где  $B(t)$ - денежная оценка эффекта у покупателя,  $Pay(t)$ - платежи поставщику,  $K(t)$ - внутренние сопутствующие затраты покупателя,  $C(t)$ - затраты поставщика,  $\theta_B, \theta_S$ - пороги по внутренним инвестиционным стандартам сторон.

2. “Нижняя граница” цены (затраты поставщика и окупаемость).

Для параметризации затраты поставщика декомпозируются на платформенные ( $F$ ), внедрение/адаптацию ( $S$ ) и эксплуатационные ( $O(t)$ ). Если  $\gamma \in [0,1]$ - доля распределения платформенных затрат на контракт, то приведенная стоимость затрат поставщика:

$$PV_S(C) = \gamma(F + S) + \sum_{t=1}^T \frac{O(t)}{(1+d_S)^t}.$$

Точка безубыточности (payback) для поставщика:

$$\tau_S = \min \left\{ \tau: \sum_{t=0}^{\tau} \frac{Pay(t) - C(t)}{(1+d_S)^t} \geq 0 \right\}.$$

Экономический смысл: параметры  $\gamma$  и  $\tau_S$  задают нижнюю границу приемлемой цены/профиля платежей с учетом капиталоемкости и риска поддержки.

3. “Верхняя граница” цены (ценность эффекта у покупателя).

Пусть ожидаемая приведенная ценность эффекта:

$$PV_B(B) = \sum_{t=1}^T \frac{\mathbb{E}[B(t)]}{(1+d_B)^t}.$$

Тогда ориентир верхней границы цены задается долей изымаемой ценности:

$$P_{\max} = \alpha \cdot PV_B(B), 0 < \alpha < 1.$$

Экономический смысл:  $\alpha$  фиксирует допустимое распределение создаваемой ценности между сторонами, не разрушая стимулы внедрения.

4. Архитектуры платежей и управляемые параметры распределения риска. Обобщенно платежи представим как сумму фиксированной, “за использование” и “за результат” компонент:

$$Pay(t) = p_F(t) + p_U \cdot Q(t) + p_O \cdot Z(t),$$

где  $Q(t)$ - измеримый объем использования,  $Z(t)$ - измеримый результат/эффект.

Частные формы:

- разовый платеж:

$$Pay(0) = P, Pay(t) = 0 \quad (t > 0);$$

рассрочка:

$$Pay(t) = P_t, t = 0, \dots, n;$$

“денежная цена” (cash selling price) при наличии значимого финансирования:

$$P_{\text{cash}} = \sum_{t=0}^n \frac{P_t}{(1+i)^t},$$

где  $i$ - ставка финансирования, согласуемая с учетной политикой и фактическими условиями;

- подписка / DTaaS:

$$Pay(t) = p_{\text{sub}}(t), t = 1, \dots, T;$$

pay-per-use:

$$Pay(t) = p_{\min}(t) + p_U \cdot Q(t);$$

outcome-based / gain-share:

$$Pay(t) = p_{\text{base}}(t) + \beta \cdot Z(t).$$

Для переменных схем выделяется доля переменной компоненты (как индикатор контрактной “чувствительности”):

$$\rho_{\text{var}} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{p_U Q(t) + p_O Z(t)}{(1+d_S)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Pay(t)}{(1+d_S)^t}}.$$

5. Учетная политика как фильтр выбора экономической конструкции (IFRS 15/IFRS 16)

Для исключения недопустимых конструкций вводится индикатор наличия компонента аренды в сервисной оболочке:

$$I_{\text{lease}} = \begin{cases} 1, & \text{если выполняются условия контроля и идентифицированности (IFRS 16);} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

При  $I_{\text{lease}} = 1$  и недопустимости соответствующих последствий по учетной политике покупателя часть моделей исключается или переводится в гибридную архитектуру (разделение компонент: данные/инфраструктура/модель/сервис).

Шаг 4. Алгоритм выбора модели трансферта (многокритериальная свертка +устойчивость).

Пусть множество альтернатив  $A$ ,  $A_i \in A$ , критерии  $k = 1, \dots, m$ , оценки  $q_{ik} \in [0,1]$ , веса  $\omega_k (\sum_{k=1}^m \omega_k = 1)$ , и  $\Omega(A_i)$ - штраф за неустранимые/слабо управляемые риски (в т.ч. учетные и комплаенс-риски). Тогда интегральная оценка:

$$Score(A_i) = \sum_{k=1}^m \omega_k q_{ik} - \lambda \cdot \Omega(A_i), \lambda \geq 0,$$

а оптимальная модель:

$$A^* = \arg \max_{A_i \in A} Score(A_i).$$

Для управляемости “пограничных” случаев вводится разрыв между лидером и второй альтернативой:

$$\Delta = Score(A_1) - Score(A_2), \Delta < \varepsilon,$$

где при  $\Delta < \varepsilon$  решение трактуется как неустойчивое и рационально перейти к настройке параметров контракта (структуры прав, SLA,  $\rho_{\text{var}}$ ) либо к гибридной конфигурации. Дополнительно задается сценарная оценка чувствительности лидера к изменению паспорта факторов  $x$ :

$$S_x = \frac{\partial Score(A^*)}{\partial x} \text{ (оценочно, по сценариям).}$$

Экономический смысл алгоритма: выбор модели трансферта переводится из “перечня возможных схем” в управляемую процедуру, где экономическая реализуемость, распределение рисков и требования финансовой отчетности согласуются на уровне параметров договора.

Из описанного можно вывести несколько практических рекомендаций.

1. Крупные компании с высокими требованиями к безопасности (например, нефтегаз, оборонная промышленность) и желанием иметь технологию под своим контролем предпочитают приобретение цифрового двойника «под ключ». Это даёт полный контроль и даёт отражение ЦД в активах.

2. Средние и малые предприятия предпочитают аренду или сервисную модель (DTaaS), если нет собственных компетенций для обслуживания, и если важен минимальный CAPEX.

3. Высокая ценность агрегирования данных усиливает аргументы в пользу сервисной модели: поставщик получает выгоду от более обширной базы данных, покупатель пользуется более совершенной (опирающейся на большие данные от ряда цифровых двойников) моделью в режиме непрерывных обновлений.

4. Если стратегически важно для покупателя вывести на баланс конкретные активы, в том числе для налогового учета (амортизация, формирование нематериальных активов), тогда более уместна продажа. Если, наоборот, критичны

метрики EBITDA (прибыли компании до вычета налогов, процентов по кредитам и амортизации) и отношения долга к прибыли, то аренда/подписка бывает удобнее.

5. Гибриды полезны при сложном распределении рисков и прав на ПО. Например, покупатель может владеть оборудованием, а доступ к модели (ПО) иметь по подписке, что обеспечивает поставщику постоянный доход, а покупателю - уверенность, что физические устройства (датчики и серверы) остаются в его собственности.

### **III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Обосновано определение цифрового двойника как экономического актива, интегрирующего технологические, информационные и организационные компоненты, воплощенные в материальных активах, нематериальных активах и сервисах соответственно, обеспечивающего возможности симуляции, прогнозирования и оптимизации на протяжении всего жизненного цикла физического объекта, при этом извлекающего свою основную ценность из взаимосвязанных моделей, алгоритмов и данных реального времени, что позволяет классифицировать его как особый класс комплексных нематериальных активов. Обоснование данного определения позволило сформулировать концептуальные предпосылки для более эффективного учета и повышения ценности цифровых двойников.

2. Разработан инструментарий оценки качества цифрового двойника, базирующийся на иерархической модели качества модели цифрового двойника и функционирования цифрового двойника; для каждого аспекта систематизированы модели его оценки и разработан алгоритм их выбора в зависимости от предметной области; использование данного инструментария позволяет существенно повысить объективность и комплексность оценки уровня качества цифровых двойников, выбирая между скоростью обновления и полнотой данных цифрового двойника в зависимости от характера предметной области, динамики физического прототипа.

3. Разработана оптимизационная модель стоимости-эффективности цифровых двойников, позволяющая учесть влияние цифровых двойников на безаварийность и безопасность производства, выраженное с помощью функции полезности, и получить финальную оценку модели на основе сравнения с и дисконтированной функцией затрат на протяжении жизненного цикла цифрового двойника, предложенная модель позволяет избежать ситуации неоптимального распределения ресурсов, будет способствовать обоснованию оптимального уровня инвестиций в цифровые двойники различного назначения за счет полноты учета прямых и косвенных эффектов влияния цифровых двойников на безопасность производства.

4. Обоснован организационно-управленческий механизм повышения ценности цифрового двойника в ходе жизненного цикла, включающий тесты на возможность учета цифрового двойника как актива в ходе его разработки, эксплуатации и модернизации, что в совокупности дает полный контроль над процессом возрастания его ценности. Предложенный механизм включает комплекс предложений по развитию финансирования, институциональной и информационной среды создания и трансфера цифровых двойников с целью

снижения затрат на их разработку и повышения экономической ценности, в т.ч. развитие экспериментальных правовых режимов функционирования цифровых двойников, разработку комплекса типовых моделей лицензирования, государственное стимулирование инвестиций в цифровые двойники.

5. Разработан комплекс организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников, включая различные виды ценообразования и организации процесса платежей за предоставление цифрового двойника; и обоснован алгоритм выбора модели трансферта в зависимости от характеристик поставщика, покупателя и предметной области использования цифрового двойника, который позволяет научно обоснованный выбор моделей продажи, аренды, цифрового двойника как услуги или формирование индивидуальной гибридной модели трансферта на основе балльного метода сравнения альтернатив.

#### **IV. СПИСОК ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Перевезенцев И. Г. Оценка качества функционирования инновационных цифровых двойников // Индустриальная экономика. 2024. № S1. - С. 131-136 (0,5 п.л.)

2. Перевезенцев И. Г. Вопросы горизонтального трансфера инновационных технологий, основанных на данных, на примере цифровых двойников // Прикладные экономические исследования. 2024. № S1. - С. 168-175 (0,7 п.л.)

3. Перевезенцев И. Г. Выбор организационно-экономических моделей трансферта цифровых двойников // Журнал прикладных исследований. 2025. № 4. - С. 130-135 (0,6 п.л.)

4. Перевезенцев И. Г. Организационно-управленческий механизм повышения ценности цифровых двойников // Региональная и отраслевая экономика. 2025. № 2. С. 58-64 (0,5 п.л.)

5. Перевезенцев И. Г. Разработка моделей ценообразования в ходе трансферта цифрового двойника // Индустриальная экономика. 2025. № 3. - С. 159-164 (0,5 п.л.)

6. Перевезенцев И. Г., Докукин А. В., Ломакин М. И., Сыромятников А. Е., Ниязова Ю. М. Оценка качества цифровых двойников для промышленной безопасности // Стандарты и качество. 2025. № 5. - С. 68-73 (0,5 п.л., авторских - 0,1 п.л.)

#### ***Статьи в международных системах цитирования***

7. Перевезенцев И.Г. Модель анализа применения цифровых двойников для прогнозирования инцидентов и обеспечения безопасности труда в промышленности / А. В. Докукин, М. И. Ломакин, Ю. М. Ниязова [и др.] // Безопасность труда в промышленности - 2025. - № 8. - С. 39-44. - DOI 10.24000/0409-2961-2025-8-39-44. - EDN GTVQTV (0,5 п.л., авторских - 0,1 п.л.)

#### ***Монографии***

8. Перевезенцев И.Г. Современное состояние и перспективы использования технологии цифровых двойников для предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: монография / А. В. Докукин, М. И. Ломакин, М. Ю. Курбатов [и др.]. - Москва: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2025. - 168 с. - ISBN 978-5-93970-340-6. - EDN HCWRDS (10,5 п.л.; авторских 2 п.л.)

*Статьи в научных журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций*

9. Рыжов И. В., Перевезенцев И.Г. Актуальные аспекты оценки качества цифровых двойников / И.В. Рыжов, И.Г. Перевезенцев // в сборнике статей международной научно-практической конференции: Наука, общество, технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. - Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2025 - С. 54-56 (0,2 п.л.; авторских - 0,1 п.л.)

10. Рыжов И. В., Перевезенцев И.Г. Развитие методов учета и анализа ценности цифровых двойников / И.В. Рыжов, И.Г. Перевезенцев // в сборнике статей IV международной научно-практической конференции: Актуальные вопросы науки, общества и образования. - Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2025 - С. 85-87 (0,2 п.л.; авторских - 0,1 п.л.)

11. Перевезенцев И.Г. Модели и механизмы внедрения технологии цифровых двойников в деятельность МЧС России / А. В. Докукин, М. И. Ломакин, А. С. Скоробогатая, И. Г. Перевезенцев // Технологии гражданской безопасности. - 2025. - Т. 22, № S. - С. 28-34. - EDN PPFLEW (0,5 п.л., авторских - 0,1 п.л.)

12. Перевезенцев И.Г. Перспективы использования технологии цифровых двойников для предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / А. В. Докукин, М. И. Ломакин, Ю. М. Ниязова [и др.] // Технологии гражданской безопасности. - 2025. - Т. 22, № S. - С. 35-42. - EDN EETMID (0,5 п.л., авторских - 0,1 п.л.)

13. Перевезенцев, И. Г. Теоретико-понятийный аппарат цифрового двойника как экономического актива / И. Г. Перевезенцев // Экономические науки: актуальные вопросы теории и практики: сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 июля 2025 года. - Пенза: Наука и Просвещение, 2025. - С. 65-67 (0,2 п.л.)

14. Перевезенцев, И. Г. Оптимизационное моделирование стоимости и эффективности цифровых двойников / И. Г. Перевезенцев // Актуальные научные исследования: сборник статей XXXII Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 февраля 2026 года. - Пенза: Наука и Просвещение, 2026. - С. 124-127 (0,4 п.л.).