

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»

На правах рукописи

ГОЛОСОВА ТАТЬЯНА СЕРГЕЕВНА

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ  
ПЕРЕХОДА НА ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В  
АРХИТЕКТУРНО-ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством:  
экономика, организация и управление  
предприятиями, отраслями, комплексами (строительство)

Диссертации на соискание учёной степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель –  
доктор экономических наук, профессор  
Бачурина Светлана Самуиловна

Москва 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	14
1.1 Информационное моделирование объекта капитального строительства ..... 14 как процесс управления «жизненным циклом» объекта капитального строительства.....	14
1.2 Проблема стандартизации информационного моделирования.....	20
1.3 Анализ применение технологий информационного моделирования в процессах архитектурно-строительного проектирования .....	25
1.4 Уровни зрелости процессов информационного моделирования .....	30
ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТРАТЕГИИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ .....	38
2.1. Исследование и разработка принципов стандартизации основных процессов и требований к формированию и внедрению цифровых моделей и технологий информационного моделирования объектов капитального строительства.....	38
2.2 Определения понятий в области информационного моделирования.....	41
2.3 Методические рекомендации по оценке эффективности внедрения технологий информационного моделирования ОКС в зависимости от стадии развития компании.....	44
2.4 Экономико-математическая модель выбора стратегии внедрения BIM-технологий....	50
2.5 Методические рекомендации для эффективного распределения основных видов ресурсов при организации технологических процессов архитектурно-строительного проектирования объектов капитального строительства на переходном этапе .....	56
2.6 Эффекты от внедрения технологий информационного моделирования .....	61
ГЛАВА 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ .....	67
3.1 Ключевые организационные инструменты внедрения технологий информационного моделирования.....	67
3.2 Пути снижения стоимости внедрения технологий информационного моделирования .	79
3.3 Механизмы внедрения технологий информационного моделирования .....	100
3.4 Расчеты, подтверждающие эффективность разработанных предложений.....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	120
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	142

ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	153

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Наше время предъявляет новые, ранее не возникавшие требования к процессам проектирования объектов капитального строительства. На современном этапе управления инвестиционно-строительной отраслью необходим не просто проект объекта капитального строительства, а информационная модель, содержащая все необходимые данные, которые могут быть востребованы на протяжении всего его жизненного цикла. Кроме того, требуется не только качественная реализация инвестиционно-строительного проекта, также важнейшей задачей отрасли является эффективное и рациональное управление объектом недвижимости.

Строительная отрасль направлена на создание, воспроизводство и приобретение основных фондов в виде недвижимости путем нового строительства, расширения, реконструкции, технического перевооружения капитальных объектов с целью дальнейшего их использования в народном хозяйстве.

В соответствии со Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы технологии информационного моделирования зданий и сооружений являются ключевыми технологиями в общей структуре цифровой экономики, так как позволяют значительно повысить эффективность одного из важнейших секторов экономики РФ — строительного комплекса.

План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства, разработанный Министерством строительства России согласно поручениям Президента Российской Федерации от 11 июня 2016 г. № Пр-1138ГС по итогам заседания Государственного Совета Российской Федерации и утверждённый 11 апреля 2017 года, в период с 2019 по 2020 годы предполагает переход на обязательное применение технологий информационного моделирования при проектировании, строительстве и эксплуатации

капитальных объектов, создаваемых за счет средств бюджетной системы Российской Федерации на всех уровнях.

Жизненный цикл любого объекта состоит из следующих этапов: проектирование, строительство, эксплуатация, – причем каждый из этапов включает в себя решение целого списка задач. Разработка сквозного и прозрачного процесса создания цифровой информационной модели здания или сооружения способствует повышению качества реализации каждого этапа его жизненного цикла. Именно оценка и обоснование инвестиций с учетом жизненного цикла объекта капитального строительства, внедрения технологий информационного моделирования на всех этапах создания и управления капитальным объектом является основой эффективного управления инновационной политики в строительной отрасли.

Стандартизация процессов и эффективное применение технологий информационного моделирования при проектировании объектов капитального строительства задает вектор информационного моделирования на последующих стадиях жизненного цикла объекта недвижимости, определяет успех инвестиционно-строительных проектов в целом. Из чего следует, что вопрос качества внедрения технологий информационного моделирования в компаниях, осуществляющих деятельность по архитектурно-строительному проектированию объектов капитального строительства, становится определяющим в технологической цепочке «проектирование-строительство-эксплуатация».

К основным проблемам традиционного подхода (CAD-подхода) к моделированию и управлению объектом капитального строительства относятся:

- отсутствие единого стандарта проектирования;
- несогласованность действий между участниками бизнес-процессов;
- нехватка интеграции между специалистами;
- отсутствие координации между проектными документами;
- риск возникновения коллизий на стадиях изменения и обновления проекта;
- отсутствие связи источников информации;
- неэффективность управления данными;

– проблемы несовместимости форматов данных.

Одной из ключевых проблем при двухмерном моделировании является потеря информации. При этом объем потерянной информации имеет тенденцию накапливаться от этапа к этапу жизненного цикла объекта. Связывание информации из разных дисциплин в проектировании, строительстве и эксплуатации объекта может быть сложным процессом с неочевидными методами решения. Оно требует соединения и систематизации существующих информационных структур, которые используют программное обеспечение от разных производителей. Между тем, систематизация и устранение барьеров в передаче информации является ключом к повышению эффективности управления объектом капитального строительства.

Применение технологий информационного моделирования является не просто модным трендом, это реальная экономическая потребность, обусловленная необходимостью обеспечить эффективную работу инвестиционно-строительной отрасли.

Технологии информационного моделирования – это инновационный подход к циклу проектированию-строительству-эксплуатации. Разработка информационной модели позволяет повысить как скорость, так и экономическую эффективность создания сложных объектов, не нарушающих экологического равновесия. Решения на основе технологий информационного моделирования обеспечивают определение сметной стоимости, выполнение 4D-визуализации процессов строительства, выявление коллизий, обмен информацией с заказчиками, а также планирование и оптимизацию процессов строительства, что ведет к сокращению расходов материалов, повышению производительности и экономии средств на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства.

Основными преимуществами использования технологий информационного моделирования на этапе архитектурно-строительного проектирования являются:

– возможность учитывать особенности уже имеющейся инфраструктуры прилегающих территорий при планировании расположения объектов капитального строительства;

- возможность учитывать особенности рельефа местности и характеристик грунта при проектировании инженерных сетей;
- возможность планирования транспортной сети в районе застройки с учетом изменений транспортной ситуации прилегающих территорий;
- возможность определения оптимального количества ресурсов, необходимых при реализации строительных работ;
- определение оптимальных путей доставки материалов, что позволяет минимизировать сроки и стоимость поставок.

Механизмы внедрения технологий информационного моделирования требуют значительного совершенствования как с организационно-экономической, так и с технической точки зрения. Так, основными факторами, значительно осложняющими процесс перехода на технологии информационного моделирования в российских проектных компаниях, являются:

1. Отсутствие четких стандартов, описывающих процессы разработки проектов и формирования информационной цифровой модели капитального объекта, критериев оценки результатов процессов на соответствие этим стандартам. Несогласованность нормативно-правовой и нормативно-технической базы информационного моделирования в строительной отрасли в целом, начиная с прединвестиционной стадии сбора и обработки исходных данных в цифровом формате.

2. Отсутствие эффективных механизмов и методологии внедрения технологий информационного моделирования.

В этой связи была определена актуальность темы исследования, связанная с разработкой организационно-экономических механизмов внедрения технологий информационного моделирования в компаниях, основным видом деятельности которых является архитектурно-строительное проектирование объектов капитального строительства.

Исследования проблем развития технологий информационного моделирования нашли отражение в работах отечественных и зарубежных ученых:

Шубина В.В., Волкова А.А., Бойцова А.В., Игнатовой Е.В., Бачуриной С.С., Талапова В.В., Силки Д.Н., Коланькова С.В., Король М.Г., Земскова П.И., Жука Ю.Н., Гинзбурга А.В., Морозовой А.Н., Ильиной О.Н., Яськовой Н.Ю., Позднякова В.В., Казанцева А.Б., Моисеева Ю.М., Калинина А.Н., Бурдачевой Н.А., Мовчан С.В., Азаровой А.В., Мариенкова Д.В., Роберта Эйша, Чака Истмана, Кэтлин Листон, Пола Теиколса, Цин Гэ, Дэй Мартина. Но при этом остаются недостаточно изученными вопросы внедрения технологий информационного моделирования, определения оптимальных этапов перехода на технологии информационного моделирования в проектных компаниях в России.

**Цель диссертационного исследования** состоит в разработке организационно-экономических механизмов эффективного внедрения технологий информационного моделирования на основе оценки экономико-технологического потенциала компаний, осуществляющих архитектурно-проектную деятельность,

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Изучить существующие международные и отечественные практики использования информационного моделирования в строительной отрасли, действующую нормативно-правовую, нормативно-техническую и методическую базы.
2. Исследовать текущие проблемы, сдерживающие внедрение BIM-технологий, включая вопросы стандартизации.
3. Сформировать методические основы для определения и оценки условий эффективного внедрения технологий информационного моделирования в проектной компании.
4. Разработать экономико-математическую модель выбора стратегии внедрения технологий информационного моделирования в проектной компании как участника инвестиционно-строительных проектов на основе анализа ее экономико-технологических показателей.
5. Предложить организационно-экономические механизмы эффективного

внедрения BIM-технологий.

6. Выполнить апробацию полученных результатов исследования, подтверждающую эффективность разработанных предложений.

**Объектом исследования** являются проектные компании, основным видом деятельности которых является архитектурно-строительное проектирование объектов капитального строительства с использованием технологий информационного моделирования.

**Предметом исследования** являются экономические отношения и методы организационно-экономического регулирования процессов перехода на информационное моделирование в проектных компаниях

Тема диссертации соответствует требованиям **Паспорта научных специальностей ВАК Министерства образования и науки РФ (экономические науки)** по специальности 08.00.05. – «Экономика и управление народным хозяйством», область исследования 1.3 - «Строительство»: п.1.3.61. Развитие методологических подходов к экономике и управлению различными направлениями капитального строительства, п.1.3.67. Теоретические и методические основы разработки и внедрения инноваций в основные, вспомогательные и обслуживающие производственные процессы по созданию, эксплуатации и обслуживанию объектов недвижимости, п.1.3.76. Развитие методологии управления и организации инвестиционного проектирования в строительстве.

**Методология и методика исследования.** Теоретической и методологической базой исследования являются международные и отечественные исследования в области технологий информационного моделирования (BIM-технологий), нормативно-правовые и нормативно-технические акты, необходимые для организации работ по реализации проектов с использованием информационных моделей и технологий их формирования, обмена данными между информационными моделями и системами при взаимодействии организаций – участников инвестиционно-строительных проектов, своды правил по внедрению и использованию технологий информационного моделирования, а также по вопросам разработки

информационной модели капитальных объектов и описания ее компонентов.

В процессе исследования использовались статистические и нормативные материалы Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Минэкономразвития Российской Федерации, доклады и отчеты научных организаций по развитию технологий информационного моделирования в том числе Национального объединения изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ), Ассоциации организаций по развитию технологий информационного моделирования в строительстве и ЖКХ (ВИМ-Ассоциации).

При решении поставленных задач применялся системный анализ, статистические методы, расчетно-аналитический метод, методы классификации, логического и сравнительного анализа, математического моделирования.

**Научная новизна исследования.** В диссертации разработаны теоретические подходы, методические и практические рекомендации по выбору экономически обоснованной стратегии внедрения технологий информационного моделирования объектов капитального строительства в проектных компаниях, а также предложены пути формирования организационно-экономических механизмов, способствующих повышению эффективности реализации выбранных стратегий при осуществлении архитектурно-проектной деятельности.

**Конкретные результаты, полученные соискателем, имеющие научную новизну:**

1. Уточнен понятийный аппарат в области информационного моделирования в части введения нового понятия «экономико-технологический шаг», под которым понимается прирост экономико-технологического потенциала компании, необходимый для перехода на последующий уровень зрелости ВИМ-процессов, с целью описания критерия оценки ее готовности к внедрению и дальнейшему развитию технологий информационного моделирования.

2. Разработаны предложения по стандартизации процессов организации работ, формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла и обмена данными между моделями с целью построения и

формализации системы взаимодействия участников инвестиционно-строительных проектов.

3. Разработаны методические рекомендации по оценке эффективности процессов перехода проектной компании на информационное моделирование в зависимости от стадии ее развития, базирующиеся на модели нарушения экономико-технологического равновесия и позволяющие принимать решение о целесообразности внедрения BIM-технологий.

4. Предложена классификация стратегий внедрения BIM-технологий по критерию использования ресурсов в информационных и технологических процессах: стратегии последовательного и скачкообразного перехода; предложена экономико-математическая модель выбора стратегии, базирующаяся на оценке экономически обоснованного технологического шага, который позволяет обеспечить переход компании на последующий уровень зрелости процессов информационного моделирования в архитектурно-строительном проектировании.

5. Разработаны методические рекомендации для распределения основных видов ресурсов между проектами, реализуемыми по уже существующей и внедряемой технологиям, при организации технологических процессов архитектурно-строительного проектирования на переходном этапе в стратегии последовательного перехода с целью наращивания экономико-технологического потенциала компании.

6. Разработаны организационно-экономические механизмы эффективного перехода на информационное моделирование в проектной компании, включающие реинжиниринг рабочих процессов и системы управления ими, преобразование организационной структуры, формирование обеспечивающей инфраструктуры как организационные инструменты, и ценообразование, конкуренцию, самофинансирование и государственное управление как экономические регуляторы.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов исследования.**

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в добавленных

знаниях в область экономики и управления строительством в условиях перехода на технологии информационного моделирования в виде методических рекомендаций по организации процессов эффективного внедрения технологий информационного моделирования в сферу архитектурно-строительного проектирования, предложений по доработке национальных стандартов в области технологий информационного моделирования с целью повышения эффективности взаимодействия участников инвестиционно-строительной деятельности, а также организационно-экономических механизмов внедрения технологий информационного моделирования объектов капитального строительства.

Практическая значимость результатов состоит в возможности их использования проектными компаниями в целях повышения эффективности процессов внедрения технологий информационного моделирования путем совершенствования механизмов принятия управленческих решений, экономических и финансовых рычагов в целях повышения качества планирования, организации и стимуляции использования финансов а также в системе государственного управления для формирования единой интеллектуальной объектной базы, основанной на предлагаемой системе критериев и требований к пространственному моделированию объекта капитального строительства, для повышения качества управления заказом в государственных и муниципальных программах.

**Апробация научных результатов исследования.** Основные положения и выводы диссертационной работы изложены, обсуждены и получили одобрение на международных конференциях в том числе 5-я международная научно-практическая конференция «Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании» (г. Москва, 2015 г.), VI Международная научно-практическая конференция кафедры Управление проектами и программами; РЭУ им Г.В. Плеханова (г. Москва, 2016 г.), Седьмая Ежегодная Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Теория и практика управления: ответы на вызовы инновационного

развития» (г. Москва, 2017 г.), VII Международная научно-практическая конференция кафедры Управление проектами и программами, посвященная 110-летию РЭУ им. Г.В. Плеханова (г. Москва, 2017 г.).

По теме диссертационного исследования опубликовано 7 научных работ общим объемом - 5,7 п.л., в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях.

**Структура и состав диссертации.** Поставленные цель и задачи диссертационной работы определили ее структуру. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 135 источников (в том числе 29 источников на иностранных языках) и 6 приложений. Диссертация содержит 34 рисунка и 13 таблиц.

# ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

## 1.1 Информационное моделирование объекта капитального строительства как процесс управления «жизненным циклом» объекта капитального строительства

Концепция управления «жизненным циклом» изделия сегодня лежит в основе промышленного производства и нашла применение во всей индустрии систем автоматизированного проектирования (САПР).

«Управление «жизненным циклом» изделия (PLM - Product Lifecycle Management) - это стратегия ведения бизнеса на основе системных бизнес-решений, поддерживающих коллективную разработку, управление, распространение и использование информации о спецификации изделия в рамках расширенного предприятия от концепции до конца «жизненного цикла изделия». При этом управление «жизненным циклом» изделия формирует интегрированную среду, включающую персонал, производственные процессы, бизнес-системы и информацию» [86].

Технологии управления «жизненным циклом» позволяют решить 4 ключевые задачи:

1. Управление данными об объекте. В рамках этой задачи создается единое хранилище информации, которое обеспечивает обмен данными для всех пользователей предприятия. Благодаря структурированию этих данных и переводу их в электронную форму решаются задачи производства, материально-технического снабжения, реализации, эксплуатации и ремонта, что сокращает сроки производства изделия и приводит к снижению затрат.

2. Управление «жизненным циклом». Для российских компаний важной

проблемой является стареющая инфраструктура, постоянная необходимость обновления выработавших свой ресурс объектов основных фондов и значительные затраты на поддержание их работоспособности. Такое решение помогает при эксплуатации, техническом обслуживании и замене оборудования, обеспечивая оптимизацию инвестиций в основные фонды и снижение производственных затрат.

3. Поддержка полного «жизненного цикла». Полный «жизненный цикл» включает в себя выработку бизнес-стратегии, за которой следуют цикл разработки изделия и этапы реализации и эксплуатации. Формирование сквозных бизнес-процессов обеспечивает непрерывную обратную связь на всех этапах, способствуя повышению эффективности реализации продукта на рынке.

4. Управление качеством. Для соответствия предъявляемым высоким требованиям качества продукции разрабатывается система его контроля на всех этапах «жизненного цикла» изделия (прежде всего, речь идет о маркетинге, проектировании и разработке продукции, ее производстве, продаже, доставке и технической поддержке потребителя) с целью обеспечения соответствия предназначенным параметрам и выполнения требований потребителя.

Концепция управления «жизненным циклом» предполагает формирование единой информационной базы, которая описывает компоненты ключевых процессов разработки изделий: Продукт - Процессы - Ресурсы, включая взаимосвязи между ними. Формирование единой модели позволяет оптимизировать цепочку этих процессов: проектирование, производство и эксплуатация.

В концепции управления «жизненным циклом» в качестве изделий рассматриваются технически сложные объекты: воздушные суда, автотранспорт, объекты капитального строительства, их инженерные системы и прочие. Так как объекты капитального строительства и их системы являются объектами управления «жизненным циклом», концепция PLM применима в инвестиционно-строительной отрасли.

Однако при применении концепции управления «жизненным циклом» в

инвестиционно-строительной отрасли, нельзя забывать о специфике проектно-строительной деятельности, которая лишь частично заимствует подходы управления жизненным циклом изделия из машиностроения, при этом адаптируя их под отраслевые особенности, в результате чего возникают технологии информационного моделирования зданий (Building information modeling – BIM).

Так можно констатировать, что технологии информационного моделирования являются отражением концепции управления «жизненным циклом» изделия в специализированной области – инвестиционно-строительной деятельности, учитывающим все его особенности.

**«Жизненный цикл (ЖЦ) здания или сооружения»**– период в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения» [5] (Рисунок 1). Только интегрированная и согласованная информация, включающая данные по всем этим этапам способна обеспечить эффективное управление объектом капитального строительства (ОКС), а также комплексное и устойчивое развитие отрасли в целом.



Рисунок 1 – Этапы жизненного цикла ОКС

Сегодня наряду с концепцией управления ЖЦ изделия активно развивается концепция управления «жизненным циклом» здания (Building Lifecycle

Management - BLM), которая включает управление обслуживанием объектов недвижимости (Facilities Management – FM), предполагающее создание системы, состоящей из организационных и технологических процессов управления эксплуатацией ОКС.

Вопрос ЖЦ был впервые тщательно проработан Королевским институтом британских архитекторов (RIBA) в 1963 году в виде «Рабочего плана» поэтапных действий с ОКС. Данный план был рассчитан прежде на всего руководящих специалистов всех уровней и его основной целью было помочь определить ключевые задачи, возникающие на всех этапах ЖЦ ОКС, и сформировать возможные пути их решения (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Жизненный цикл объектов капитального строительства согласно «Рабочему плану» Королевского института британских архитекторов (RIBA)

Для повышения эффективности решения общих поставленных задач, осуществляемых в рамках технологий информационного моделирования в структуре RIBA создана организация по продвижению технологий информационного моделирования в Великобритании - NBS (National BIM Standards), которая дополняет «Рабочий план» особенностями, характерными для технологий информационного моделирования. Таким образом, описание стадий ЖЦ ОКС по версии RIBA – это разработка инструментов, способствующих повышению эффективности работы с ОКС.

При управлении ОКС такое информационное пространство представляет собой **информационную модель объекта**, а сам процесс интеграции данных – **информационное моделирование (BIM)**.

При переходе на технологии информационного моделирования детальное

описание этапов ЖЦ ОКС основополагающим процессом, кроме того особую важность приобретает формализация процессов информационного моделирования.

Так американская фирма ASHRAE, основной сферой деятельности которой является разработка стандартов в инвестиционной-строительной сфере, предложила проект документа «Автоматизированное энергетическое моделирование проекта здания (за исключением малоэтажных жилых домов)». Этот документ представляет собой дальнейшее развитие концепции, реализованной ранее RIBA – попытки только формализовать круг решаемых задач, но не предлагать детализированные пути их решения. В документе выделяется десять этапов информационного моделирования для решения конкретных задач, путем создания хорошо скоординированной, согласованной и взаимосвязанной единой цифровой пространственной модели ОКС (Рисунок 3). Именно такие модели и являются основой инновационного управления в инвестиционно-строительной отрасли.

На сегодняшний день на сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [69] приведена общая схема стадий ЖЦ ОКС с детализацией этапов, внедрения технологий информационного моделирования (Рисунок 4).

Предложенная схема ЖЦ ОКС требует развития и детализации. Кроме того, данная схема свидетельствует о необходимости стандартизации процессов разработки проектов и формирования информационной модели, критериев оценки результатов процессов на соответствие соответствующим стандартам.

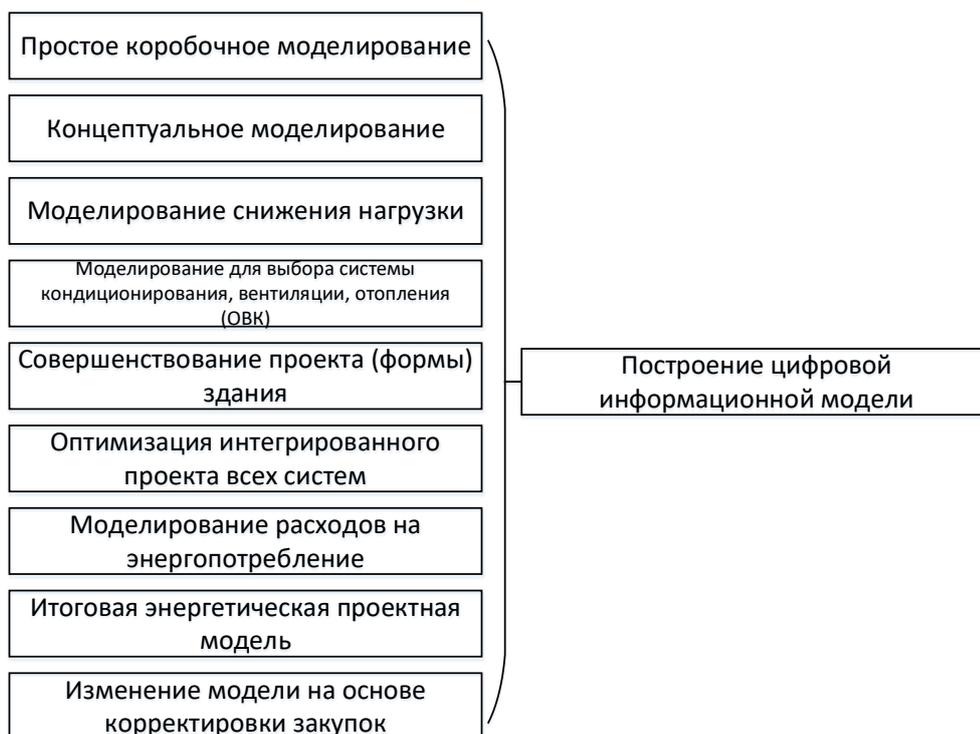


Рисунок 3 – Этапы информационного моделирования согласно документу «Автоматизированное энергетическое моделирование проекта здания» фирмы ASHRAE

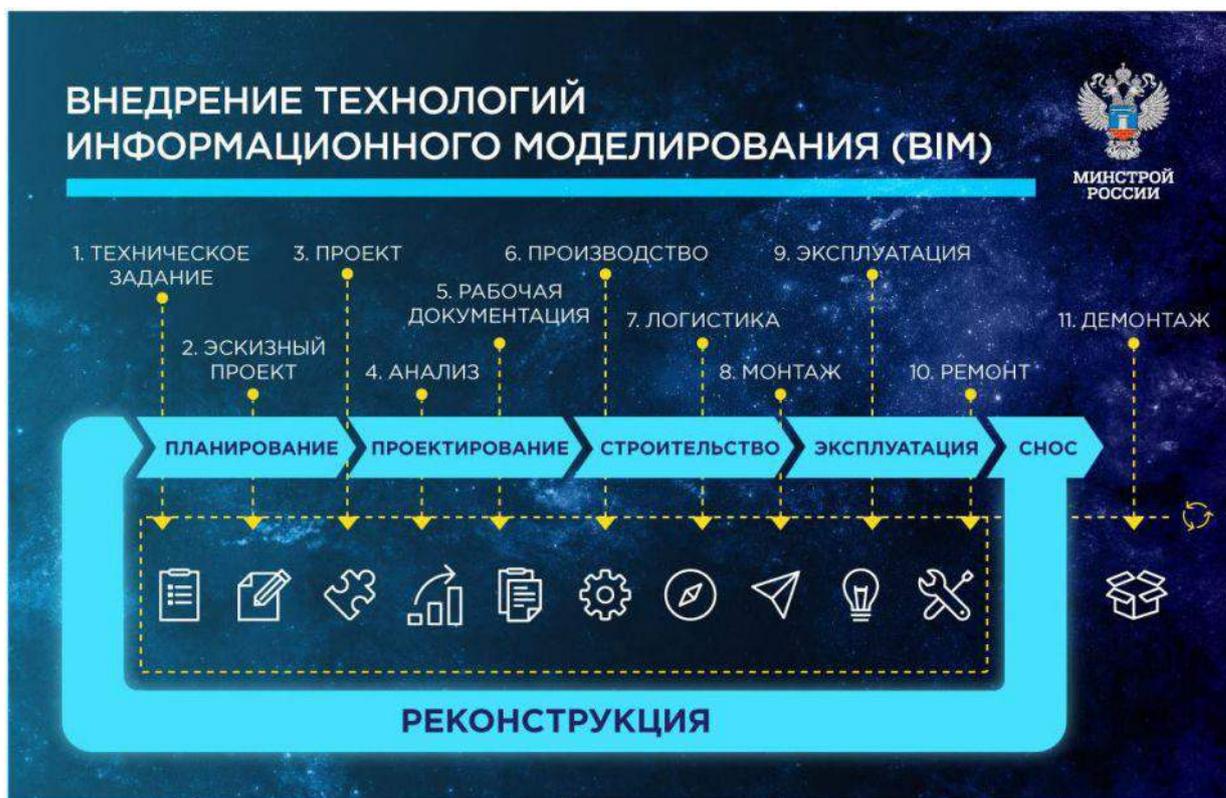


Рисунок 4 – Жизненный цикл объекта капитального строительства и этапы внедрения технологий информационного моделирования

## 1.2 Проблема стандартизации информационного моделирования

Безусловными лидерами в мире по внедрению технологий информационного моделирования являются США и Великобритания, несмотря на это разработка государственного стандарта стала длительной работой и во многом продолжается до сих пор.

В частности, **государственный стандарт Великобритании BS1192** «Совместное производство архитектурной, инженерной и конструкторской информации» создавался в течение десяти лет. Причиной его появления стало отсутствие в Великобритании какого бы ни было стандарта. После появления стандарт BS1192 был проверен на мелких, средних и крупных проектах. При этом в процессе разработки авторами изучались уже имеющиеся стандарты других стран, однако затем сделан вывод, что в рассмотренных документах нет базы для создания стандарта BIM-технологий.

Проект BS1192 был основан правительством Великобритании под названием «Аванти» (Avanti) и зарегистрирован в Британском институте стандартов (BSI). В рамках проекта сформировалась рабочая группа BS1192, которая до сих пор разрабатывает все стандарты для архитектуры, инженерии и строительства. В целом стандарт BS1192 стал результатом обобщения стандартов, созданных в инвестиционно-строительной сфере, соответствующим требованиям правительства Великобритании.

Сегодня стандарт BS1192 существенно расширился и существует уже в четырех частях:

1. **PAS 1192-2:2013** - спецификация по управлению информацией при капитальном строительстве с использованием информационного моделирования зданий. Этот документ базируется на более раннем стандарте — BS 1192 2007, определяющем правила коллективной разработки архитектурной, инженерной и строительной информации, определяющем роли членов команды проекта, правила именования, классификации и обмена данными по проекту. В PAS-1192-2 дается

определение Среды общих данных и содержится информация, специфическая для BIM, вводится понятие уровней зрелости BIM, дается применение нейтральному открытому формату COBie, предназначенному для передачи информации со строительства на стадию эксплуатации. В этом документе описан весь цикл управления информацией на этапе капитальных затрат.

2. **PAS 1192-3:2014** - спецификация по управлению информацией на этапе эксплуатации объекта с использованием информационного моделирования зданий. Решающий задачи аналогичные PAS 1192-2:2013, но уже для стадии эксплуатации готового объекта недвижимости. Из информационной модели проекта (PIM) формируется модель актива (AIM), для которой на ранних стадиях формируются информационные требования, а затем модель поддерживается и используется на протяжении всего ЖЦ объекта, вплоть до его утилизации.

3. **PAS 1192-4:2014** - совместное производство информации, часть 4: выполнение требований по обмену информацией с использованием кодов COBie. Стандарт определяет, каким образом Правительство Великобритании как заказчик при сдаче объекта будет использовать схему информационного обмена COBie для передачи информации в нейтральном формате для последующей загрузки этой информации в системы эксплуатации.

4. **PAS 1192-5:2015** - безопасность информации. Данная спецификация предоставляет государственному заказчику объектов недвижимости ряд соображений относительно возможных уязвимостей и методах контроля для обеспечения технической безопасности.

Несмотря на значительные достижения в области стандартизации BIM-технологий, стандарт BS1192 продолжает развиваться до сих пор.

На сегодняшний день в США Разработана третья версия стандарта NBIMS-US, которая основывается на предыдущих выпусках стандарта. Первый Edition- *США Национальная Building Information Modeling™ Standard (NBIMS) Вариант 1 - Часть 1 (V1P1): Обзор, принципы и методологии* -Какой вышел в декабре 2007 года, в первую очередь создан подход

к разработке открытых стандартов BIM. Написанный группой 30 экспертов в предметной области, то NBIMS V1P1 последовал открытый процесс, но это не был стандартный консенсус.

V2 NBIMS-США вышел в мае 2012 года первый открытый консенсус стандартного BIM, кто был в состоянии представить изменения в V2. NBIMS-US <sup>TM</sup> V2 состояла из эталонных стандартов; понятия и определения; стандартов для обмена информацией (которые построены на эталонных стандартах); и практические рекомендации, которые поддерживают пользователей в процессе их реализации открытых стандартов BIM на основе результатов.

NBIMS-US <sup>TM</sup> V3, как и в предыдущем издании, был разработан после процесса консенсуса. Строительные специалисты со всей страны и всего мира имели возможность предложить свои идеи. Проектный комитет поступило 40 представлений; полное членство Проектный комитет проголосовал за утверждение 27 для включения в стандарт, который в настоящее время насчитывает более 3100 страниц контента. Эти материалы включали такие важные понятия, как *обмен информацией Строительные работы Строительство (Коби) версии 2.4, Уровень спецификации развития; OmniClass таблицы; Национальным управлением США по CAD Standard ®; Penn State Использование BIM; виртуальный дизайн и строительство системы показателей; и другие темы.*

Приведенные примеры разработки стандартов информационного моделирования свидетельствуют о том, что в процессе развития стандартов BIM-технологий значительную роль играют не только отдельные заинтересованные компании, профессиональные сообщества, научно-исследовательские центры, но и государство, выполняя при этом функцию регулятора (в части разработки и утверждения нормативных правовых и нормативно-технических документов, создающих необходимую нормативную инфраструктуру для реализации проектов с применением технологий информационного моделирования; например, прохождения экспертизы, осуществления государственного строительного надзора и пр.), так и в роли заказчика, определяющего применение технологий информационного моделирования в качестве требований для получения

государственного заказа в целях повышения эффективности расходования бюджетных средств на реализацию инвестиционно-строительных проектов. Россия не является исключением.

«Началом разработки программы внедрения технологий информационного моделирования в России стало состоявшееся 4 марта 2014 года заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России» [10] под председательством Премьер-министра Медведева Д.А., рассмотревшее положение дел в сфере строительства. На заседании было принято решение, включающее пункты, связанные с развитием технологий информационного моделирования» (Таблица 1).

«29 декабря 2014 года Министр Строительства и ЖКХ Российской Федерации Мень М.А. издал приказ № 926/пр «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [8].

В 2015 году в ПК-5 Технического комитета (ТК) 465 была начата работа над первыми редакциями новых российских стандартов, поддерживающих применение технологий информационного моделирования, на базе анализа и частичного применения ряда стандартов ISO.

В начале 2016 г. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации создан Экспертный совет по вопросу «поэтапного внедрения технологий информационного моделирования (BIM-технологий) в области промышленного и гражданского строительства» [77].

В феврале 2016 г. в рамках Российского инвестиционно-строительного форума (РИСФ-2016) было проведено «Всероссийское совещание, посвященное внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в строительную отрасль» [77]. Данное мероприятие стало площадкой для обсуждения различных аспектов и проблем внедрения BIM-технологий.

Таблица 1 – Решения заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по развитию информационного моделирования

№ решения	Исполнитель	Содержание	Срок выполнения
2	Минстрой России, Минэкономразвития России, Минпромторг России, Росстандарт, заинтересованные федеральные органы исполнительной власти с участием Экспертного совета при Правительстве Российской Федерации, национальное объединение саморегулируемых организаций в строительной сфере и институтов развития [10].	Подготовить стратегию инновационного развития строительной отрасли.	18 декабря 2014 г.
12	Минстрой России и Росстандарт, Экспертный совет при Правительстве Российской Федерации, институты развития.	Разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, включающий предоставление возможности проведения экспертизы проектной документации, подготовленной с использованием таких технологий [10].	10 сентября 2014 г.

Данные своды правил были разработаны в соответствии с утвержденным приказом Минстроя России №151/пр от 4 марта 2015 г. Стандарты базируются на соответствующих стандартах Международной организации по стандартизации (ISO) по технологиям информационного моделирования.

Следующим этапом развития информационного моделирования в России стало утверждение Минстроем России 11 апреля 2017 года дорожной карты «Плана мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования

инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства», включающая вопросы анализа и доработки представленных стандартов, корректировки существующих ГОСТов на проектирование в целях повышения эффективности применения технологий информационного моделирования.

### **1.3 Анализ применение технологий информационного моделирования в процессах архитектурно-строительного проектирования**

Сегодня во всех областях промышленного и гражданского строительства при реализации архитектурно-строительного проектирования ОКС особое внимание уделяется не процессам разработки проектной и рабочей документации, а расширению возможностей повторного применения информационной модели ОКС. Таким образом, модель, разработанная на этапе архитектурного проекта, передается для разработки рабочего проекта и подвергается дальнейшей детализации. При этом наблюдается экономия до 25–30% затрат на проектирование.

Основным результатом этих этапов являются соответствующие виды документации: чертежи, таблицы и текстовые документы. На каждом этапе используются различные программные продукты, с их помощью создаются электронные представления данных, на основании которых формируются выходные документы (Рисунок 5).

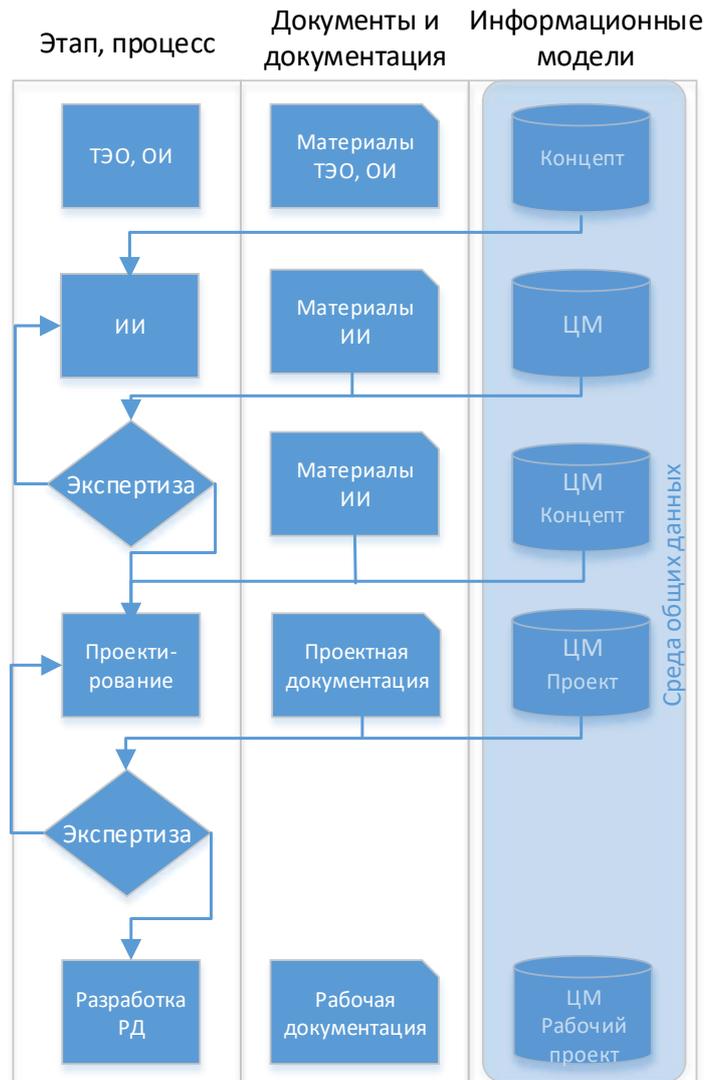


Рисунок 5 – Общая схема выполнения этапов разработки проектной и рабочей документации

### 1.3.1 Применение технологий информационного моделирования в процессе разработки инженерных изысканий

Результаты реализации проекта зависят прежде всего от качества выполнения инженерных изысканий. Исходные данные инженерных изысканий вносятся в интегрированную среду и становятся доступными для дальнейшей обработки. Технологии информационного моделирования дают возможность быстро рассматривать сразу несколько вариантов расположения будущего ОКС и проводить их сравнение. Таким образом, результатом инженерных изысканий является наглядная модель возможных вариантов, доступная для дальнейшего сравнительного анализа.

### **1.3.2 Применение технологий информационного моделирования при разработке проектной документации**

Полученная модель инженерных изысканий передается на этап разработки проектной документации, где она детализируется и преобразовывается в информационную модель ОКС.

Информационная модель оперирует стандартизованными параметрами. При проектировании работа осуществляется с геометрией и параметрами, а формирование выходных чертежей, ведомостей и смет автоматизировано. Кроме того, информационная модель объекта позволяет определять коллизии и конфликты взаимного положения элементов, что делает возможным их устранение уже на этапе проектирования.

Технологии информационного моделирования значительно снижают финансовые и временные затраты на разработку проектной документации. При выявлении недостатков требуется корректировка конкретного участка модели, что приведет к автоматическому пересчету с учетом внесенных правок.

В целом проектная документация представляет собой совокупность материалов в виде текстовых документов и чертежей. Однако в рамках концепции информационного моделирования основной целью этапа проектирования является не разработка проектной документации, а создание проекта ОКС с определенными потребительскими свойствами (категория, стоимость строительства и владения). В то же время согласно существующей нормативно-правовой базе на данный момент единственной формой результата этапа проектирования является проектная документация стандартной формы. При этом с вопросы информационного моделирования отражены во всех разделах документации, кроме первого (пояснительной записки).

### **1.3.3 Применение технологий информационного моделирования при разработке рабочей документации**

Информационная модель ОКС, созданная на этапе разработки проектной документации упрощает дальнейшие процессы создания рабочей документации. В целом в ней уже содержится вся необходимая информация, которая лишь требует

некоторой доработки и детализации. Устранение коллизий, на этапе разработки проектной документации, позволяет снизить финансовые и временные затраты на этапе разработки рабочей документации и строительства.

Рабочая документация разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ 21.101–2013 и другими взаимосвязанными стандартами Системы проектной документации для строительства (СПДС).

В рамках информационного моделирования рекомендована последовательность шагов, обеспечивающих непротиворечивость промежуточных документов и параллельное создание пригодной для дальнейшего использования информационной модели (Рисунок 6).

Определим три направления развития BIM-технологий:

– развитие методологии применения информационной модели для формирования типовых документов проектных стадий;

– совершенствование процесса формирования и наполнения информационной модели на всех этапах архитектурно-строительного проектирования;

– совершенствование системы внедрения информационного моделирования в проектную деятельность» [28].

Несмотря на существенные успехи технологий информационного моделирования ОКС, при проектировании значительный объем работ по-прежнему выполняется не на основе информационной модели, при этом, в большинстве случаев при переходе от одного этапа на последующий передается не информационная модель, а сформированные документы, что требует повторного воспроизведения модели.

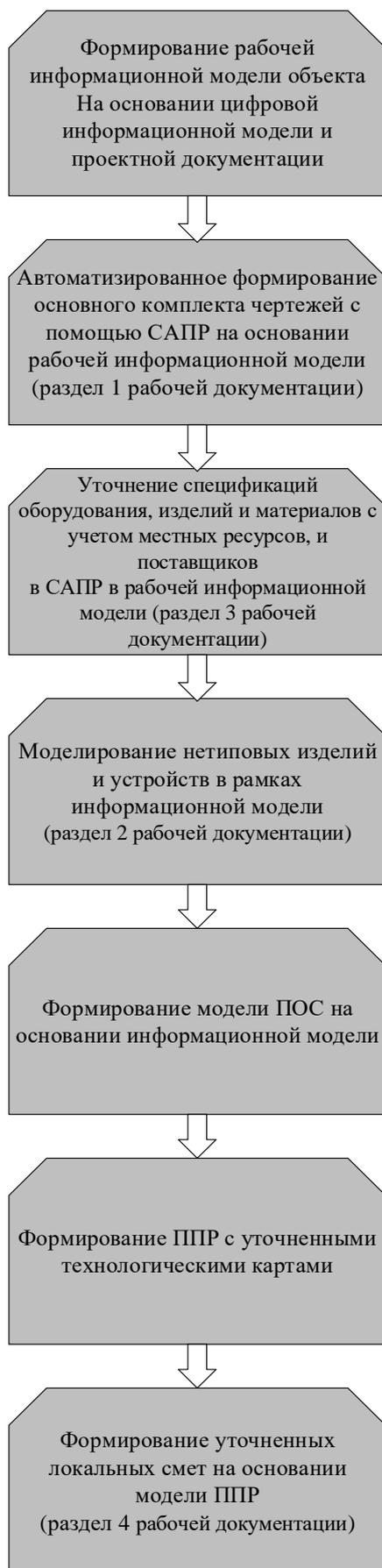


Рисунок 6 – Общая схема разработки рабочей документации на основе информационной модели объекта капитального строительства

## 1.4 Уровни зрелости процессов информационного моделирования

Основной целью систем информационного моделирования является создание хорошо скоординированной, согласованной и взаимосвязанной единой цифровой пространственной модели строительного объекта, неразрывно связанной с функциональными атрибутами и градообразующими планировочными характеристиками его местоположения. Эти системы определили переход к модели инновационного управления, обеспечивающего формирование должного качества среды жизнедеятельности, позволили получить преимущество тем компаниям на рынке, которые начали внедрение таких систем и интегрально объединили весь цикл от проектирования до строительства и эффективной эксплуатации объекта.

Технологии информационного моделирования позволяют интегрировать новые знания, которые появляются у компании при переходе на технологии информационного моделирования, в уже существующую систему данных организации

«Информационная модель объекта капитального строительства – это все имеющееся цифровые характеристики и оптимальным образом организованная и управляемая информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства объекта, так и в период его эксплуатации и сноса» [72]. Информационная модель здания существует на протяжении всего ЖЦ ОКС и сохраняется после его сноса. Данные информационной модели могут дополняться, уточняться, изменяться в соответствии с текущим состоянием объекта (Рисунок 7).

Архитектурно-строительное проектирование ОКС путем информационного моделирования основывается прежде всего на сборе, хранении, обработке и систематизации всей архитектурной, конструкторской, технологической, экономической и иной информации об объекте с учетом всех взаимосвязей и зависимостей.

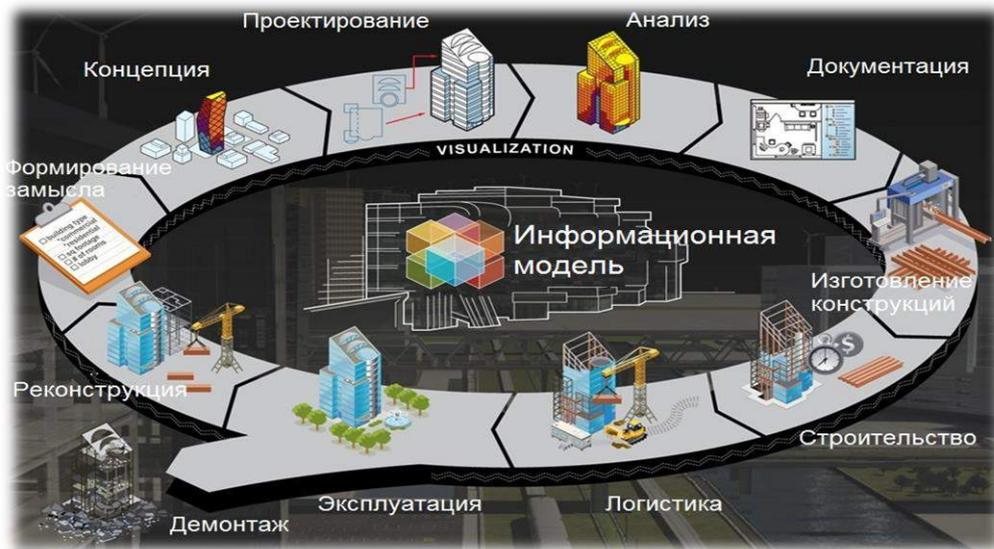


Рисунок 7 – Содержание информационной модели на различных этапах ЖЦ объектов недвижимости

Всякая технология в своем развитии проходит несколько этапов, от самого первого этапа замысла до последующих, качественно отличающихся системностью, удобством и производительностью. Технологии информационного моделирования в этом плане не исключение: они тоже проходят определенные уровни развития, которые принято называть уровнями зрелости. При этом предпринимаются серьезные попытки качественного и количественного описания этих уровней.

Задача такого описания Технологии информационного моделирования стала особенно актуальной в Великобритании в связи с принятием в 2011 году решения о том, что с 2016 года все госзаказы в области строительства будут выдаваться только фирмам, работающим с информационными моделями. Это решение предполагало некоторую, но достаточно четкую формализацию минимального уровня использования BIM-технологий, приемлемого с точки зрения государства для выполнения госзаказа.

«Уровень зрелости процессов информационного моделирования компании определяется их способностью оперировать BIM-технологиями как на уровне отдельных проектов, так и в масштабах всей организации. Ключевым показателем зрелости компании по использованию BIM-технологий является уровень

технологических и организационных изменений в рамках процесса перехода к технологиям информационного моделирования» [28].

Согласно модели уровней зрелости, Марка Бью и Мервина Ричардса базой для оценки процессов информационного моделирования способность компании собирать, накапливать и обмениваться информацией (Рисунок 8) [28].

На **Уровне 1** компания осуществляет переход от CAD-технологий к BIM-технологиям. На данном этапе разрабатываются стандарты BIM, определяются процессы взаимодействия и обмена данными. [28]. Коммерческая часть проекта управляется финансистами независимо, пакеты управления стоимостью проекта не интегрированы в основной процесс. Работа ведется на основе стандарта BS1192:2007.

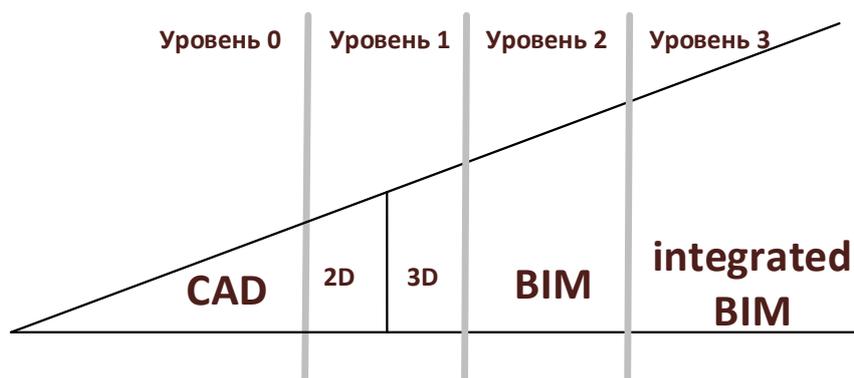


Рисунок 8 – Уровни зрелости процессов информационного моделирования

При переходе на **уровень 2** повышается качество интеграции данных и инженерных расчетов. «Стандарты информационного моделирования распространяются на новые проекты, а процессы управления информацией объединяются в единую информационную среду, формируется единая информационная среда, на основании которой выполняются новые виды расчетов и анализа (4D и 5D)» [28]. Неразрывная связь чертежей и модели обеспечивает возможность автоматической проверки на наличие коллизий, планирование и управление строительством, визуализацию графика работ, определение стоимости

проекта в режиме реального времени.

Данный этап предполагает решение ряда задач:

- разработка информационных моделей ведется по отдельным дисциплинам (архитектурные, конструкторские, модели по отдельным инженерным специальностям и пр.). Отдельные модели формируют сводную модель, осуществляется координация и обмен информацией между ними посредством внешних ссылок или непосредственного обмена — нет единой модели, и зоны ответственности каждого разработчика легко разграничить;
- определение информационных требований заказчика и ключевые точки принятия решений (они включаются в состав контракта). В итоге, вместе с возведенным объектом заказчик получает структурированную информацию о нем в цифровом виде, пригодную для использования на стадии эксплуатации;
- оценка квалификации каждого поставщика, а также его цепочки поставок на предмет поставки необходимой информации до присуждения контракта;
- предоставление исполнителем плана реализации BIM-проекта (BEP), в котором указаны назначенные роли участников, стандарты работы, методы и процедуры, базовая матрица разработки информационной модели;
- обеспечение единой информационной базы для всех участников проекта;
- соблюдение стандартов и других документов, принятых для поддержки этого уровня применения BIM-технологий;
- разработка BIM-моделей должна вестись с использованием программного обеспечения, использующего объектно-ориентированные базы данных.

Работа на данном уровне осуществляется на основе нормативных документов:

1. PAS — 1192-2:2013;
2. PAS — 1192-3:2014;

3. PAS — 1192-4:2014;

4. PAS — 1192-5:2015.

ВІМ протокол - юридический документ, приложение к договору на проектирование и строительство, предоставляющее сторонам договора возможность обмениваться данными в рамках проекта. Он устанавливает специфические зоны ответственности и ограничения на использование моделей проект.

Кроме того, работа осуществляется с помощью сервисов:

– Система классификации обеспечивает индексирование и структурирование информации об объекте (система Uniclass 2015).

– Цифровой план работ – определяет набор необходимых данных на различных этапах проекта, формирует списки исполнителей.

К сожалению, на текущем этапе российские стандарты информационного моделирования вопрос уровней зрелости ВІМ-процессов не затрагивают.

Уровень 2 допускает, что какие-то проекты могут выполняться организацией и на более низких уровнях. Но с 2016 года сами госбюджетные проекты Великобритании должны выполняться на уровне не ниже, чем уровень 2.

На **уровне 3** в организации уже сформировано единое пространство которое обеспечивает взаимодействие всех сотрудников в целях повышения эффективности реализации проектов, включая этап проведения инженерных расчетов и процессы управления эксплуатацией объектов. На данном этапе контроль качества является одним из ключевых критериев оценки эффективности выполнения работ. [28].

Сегодня содержание требований к этому уровню весьма динамично и является предметом постоянных дискуссий специалистов, в которых совершенствуется его общее понимание. При этом предполагается, что к 2025 году уровень 3 станет основным (возможно, даже обязательным) показателем зрелости ВІМ-процессов в строительной индустрии Великобритании.

Наряду с уровнями зрелости ВІМ-процессов, стандарты технологий информационного моделирования определяют уровень детализации каждой

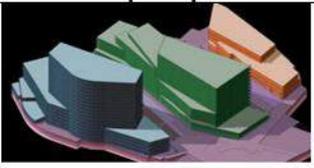
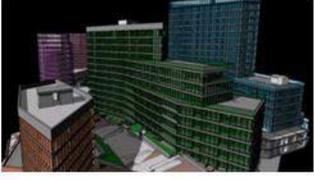
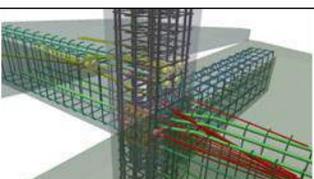
модели (Level of Detail - LOD). Уровень детализации модели определяет минимальный объем геометрических, пространственных, количественных, а также других данных элемента модели, достаточных для реализации основных направлений использования моделей, соответствующих данному уровню детализации.

Для организации процесса планирования BIM-проекта, осуществления 3D координации и передачи необходимой информации для решения основных проектных задач было определено пять базовых уровней детализации элементов информационных моделей: LOD100, LOD200, LOD300, LOD400 и LOD500 (Таблица 2).

При этом в своде правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» [17] приводятся требования к геометрическим параметрам, уровням геометрической проработки и графическому отображению библиотечных объектов информационных моделей зданий и сооружений, а также выделяются Уровни геометрической проработки BIM-объектов:

- концептуальный»;
- «проектный»;
- «детальный».

Таблица 2 – Базовые уровни детализации элементов информационных моделей

LOD	Описание	Пример
LOD 100	Элемент модели может быть представлен в виде объемных формообразующих элементов с приблизительными размерами, формой, пространственным положением и ориентацией или в виде символа.	
LOD 200	Элемент модели представлен в виде объекта или сборки как характерный представитель системы здания с приблизительными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией и необходимой неграфической информацией.	
LOD 300	Элемент модели представлен в виде объекта или сборки принадлежащей конкретной системе здания с точными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией, связями и необходимой неграфической информацией.	
LOD 400	Элемент модели представлен в виде конкретной сборки с детальными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией, четкими связями, данными по изготовлению, и монтажу, а также другой необходимой неграфической информацией.	
LOD 500	Элемент модели представлен в виде в виде конкретной сборки с фактическими размерами, формой, пространственным положением, ориентацией и неграфической информацией достаточной для передачи модели в эксплуатацию	

### Выводы

В данной главе проведен анализ текущего состояния концепции управления жизненным циклом объекта капитального строительства, которая заимствуя подходы управления ЖЦ изделия из машиностроения, адаптирует их под отраслевые особенности, в результате чего возникают технологии информационного моделирования зданий (BIM-технологии).

Рассмотрен зарубежный опыт внедрения и применения BIM-технологий, а также роль государства в данных процессах. Выполнено сравнение с российскими реалиями и особенностями перехода на информационное моделирование. Рассмотрены этапы информационного моделирования на различных стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства. Проведен анализ

применения BIM-технологий в процессах архитектурно-строительного проектирования, который позволил определить этап проектирования как ключевой в рамках BIM-процессов.

Исследование порядка внедрения и уровней зрелости информационного моделирования позволило выявить необходимость формирования комплекса технологических, экономических и организационных изменений в рамках реализации переходного процесса и обосновать в качестве приоритетного направления разработку организационно-экономического механизма, базирующегося на принципах стандартизации, обосновании стратегий с учетом оценки возможного экономико-технологического потенциала компании.

## ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СТРАТЕГИИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ

### 2.1. Исследование и разработка принципов стандартизации основных процессов и требований к формированию и внедрению цифровых моделей и технологий информационного моделирования объектов капитального строительства

Разработка российских стандартов в области информационного моделирования базировалась на зарубежном опыте (Рисунок 9).

В Программу национальной стандартизации вошли включено восемь стандартов, часть из которых уже введены (Таблица 3).

Таблица 3 – Статус BIM-стандартов

Стандарт	Статус
ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013) «Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов»	введен
ГОСТ Р 57310-2016 (ИСО 29481-1:2010) «Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат»	введен
ГОСТ Р 57311-2016 «Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершенного строительства»	введен
ГОСТ Р ИСО 22263-2017 «Модель организационных данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией»	в разработке
ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017 «Строительство. Модель организационных данных о строительных работах. Часть 2. Основы классификации информации»	в разработке
ГОСТ Р 12006-3-2017 «Строительство. Модель организационных данных о строительных работах. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией»	в разработке

ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 «Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений»	введен
Проект ГОСТ Р «Моделирование информационное зданий и сооружений. Требования по обмену информации на всех этапах жизненного цикла» (на основе частичного применения международных стандартов ISO 16739:2013, ISO 29481-1:2010 и ISO 29481-2:2012)	в разработке



Рисунок 9 – Иерархия BIM-стандартов

Анализ первых редакций национальных сводов правил в области информационного моделирования ОКС а позволил выявить ряд недостатков и неточностей (Приложение А). Рекомендации по совершенствованию национальных стандартов в области технологий информационного моделирования, которые представлены в таблице 4.

В целом можно выделить типовые недостатки рассмотренных сводов правил:

- отсутствие определений ключевых понятий, а некоторые если и

приводятся, то в каждом своде правил свое определение одного и того понятия;

- отсутствие четких критериев допущений и коллизий;
- отсутствие описание ролей участников ИСП;
- заимствование иностранного опыта внедрения технологий информационного моделирования без должной адаптации под специфику реализации инвестиционно-строительных проектов в России.

Одной из главных проблем разработанных сводов правил является отсутствие единого определения информационного моделирования зданий.

Таким образом, разработанные на данный момент российские стандарты информационного моделирования требуют серьезной доработки с учетом всех рекомендаций, полученных по итогам обсуждения документов профессиональным сообществом.

Таблица 4 – Рекомендации по совершенствованию национальных стандартов в области технологий информационного моделирования

Документ	Рекомендации
<p><i>«СП Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами» [15]</i></p>	<p>Дополнить определения понятий: «нематериальные элементы проекта», «материальные элементы проекта», «финансовая информация», «техническая информация», «логистическая информация», «техническая (проектная) информация».</p>
	<p>Сформировать требования к кадровому составу компании перешедшей на BIM-технологиям</p>
	<p>Сформировать требования к квалификации персонала с учетом специфики технологий информационного моделирования</p>
	<p>Описать роли участников ИСП</p>
	<p>Привести требования к информационной модели</p>
	<p>Добавить критерии детализации информационной модели.</p>
<p><i>«СП Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» [17]</i></p>	<p>Добавить определения терминов: «жизненный цикл здания», «атрибутивный состав», «компонент», «система», «сборка», «параметрические объекты», «имитационное моделирование».</p>
	<p>Устранить противоречие п. 10.4 СП «Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами»</p>
	<p>Привести описание процесса информационного моделирования</p>

	Привести описание параметров, которыми должен располагать объект
«СП Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» [16]	Добавить определения терминов: «классификационная группировка», «информационная компонента спецификации»
	Привести перечень бизнес-требования на каждом этапе ЖЦ объекта
	Описать роль управляющего проектом.
	Описать процедуру принятия варианта схемы взаимодействия.
«СП Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [14]	Описать роли технического заказчика и исполнителя.
	Добавить определения терминов: «система», «сборка», «имитационная модель».

## 2.2 Определения понятий в области информационного моделирования

Сегодня новый подход к проектированию объектов носит название информационного моделирования зданий (BIM). Само понятие в нынешнем содержании появилось в научной литературе в 1992 году, однако единого толкования термина «Информационное моделирование» до сих пор не появилось.

Так, в государственном стандарте Великобритании BS1192 «Совместное производство архитектурной, инженерной и конструкторской информации» даются определения ключевым понятиям концепции:

**Информационное моделирование** - процесс проектирования, строительства и эксплуатации здания или инфраструктуры активов с использованием цифровой объектно-ориентированной информации.

**Информационная модель здания** - модель, содержащая: документацию, неграфические данные и графическую информацию.

**Управление информацией** - задачи и процедуры, реализуемые в процессе

ввода, обработки и генерации данных для обеспечения точности и целостности информации.

3-я версия **NBIMS-US V3- национального BIM стандарта США** дает следующие определения:

**«Информационное моделирование объектов недвижимости - бизнес-процесс для генерации и применения данные о здании при проектировании, строительстве и эксплуатации здания в течение его жизненного цикла.»**

**«Информационная модель здания - цифровое представление физических и функциональные характеристики объекта. Модель представляет собой совместно используемый ресурс информации об объекте, базовой функцией которого является обеспечение возможности коллективной работы над проектом всех заинтересованных лиц»**

**«Управление информацией - организация и контроль бизнес-процесса путем использования информации, содержащаяся в цифровой модели для осуществления обмена информацией в течение всего жизненного цикла объекта недвижимости».**

При этом в предложенной редакции национальных стандартов следует отметить отсутствию единого определения ключевых понятий. Результаты анализа и систематизации определений ключевых понятий, применимых в рамках концепции технологий информационного моделирования приведены в Приложении Б.

Анализируя определения, приведенные в национальных стандартах, можно сделать вывод о том, что они даются исходя из области приложения стандарта. В Правилах организации работ производственно-техническими отделами в определении информационного моделирования акцент делается на связывание элементов модели, получаемых из различных источников, их интеграции и обмену [15].

В СП «Правила формирования информационной модели объектов на

различных стадиях жизненного цикла» речь идет о информационной модели как об основе принятия управленческих решений на всех этапах ЖЦ объекта недвижимости [14].

В СП «Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» в определении информационного моделирования особое внимание, уделяется форматам информации, способных обеспечить беспрепятственную интеграцию данных в единую информационную среду [16, 14].

СП «Правила описания компонентов информационной модели» концентрируются на исходных данных как на элементах, составляющих информационную модель объекта недвижимости [17].

В более общем виде описывает сущность BIM-технологии, охватывающих все аспекты строительства, определение, приведенное в книге «Handbook of BIM» авторами Истманом, Тайхольцем, Саксом и Листоном:

**«Технология BIM (Информационное моделирование зданий)** предполагает построение одной или нескольких точных виртуальных моделей здания в цифровом виде. Использование моделей облегчает процесс проектирования на всех его этапах, обеспечивая более тщательные анализ и контроль. Будучи завершенными, эти компьютерные модели содержат точную геометрию конструкции и все необходимые данные для закупки материалов, изготовления конструкций и производства строительных работ.»

Определение понятия **уровень зрелости процессов информационного моделирования** в рассмотренных документах отсутствовало.

Анализ определений, приведенных в различных стандартах и научных изданиях позволяет дать определение информационного моделирования, отражающее суть данной концепции:

**Информационное моделирование** – процесс генерации, интеграции и управления всеми типами данных о проектируемом или реальном объекте капитального строительства в течение его жизненного цикла.

**Информационная модель** – совокупность всей имеющейся графической и иной информации, собираемая, систематизируемая и управляемая на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства.

**Управление информацией** - процесс организации и контроля данных об объекте в целях осуществления хранения и обмена актуальной информацией в течение всего жизненного цикла объекта капитального строительства.

**Стадия развития компании** – этап жизненного цикла компании, который характеризуется определенным набором параметров.

**Процессы информационного моделирования (ВИМ-процессы)** - совокупность взаимосвязанных действий, направленных на формирование и применение информационной модели объекта капитального строительства.

**Уровни зрелости процессов информационного моделирования** - уровень технологических и организационных изменений в компании, характеризующий этап перехода и использования технологий информационного моделирования.

Также предлагается впервые ввести определение:

**Экономико-технологический шаг** - прирост финансового и технологического потенциала компании, необходимый для перехода на последующий уровень зрелости процессов информационного моделирования, определяется объемом затрат на единицу объема производства.

### **2.3 Методические рекомендации по оценке эффективности внедрения технологий информационного моделирования ОКС в зависимости от стадии развития компании**

Теорией, рассматривающей улучшения работы коммерческих и государственных организаций путем проведения изменений «мягким путем», без разрушительных конфликтов, является **теория жизненных циклов** Ицхака

Адизеса. В ее основе лежит фундаментальный закон, согласно которому все организации подобно живым организмам проходят **стадии развития** и демонстрируют прогнозируемые и повторяющиеся модели поведения. На каждой стадии компания характеризуется определенным набором параметров, а эффективность ее деятельности определяется способностью системы менеджмента оперировать ими. Согласно модели Адизеса, в процессе жизнедеятельности компании можно выделить девять стадий развития компании [23] (Рисунок 10).

**1. «Выхаживание» (Courtship).** На первом этапе компания еще не существует. Основатель компании формулирует ответы на основные вопросы: «В чем заключается деятельность компании? Каким образом и в какие сроки это может быть реализовано? Кто и по какой причине планирует это делать?».

**2. «Младенчество» (Infancy).** На данном этапе у компании еще не существует сформировавшейся организационной структуры и системы распределения полномочий, ответственности. Основной акцент делается на удовлетворение потребностей ее клиентов и на результаты своей работы. На этом данном этапе решение обычно принимается оперативно, но они не всегда верны как результат недостаточного опыта.

**3. «Детство» (Go-go).** Деятельность и денежные потоки компании становятся стабильными, происходит стремительный рост. В компании все еще отсутствует сложившаяся структура управления, установленные функциональные обязанности. Все еще существует перспектива развития компании при условии, что руководитель начнет своевременно делегировать свои полномочия.

**4. «Юность» (Adolescence).** Возможность дальнейшего развития компании существует только в условиях формирования порядка и системы. Изменяется организационная структура, в штат набираются высококвалифицированные менеджеры. В то же время учащаются случаи возникновения конфликтов и противоречий между старыми и новыми сотрудниками организации. Для дальнейшего развития возникает необходимость укрепления системы управления компании.

**5. «Расцвет» (Prime).** Переход на данный этап развития компании возможно

только после систематизации системы управления компании. На этапе «расцвета» компания все еще остается гибкой, и управляемой, но уже имеет сформировавшуюся структуру. Компания способна планировать свою деятельность и работать согласно сформированному плану. Основным ориентиром является потребностей клиентов. В компании уже сложилась четкая командная работа. Именно на данном этапе у организации появляются дочерние организации.

**6. «Стабилизация» (Stabilization).** Это первая этап старения компании. Уменьшается гибкость, в значительной степени сокращается количество внедряемых инноваций, так как компания уже не ориентируется на совершенствование своей деятельности. Возрастает роль межличностных отношений между сотрудниками, в то же время все меньше внимания уделяется выходу на новые рынки. Данные факторы отрицательно влияют на удовлетворение потребностей клиентов.

**7. «Аристократизм» (Aristocracy).** На этапе «аристократизма» в основе деятельности компании лежат не вопрос «что и почему производится», а «как производится?». Компания может предпринимать попытки развития путем некоторых инноваций. Однако компания уже в меньшей степени ориентируется на долгосрочный результат чем на предыдущих этапах. С целью сохранения прибыли повышаются цены на услуги.

**8. «Ранняя бюрократизация» (Early bureaucracy).** Этот этап характеризует тем, что основное внимание в компании концентрируется на определении виноватых в сложившихся проблемах, а не на путях их решения.

**9. «Бюрократизация и смерть» (Bureaucracy and death).** В компании почти полностью отсутствует стремление к повышению эффективности процессов. Осуществляется жесткий контроль над соблюдением сформировавшихся правил и регламентов. Компания может несколько отсрочить этап «смерти», если компания

производит какой-то уникальный продукт или имеет поддержку государства.



Рисунок 10 – Кривая развития компании

Определение целесообразности внедрении технологий информационного моделирования на той или иной стадии развития компании может осуществляться путем применения **модели для определения и оценки этапов эффективного внедрения технологий информационного моделирования** в сфере инвестиционного планирования и управления недвижимостью. На основе теории технологической диффузии и теории технологических ловушек [26] смоделируем **переходный процесс - этап перехода организация от CAD-технологий к технологиям информационного моделирования**. Вопрос заключается в том, является ли целесообразным переход на новую технологию на рассматриваемой стадии развития компании. Иными словами, рассматривается бинарная система принятия инвестиционных решений.

В упрощенной форме **переходный процесс сводится к нарушению экономико-технологического равновесия компании** [25]:

$$\int_0^{\tau} [c_s(t) - c_n(t)]x(t)dt = I_{BIM}, \quad (1)$$

где  $x(t)$  — общий объем производства компании (руб.);

$c_s(t)$  — удельные текущие производственные издержки при применении САД-технологий (руб.);

$c_n(t)$  — удельные текущие производственные издержки при применении BIM-технологий (руб.);

$I_{BIM}$  — издержки, осуществляемые на внедрение новой технологии (руб.);

$t$  — время;

$\tau$  — период времени (горизонт планирования), в течение которого компания предполагает окупить произведенные капитальные издержки.

Принимая решения о целесообразности перехода к технологиям информационного моделирования на каждом из этапов развития компании, необходимо сравнивать экономию на текущих производственных издержках со стоимостью внедрения новых технологий. При этом удельные текущие производственные издержки при применении той или иной технологии определяются путем экспертной оценки.

Если левая часть уравнения (1) больше правой части, то и инвестиции во внедрение новой технологий оправданны и компания может осуществить переход к новому экономико-технологическому укладу.

$$\int_0^{\tau} [c_s(t) - c_n(t)]x(t)dt > I_{BIM} \quad (2)$$

В случае, если издержки на внедрение технологий информационного моделирования превышают экономию на издержках (3), на рассматриваемом этапе

развития компания отказывается от перехода на ВІМ-технологии.

$$\int_0^{\tau} [c_s(t) - c_n(t)]x(t)dt < I_{ВІМ} \quad (3)$$

Если выгода равна издержкам, то имеет место экономико-технологическое равновесие, а значит необходимо искать дополнительные стимулы для принятия инвестиционного решения.

Анализ стадий развития компании И. Адизеса (Рисунок 11) на базе описанной модели принятия инвестиционного решения (2) следует начинать с этапа «юности», так как на этапе «детство» только начинается формирование организационной структуры и административно-производственных процессов [72]. При этом начиная со стадии «аристократизма» снижается ожидание роста, интерес к завоеванию новых рынков, освоению новых технологий.

Если компания на этапе стабильности перестает реагировать на рыночные изменения и не инвестирует средства в новые технологии, утрачивая гибкость, бизнес переходит на стадию развития аристократизма. На этом этапе процесс перехода к технологиям информационного моделирования уже приведет к неоправданно высоким издержкам, а значит, внедрение ВІМ-технологий нецелесообразно.

Таким образом, предложенная модель еще раз доказывает обоснованность рассмотрения трех этапов развития компании, на которых процесс внедрения ВІМ-технологий эффективен (Рисунок 11) [72]:

- юность;
- расцвет;
- стабильность.



Рисунок 11 – Зоны эффективности внедрения BIM-технологий

Именно данных этапах целесообразно инициировать процесс перехода на информационное моделирование, а инвестиции по трем направлениям преобразований в компании наиболее эффективны [28].

Таким образом, требуется оценить готовность компании к внедрению BIM-технологий, правильно определить этап, на котором переход компании к новому экономико-технологическому укладу будет наиболее эффективен. Важно также учесть все особенности этапа развития компании при построении и реализации организационно-технологических решений перехода компании от CAD-технологий к технологиям информационного моделирования.

## 2.4 Экономико-математическая модель выбора стратегии внедрения BIM-технологий

Каждый уровень зрелости BIM-процессов представляет собой потенциальные цели компании. Таким образом, возникает  $n$  уровней зрелости.

При этом САD-технологии занимают уровень  $i$  ( $i \in [A; B]$ ) (Рисунок 12). Переход от одного технологического уровня к другому представляет собой экономико-технологический шаг (скачок) –  $m$ .

**Эффективность BIM-технологий** равномерно растет при переходе от  $i$  к  $n$ , что равносильно **снижению удельных производственных издержек** каждого последующего уровня зрелости BIM-процессов.

При переходе от одного уровня зрелости BIM-процессов к последующим наблюдается **удорожание оборудования и программного обеспечения**, поэтому введем коэффициент удорожания  $g > 0$  и получим издержки на переход от одного уровня зрелости BIM-процессов к последующему:

$$I_l = I_i + gl, \quad (4)$$

$$I_r = I_l + gr, \quad (5)$$

$$I_n = I_r + gn. \quad (6)$$

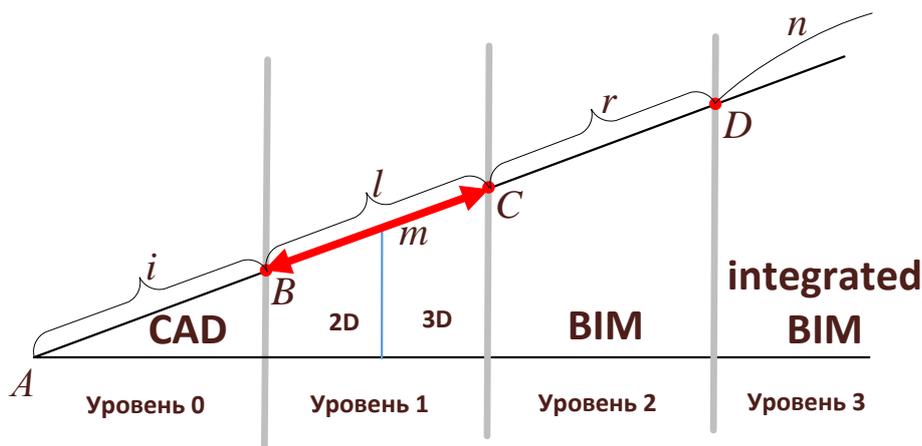


Рисунок 12 – Модель перехода на последующие уровни BIM

В этом случае **экономико-технологическое равновесие** для каждого

перехода имеет вид:

$$(c_i - c_l)Q = I_l, \quad (7)$$

$$(c_l - c_r)Q = I_r, \quad (8)$$

$$(c_r - c_n)Q = I_n. \quad (9)$$

Оценивая экономико-технологический шаг при этом как  $m=l-i=r-l=n-r$ , получим

$$Q_l = \frac{I_l + g(i+m)}{km}, \quad (10)$$

$$Q_r = \frac{I_r + g(l+m)}{km}, \quad (11)$$

$$Q_n = \frac{I_n + g(r+m)}{km}, \quad (12)$$

где  $Q_l$  – объем производства (руб.) на 1 уровне зрелости ВІМ-процессов;

$Q_r$  – объем производства (руб.) на 2 уровне зрелости ВІМ-процессов;

$Q_n$  – объем производства (руб.) на 3 уровне зрелости ВІМ-процессов

$I_l$  – издержки перехода на уровень 1 зрелости ВІМ-процессов информационного моделирования (руб.);

$I_r$  – издержки перехода на уровень 2 зрелости ВІМ-процессов информационного моделирования (руб.);

$I_n$  – издержки перехода на уровень 3 зрелости ВІМ-процессов информационного моделирования (руб.)

$m$  – экономико-технологический шаг (руб.);

$g$  – коэффициент удорожания ( $g > 0$ ).

В левой части каждого из полученных уравнений (10), (11), (12) получаем значение **потенциала развития ВІМ-процессов**, в правой части – **издержки на переход от одного уровня зрелости ВІМ-процессов к последующему**. При недостаточном потенциале развития ВІМ-процессов распространение новых технологий прекращается и возможно попадание компании в технологическую ловушку, а значит переход на новый уровень зрелости ВІМ-процессов невозможен.

Таким образом, устанавливается **логическое условие перехода от одного уровня зрелости ВІМ-процессов к другому** (Рисунок 13) [25]:

$$kmQ_l > I_l + g(i + m), \quad (13)$$

$$kmQ_r > I_r + g(l + m), \quad (14)$$

$$kmQ_n > I_n + g(l + m), \quad (15)$$

где  $kmQ_l$  – потенциал развития ВІМ-процессов (руб.);

$I_l + g(i + m)$  – издержки на переход от одного уровня зрелости ВІМ-процессов к последующему (руб.);

$k$  – коэффициент понижения издержек на каждом последующем уровне развития технологий информационного моделирования ( $k > 0$ );

$Q_l$  – объем производства (руб.);

$Q_r$  – объем производства (руб.) на 2 уровне зрелости ВІМ-процессов;

$Q_n$  – объем производства (руб.) на 3 уровне зрелости ВІМ-процессов

$I_l$  – издержки перехода на уровень 1 зрелости ВІМ-процессов информационного моделирования (руб.);

$I_r$  – издержки перехода на уровень 2 зрелости ВІМ-процессов информационного моделирования (руб.);

$I_n$  – издержки перехода на уровень 3 зрелости ВМ-процессов информационного моделирования (руб.)

$m$  – экономико-технологический шаг (руб.);

$g$  – коэффициент удорожания ( $g > 0$ ).

В точке, где  $m=0$  левая часть неравенств всегда меньше правой, достигая критической точки  $m'$  становится больше, а значит, условие перехода к следующему уровню зрелости ВМ-процессов выполняется, и такой переход возможен.

Выявив готовность к переходу на новый экономико-технологический уровень, компания сталкивается с вопросом **выбора стратегии экономико-технологических преобразований**.

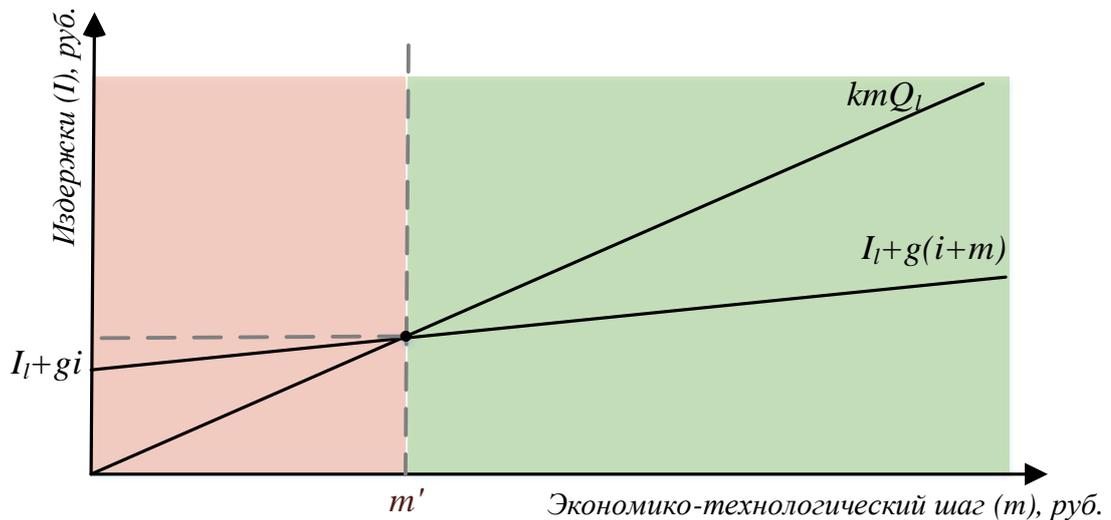


Рисунок 13 – Графики потенциала развития ВМ-технологий и издержек на переход от одного уровня зрелости ВМ-процессов к последующему

Существует две стратегии экономико-технологических преобразований:

- последовательный переход;
- скачкообразный переход.

Анализ графиков потенциала развития технологий информационного моделирования и издержек на переход (Рисунок 13) показал, что при увеличении потенциала развития технологий информационного моделирования прямая  $kmQ$

вращается против часовой стрелки, следовательно, критическое значение  $m'$  уменьшается. Таким образом, высокий потенциал развития технологий информационного моделирования способствует более равномерному переходу от одного уровня зрелости технологий информационного моделирования к другому, а значит, высокие темпы экономического роста и значительный масштаб производства, способствуют более равномерному переходу к новому экономико-технологическому укладу и первый путь преобразований является предпочтительным.

Определим минимальный экономико-технологический шаг  $m'$ , который будет экономически оправдан:

$$m' = \frac{I + ig}{kQ - g} \quad (16)$$

Из полученного рисунка 13 вытекает, что **чем ниже исходный технологический уровень, тем меньший экономико-технологический шаг необходим для оправданных инноваций**, при этом оптимальным будет являться технологический шаг  $m < 1$  рубля на 1 рубль затрат. Таким образом, на начальных этапах переход к ВИМ-технологиям может представлять собой последовательность малых технологических шагов.

Возможны ситуации, когда компания выбирает и вторую стратегию технологических преобразований – скачкообразный путь. В этом случае из уравнения (8) следует, что издержки в той или иной степени превышают текущий технологический потенциал компании, а технологический шаг должен быть достаточно велик  $m \geq 1$  рубля на 1 рубль затрат и таким образом преобразуется в технологический скачок, а значит, вероятность безболезненного перехода компании к новому технологическому укладу значительно снижается.

Предложенная модель выбора стратегии перехода к технологиям информационного моделирования и последующего технологического развития

является доказательной базой для выбора предпочтительного пути технологических преобразований в компании на основе анализа планируемых издержек, объемов производства при внедрении инновационных и формирования технологического потенциала развития компании. Данная модель дает возможность оценки минимального экономически обоснованного технологического шага, который должна выдержать компания для перехода на последующий уровень зрелости BIM-процессов.

## **2.5 Методические рекомендации для эффективного распределения основных видов ресурсов при организации технологических процессов архитектурно-строительного проектирования объектов капитального строительства на переходном этапе**

CAD-технологии и BIM-технологии являются альтернативными и компании необходимо выбрать одну из них. Результатом такого выбора будет **«чистая» экономико-технологическая стратегия**. Однако на практике на начальных этапах внедрения технологий информационного моделирования возникает более сложная ситуация, когда компания работает в рамках обоих экономико-технологических укладов одновременно. На переходном этапе возникает ситуация, **когда проектная компания, принявшая решение о внедрении технологий информационного моделирования продолжает реализовать часть проектов с применением CAD-технологий**.

В такой ситуации важно определить пропорции в распределении проектов между старым и новым технологическими укладами и выбрать стратегию, которая не будет мешать экономическому и технологическому росту компании. Для этого определим объем текущих производственных издержек [25]:

$$C_0 = c_{CAD}x_{CAD} + c_{BIM}x_{BIM}, \quad (17)$$

где  $x_{CAD}$  — объем продукции при применении CAD-технологий (руб.);

$x_{BIM}$  — объем продукции при применении BIM-технологий (руб.);

$$C_0 = c_0x_0, \quad (18)$$

$$C_0 = [(1 - \zeta)c_{BIM} + \zeta c_{CAD}]x_0, \quad (19)$$

где  $\zeta$  — доля проектов, реализуемых с помощью CAD-технологий:  $\zeta = \frac{x_{CAD}}{x_0}$ ;

$x_0$  — совокупный объем продукции (р.);

$s_0$  — совокупные текущие производственные издержки (р.).

В случае если на этапе перехода к технологиям информационного моделирования совокупный объем сохраняется, получаем условие [25]:

$$\frac{dc_{CAD}}{dx_{BIM}} = -\frac{dc_{CAD}}{dx_{CAD}}, \quad (20)$$

В случае, когда имеет место равновесие:

$$\frac{dC_0}{dx_{BIM}} = 0, \quad (21)$$

$$\left(\frac{dc_{BIM}}{dx_{BIM}} + \frac{dc_{CAD}}{dx_{CAD}}\right) \frac{x_{BIM}}{x_0} - \frac{dc_{CAD}}{dx_{CAD}} = \frac{c_{CAD} - c_{BIM}}{x_0}. \quad (22)$$

Если левая часть соотношения (19) оказывается меньше правой, то ВІМ-технологии имеют тенденцию к доминированию, т.е. увеличение производства в рамках информационного моделирования выгоднее, чем в рамках сохранения САД-технологий, что и вызывает незначительное смещение исходной пропорции в его пользу.

При выполнении условия равновесия (22) компания будет наращивать производство только при выполнении условия  $\frac{d\pi}{dx_0} > 0$ ,

где  $\pi$  - прибыль компании (р.):  $\pi = p - c - c_0$ ,

$p$  – цена выпускаемой фирмой продукции (руб.);

$c$  – удельные непроизводственные (транзакционные) издержки фирмы;

$c_0$  – удельные производственные текущие издержки.

$$x_0 \left( \frac{dc}{dx_0} + \frac{dc_0}{dx_0} \right) < p - c - \zeta c_{CAD} - (1 - \zeta) c_{BIM}, \quad (23)$$

где

$$\frac{dc}{dx_0} = \zeta^2 \frac{dc_{CAD}}{dx_{CAD}} + (1 - \zeta)^2 \frac{dc_{BIM}}{dx_{BIM}}. \quad (24)$$

Соотношение (17) в совокупности с уравнением (19) представляет собой следующее неравенство относительно  $\zeta$ :

$$A\zeta^2 + B\zeta + R < 0, \quad (25)$$

где использованы следующие обозначения:

$$A = x_0 \left( \frac{dc_{CAD}}{dx_{CAD}} + \frac{dc_{BIM}}{dx_{BIM}} \right), \quad (26)$$

$$B = c_{CAD} - c_{BIM} - 2x_0 \left( \frac{dc_{BIM}}{dx_{BIM}} \right), \quad (27)$$

$$R = \left( \frac{dc}{dx_0} + \frac{dc_{BIM}}{dx_{BIM}} \right) x_0 + c_{BIM} + c - p, \quad (28)$$

Предположим, что удельные текущие издержки каждой технологии линейно зависят от объема производства:

$$c_{CAD} = a_{CAD}x_{CAD} + b_{CAD}, \quad (29)$$

$$c_{BIM} = a_{BIM}x_{BIM} + b_{BIM}. \quad (30)$$

Входящие в формулы (29) и (30) параметры имеют следующие знаки:  $b_{CAD} > 0$ ,  $b_{BIM} > 0$ ,  $a_{CAD} < 0$  и  $a_{BIM} < 0$ . Тогда условие (24) превратится в квадратное неравенство, коэффициенты которого вычисляются по следующим формулам [25]:

$$A = 2x_0(a_{CAD} + a_{BIM}), \quad (31)$$

$$B = b_{CAD} - b_{BIM} - 4a_{BIM}x_0, \quad (32)$$

$$R = \frac{dc}{dx_0} + 2a_{BIM})x_0 + b_{BIM} + c - p. \quad (33)$$

Решения квадратного уравнения (25) отыскиваются по формулам:

$$\zeta_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AR}}{2A}. \quad (34)$$

Проанализируем получившийся результат.

Действие эффекта масштаба производства приводит к тому, что  $A < 0$ . Это означает, что левая часть неравенства (24) представляет собой параболу, ветви которой направлены вниз (Рисунок 14).

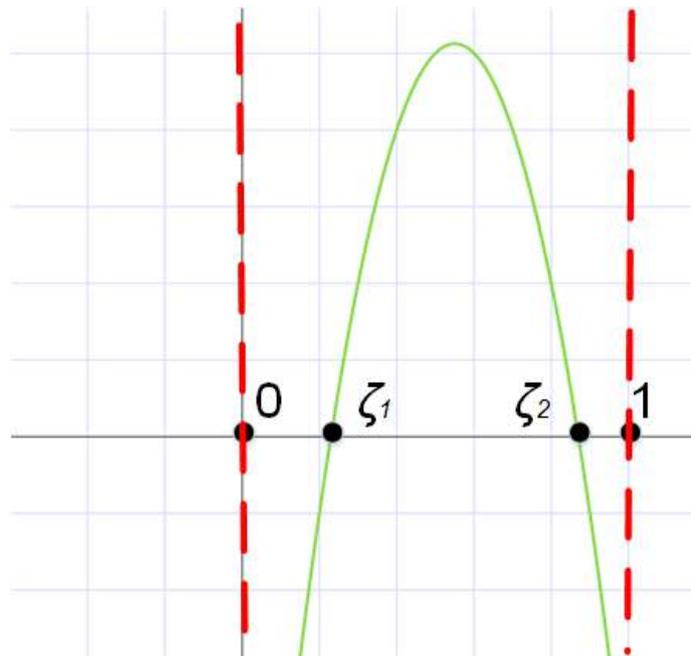


Рисунок 14 – Промежутки принадлежности значения доли проектов, реализуемых с помощью САД-технологий

Следовательно, в общем случае неравенство (25) выполняется при  $\zeta$ , принадлежащем двум интервалам:  $[0; \zeta_1]$  и  $[\zeta_2; 1]$  (с учетом того, что  $\zeta_1 < \zeta_2$  и  $0 < \zeta < 1$ ).

Так, если оба корня  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  значимы (т.е.  $0 < \zeta_1 < \zeta_2 < 1$ ), то это означает, что рост производства компании будет происходить только в том случае, когда реальные пропорции разделения проектов между САД- и ВМ-технологиями попадают в одну из двух полос:  $[0; \zeta_1]$  или  $[\zeta_2; 1]$ . Фактически это означает следующее: **экономический рост возможен лишь тогда, когда доля производства с помощью САД-технологий либо очень мала, либо очень велика.** То есть компаний, принявшая решение по внедрении технологий информационного моделирования должна **минимизировать количество проектов, реализуемых посредством САД-технологий.**

## 2.6 Эффекты от внедрения технологий информационного моделирования

Сегодня применение информационного моделирования как комплексной инновационной технологии в компаниях, реализующих деятельность в строительной отрасли, позволяет значительно повысить показатели **экономической эффективности**, а также получить ряд **эффектов неэкономического характера** [13]. Влияние этих факторов позволяет компании перейти на совершенно новый уровень работы, характеризующийся свойствами:

- автоматизация рутинных процессов;
- процессы обмена данными без потерь;
- повышение производительности труда и качества принимаемых управленческих решений.

Большинство проектных компаний, решивших перейти на технологии информационного моделирования, задаются вопросом **измеримости результатов внедрения и соотношения затрат на развертывание** новой технологии и

полученных от этих преимуществ.

На сегодняшний день компаниями применяется 2 подхода при оценке эффективности инвестиций в проект внедрения технологий информационного моделирования:

1. Подсчет целевых показателей, связанных с изменением стоимости проекта, чистого дисконтированного дохода (NPV), показателя рентабельности (PI), срока окупаемости, экономией финансовых ресурсов на различных этапах реализации проекта и т.д.

2. Подсчет на основе известных достигнутых показателей прибыли (методология ROI).

### **2.6.1 Оценка показателей, связанных с изменением стоимости проекта**

Основными целевыми показателями, отслеживаемыми предприятиями, позволяющими оценивать результаты применения BIM-технологий, являются **чистый приведенный доход (NPV) и индекс рентабельности (PI)**. Рассмотрим основные результаты исследования по экономическим результатам (эффектам) внедрения BIM-технологий.

Результаты деятельности российских по состоянию на 2017 год показал, что применение BIM-технологий приводит к значительному повышению многих финансово-экономических показателей инвестиционно-строительных проектов (Рисунок 15) [13].

Измеряемые целевые показатели определяются в зависимости от целей внедрения технологий информационного моделирования, определяемых проектной компанией, при принятии решения о внедрении BIM-технологий (Приложение В).

### **2.6.2 Подсчет на основе достигнутых показателей прибыли**

При подсчете **коэффициента возврата инвестиций (ROI)** на основе известных достигнутых показателей прибыли учитываются:

- 1) возможность сокращения стоимости инвестиционных проектов;
- 2) возможность запуска производственных мощностей в срок или раньше срока;

3) повышение эффективности эксплуатации (сокращение количества ремонтов и сокращение усилий на каждый из ремонтов).

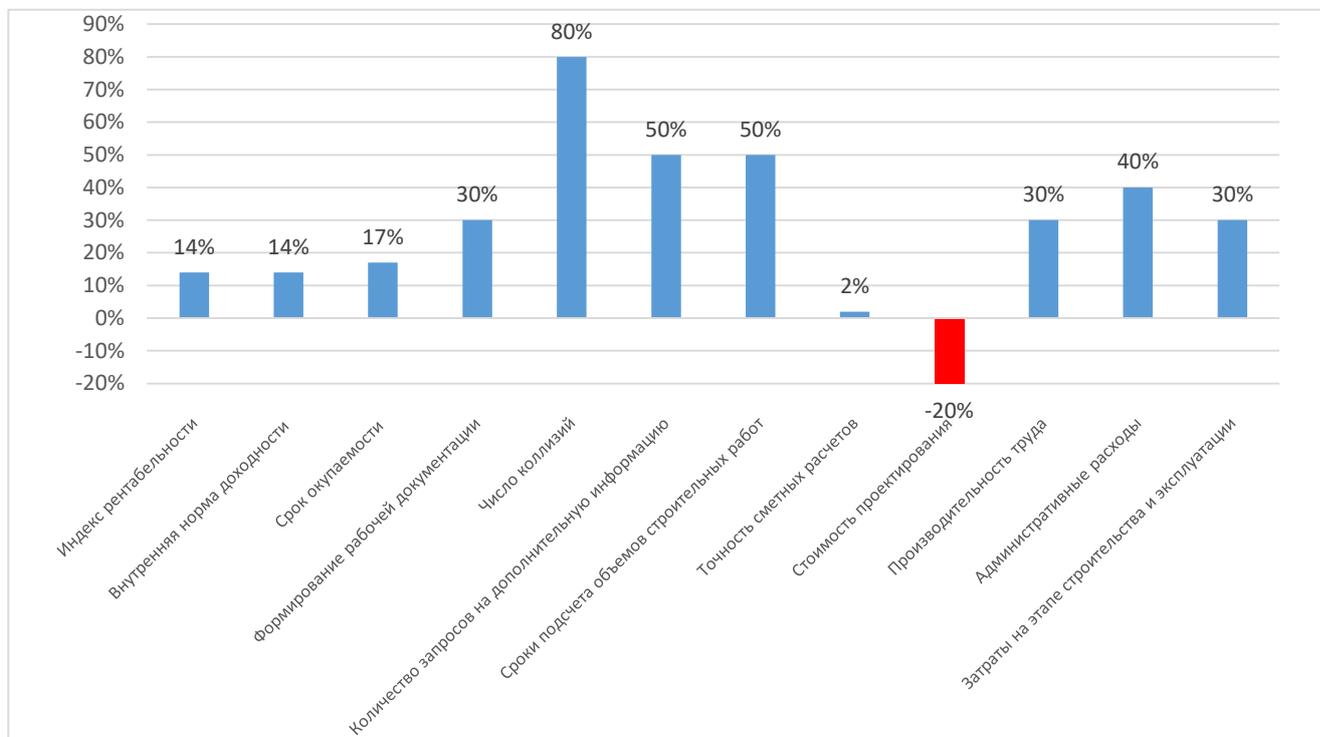


Рисунок 15 – Изменение финансово-экономических показателей инвестиционно-строительных проектов с применением технологий информационного моделирования

Для вычисления ROI необходимо конвертировать полученные данные о процессе внедрения технологий информационного моделирования в денежный эквивалент и сравнить с издержками на внедрение. «Этот процесс осложняется необходимостью конвертации качественной информацией, поэтому зачастую на данном этапе целесообразно прибегнуть к экспертной оценке данных» [28]. Таким образом, кроме **измеримых (денежных) выгод** внедрение технологий информационного моделирования во многих компаниях имеет и **неизмеримые выгоды**. Так же при оценке издержек помимо стоимости разработки и реализации плана внедрения технологий информационного моделирования важно учесть и потери, связанные с отсутствием сотрудников на рабочем месте на время переобучения, а также издержки на процесс оценки эффективности внедрения

НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Как известно, ROI вычисляется по формуле:

$$ROI = \frac{\text{Чистая выгода от внедрения BIM}}{I_{BIM}} \times 100\%, \quad (35)$$

где Чистая выгода = выгода – издержки.

Однако, на первых этапах обучения персонала наблюдается значительное снижение производительности труда, в этот период закладываются ключевые навыки работы по новой технологии. Потому на первом этапе внедрения BIM-технологий целесообразно применять следующую формулу для расчета возврата инвестиций.

$$\frac{\text{Чистая выгода от внедрения BIM} + (B - (\frac{B}{1+E})) * (12 - C)}{I_{BIM} + (B * C * D)} * 100\% = \text{First Year ROI}, \quad (36)$$

где  $B$  = стоимость рабочей силы в месяц (руб.)

$C$  = длительность обучения (мес.)

$D$  = снижение производительности во время обучения (%)

$E$  = рост производительности после обучения (%)

$I_{BIM}$  - инвестиции в проект внедрения BIM, вычисляемые по формуле (37).

$$I_{BIM} = I_{PR} + I_{OC} + I_{TE}, \quad (37)$$

где  $I_{PR}$  - затраты на реинжиниринг процессов организации (руб.);

$I_{OC}$  - затраты на преобразование организационной структуры, включая обучение

персонала (руб.);

$I_{TE}$  - затраты на формирование обеспечивающей инфраструктуры (руб.).

### **Выводы**

Анализ первых редакций национальных стандартов в области информационного моделирования ОКС позволил выявить ряд недостатков и неточностей. Выделены типовые недостатки рассмотренных сводов правил, сделаны выводы о том, что на данный момент российские стандарты информационного моделирования требуют серьезной доработки с учетом всех рекомендаций, полученных по итогам обсуждения документов профессиональным сообществом.

В главе 2 были исследованы ключевые понятия, используемые в международной и отечественной практике применения технологий информационного моделирования в строительной отрасли. Предложено определение понятия: и «экономико-технологический шаг» в дополнение к используемым в международной и отечественной практике применения технологий информационного моделирования в строительной отрасли: «информационное моделирование», «информационная модель», «управление информацией», «стадия развития компании», «процессы информационного моделирования (BIM-процессы)», уровень зрелости процессов информационного моделирования».

На основе теории технологической диффузии, теории технологических ловушек, а также теории жизненных циклов компании Ицхака Адизеса предложена модель принятия инвестиционного решения, с ее помощью определены этапы развития компании, на которых процесс внедрения BIM-технологий наиболее эффективен.

Предложена экономико-математическая модель выбора стратегии внедрения BIM-технологий, которая основывается на анализе потенциала развития BIM-технологии и издержек на переход от CAD-технологий к технологиям информационного моделирования. Высокий потенциал развития BIM-технологий способствует более равномерному переходу от одного уровня зрелости BIM-процессов к последующему.

Таким образом, в главе предложены методические рекомендации для определения этапов эффективного внедрения технологий информационного моделирования ОКС в зависимости от стадии развития компании и экономико-математическая модель выбора стратегии внедрения технологий информационного моделирования. Механизм выбора стратегии внедрения технологий информационного моделирования базируется на оценке экономически обоснованного технологического шага, позволяющих обеспечить переход на последующий уровень зрелости процессов информационного моделирования.

При выборе стратегии последовательного перехода к BIM-технологиям возможен период работы компании на переходном этапе экономико-технологических стратегий. В этой связи предложена методика эффективного распределения основных видов ресурсов при организации технологических процессов архитектурно-строительного проектирования ОКС, позволяющая определить оптимальные пропорции в распределении ресурсов проектной компании и выбрать стратегию внедрения технологий информационного моделирования, которая будет способствовать экономическому и технологическому росту компании.

## **ГЛАВА 3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ КОМПАНИИ**

### **3.1 Ключевые организационные инструменты внедрения технологий информационного моделирования**

Определим **критерии эффективного перехода** компании от CAD-технологий на технологии информационного моделирования путем анализа процессов внедрения, а также глубину внедрения BIM-процессов в производство [28]:

- 1) организация рабочих процессов и системы управления ими в ключе BIM-технологий [28];
- 2) формирование системы стандартов BIM, обеспечивающих возможность применения BIM-технологий для всех видов проектов» [28];
- 3) разработка базы шаблонов оформления проектной и рабочей документации [28];
- 4) наличие программного обеспечения, позволяющего реализовать подход информационного моделирования;
- 5) материально-техническая обеспеченность и соответствие материально-технической базы системным требованиям программного обеспечения;
- 6) формирование организационной структуры, соответствующей потребностям компании в рамках разработанной системы реализации процессов;
- 7) квалифицированность персонала.

Основываясь на рассмотренных критериях эффективного внедрения BIM-технологий, можно выделить **3 организационных инструмента** (Рисунок 16):

- 1) «реинжиниринг рабочих процессов организации и системы управления

ими» [28];

2) «преобразование организационной структуры (с точки зрения состава и квалификации персонала)» [28];

3) «формирование обеспечивающей инфраструктуры» [28].

Внедрение новой технологии заключается в переходе на новую ступень в развитии производственных процессов, а значит, в первую очередь связано с вопросом экономической эффективности [72]. Таким образом, оценивая целесообразность внедрения технологий информационного моделирования необходимо учитывать издержки всех типов.

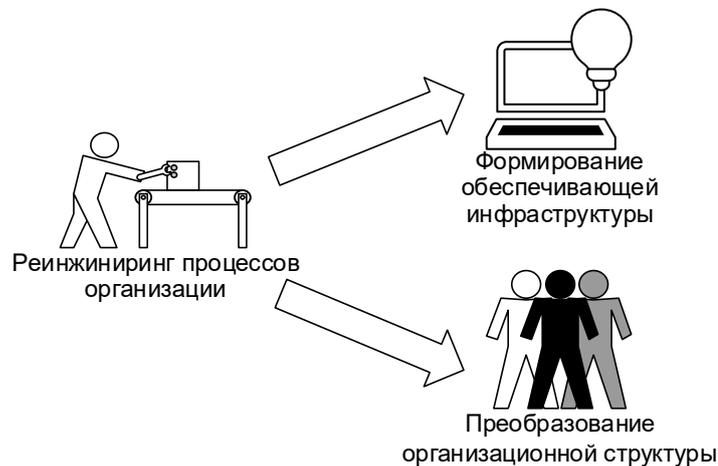


Рисунок 16 – Направления инвестиций при переходе к технологиям информационного моделирования

На переходном этапе при внедрении технологий информационного моделирования ключевым этапом, является именно **реинжиниринг процессов организации**. Именно этот этап задает вектор всех последующих изменений, определяет базовый набор требований к материально-технической базе, а также к организационной структуре компании. В связи с этим происходит перераспределение затрат таким образом, что основная их часть приходится именно на реинжиниринг процессов (Рисунок 17) [28].

В рамках оценки инвестиций в процесс перехода на ВМ-технологии все затраты оцениваются в денежном эквиваленте. Однако возникает необходимость

конвертировать качественную информацию и временные показатели, и в этом случае целесообразно прибегать к экспертной оценке данных [28].

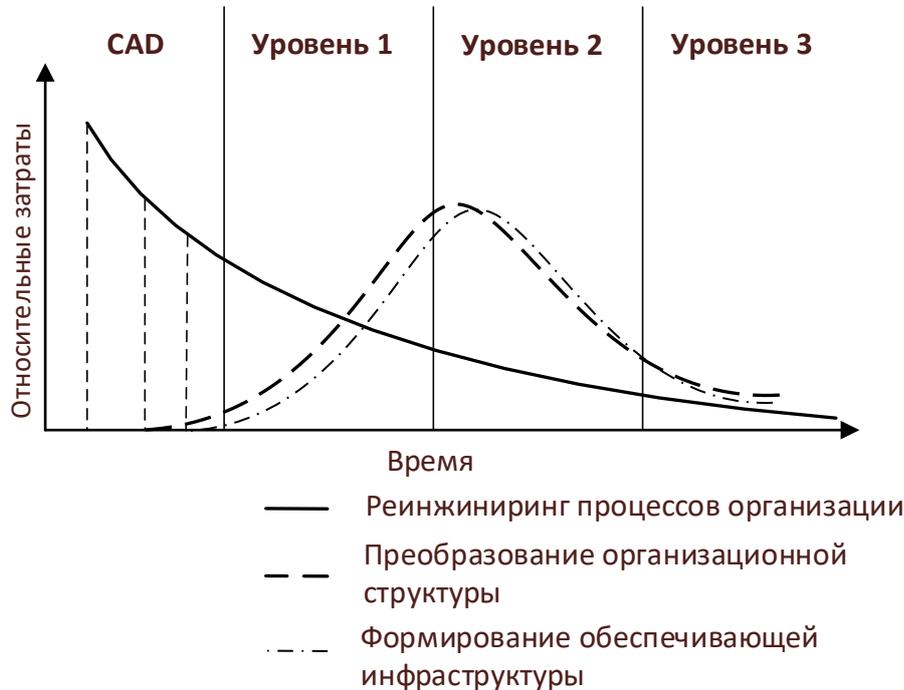


Рисунок 17 – Относительные затраты на различных уровнях зрелости BIM-процессов [28]

Переход к технологиям информационного моделирования представляет собой комплекс взаимосвязанных процессов, и инвестиции в проект внедрения BIM-технологий формируются из совокупности инвестиций по всем трем направлениям» [28]. А значит, что получить достоверную оценку затрат на реализацию проекта внедрения BIM-технологий можно только путем системного анализа трех направлений инвестиций, а затем и определить эффективность процессов перехода компании на технологии информационного моделирования [28].

### **3.1.1 Реинжиниринг рабочих процессов организации и системы управления ими**

Процессы преобразования производственных процессов компании и системы управления ими необходимо начать с определения дальнейших

направлений использования информационной модели на всех стадиях ЖЦ объекта» [28]. Такая оценка должна включать в себя анализ рассматриваемых направлений преобразований и их сопоставление с целями компании, имеющимися ресурсами и потенциальными рисками. При организации работ с применением технологий информационного моделирования разрабатываются **карты BIM-процессов**, регламентирующие процедуры выполнения основных рабочих задач, а также правила обмена данными. В дальнейшем на этой базе разрабатываются **BIM-стандарты компании**, а также закладываются **основы управления проектами**» [28].

«Как правило, основная доля инвестиций в реинжиниринг процессов организации осуществляется на этапе перехода от CAD-технологий к технологиям информационного моделирования» [28], т.е. при переходе на первый уровень зрелости BIM-процессов в компании. При этом данный тип инвестиций трудно поддается финансовой оценке, так как связан в первую очередь с дополнительными временными затратами.

Путем декомпозиции BIM-технологий выделяют 25 основных BIM-процессов (BIM uses), которые реализуются на всех этапах ЖЦ объектов недвижимости (Рисунок 18) [72].

Состав BIM-сценариев может варьироваться в зависимости от подхода конкретной компании, но в целом подход остается неизменным: комплексная технология BIM декомпозируется до нескольких сценариев ее применения, для решения конкретных задач, возникающих на протяжении ЖЦ ОКС.

Особенностью проектного управления на базе информационного моделирования является перераспределения затрачиваемых ресурсов. Как видно из рисунка 19 наибольшее количество BIM-процессов приходится на этап проектирования. Согласно **предпочтительному пути реализации проекта** на этом этапе (Рисунок 19) создается основная часть модели, а значит, повышается ресурсоемкость данного этапа ввиду роста трудозатрат. Именно поэтому наибольший эффект от внедрения BIM-технологий получают именно проектные компании.

Предпроект	Проектирование	Строительство	Эксплуатация
Моделирование существующих условий			
Оценка стоимости			
Планирование по стадиям			
Реализация программы			
Анализ территории			
	Проверка проектных решений		
	Проектирование		
	Структурный анализ		
	Световой анализ		
	Энергетический анализ		
	Механический анализ		
	Другие виды анализа		
	Оценка соответствия LEED		
	Соответствие нормативам		
		3D Координация	
		Планирование использования стройплощадки	
		ППР	
		Цифровое производство	
		3D Контроль и планирование	
			Запись состояния модели
			Планирование обслуживания
			Анализ систем здания
			Управление активами
			Управление и контроль за пространствами
			Планирование на случай ЧП

Рисунок 18 – BIM-процессы



Рисунок 19 – Кривая предпочтительного пути при проектировании объекта [27]

Реинжиниринг производственных процессов компании в разрезе BIM-

технологий осуществляется в три этапа:

- 1) описание существующих бизнес-процессов;
- 2) анализ существующих бизнес-процессов (выявление проблемных точек);
- 3) реинжиниринг бизнес-процессов с учетом внедрения ВІМ-процессов.

Для своей реализации ВІМ-процессы опираются на технологии, прежде всего на программное обеспечение и навыки его применения, т.е. квалификацию персонала. При этом ключевое значение занимают технологии управления данными в условиях единой информационной среды.

### **3.1.2 Преобразование организационной структуры компании**

**Коренное преобразование бизнес-процессов влечет за собой пересмотр структуры компании** с точки зрения, как состава, так и квалификации персонала.

«В целях повышения использования потенциала ВІМ-технологии в структуру организации рекомендуется включить трех **специалистов нового типа**:

- ВІМ-менеджер;
- ВІМ-мастер;
- ВІМ-координатор.

Формирования организационной структуры должно осуществляться в соответствии с потребностями компании в рамках перехода на информационное моделирование последовательно по всем уровням зрелости ВІМ-процессов» [28] (Рисунок 20).

**ВІМ-менеджер.** «Такой специалист должен появиться в начале процесса внедрения технологий информационного моделирования. На начальных уровнях зрелости ВІМ-процессов в компании менеджер принимает активное участие в разработке рабочих процессов, стандартов и шаблонов компании. В дальнейшем осуществляет сопровождение информационной модели, поддерживает ее в актуальном состоянии, а также формирует программы обучения и повышения квалификации сотрудников» [28].

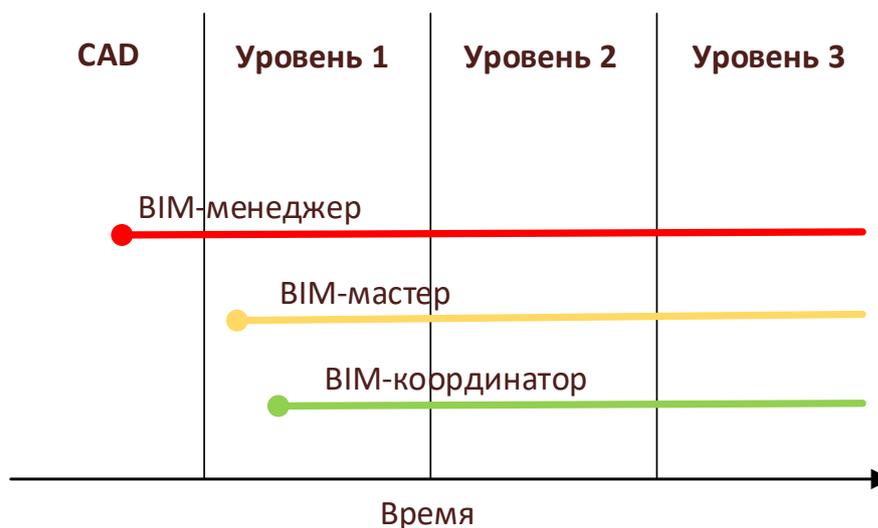


Рисунок 20 – Привлечения BIM-специалистов на различных уровнях зрелости BIM-процессов

Основными обязанностями и функциями BIM-менеджера являются:

- разработка стратегии создания модели (от общего к частному, предусматривая наиболее вероятную дальнейшую работу с моделью);
- создание шаблонов файла для работы над проектами различных типов;
- подготовка файла для совместной работы;
- создание основных рабочих наборов, создание основных и дополнительных видов, листов, настройка вида диспетчера проекта (с сортировкой всех листов и видов);
- разработка внутренних правил работы с моделью (частота синхронизации, частота создания новых локальных копий и т.п.);
- разработка стандартов моделирования и оформления, унификация различных элементов для работы с моделью;
- организация хранения связанных файлов;
- настройка программы для каждого пользователя (настройка подключения к дополнительным библиотекам, к примеру, к созданной базе дополнительных текстур, и т.д.);
- организация хранения файлов исходных данных и других документов,

относящихся к проекту;

- отслеживание равномерной детализации модели (равномерное наполнение модели информацией);

- оптимизация размера файла проекта (принятие мер по оптимизации файла — удаление неиспользуемого, разделение файла на связанные части и т.п.);

- управление созданием необходимых библиотечных элементов (при этом акцент при создании индивидуальных семейств на основе формообразующих делается на целесообразность способа размещения семейства в проекте, а также на гибкость создаваемой геометрии, что обеспечивает высокую скорость внесения изменений в геометрию семейства);

- управление моделью, отслеживание аккуратности работы в модели (меры по администрированию и упорядочиванию информации в модели);

- координация работы специалистов;

- обучение сотрудников работе с программой, консультирование на всех этапах работы;

- распределение задач и меняющихся ролей между участниками проекта (BIM-менеджер внутри группы знает сильные и слабые стороны каждого специалиста, что позволяет более эффективно распределять задачи);

- решение технических проблем, возникающих у пользователей при работе;

- анализ выполненных проектов;

- обмен опытом с другими специалистами в организации (обмен опытом необходим для поиска и разработки новых решений и инновационных идей);

- отслеживание появляющихся обновлений программы, изучение и внедрение новых программ и приложений, помогающих в работе над проектом.

**BIM-мастер.** «Специалиста данного типа рекомендуется внедрять во время разработки и тестирования технологии проектирования с применением технологий информационного моделирования. Ключевой задачей BIM-мастера является техническое сопровождение информационной модели от создания средств инфографики до осуществления экспертной поддержки пользователей библиотек

ВІМ-контента» [28, 72].

**ВІМ-координатор.** «Основной функцией координатора является обеспечение целостности информационной модели путем интеграции результатов работы специалистов смежных специальностей по утвержденным правилам и стандартам (Рисунок 21)» [28, 72].

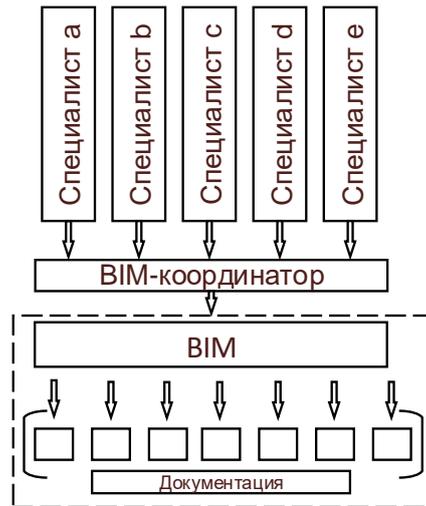


Рисунок 21 – Процесс интеграции данных в ВІМ

Для достижения максимального эффекта от перехода на технологию информационного моделирования компании необходимо осуществить перевод всех специалистов организации на новую технологию. При этом в компании уже должны быть выполнены модернизация или усовершенствование существующих инструментов, а значит на этом этапе необходимо осуществить смену парадигмы проектного процесса и профессиональной подготовки к нему специалистов. Важно учитывать, что при этом **снижение производительности** труда на первых этапах является неизбежным явлением (Рисунок 22), которое при эффективном управлении процессами обучения сменится ростом [28]. Таким образом, выбор обучающих технологий является одним из определяющих факторов, влияющих на эффективность перехода на ВІМ-технологии.

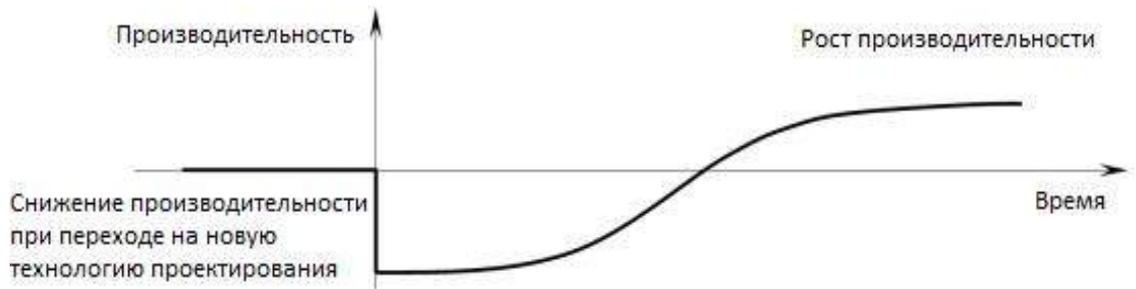


Рисунок 22 – Изменения производительности труда при переходе на новую технологию проектирования

Информационное моделирование объектов недвижимости и теория управления с использованием моделей – новая область знаний. Первоочередным являются вопросы: «кого, чему и как обучать, каким образом оценивать уровень квалификации сотрудников, как определять эффективность проводимых тренингов, выявлять непосредственное влияние BIM-технологий на развитие компании» [28].

Оценка эффективности обучения порождает целый ряд системных вопросов, включающих постановку целей и задач обучения и средства их реализации.

«Цель обучения заключается в достижении неких стандартов работы и в добавлении ценности к производству компании путем повышения индивидуального или коллективного уровня производительности, который описывается кривой обучения» (Рисунок 23) [28].

**Кривая обучения** условно отражает изменения уровня квалификации сотрудников в процессе обучения. «Как правило, она начинается с быстрого роста, со временем этот рост замедляется, но никогда не заканчивается полностью. На рисунке 22 приведены и линии изменения доходов, производительности и издержек, которые демонстрируют, что обучение теряет смысл, если оно не связано непосредственно с изменением производительности и не оказывает воздействие на доходы или издержки компании» [27].

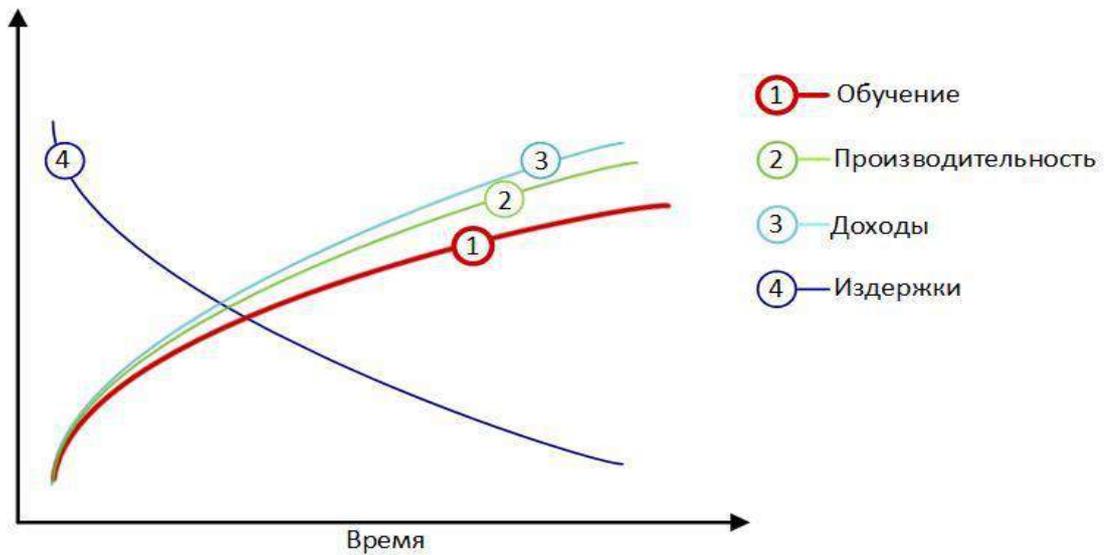


Рисунок 23 – Кривая обучения

Проблема обоснования инвестиций при обучении персонала ВМ-технологиям в настоящее время стала основой для менеджеров по персоналу в компаниях активно внедряющих эту технологию. Кроме проведения уже ставших привычными оценок эффективности обучения, применяется еще и дополнительное измерение – **коэффициент возврата инвестиций** (Return Of Investment – ROI) (Рисунок 24).

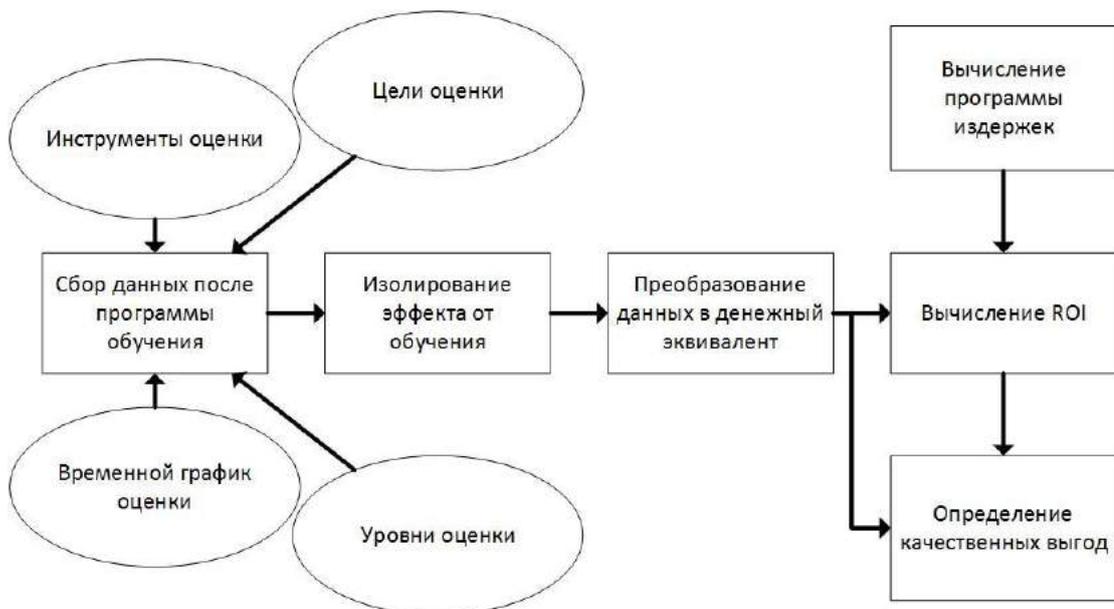


Рисунок 24 – Модель оценки возврата инвестиций в процессы обучения

### 3.1.3 Материально-техническое оснащение компании

Технологии информационного моделирования как современная парадигма технического прогресса включают многообразие инструментов, которые позволяют интегрировать для экспертно-аналитической обработки физические, функциональные и экономические характеристики объектов недвижимости в едином цикле управления их созданием и использованием.

При переходе на информационное моделирование важно оценить расходы на **развитие программно-технической инфраструктуры компании**. Они включают:

- расходы на закупку офисной техники [28],
- расходы на закупку программного обеспечения [28],
- расходы, связанные с поддержанием и развитием производственных процессов [28].

Для определения перечня необходимых **материально-технических средств** для компании, принявшей решение о внедрении технологий информационного моделирования, необходимо сформировать технологическое решение, способное обеспечить поддержку структуры бизнес-процессов, разработанной компанией в соответствии с ее концепцией перехода на BIM-технологии. При этом **каждой группе бизнес-процессов будет соответствовать уникальный программно-аппаратный комплекс**, использующий:

- компьютерное оборудование;
- среда коммуникаций;
- специальное программное и информационное обеспечение.

Совокупность программных и аппаратных комплексов, задействованных на каждом этапе ЖЦ цикла объекта должны составлять **единую информационную среду**, способную обеспечить «бесшовную» реализацию всех бизнес-процессов в компании (CDE - Common Data Environment).

Оценка инвестиций в развитие материально-технической базы наиболее прогнозируема из всех направлений затрат. Наиболее трудозатратным процессом

является оценка потребностей компании и выбор программного обеспечения, удовлетворяющего этим потребностям. При этом крайне важно учесть необходимость интеграции обособленных частей модели объекта в единое целое, а значит совокупность критериев при формировании программного обеспечения должна включать в себя требования к совместимости форматов данных. Решением проблемы возникновения коллизий и непредвиденных издержек является выбор в пользу пакетов программных продуктов, реализованных на единой платформе, обеспечивающих бесшовную интеграцию данных [28, 29].

### **3.2 Пути снижения стоимости внедрения технологий информационного моделирования**

#### **3.2.1 Анализ эффективности существующих программных BIM-решений**

Разделим существующие BIM-решения на 2 типа:

– «истинные» BIM-решения – решения которые включают инструменты обязательного универсального трехмерного параметрического моделирования, в том числе обладающие качественными средствами импорта-экспорта с сохранением результатов в централизованную базу данных;

– BIM-решения «с допущениями» – решения, которые не обладают полным набором инструментов, но решают отдельные задачи.

Для анализа были выбраны наиболее популярные зарубежные и российские BIM-решения. При этом основным критерием была полнота решаемых задач по основным направлениям: землеустройство, архитектура, конструкции и инженерия.

##### **1. ArchiCAD (GRAPHISOFT)**

ArchiCAD - самое популярное программное обеспечение среди архитекторов и включает:

– «универсальные инструменты моделирования» [72];

- «инструменты выпуска рабочей документации» [72];
- «развитые средства импорта-экспорта данных» [72];
- «инструменты визуализации» [72].

При этом решение задач других разделов с помощью ArchiCAD становится слишком трудозатратным.

## **2. Tekla Structures (Tekla)**

Сегодня одним из самых мощных решений является Tekla Structures. Оно превосходно решает задачи, связанные с металлоконструкциями, в меньшей степени решает задачи с железобетонными конструкциями. Особенности Tekla Structures:

- возможность работать с проектами больших размеров, имеющими высокую степень детализации;
- обширная база типовых узлов;
- наличие инструментов для создания собственных типовых решений [72];
- наличие средств компоновки и выпуска [72];
- большое число автоматизированных функций, «заточенных» под задачи конструкторов [72].

## **3. MagiCAD (Progman Oy)**

MagiCAD преимущественно является инструментом для поиска инженерных решений. Он позволяет строить 3D-модель, производить инженерные изыскания, систематизировать спецификации с высокой степенью эффективности. Продукт представляет собой совокупность модулей, которые решают задачи многих инженерных разделов, но наиболее популярными являются модули, связанные с отоплением, вентиляцией и кондиционированием, с помощью MagiCAD в этих разделах решаются до 90% задач. Кроме того, данное BIM-решение показало высокую эффективность при проектировании наружных сетей (тепло-, газ-) и водоснабжении. Однако проводная часть (электрика, телефония, Интернет, системы доступа и т.п.) реализована в разы хуже, а значит необходим поиск других решений в этой области [72].

Основной минус MagiCAD заключается в высокой цене. Кроме того, в российских реалиях данный программный продукт демонстрирует невысокую привязку к российским стандартам оформления. При этом на самых ранних этапах проектирования необходимо создавать полноценную 3D-модель, что, как правило, требует существенного переобучения инженеров.

#### **4. Revit (Autodesk)**

Сегодня Revit - это одно решение Building Design Suite с различными настройками:

- Architecture;
- Structure;
- MEP.

«Одной из самых сильных сторон Revit на данный момент стали строительные конструкции» [72]. В продукте применяется ряд мощных инструментов, позволяющих строить аналитическую модель, совмещенную с физической. Также реализована возможность проектирования металлоконструкций и железобетонных изделий. Однако так же, как и в Tekla Structures, в Revit нельзя решать задачи, связанные с расчетами. Тем не менее уже найдены пути интеграции Revit с программами SCAD, Лира, Robot, SOFiSTiK, способными выполнять расчеты.

«Главная особенность Revit заключается в том, что в нем практически нет 2D-редактора, вся документация должна автоматически строиться из трехмерной модели. На практике проработка 2D-видов по-прежнему необходима при оформлении рабочей документации, узлов, типовых решений, немоделируемых участков» [72]. Эту задачу решает AutoCAD, который поставляется в комплекте с Revit. Таким образом к BIM-решению необходимо добавлять еще один программный продукт.

В Revit отсутствуют элементы и режимы, упрощающие процесс работы архитекторов, которые присутствуют в ArchiCAD.

Выделим основные недостатки:

- отсутствие взаимосвязи модели и расчетов;

- минимальная взаимозависимость между объектами;
- слабая библиотека объектов;
- отсутствие возможности построения аксонометрических схем;
- отсутствие возможности построения принципиальных схем, спецификаций, по российским стандартам;
- отсутствие инструментов инженерных расчетов.

Как бы то ни было с помощью Revit можно решить множество инженерных задач:

- возможность построения визуальной инженерной модели,
- возможность объединения инженерных моделей с архитектурно-строительными моделями,
- возможность проверки и согласования разработанного проекта,
- возможность создания презентационных материалов.

## **5. Allplan (Nemetschek)**

Является ли Allplan BIM-решением по-прежнему остается вопросом. «В программном продукте модель базируется не на базе данных, а на файловой структуре, а части проекта собираются в модель через внешние ссылки. Этот метод работы характерен для «классических» вертикальных специализированных САПР-инструментов. Но компания Nemetschek позиционирует Allplan именно как BIM-решение, так как в основе модели лежит интеллектуальное взаимодействие объектов, а не черчение» [72].

## **6. AECOsим (Bentley)**

BIM-решение AECOsим включает 2 составляющие:

- AECOsим Building Designer;
- AECOsим Energy Simulator.

AECOsим предоставляет комплекс инструментов, интегрированных в единую среду, которая обеспечивает эффективное проектирование, конструирование, документирование и визуализацию ОКС.

К его преимуществам относится:

- Комплексная интеграция. Библиотека компонентов объекта капитального строительства и рабочие процессы, интегрируются в единую среду проектирования.

- Универсальные инструменты моделирования. создавать объекты практически любых форм, размеров и сложности.

В целом AECOSim является одним из наиболее эффективных существующих BIM-решений.

Сегодня при поиске путей преобразования материально-технической базы для внедрения BIM-технологий российские компании сталкиваются с рядом факторов, значительно усложняющих процесс перехода к новым методам сопровождения и реализации производственных процессов:

- Несоответствие существующих зарубежных решений российским строительным стандартам. В результате чего зачастую возникает необходимость ручной доработки материально-технических средств под российскую реальность и нормативную базу.

- Необходимость переквалификации персонала при переходе от CAD-технологий к BIM.

- Высокая стоимость внедрения BIM-технологий обусловлена техническими требованиями программного обеспечения. Новые программные продукты требуют более мощного оборудования, что приводит к значительному техническому переоснащению компании.

- Внешнеполитические факторы. Несмотря на государственную поддержку внедрения новых технологий, внешнеполитические факторы затрудняют сотрудничество с зарубежными разработчиками и поставщиками.

Оптимальным путем решения проблем стала бы разработка российских аналогов BIM продуктов, что свидетельствует о необходимости реализации программ по импортозамещению в области BIM-технологий. При этом при анализе проблемы импортозамещения в BIM зачастую рассматривают исключительно разработку программного обеспечения, оставляя без внимания вопрос разработки

оборудования и отбрасывая таким образом основополагающее звено. Таким образом, следует выделять два направления отечественных разработок в области информационного моделирования:

- программное обеспечение;
- аппаратный комплекс.

Существуют ли отечественные BIM-решения, способные решить задачи проектирования на должном уровне и решить проблему импортозамещения? Рассмотрим самые популярные отечественные разработки в области программного обеспечения.

### **7. Renga (АСКОН)**

Renga позиционируется является архитектурным решением с возможностью доработки конструкторской и инженерной частей. Сегодня данный программный продукт предназначен в первую очередь для концептуальной проработки и архитектурной части проекта.

Renga имеет все признаки BIM-решения:

- проект представляет собой базу данных, а не набор файлов, а модель является единым файлом, а не совокупностью внешних ссылок;
- данные взаимосвязаны и оказывают взаимное влияние друг на друга;
- виды формируются и обновляются автоматически.

Во многом данное решение аналогично Revit, а значит и слабая сторона этих BIM-решений сходны: отсутствует полноценный 2D-редактор для оформления документации. Сегодня Renga – это перспективный продукт, а значит ожидается развитие продукта как с точки зрения доработки существующих инструментов, так и с позиции дополнения новых функциональных элементов.

### **8. NanoCAD (CSoft Development)**

BIM-решение NanoCAD представляет собой совокупность программных продуктов на базе платформы AutoCAD. В настоящий момент собран пакет приложений, адаптированный под российскую САПР-платформу.

При этом значительная часть данных программных продуктов не может относиться к полноценным BIM-решениям. Многие из них автоматизируют

рутинный труд, либо являются обособленными узкоспециализированными инструментами для решения конкретных задач: Электрика, СКС, ОПС, ВК и Отопление.

Важно отметить, что на данный момент зарубежные компании не могут предложить аналогов данной системы. При этом основное назначение данных пакетов программного обеспечения заключается в выпуске рабочей документации.

«Инженерные решения CSoft Development, переведенны на платформу nanoCAD и предлагают инженерные BIM-решения для следующих специальностей» [72]:

- nanoCAD проектирование охранно-пожарной систем;
- nanoCAD проектирование структурированных кабельных систем;
- nanoCAD ВК проектирование внутренних комплексов;
- nanoCAD проектирование систем отопления.

Таким образом данное BIM-решение позволяет формировать систему из пяти BIM-моделей в рамках специальностей, способных оперировать взаимосвязанными элементами, включая расчеты и обновления внесении правок в проект [72].

## **9. Полином (НЕОЛАНТ)**

Программный продукт Полином разработан группой компаний «НЕОЛАНТ» с учетом всестороннего анализа технологий, характеристик, узких мест западных платформ, собственного опыта их интеграции, внедрения, использования и адаптации к российским реалиям, а также требования и особенности проектирования промышленных объектов на территории РФ. К сильным сторонам Полином можно отнести:

- реализация системы на российском геометрическом 3D ядре, что не требует наличия сторонних САД-платформ.
- бесшовная интеграция с InterBridge ПОЛИНОМ воспринимает файлы форматов всех распространенных российских и иностранных 3D систем
- специально разработанные механизмы оперативной визуализации,

манипуляции и синхронизации «тяжелых» информационных 3D моделей ПОЛИНОМ не требует для своей работы мощного оборудования.

Однако в составе модулей Полином входят преимущественно инструменты, связанные с инженерией, при этом большинство из них требует серьезной доработки.

Сегодня «от 70 до 90% компьютерных программ, которые используются при проектировании, импортные» [72]. Сравним полноту задач, решаемых зарубежными BIM-решения, применяемые в России, с отечественными аналогами, используемыми при разработке проекта. При анализе разделим существующие BIM-решения на 2 типа:

- истинные BIM-решения – решения которые включают инструменты обязательного универсального трехмерного параметрического моделирования, в том числе обладающие «качественными средствами импорта-экспорта с сохранением результатов в централизованную базу данных» [72];
- BIM-решения с допущениями – решения, которые не обладают полным набором инструментов, но решают отдельные задачи.

Не существует программного продукта, полностью удовлетворяющего всем потребностям участников производственных процессов на определенной стадии проекта, и тем не менее среди них можно выделить BIM-решения, которые наиболее полно решают требуемые задачи. Результаты анализа существующих BIM-решений представим в виде диаграммы (Рисунок 25). Как видно из графика, существующие отечественные BIM-решения на данный момент уступают зарубежным аналогам, прежде всего с точки зрения областей применения. Однако в отдельных областях российские разработчики могут предложить продукты, способные составить достойную конкуренцию зарубежным аналогам.

На основе анализа коммерческих предложений сравним стоимость лицензии рассмотренных BIM-решений на 1 рабочее место на 1 год (Рисунок 26). На графике видно, что закупка зарубежного программного обеспечения обойдется компании в разы дороже, а его стоимость в России напрямую зависит от курса доллара.

Сегодня ключевым фактором эффективности применения BIM-технологий

является **интероперабельность информации**. Именно поэтому важнейшим критерием при выборе специального программного обеспечения является **формат данных**.

Проектные компании все чаще предпочитают открытые стандарты OPEN BIM и формат IFC, так как он не зависит от конкретных компаний-разработчиков. Данный формат обеспечивает достаточную гибкость данных и непрерывно развивается.

**OPEN BIM** является универсальным подходом к процессам проектирования, строительства и эксплуатации ОКС, основанный на открытых рабочих процессах и стандартах. К инициативе OPEN BIM присоединились ведущие разработчики программного обеспечения такие, как Nemetschek, GRAPHISOFT, Vectorworks, Allplan, SCIA, Trimble, Tekla и Data Design System. В основе подхода OPEN BIM лежит открытая модель данных building SMART.

**Industry Foundation Classes (IFC)** – открытый формат данных, разработанный для упрощения процессов обмена информацией в инвестиционно-строительной отрасли.

«В марте 2015 года экспертный совет при правительстве РФ завершил отбор пилотных проектов и к концу года провел их экспертизу. Минстроем России были сформулированы требования для применения технологий информационного моделирования, также был подготовлен и направлен на утверждение в правительство перечень документов, которые необходимо разработать или изменить. Сейчас стандарты OPEN BIM и открытый формат IFC взяты за основу государственными структурами РФ» [77].

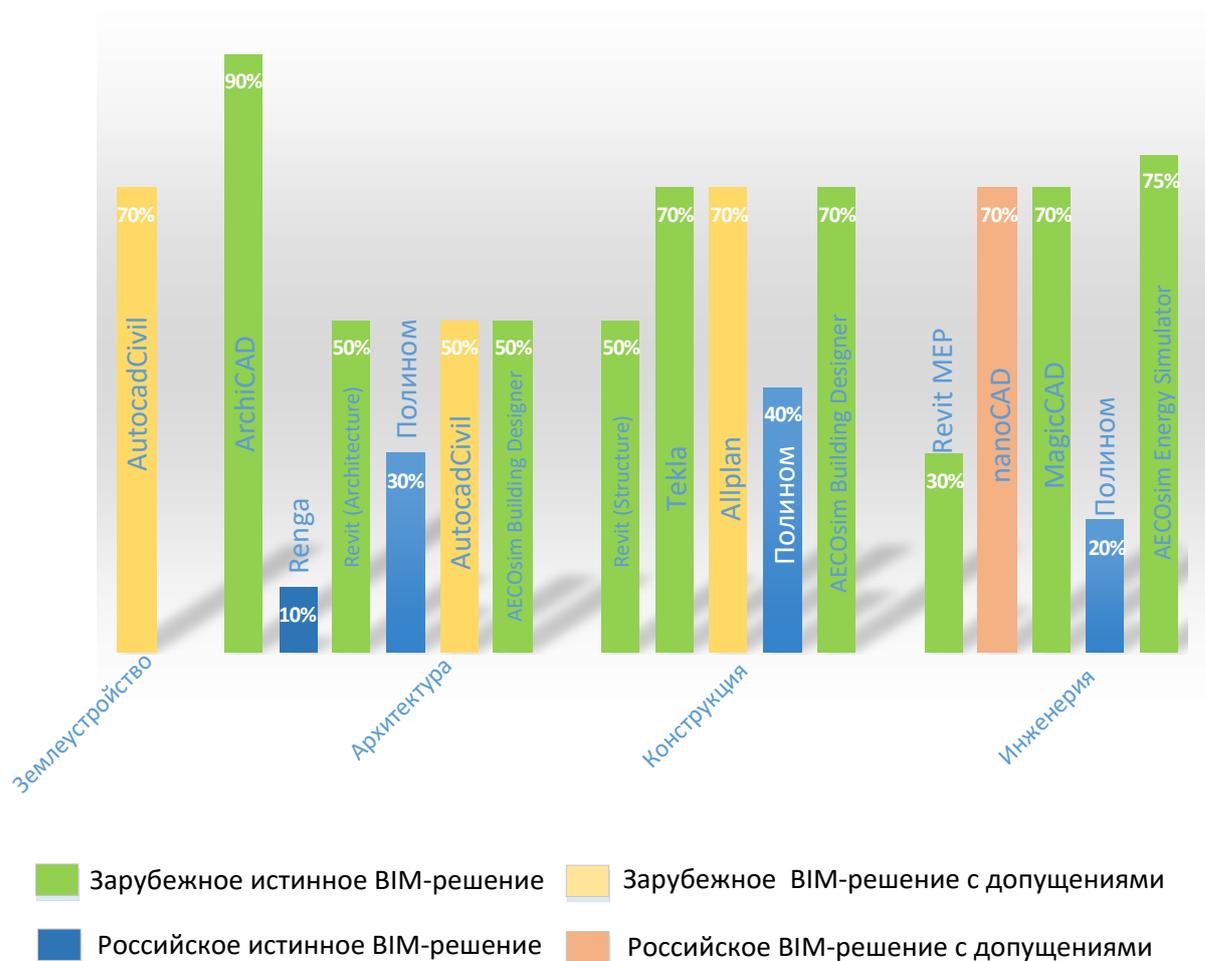


Рисунок 25 – Существующие BIM-решения и полнота решаемых ими задач

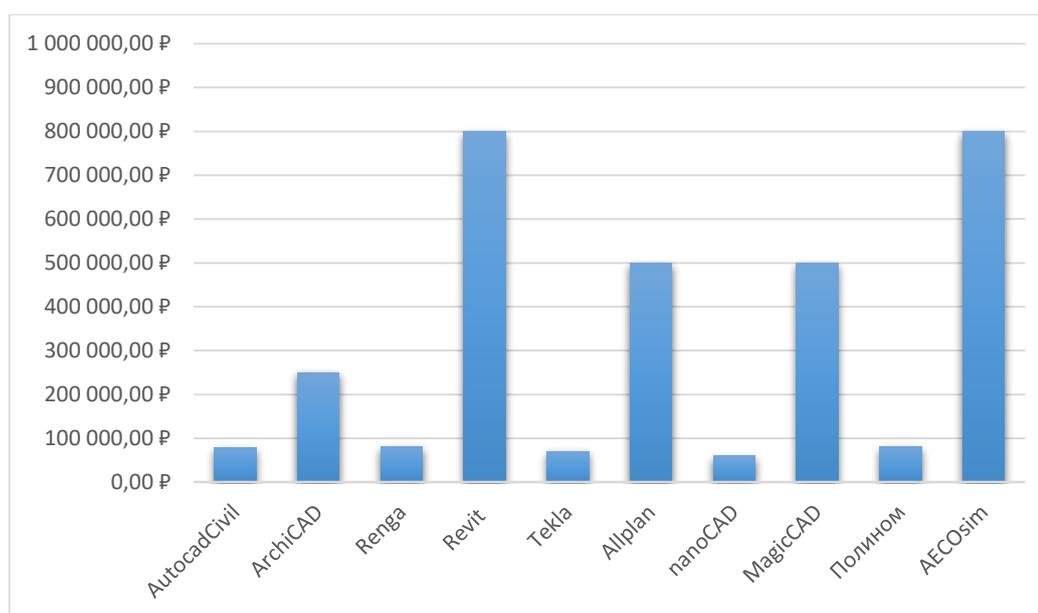


Рисунок 26 – Стоимость лицензии BIM-решений на 1 рабочее место на 1 год

### **3.2.2 Анализ эффективности аппаратной оставляющей технологий информационного моделирования**

Выбранное программное обеспечение во многом определяет направление дальнейших процессов внедрения BIM-технологий. Прежде всего это касается **оборудования, способного обеспечить работоспособность всего программного комплекса BIM-решений.**

К оборудованию, необходимому для полноценной реализации потенциала BIM-технологий относятся:

- персональные компьютеры (ПК);
- внешние периферийные устройства.

Персональные компьютеры являются основой аппаратного комплекса BIM-технологий, так как без них невозможно применение программных BIM-решений. При этом технологическая ресурсоемкость программных решений BIM-технологий варьируется в зависимости от роли пользователя и поставленных перед ним задач, однако в целом данные программные продукты требуют ПК высокой производительности. Так, для комфортной работы со специальным программным обеспечением BIM необходимы компьютеры способные выполнять не менее 180 тыс. операций в секунду (180 Gflops).

В настоящее время оборудование, представленное на рынке российскими производителями, по многим техническим характеристикам уступает зарубежным аналогами. Более того, в большинстве персональных компьютеров, позиционирующихся как отечественные, так или иначе применяются зарубежные комплектующие. В то же время пиковая производительность персональных компьютеров отечественного производства, разработанных без применения зарубежных комплектующих не достигает показателей, необходимых для комфортной работы с BIM-инструментами (Рисунок 27)

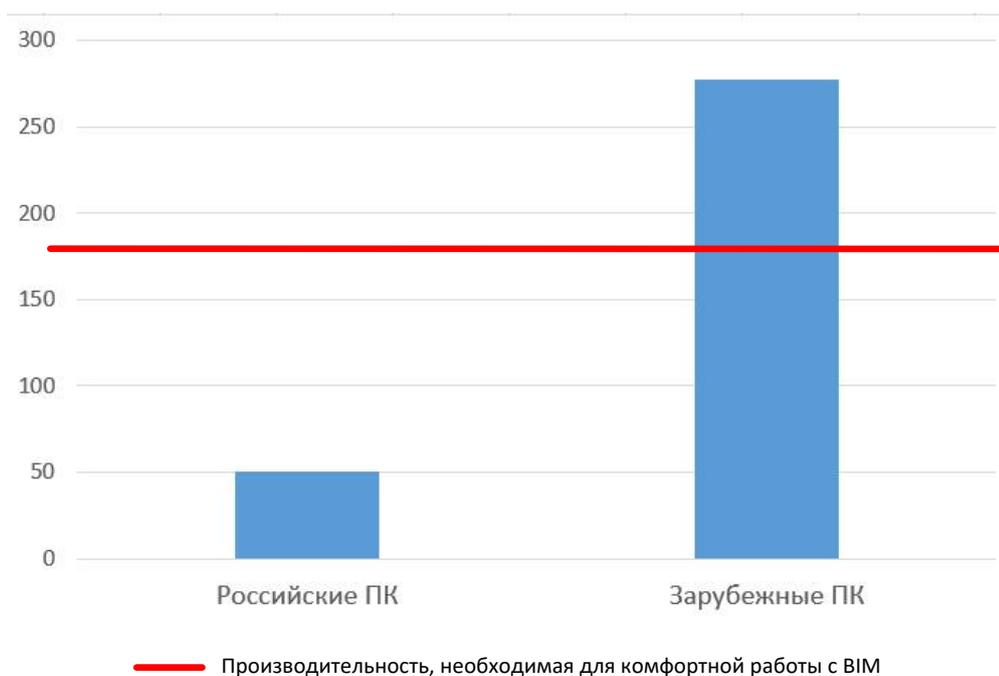


Рисунок 27 – Производительность зарубежных и российских ПК (тыс. операций в секунду)

Стоимость компьютеров российского производства превосходит стоимость зарубежных ПК с аналогичными техническими характеристиками более чем в 2 раза (Рисунок 28).

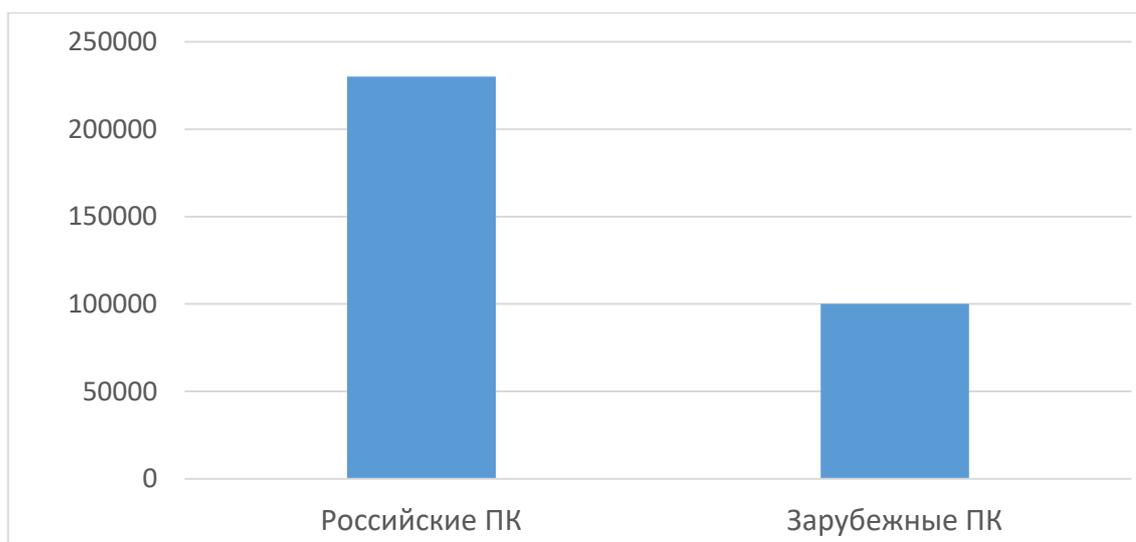


Рисунок 28 – Сравнение стоимости российских и зарубежных ПК (руб.)

Второй составляющей аппаратного комплекса, позволяющей в полной мере использовать преимущества технологий информационного моделирования, являются внешние периферийные устройства, к основным из них относятся:

1. Сканеры.
2. 3D-сканеры.
3. Принтеры.
4. 3D-принтеры.
5. Квадрокоптеры (дроны).

1. **Сканеры** – применяются для преобразования изображений, чертежей и документов в цифровой формат. При этом ключевым требованием является возможность сканирования документов широкого формата, а также высокое качество выходных цифровых материалов. Сегодня рынок предлагает широкий выбор сканеров, отвечающих данным требованиям, в том числе продукты российского производства.

2. **3D-сканеры** - используются для считывания форм объемных объектов с применением геодезической методики измерения, позволяющей создавать доподлинную 3D-модель объекта, представляющую его множеством точек, имеющих собственные координаты в пространстве. Лазерный сканер измеряет координаты точек поверхности объекта, создавая "облако точек", впоследствии преобразуемое в трехмерную модель объекта, 2D-чертеж, набор сечений или исходные данные для разработки BIM-модели. Ключевыми параметрами 3D-сканера для эффективной работы с информационной моделью является диапазон измерений и точность виртуальной копии.

На сегодняшний день оптимальным выбором, в соотношении цены и производительности считается профессиональный 3D сканер FARO Focus 3D производства Великобритании, стоимость которого составляет около 4 млн руб. При этом российские производители пока не могут предложить отечественных аналогов с подобными характеристиками.

3. **Принтеры** – применяются для вывода текстовой или графической

информации, подготовки документации в печатном виде. При этом необходимы оборудование, способное решать задачи как по широкоформатной печати, так и печати документов формата А4. Сегодня на рынке представлены зарубежные печатающие устройства высокого качества по различным ценам, поэтому компания может выбрать устройство в любом ценовом диапазоне. Более того, как правило проектные компании имеют принтеры, способные решать все необходимые задачи, еще до принятия решения о внедрении ВІМ.

На данный момент принтеров полностью российского производства не существует. Однако к середине 2018 г. в промышленное производство выйдет первое российского офисное multifunctional устройство (МФУ — сочетание принтера, сканера и ксерокса) «Катюша». Поэтому говорить о технических характеристиках и возможностях данного продукта пока рано.

4. **3D-принтеры** – применяются для послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели для эффективной оценки деталей и масштаба. Физическая модель позволяет архитекторам говорить на языке, понятном заказчику. Заказчик же получает возможность оценить проект, воспринять его с учетом всех тонкостей.

От качества информационной модели объекта зависит степень заинтересованности заказчиков, клиентов, потенциальных инвесторов. Макетирование традиционными методами — процесс длительный, трудоемкий и весьма дорогой. Технология 3D-печати позволяет значительно уменьшить сроки изготовления макета, улучшить качество, максимально приближая его к оригиналу. При этом основная часть работы по проектированию ведется на компьютере с использованием современных программных средств 3D-моделирования.

К основным преимуществам 3D-печати макетов относятся:

- скорость изготовления - всего несколько часов работы 3D-принтера заменяют 2-3 месяца ручного труда;
- низкая стоимость производства - используется специальный доступный материал к на основе гипса;

- готовые модели не требуют окраски, 3D-печать полностью повторяет любые оттенки и цвета;
- высокое качество 3D-печати - толщина слоя от 90 микрон, до 390 000 цветов, разрешение 600x540 dpi;
- наглядность образца.

3D-принтер должен соответствовать техническим требованиям, обеспечивающим возможность создания макетов требуемой точности. При выборе принтера необходимо ориентироваться прежде всего на скорость позиционирования и точность позиционирования, а также рабочую скорость оборудования. Также все чаще применяются строительные 3D-принтеры, способные «печатать» полноразмерные строительные объекты или их элементы.

Оптимальным выбором строительного 3D-принтера является устройство китайского производства APIS COR, стоимость которого составляет. Стоимость российского аналога - 2 450 000 рублей.

**5. Квадрокоптеры (дроны)** применяются для решения задач по оптимизации контроля качества и стоимости строительства. Данные, полученные при воздушной съемке, позволяют создать информационную модель, увидеть и спрогнозировать нарушения или недочеты проекта, предотвратить лишние затраты или превышение сроков. В частности, уже сегодня видео-данные можно загружать в целой линейке продуктов Autodesk: Infracore, Navisworks, Civil 3D, Revit, ReCap и других.

Важно отметить, что в случае с квадрокоптерами российские производители уже сегодня готовы составить достойную конкуренцию зарубежным разработчикам. При этом цена также сопоставима: стоимость квадрокоптера российского или зарубежного производства способного решить минимальные задачи BIM составляет приблизительно 150 000 руб.

При сравнении технических параметров и стоимости оборудования российского и зарубежного производства (Рисунок 29) можно сделать выводы о том, что на данный момент не во всех областях возможно импортозамещение

зарубежных устройств ввиду отсутствия российских аналогов. А при их наличии необходимо проводить анализ стоимости, так как в большинстве случаев стоимость российского оборудования значительно превосходит стоимость зарубежного оборудования с аналогичными техническими характеристиками.

Таким образом, на данный момент рано говорить о возможности полноценного импортозамещения при внедрении BIM-технологий в российских компаниях, поэтому в настоящее время используются разнообразные программно-технические платформы, в том числе удаленные дата-центры и «облачные» архитектуры.

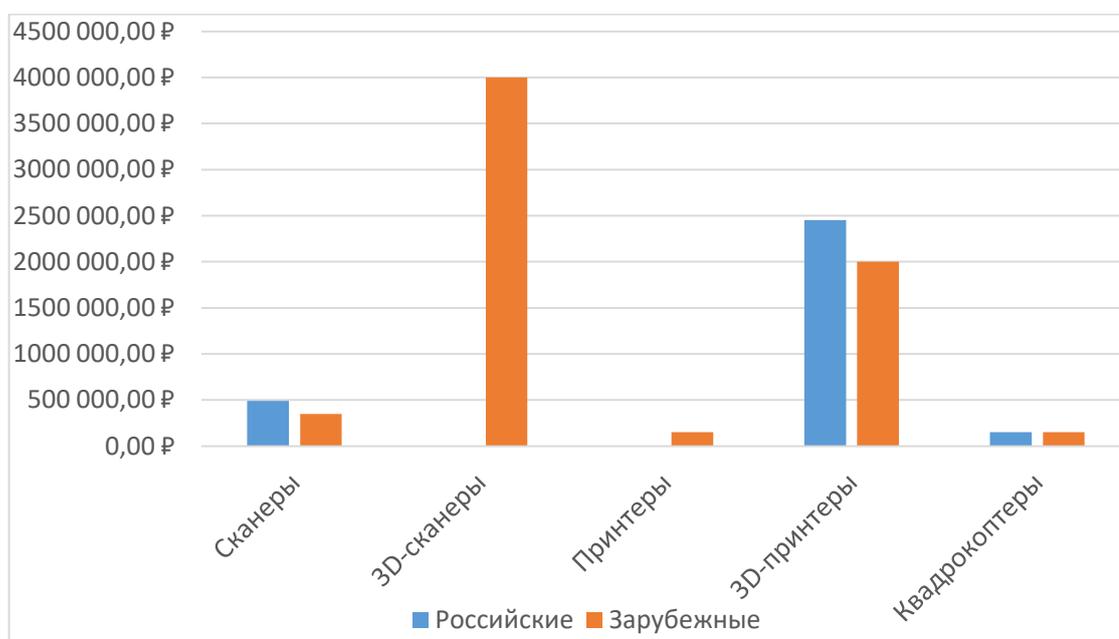


Рисунок 29 – Сравнение стоимости российских и зарубежных периферийных устройств (руб.)

### 3.2.3 Облачное пространство как информационная среда технологий информационного моделирования

BIM-технологии – это комплексный набор инструментов и средств, обеспечивающий разработку и воспроизведение хорошо скоординированной, согласованной и взаимосвязанной единой цифровой информационной модели строительного объекта.

Правильная **организация потока информации** на разных стадиях ЖЦ объекта обеспечивается:

- BIM-стандартами;
- классификаторами всех видов строительных ресурсов и элементов строительной продукции;
- уровнем реализации процессов создания и управления потоками данных;
- унифицированными регламентами информационного моделирования на основе согласованных библиотек структурированной информации.

Значительной статьёй расходов при внедрении BIM-технологий становятся инвестиции в развитие программно-технической инфраструктуры компании в целях создания условий повышения интероперабельности данных [42].

Таким образом, разрабатывается **единая информационная среда**, способная обеспечить «бесшовную» реализацию всех бизнес-процессов в компании (CDE - Common Data Environment).

В основе такой информационной среды лежит управляющий программный модуль, позволяющий визуализировать процесс разработки информационной модели и в режиме реального времени контролировать все этапы проектирования, в том числе отслеживать возникновение коллизий и проблемных участков. С технической точки зрения такая платформа может представлять собой **облачный дата-центр** (центр обмена данными - ЦОД) с серверами, вычислительные мощности которых задействованы для создания высокопроизводительного виртуального рабочего окружения.

Сегодня существует два пути формирования информационной среды, обеспечивающей поддержку BIM-процессов:

- 1) создание корпоративного дата-центра, предназначенного для обслуживания деятельности конкретной компании;
- 2) аренда дата-центра облачного провайдера (коммерческий), предоставляющего услуги компаниям на условиях аутсорсинга.

В первом случае возникает потребность в установке дорогостоящих

серверов, зачастую имеющих нестандартную архитектуру в результате адаптации к особенностям реализации ВІМ-процессов в компании. Это приводит к росту стоимости оснащения корпоративного дата-центра для реализации ВІМ-процессов (Таблица 5).

Таблица 5 – Стоимость оснащения корпоративного дата-центра\*

Элемент	Стоимость
Почтовый сервер	280 000 руб.
Сервер приложений	600 000 руб.
Сервер баз данных	580 000 руб.
Веб-сервер	250 000 руб.
Коммутатор	1 710 000 руб.
Межсетевой экран/VPN	100 000 руб.
<b>Итого</b>	<b>1 860 000 руб.</b>

Кроме того, стоимость ИТ-инфраструктуры не ограничивается только ее закупочной ценой, также следует учитывать затраты на ее эксплуатацию и администрирование, обеспечивая при этом уверенность в высокой доступности и отказоустойчивости (Таблица 6).

Таблица 6 – Затраты на эксплуатацию и администрирование корпоративного дата-центра\*\*

Статья расходов	Стоимость
Аренда серверного помещения	13 000 руб./мес.
Плата за электроэнергию	12 000 руб./мес.
Обслуживание (ФОТ администратора)	35 000 руб./мес.
<b>Итого</b>	<b>60 000 руб./мес.</b>

\* Приведена средняя стоимость оборудования, отвечающего требованиям ВІМ-процессов

\*\* Приведена средняя стоимость по России

До недавнего времени, второе направление – услуги по предоставлению аренды серверов и облачных сервисов были редкостью. Сегодня же они представляют различные виды сервисов, набирают все большую популярность. Так, за 2016 год это направление выросло на 100%. Оценка затрат на аренду дата-центра облачного провайдера приведена в таблице 7 [42].

Таблица 7 – Затраты на аренду дата-центра облачного провайдера\*\*\*

Элемент	Стоимость
Почтовый сервер	15 900 руб./мес.
Сервер приложений	29 700 руб./мес.
Сервер баз данных	28 000 руб./мес.
Веб-сервер	13 000 руб./мес.
<b>Итого</b>	<b>86 600 руб./мес.</b>

Для облачных провайдеров чрезвычайно важно быстрое и гибкое масштабирование как программного обеспечения, так и аппаратной платформы. Поэтому они в основном применяют серверы и программного обеспечения стандартной архитектуры с развитым слоем виртуализации под требования пользователей.

Выделим основные преимущества облачных сервисов:

1. Оптимизация расходования ИТ-бюджетов компании за счет использования облачных сервисов.
2. Оперативность получения готового сервиса, все рабочие функции доступны сразу, что позволяет начать работать немедленно вне зависимости от сложности программного обеспечения.
3. Сокращение затрат на поддержку собственной инфраструктуры в результате отсутствия необходимости обновления программного обеспечения,

---

\*\*\* Приведена средняя стоимость по России

мониторинга работы системы и ее администрирования.

4. Возможность аренды не только вычислительной среды, но и специального программного обеспечения BIM-инструментария (виртуальных рабочих мест).

Сегодня активно развивается сфера услуг по предоставлению в аренду виртуальных рабочих мест. В такой услуге могут быть заинтересованы компании, которые хотели бы изучить и опробовать возможности того или иного решения в области информационного моделирования прежде, чем провести оценку целесообразности его приобретения. Компании могут арендовать 2-5 рабочих мест и использовать их, не рискуя средствами. В среднем такая услуга обойдется заказчику примерно в 10-20 тыс. рублей в месяц.

Именно отдавая предпочтение аренде виртуальных рабочих мест, компания получает возможность оперативного масштабирования и организации работ, затрачивая средства только на аренду настроенных рабочих мест. Преимущества такого подхода в первую очередь станут ощутимыми для малого и среднего бизнеса, процессы перехода на новые технологии в них будут менее болезненны и не так затратны.

При оценке и сравнении стоимости покупки и поддержания собственной ИТ-инфраструктуры и аренды дата-центра облачного провайдера следует учитывать фактор дисконтирования, а значит совокупность финансовых затрат с течением времени будет существенно снижаться (Рисунок 30).

Выбор в пользу аренды облачного пространства позволяет экономить, прежде всего, на начальных этапах проекта внедрения BIM-технологий и не превышать практические расходы на протяжении всего срока эксплуатации оборудования. Фактическая экономия при аренде дата-центра облачного провайдера на длительный период составляет более 25%.

Важнейшую роль в процессе информационного моделирования играют библиотеки структурированной информации элементов строительной продукции. На основе библиотек не только формируются модели зданий, но и происходит накопление нужной информации для повторного использования при

проектировании.

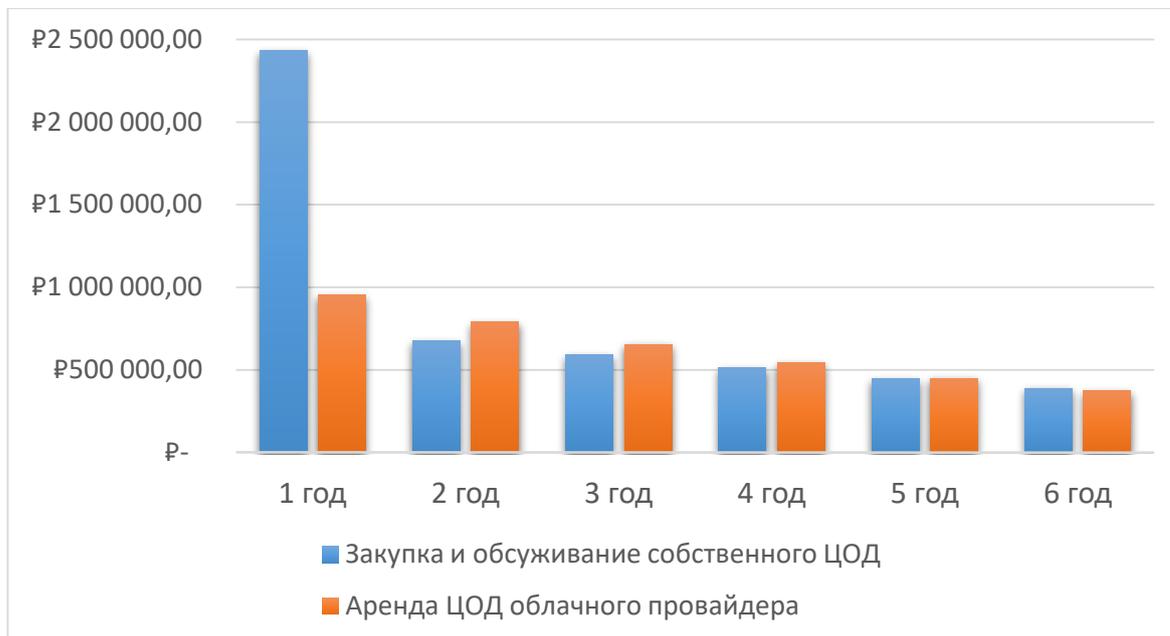


Рисунок 30 – Сопоставление затрат на покупку и обслуживание собственного дата-центра и аренды дата-центра облачного провайдера

Выделим основные пути создания параметрических библиотек элементов:

- 1) разработка самими пользователями в процессе работы над конкретными проектами;
- 2) целенаправленное предварительное формирование для использования при внедрении BIM-технологий в рамках одной компании;
- 3) создание производителями строительных изделий и оборудования для собственной линейки изделий компании;
- 4) создание производителями специального программного обеспечения в качестве приложения к своим программным BIM-инструментам.

Выбор облачного пространства не только экономит собственные компьютерные ресурсы, но и обеспечивает определенный сервис в поиске и работе с информацией. Кроме этого, применение централизованных хранилищ или сайтов производителей изделий и материалов гарантирует актуальность информации.

Таким образом, размещение данных в дата-центрах облачных провайдеров решает множество инженерных и организационных задач, избавляя пользователей сервисов от значительных капитальных и операционных расходов, а также обеспечивает оптимальные условия для эффективной реализации ВІМ-процессов.

### **3.3 Механизмы внедрения технологий информационного моделирования**

Организационно-экономические механизмы перехода на технологии информационного моделирования представляют собой разноуровневую иерархическую систему основных взаимосвязанных между собой элементов и их типовых групп (субъектов, объектов, принципов, методов и инструментов и т.п.), а также способов их взаимодействия, включая интеграцию и дезинтеграцию, в ходе и под влиянием которых систематизируются экономические отношения государства, собственников (участников и акционеров), и персонала, включая представителей высшего менеджмента корпорации, и потребителей (Рисунок 31) [79].

Организационно-экономические механизмы внедрения информационного моделирования в проектных компаниях формируется под влиянием деятельности самой компании, а также в значительной степени под влиянием деятельности государства. Рекомендуемая структура организационно-экономических механизмов внедрения ВІМ приведена в таблице 8 [79].

Если рассматривать деятельность государства в области внедрения ВІМ-технологий, то в качестве наиболее эффективных рекомендуется рассматривать механизмы, приведенные на рисунке 32 [79].

Целевой бюджетный фонд – это фонд денежных средств на внедрение информационного моделирования, образуемый в соответствии с законодательством Российской Федерации в составе отдельной сметы. Средства целевого бюджетного фонда не могут быть использованы на цели, не связанные с

переходом на BIM [79].



Рисунок 31 – Механизм реализации стратегии перехода на информационное моделирование

Таблица 8 – Рекомендуемая структура организационно-экономических механизмов внедрения BIM

Вид организационно-экономических механизмов	Основное содержание	Ключевые инструменты/регуляторы
Организационные механизмы внедрения информационного моделирования	Механизмы обеспечения действия относительно обособленных направлений управленческой деятельности, то есть определенных функций управления, представляющий собой систему, и/или совокупность элементов, методов, форм, способов, правил, процедур управления и принятия	1. Структурные механизмы: <ul style="list-style-type: none"> <li>– моделирования структуры компании,</li> <li>– формирование организационной структуры компании.</li> </ul> 2. Организация планирования и управления: <ul style="list-style-type: none"> <li>– стратегическое и оперативное планирование,</li> <li>– формирование стратегий и стратегических программ внедрения технологий информационного моделирования,</li> </ul>

	решений [79]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка бизнес-планов внедрения технологий информационного моделирования,</li> <li>– бюджетирование проектов внедрения технологий информационного моделирования.</li> </ul> <p>3. Механизм контроля.</p> <p>4. Организация технико-технологического управления.</p>
Экономические механизмы внедрения информационного моделирования	Систематическое действие экономических и финансовых рычагов, которое выражается в планировании, организации и стимуляции использования финансов [79]	<p>1. Механизм конкуренции.</p> <p>2. Механизм ценообразования.</p> <p>3. Механизм самофинансирования инвестиций в проект внедрения технологий информационного моделирования в т. ч.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– реинвестирование нераспределенной прибыли,</li> <li>– накопление амортизации,</li> <li>– использование взносов учредителей.</li> </ul> <p>4. Механизм государственного регулирования процессов перехода на информационное моделирование.</p> <p>5. Механизм заемных средств для перехода на информационное моделирование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использование кредитов и иностранных инвестиций,</li> <li>– лизинг,</li> <li>– венчурное финансирование,</li> <li>– инвестирование средств, получаемых от размещения эмитируемых предприятиями акций.</li> </ul>

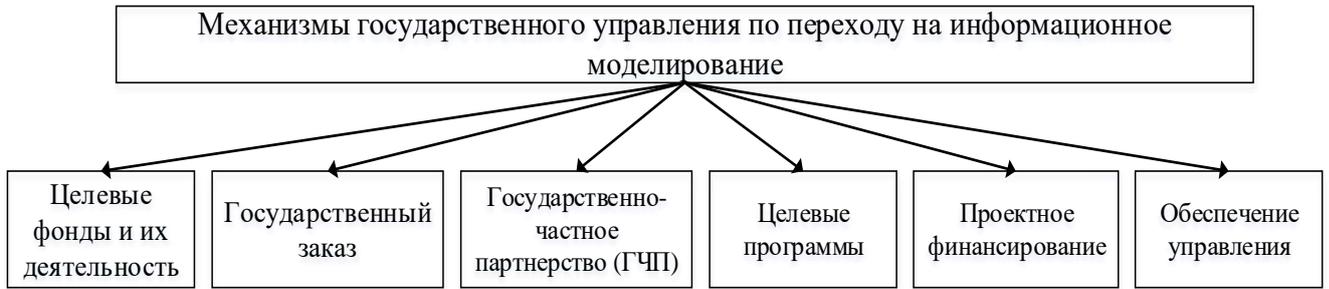


Рисунок 32 – Рекомендуемые механизмы государственного управления переходом на информационное моделирование

Государственный заказ — это заказ на выполнение работ за счет средств федерального бюджета. Заказчиком может выступать государство, муниципалитет или предприятия, имеющие статус госзаказчика, в связи с этим, различают разные типы государственных заказов [79].

Другим важным направлением государственной деятельности по поддержке внедрения информационного моделирования является государственно-частное партнерство (ГЧП), которое способно дополнить механизм проектного финансирования, но остается недостаточно развитым. Нормативно-правовые акты субъектов РФ содержат формы партнерства, не предусмотренные федеральными законами, часто затрагивая полномочия федерального законодателя. Такая разрозненность приводит к тому, что заключенные соглашения о ГЧП в любой момент можно оспорить, что создает нестабильную ситуацию для инвесторов [79].

Введение Федеральных целевых программ (ФЦП) в практику бюджетного процесса преследовало две основные задачи: сориентировать расходование бюджетных средств на внедрение технологий информационного моделирования и обеспечить эффективное взаимодействие различных ведомств и негосударственных игроков для получения этих результатов. При этом часть проектов ФЦП может быть профинансирована государством на возвратной основе при условии строго целевого использования средств [79].

Именно механизм проектного финансирования представляет собой самостоятельное направление в области программ государственной финансовой

поддержки, в т.ч. развития информационного моделирования, при этом погашение привлеченных денежных средств, происходит только за счет денежного потока, генерируемого проектом, без регресса или с ограниченным регрессом на инициаторов проекта [79].

Механизм обеспечения управления включает в себя нормативно-правовое, законодательное, методическое и информационное управление [79].

Предложенная схема внедрения технологий информационного моделирования в проектной компании представлена в виде цепочки процессов в нотации EPC (Event-Driven Process Chain) (Рисунок 33).

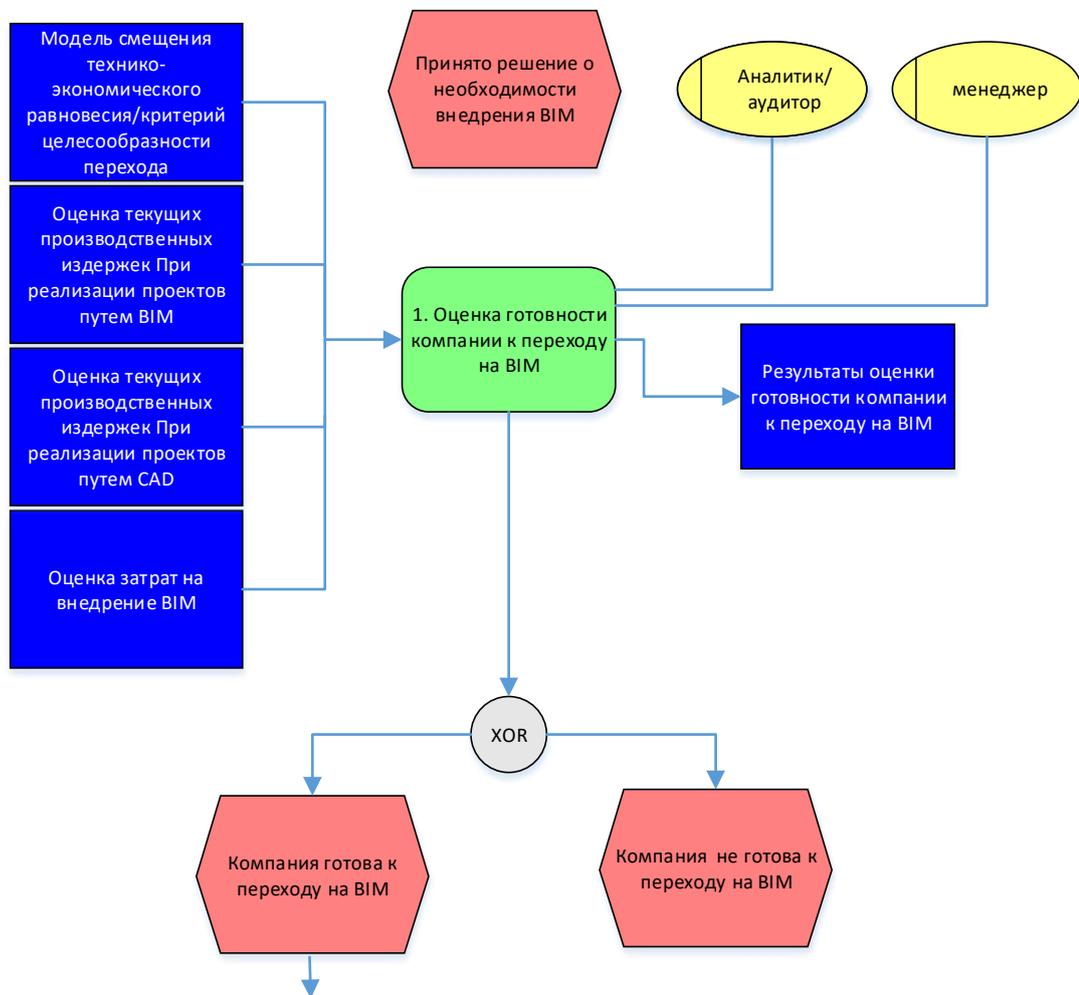


Рис.33.2

Рисунок 33.1 – Схема внедрения технологий информационного моделирования

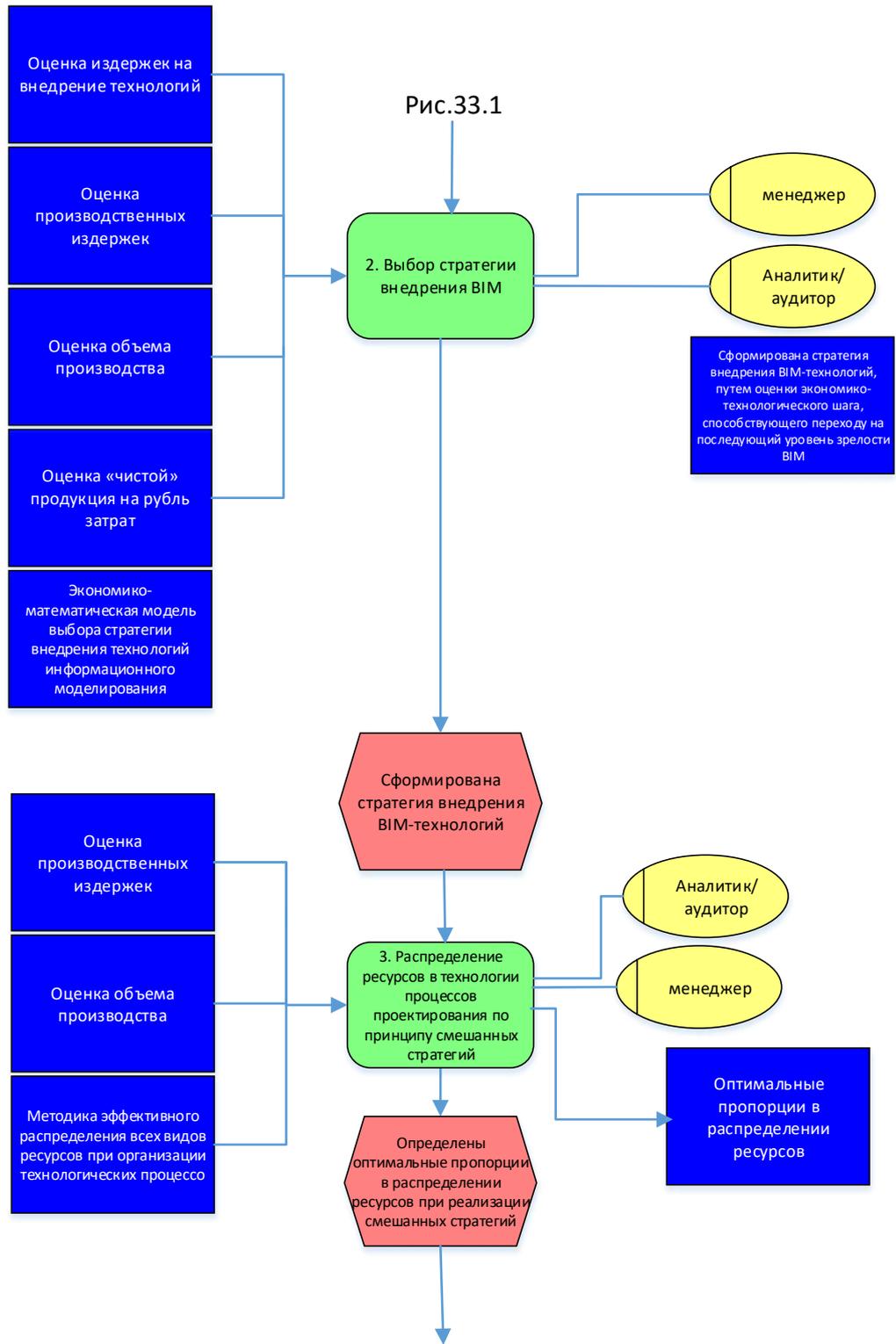


Рисунок 33.2 – Схема внедрения технологий информационного моделирования (продолжение)

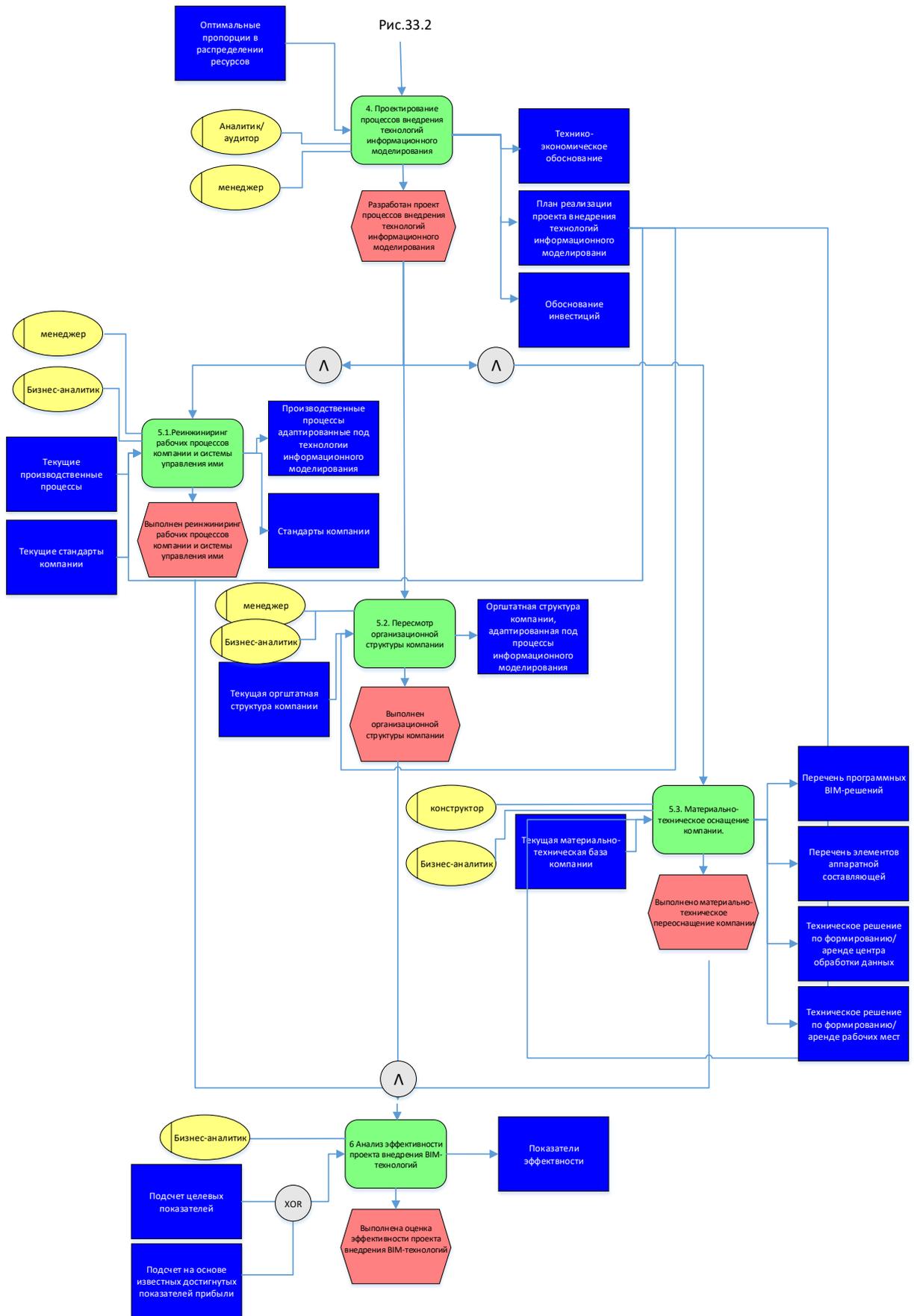


Рисунок 33.3 – Схема внедрения технологий информационного моделирования (продолжение)

### **3.4 Расчеты, подтверждающие эффективность разработанных предложений**

Апробация предложенных методик и механизмов осуществлялась на примере компании ООО МК «СтройПроектТехнологии», успешно осуществившей переход на технологии информационного моделирования и эффективно применяющей BIM-технологии в производственной деятельности. ООО МК «СтройПроектТехнологии», г. Киров осуществляет работы по архитектурно-строительному проектированию.

Процессы внедрения технологий информационного моделирования в производственную деятельность компании планировалось осуществить в течение 1 года в период с мая 2014 г. по май 2015 г. В Приложении Г приведен годовой бюджет доходов и расходов компании за данный период.

При анализе этапов внедрения технологий информационного моделирования согласно предложенному механизму рассматривались процессы разработки проектов типовых промышленных зданий площадью приблизительно равной 10000 м<sup>2</sup>.

#### **3.4.1 Оценка готовности компании к переходу на технологии информационного моделирования**

Согласно предложенному механизму внедрения технологий информационного моделирования (Рисунок 33) компания прежде всего принимает решение о целесообразности перехода к BIM-технологиям. Для этого была проведена оценка эффективности внедрения технологий информационного моделирования объектов капитального строительства на рассматриваемой стадии развития компании (Таблица 9). Расчеты, приведенные в таблице 9 базируются на данных годового бюджета доходов и расходов ООО МК «СтройПроектТехнологии» в период с мая 2014 г. по май 2015 г.

Таблица 9 – Оценка эффективности внедрения технологий информационного моделирования ОКС в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

Показатель	Значение
Время (рассматриваемый период) (t), лет	2
Период времени (горизонт планирования), в течение которого компания предполагает окупить произведенные капитальные издержки ( $\tau$ ), лет	1
Удельные текущие производственные издержки при применении САД (за рассматриваемый период) ( $c_s(t)$ ), руб.	6 867 237,03
Удельные текущие производственные издержки при применении BIM (за рассматриваемый период) ( $c_n(t)$ ), руб.	3 127 932,07
Издержки на внедрение BIM-технологий ( $I_{BIM}$ ), руб.	1 991 996,63
Экономия на удельных текущих производственных издержках при применении BIM –технологий (за рассматриваемый период) ( $\int_0^{\tau} [c_s(t) - c_n(t)]x(t)dt$ ), руб.	3 739 305,96

Условие перехода к новому технологическому укладу (2) выполняется, а значит решение ООО МК «СтройПроектТехнологии» о переходе на технологии информационного моделирования является оправданным в условиях смещения экономико-технологического равновесия.

#### 3.4.2 Выбор стратегии внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

При переходе на технологии информационного моделирования ООО МК «СтройПроектТехнологии» последовательно проходило три уровня зрелости BIM-процессов. При выборе стратегии внедрения технологий информационного моделирования был проведен анализ ключевых показателей, базирующихся на данных годового бюджета доходов и расходов ООО МК «СтройПроектТехнологии» в период с мая 2014 г. по май 2015 г. Рассматриваемые показатели приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели деятельности компании, значимые при выборе стратегии внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

Показатель	Значение
Издержки на внедрение технологий при переходе от 2D к 3D (стоимость оборудования и программного обеспечения) ( $I_1$ ), руб.	848 701,09
<i>преобразование производственных процессов</i>	<i>518 728,34</i>
<i>преобразование организационной структуры компании</i>	<i>329 972,75</i>
<i>материально-техническое оснащение</i>	-
Издержки на внедрение технологий при переходе от CAD к BIM (стоимость оборудования и программного обеспечения) ( $I_r$ ), руб.	954 539,95
<i>преобразование производственных процессов</i>	<i>259364,17</i>
<i>преобразование организационной структуры компании</i>	<i>329972,75</i>
<i>материально-техническое оснащение</i>	<i>365203,03</i>
Издержки на развитие BIM (стоимость оборудования и программного обеспечения) ( $I_n$ ), руб.	1 473 268,29
<i>преобразование производственных процессов</i>	<i>259 364,17</i>
<i>преобразование организационной структуры компании</i>	<i>695 175,78</i>
<i>материально-техническое оснащение</i>	<i>518 728,34</i>
Производственные издержки при использовании CAD, на 1 проект ( $c_i$ ), руб.	1 698 089,26
Производственные издержки при переходе от 2D к 3D на 1 проект ( $c_l$ ), руб.	874 044,63
Производственные издержки при переходе от CAD к BIM на 1 проект ( $c_r$ ), руб.	221 579,89
Производственные издержки при применении BIM на 1 проект ( $c_n$ ), руб.	89 503,72
Объем производства при применении CAD ( $Q_i$ ), руб.	40 076 300,00
Объем производства при переходе от 2D к 3D ( $Q_l$ ), руб.	61 080 005,00
Объем производства при переходе от CAD к BIM ( $Q_r$ ), руб.	84 020 046,00
$Q_n$ -Объем производства при применении BIM, руб.	156 384 050,00
Чистая продукция на рубль затрат при применении CAD ( $i$ ), руб.	0,27
Чистая продукция на рубль затрат при переходе от 2D к 3D ( $l$ ), руб.	0,52
Чистая продукция на рубль затрат при переходе от CAD к BIM ( $r$ ), руб.	2,06
Чистая продукция на рубль затрат при применении BIM ( $n$ ), руб.	5,10

## Продолжение таблицы 10

Экономико-технологический шаг при переходе на уровень 1 зрелости технологий информационного моделирования ( $m_1$ ), руб.	0,25
Экономико-технологический шаг при переходе на уровень 2 зрелости технологий информационного моделирования ( $m_2$ ), руб.	1,54
Экономико-технологический шаг при переходе на уровень 3 зрелости технологий информационного моделирования ( $m_3$ ), руб.	3,04
Коэффициент удорожания оборудования и программного обеспечения ( $g$ )	1,12
Коэффициент понижения производственных издержек при переходе от 2D к 3D ( $k_1$ )	0,25
Коэффициент понижения производственных издержек при переходе от CAD к BIM ( $k_2$ )	0,40
Коэффициент понижения производственных издержек при применении BIM ( $k_3$ )	0,51

На каждом уровне зрелости процессов информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии» экономико-технологический шаг определялся как наращение эффективности реализации технологий при переходе от одного уровня зрелости BIM-процессов к последующему, т.е. увеличение «чистой» продукция на рубль затрат (стоимость продукции без учета материальных затрат). При этом при переходе от 2D к 3D технологический шаг  $m$  не превышал единицу, а значит оптимальной стратегией перехода на уровень 1 являлся последовательный переход. При переходе на уровни 2 и 3 технологический шаг превосходит единицу, а значит компании следует выполнить экономико-технологический скачок.

При этом важнейшим условием возможности перехода на новый уровень зрелости технологий информационного моделирования на каждом этапе последовательного перехода от уровня чистой продукции от  $i$  к  $n$  является выполнение условий (13, 14, 15):

Проверка выполнимости данных условий приведена в таблице 11.

Таблица 11 – Анализ выполнения условия перехода к последующим уровням зрелости технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

<b>Уровень зрелости технологий информационного моделирования</b>	<b>Потенциал развития компании, руб.</b>	<b>Издержки на переход к последующему уровню зрелости BIM, руб.</b>
Уровень 0	4 610 400,61	124518,3
Уровень 1	7 820 125,12	498 073,29
Уровень 2	32 719 138,58	2 209 712,94
Уровень 3	191 390 831,35	8 443 312,37

Таким образом, условия перехода от одного уровня зрелости BIM-процессов к последующему (13,14,15) выполняется, а значит выбранный экономико-технологический шаг на каждом уровне зрелости BIM экономически оправдан. При этом ООО МК «СтройПроектТехнологии» при переходе на 1 уровень зрелости технологий информационного моделирования следует придерживаться стратегии последовательного перехода. При переходе на уровни 2 и 3 экономико-технологический шаг превосходит единицу, а значит для компании целесообразно применение стратегии скачкообразного перехода.

### **3.4.3 Распределение ресурсов ООО МК «СтройПроектТехнологии» при реализации смешанных стратегий**

При переходе от CAD-технологий к технологиям информационного моделирования в деятельности ООО МК «СтройПроектТехнологии» можно отметить период, перехода на технологии информационного моделирования согласно смешанной стратегии, то есть на данном этапе только часть проектов реализовывалось согласно новому технологическому укладу. В таблице 12 приведены расчеты анализа соотношения проектов ООО МК «СтройПроектТехнологии», реализуемых с помощью смешанных экономико-технологических режимов оптимальным.

Показатели к А, В, R  $\zeta_1$  и  $\zeta_2$  в таблице 12 рассчитаны согласно соответствующим формулам (31, 32, 33, 34).

Таблица 12 – Распределение ресурсов ООО МК «СтройПроектТехнологии» при реализации смешанных стратегий

Показатель	Значение
Объем продукции при применении САД, кол-во проектов ( $x_S$ )	17
Объем продукции при применении ВІМ, кол-во проектов ( $x_N$ )	28
Совокупный объем производства (при применении САД+при применении ВІМ), кол-во проектов ( $x_0$ )	45
Текущие производственные издержки при применении САД, руб (на 7 проектов) ( $C_S$ )	6 867 237,02
Текущие производственные издержки при применении ВІМ, руб. (на 28 проектов) ( $C_N$ )	3 127 932,07
Непроизводственные издержки ( $C$ )	1 340 003,00
П- прибыль компании, руб.	6 800 000,00
$p_S$ -цена продукции выпускаемой с помощью САД, руб	10 019 075,00
$p_N$ -цена продукции выпускаемой с помощью ВІМ, руб	5 585 144,64
A	-100 452 594,27
B	87 882 779,90
R	-10 538 543,69
$\zeta_1$	0,14
$\zeta_2$	0,73

При расчете показателей А, В, R были определены коэффициенты:

$$a_S = -633\,405,89;$$

$$b_S = 17\,635\,137,18;$$

$$a_N = -482\,734,04;$$

$$b_N = 16\,644\,485,32$$

согласно соотношениям (29), (30):

$$\begin{cases} 7a_S + b_S = 6867237,02, \\ 10a_S + b_S = 8767454,70; \\ 2a_N + b_N = 3127932,07, \\ 30a_N + b_N = 4576134,20. \end{cases}$$

Таким образом, определим долю проектов, разрабатываемых помощью технологий информационного моделирования на переходном этапе (Рисунок 34):  $\zeta$  принадлежит отрезкам  $[0;0,14]$  и  $[0,73;1]$ .

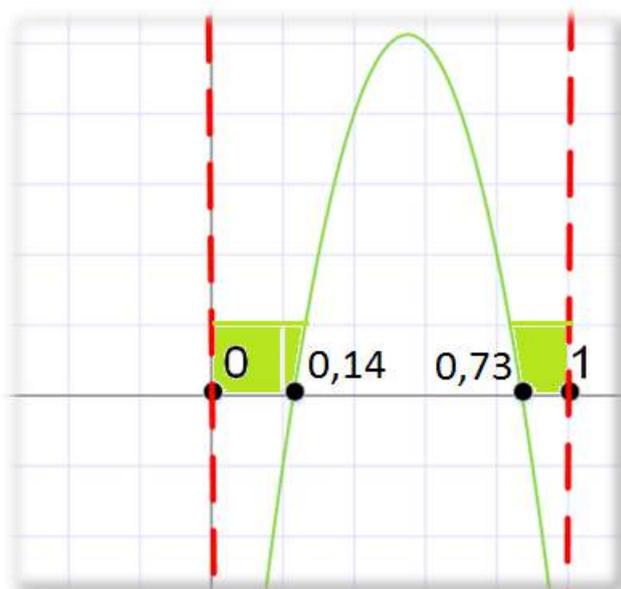


Рисунок 34 – Определение оптимальной доли проектов, разрабатываемых с помощью технологий информационного моделирования при реализации «смешанных» стратегий

#### 3.4.4 Реализация организационно-экономических механизмов внедрения технологий информационного моделирования

В процессе реализации организационно-экономических механизмов внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии» согласно разработанному плану велись работы по трем направлениям:

- реинжиниринг рабочих процессов организации и системы управления ими;
- пересмотр организационной структуры (с точки зрения состава и квалификации персонала);
- материально-техническое оснащение компании.

При этом команда, привлеченная к процессам внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии», столкнулась с рядом факторов, в значительной степени затруднивших процесс перехода к новому организационно-техническому укладу (Приложение Д).

При формировании материально-технической базы, позволяющей в полной мере реализовать возможности технологий информационного моделирования, был проведен анализ программного обеспечения. Основным критерием сравнения предлагаемых программных продуктов являются их функциональные возможности (Приложение Е).

По результатам данного сравнительного анализа было принято решение о покупке лицензий Nemetschek AllPlan BIM, а затем проведено обучение специалистов компании работе в данном программном продукте.

### **3.4.5 Оценка эффектов от внедрения технологий информационного моделирования ОКС в ООО МК «СтройПроектТехнологии»**

В таблице 13 приведены показатели результатов деятельности компании за период с мая 2014 года по май 2016 года. Полученный индекс рентабельности, а также коэффициент возврата инвестиций говорят о эффективности инвестиций в проект внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии».

Таблица 13 – Оценка эффектов от внедрения технологий информационного моделирования ОКС в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

<b>Показатель</b>	<b>Значение</b>
Чистый приведенный доход (NPV), руб.	101 077,023
Индекс рентабельности (PI)	1,064
Срок окупаемости, годы	1,5
Коэффициент возврата инвестиций (ROI)	1,45

### **Выводы**

В главе 3 были рассмотрены основные организационные инструменты внедрения BIM-технологий. На основе критериев эффективного внедрения информационного моделирования были определены 3 направления инвестиций при переходе проектной организации от CAD-технологий к BIM. Приведены

инструменты преобразования организационной структуры компании с точки зрения состава и квалификации персонала. При этом был проведен анализ и определены этапы привлечения BIM-специалистов при различных уровнях зрелости BIM-процессов. Систематизированы основные функции ключевых BIM-специалистов.

Рассмотрена проблема изменения производительности труда в результате обучения персонала компании при переходе на новую технологию проектирования. На основе анализа кривой обучения сделан вывод о естественном снижении производительности труда на первых этапах обучения специалистов работе в рамках технологий информационного моделирования. Приведена модель оценки возврата инвестиций в обучение специалистов компании.

Рассмотрены три составляющие, необходимые для формирования обеспечивающей инфраструктуры компании для реализации каждой группы бизнес-процессов: компьютерное оборудование, среда коммуникаций, специальное программное и информационное обеспечение. Предложена классификация программных BIM-решений с точки зрения полноты набора BIM-инструментов. Проведен анализ существующих программных BIM-решений. Основными критериями является полнота решаемых задач по ключевым направлениям проектирования, а также стоимость приобретения лицензий программных продуктов. Путем сравнительного анализа было определено, что на существующие отечественные BIM-решения на данный момент уступают зарубежным аналогам, прежде всего с точки зрения областей применения. Однако в отдельных областях российские разработчики могут предложить продукты, способные составить достойную конкуренцию

7. Предложены организационно-экономические механизмы эффективного перехода на информационное моделирование в проектной компании, включающие реинжиниринг рабочих процессов и системы управления ими, преобразование организационной структуры, формирование обеспечивающей инфраструктуры как организационные инструменты, и ценообразование, конкуренцию, самофинансирование и государственное управление как

экономические регуляторы.

Расчеты, выполненные на примере ООО МК «СтройПроектТехнологии», подтверждают организационно-экономический эффект разработанных предложений. А результаты процессов внедрения технологий информационного моделирования и финансовые показатели компании свидетельствуют об эффективности данного технологического уклада при выполнении работ архитектурно-строительного проектирования ОКС, лежащих в основе технологической цепочки «проектирование-строительство-эксплуатация».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассматривается проблема внедрения технологий информационного моделирования в проектных компаниях, основным видом деятельности которых является архитектурно-строительное проектирование ОКС.

В результате выполненного исследования можно сформулировать следующие выводы и предложения.

Исследована проблема стандартизации BIM-технологий на основе международных и отечественных практик использования информационного моделирования в инвестиционно-строительной сфере, в результате чего сделаны выводы о необходимости совершенствования существующей нормативно-правовой и нормативно-технической базы, в том числе доработка подготовленных к утверждению национальных стандартов в области информационного моделирования. Рекомендации по совершенствованию приведенные в главе 2 диссертационного исследования, включают уточнение ключевых понятия, применяемых в рамках концепции технологий информационного моделирования: «информационное моделирование», «информационная модель здания», «управление информацией», «уровень зрелости процессов информационного моделирования». Также предложены определения понятий: «процессы информационного моделирования (BIM-процессы)» и «экономико-технологический шаг».

Разработанные методические рекомендации определения этапов эффективного внедрения технологий информационного моделирования позволяют провести оценку целесообразности внедрения BIM моделирования переходного процесса внедрения BIM-технологий в условиях обеспечения экономико-технологического равновесия компании в зависимости от текущих производственных издержек и стоимости внедрения новых технологий.

Предложенная экономико-математическая модель выбора стратегии перехода к технологиям информационного моделирования и последующего

технологического развития является доказательной базой для выбора предпочтительного пути технологических преобразований в компании на основе анализа планируемых издержек, объемов производства при внедрении инновационных и формирования технологического потенциала развития компании.

Предложенные методические рекомендации эффективного распределения ресурсов при организации технологических процессов проектирования по принципу смешанных стратегий, позволяет определить оптимальные пропорции в распределении ресурсов проектной компании, а также выбрать смешанную стратегию, которая будет способствовать экономическому и технологическому росту компании. При этом сделан вывод о том, что экономический рост возможен лишь тогда, когда доля производства с помощью САД-технологий либо очень мала, либо очень велика. То есть компаний, принявшая решение по внедрении технологий информационного моделирования должна минимизировать количество проектов, реализуемых посредством САД-технологий.

Предложенные организационно-экономические механизмы, включающие как организационные инструменты, так и экономические регуляторы, способствуют повышению эффективности преобразования экономико-технологического уклада компании.

Апробация предложенных методических рекомендаций и механизмов на примере ООО МК «СтройПроектТехнологии», подтверждает организационно-экономический эффект разработанных предложений. А результаты процессов внедрения технологий информационного моделирования и финансовые показатели компании свидетельствуют об эффективности данного технологического уклада при выполнении работ архитектурно-строительного проектирования ОКС, лежащих в основе технологической цепочки «проектирование-строительство-эксплуатация»

В целом методические рекомендации, модели и механизмы, приведенные в диссертационном исследовании, являются основой для формирования системы собственного инициативного аудита в рамках оценки экономико-технологического

потенциала проектной компании и перспектив ее развития при условии реализации процессов информационного моделирования в ее производственной деятельности,

Таким образом, использование предложенных организационно-экономических и аналитических моделей и процедур способствует эффективному внедрению технологий информационного моделирования в архитектурно-строительную деятельность для реализации сквозного и прозрачного процесса создания цифровой информационной модели здания или сооружения, что является условием для повышения качества и результативности каждого этапа жизненного цикла объекта капитального строительства, как объекта недвижимости, вовлеченного в хозяйственный оборот.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гражданский кодекс Российской Федерации от 26.01.1996 N 14-ФЗ (ред. от 29.06.2015) [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 15.02.2017).
2. Налоговый кодекс Российской Федерации с изменениями и дополнениями. "Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая)" от 05.08.2000 N 117-ФЗ (ред. от 15.02.2016) [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 11.03.2017).
3. Федеральный закон от 25 февраля 1999 года № 39-ФЗ «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений». [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 05.12.2016).
4. Федеральный закон от 29.06.2015 N 162-ФЗ "О стандартизации в Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 12.11.2016).
5. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О техническом регулировании» [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 31.01.2017).
6. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 31.01.2017).
7. Постановление Правительства РФ от 15.10.2016 N 1050 "Об организации проектной деятельности в Правительстве Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.03.2017).
8. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 года № 926/пр «Об утверждении Плана

поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства (с изм. на 4 марта 2015 г.)» [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.03.2017).

9. План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства № 2468п-П9 от 11 апреля 2017 г. URL: [http:// www.minstroyrf.ru](http://www.minstroyrf.ru) (дата обращения: 20.06.2017)
10. Протокол заседания Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России об инновационном развитии в сфере строительства от 4 марта 2014 года " [Электронный ресурс] // Сайт Правительства Российской Федерации. – Режим доступа: <http://government.ru/news/10883/> (дата обращения: 15.03.2016)
11. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Руководство по проектному менеджменту» [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.03.2017).
12. ГОСТ Р 54869-2011 «Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом» [Электронный ресурс]. – Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.03.2017).
13. Отчет «Оценка применения BIM-технологий в строительстве Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний» [Электронный ресурс] // Официальный сайт НОПРИЗ. Режим доступа [nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7\\_bim\\_rf\\_otchet.pdf](http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf) (дата обращения 01.10.2016).
14. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа <http://www.minstroyrf.ru/docs/16405> (дата обращения 01.11.2016).
15. СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами»

- [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа <http://www.minstroyrf.ru/docs/15631/> (дата обращения 01.11.2016).
16. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа <http://www.minstroyrf.ru/docs/16403> (дата обращения 01.11.2016).
17. СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа <http://www.minstroyrf.ru/docs/16400> (дата обращения 01.11.2016).
18. Стратегия инновационного развития России до 2020 г. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Минэкономразвития РФ. Режим доступа <http://www.economy.gov.ru> (дата обращения 01.11.2016).
19. Статистический сборник Росстата. – 2016. – С.1-542.
20. ИННОВАЦИОННАЯ РОССИЯ – 2020. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс] // Инновационный портал Новосибирского государственного университета. Режим доступа <http://inno.nsu.ru/news/2011-01-10.htm> (дата обращения 25.03.2015)
21. Отчет Panorama Consulting "2013 ERP Report: Organizational change and business process management" [Электронный ресурс] // Сайт компании Panorama Consulting. - Режим доступа: <http://panorama-consulting.com/resource-center/2013-erp-report-organizationalchange-and-business-process-management/> (дата обращения: 05.01.2014).
22. Абакумов, Р. Г., Наумов А. Е., Зобова А. Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – № 5. – С. 171- 181.
23. Адизес, И. Управление жизненным циклом корпораций. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2015. – С. 34–211.
24. Асаул, А. Н. Формирование и оценка эффективности организационной структуры

- управления в компаниях инвестиционно-строительной сферы / А. Н. Асаул, Н. А. Асаул, А. В. Симонов; под ред. засл. строителя РФ, д-ра экон. наук, проф. А.Н. Асаула. – СПб. : ГАСУ, 2009. – 258 с.
25. Балацкий, Е. В. Технологическая диффузия и инвестиционные решения // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2012. – № 3 (15). – С. 10–34.
26. Балацкий, Е.В. Роль оптимизма в инновационном развитии экономики // Общество и экономика. – 2010. – № 1. – С.3–20.
27. Бачурина, С. С., Голосова Т. С. Сквозное BIM-проектирование – основа возврата инвестиций // Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы 5-й междун. науч.-практ. конференции, 10 апр. 2015 / Под ред. В. И. Ресина. – М. : ИПО «Гриф и К», 2015. – С. 13–18.
28. Бачурина, С. С, Голосова Т. С. Инвестиционная составляющая в проектах внедрения BIM-технологий / Бачурина С.С., Голосова Т.С. // Вестник МГСУ. – 2016. – № 2. – С. 126–134.
29. Бачурина, С. С, Голосова Т. С. Облачное пространство как информационная среда реализации BIM-процессов / Бачурина С. С, Голосова Т. С.// Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: сборник трудов VII-й междун. науч.-практ. конференции, посвященной 110-летию РЭУ им. Г.В. Плеханова, 14 апр. 2017; Под ред. В. И. Ресина. – М. : ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – С. 321-325.
30. Бачурина, С. С, Голосова Т. С. Этапы эффективного внедрения BIM в проектной компании / Бачурина С. С, Голосова Т. С.// Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы VI-ой междун. науч.-практ. конференции, 15 апр. 2016; Под ред. В. И. Ресина. – М. : ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2016. – С. 110-114
31. Беляков, Г. П., Зуева О. А. Инновационное проектирование в жилищном строительстве // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – С. 221.
32. Блауг, М. Экономическая мысль в ретроспективе / Блауг М. – М. : «Дело. Лтд», 1994. – 720 с.

33. Вернер, Беренс, Питер М.Хавранек. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований / Вернер Беренс, Питер М. Хавранек – М. : АОЗТ "Интерэксперт", "ИНФРА-М", 1995. – 528 с.
34. Вигерс, К. Разработка требований к программному обеспечению / К. Вигерс. – М. : Издательский-торговый дом «Русская Редакция», 2004. - 576 с.
35. Виленский, П .Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика / Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. - М. : Дело, 3-е издание, 2008. – 1103 с.
36. Волков, А. А, Аникин Д. В. Формирование корпоративного информационного пространства строительных организаций // Научное обозрение. – 2013. – № 10. – С. 110-115.
37. Гинзбург, А. В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта // Информационные ресурсы России. 2016. – № 5 (153). – С. 28-31.
38. Гинзбург, А. В., Воложенин А. С. Оценка эффективности комплексных проектов автоматизации в строительстве // Научное обозрение. – 2017. – № 13. – С. 6-10.
39. Гинзбург, А. В., Кангезова М. Х. Применение методов оценки состояния среды жизнедеятельности в строительной практике: BREEAM и LEED // БСТ : Бюллетень строительной техники. – 2017. – № 12 (1000). – С. 33-35.
40. Гинзбург, А. В., Семернин Д. А., Кисель Т. Н. Оценка применения BIM-технологий в строительстве : Отчёт о работе по договору 32-С/02-16 от 10 февр. 2016 г. М. : Институт экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости (ИЭУИС), 2016. – 51 с.
41. Гинзбург, А. В., Шилова Л. А., Шилов Л. А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве // Научное обозрение. 2017. – № 9. – С. 16-20.
42. Голосова Т. С. Проблемы импортозамещения в BIM / Голосова Т. С. // ЭТАП : экономическая теория, анализ, практика, 2017. – № 2. – С. 127–133.
43. Голосова, Т. С. Модель выбора стратегии перехода к BIM-технологиям / Голосова Т. С. // Градостроительство, 2016. - № 5 (45). – С. 25–27.
44. Гольдштейн, Г.Я. Основы менеджмента / Г. Я. Гольдштейн. – Таганрог : Изд-во

ТРТУ, 2003. – 148 с.

45. Грахов, В. П., Мохначев С. А., Иштряков А. Х. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – 500 с.
46. Григорьев, Л. Ю. Системный подход и оптимизация организаций / Л. Ю. Григорьев, Д. В. Кудрявцев // Методы менеджмента качеств. – 2009. - № 8. – С. 7-14.
47. Григорьев, Л. Ю. Системный подход и оптимизация организаций / Л. Ю. Григорьев, Д. В. Кудрявцев // Методы менеджмента качеств. – 2009. – № 9. – С. 4–8.
48. Добрынин, А. П. и др. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – 4. – №. 1. – С. 4–11.
49. Добрынин, А. П. и др. Цифровая экономика – различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. –Т. 4. – №. 1. – С. 4-11.
50. Зиндер, Е. З. Новое системное проектирование: информационные технологии и бизнесреинжиниринг / Е. З. Зиндер // Системы управления базами данных. – 1995. – № 01. – С. 37-49.
51. Зуева, О. А. Проблемы внедрения инновационных технологий в проектирование жилищного строительства // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vnedreniya-innovatsionnyh-tehnologiy-v-proektirovanie-zhilischnogo-stroitelstva> (дата обращения: 11.03.2017).
52. Ильина, О. Н. Управление проектами по созданию киберфизических систем: внедрение BIM // Российский журнал управления проектами. – 2017. – Т. 6. – № 4. – С. 44-49.
53. Ильина, О. Н. Управление проектами с использованием технологий

информационного моделирования (BIM) при проектировании, строительстве и эксплуатации промышленных объектов // Недвижимость: экономика, управление. – 2017. – № 2. – С. 72-75.

54. Каменнова, М. Моделирование бизнеса. Методология ARIS / М. Каменнова, И. Громов, М. Ферапонтов, А. Шматалюк. – М. : Весть-Метатехнология, 2001. – 327 с.
55. Канхва, В. С., Аверченко Т. В. Разработка научно-методического инструментария оценки устойчивости инвестиционно-строительного комплекса России и его структурных элементов в условиях организационно-экономических изменений // Экономика и предпринимательство. – 2014. – № 8 (49). – С. 53-56.
56. Кияткина, Е. П., Князькина Е. В. Особенности формирования организационно-экономического механизма функционирования строительных предприятий в условиях экономической нестабильности // Вопросы экономики и права. – 2012. – № 8. – С. 97—101.
57. Ковалев, С. Бизнес-процессы и бизнес-проекты компании [Электронный ресурс] / С. Ковалев // Новости менеджмента качества, 2011. – Режим доступа: <http://quality.eur.ru/DOCUM2/bpbr.html> (дата обращения: 05.01.2015).
58. Кулагин, А. С., Леонтьев Л. И. О стимулировании инновационной деятельности. [Электронный ресурс] // Журнал «Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование». – 2011. – № 1 (10). Режим доступа [http://dpr.ru/journal/journal\\_8\\_7.htm](http://dpr.ru/journal/journal_8_7.htm) (дата обращения: 15.01.2016).
59. Куприяновский, В. П., Синягов С. А., Добрынин А. П. BIM – Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 1. Подходы и основные преимущества BIM // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-tsifrovaya-ekonomika-kak-dostigli-uspeha-prakticheskiy-podhod-k-teoreticheskoy-kontseptsii-chast-1-podhody-i-osnovnyye-preimuschestva> (дата обращения: 21.05.2017).
60. Лапыгин, Ю. Н. Теория организации и организационное поведение: Учебное пособие / Ю.Н. Лапыгин. – М. : ИНФРА-М, 2011. – 329 с.
61. Лугачев, М. И. Эффективность инвестиций в ИТ [Электронный ресурс] /

- М. И. Лугачев, К. Г. Скрипкин, В. И. Ананьин, К. В. Зимин // Альманах лучших работ IT-Value.RU, 2014. – Режим доступа: <http://it-value.postach.io/post/effektivnost-investitsii-v-it-almanakhluchshikh-rabot> (дата обращения: 15.01.2015).
62. Механизмы управления : Учебное пособие / Под ред. Д. А. Новикова. – М. : УРСС (Editorial URSS), 2011. – 192 с.
63. Мильнер, Б. З. Теория организации / Б. З. Мильнер. – М. : ИНФРА-М, 2000. – 558 с.
64. Минцберг, Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Г. Минцберг. – СПб : Издательский дом «Питер», 2004. – 512 с.
65. Мурашова, О. В. Тенденции и проблемы внедрения информационных технологий в инвестиционно-строительной сфере // Недвижимость: экономика, управление. – 2016. – № 3. – С. 62-66.
66. Мурашова, О. В., Яськова Н. Ю. Актуальные аспекты и проблемы внедрения концепции информационного моделирования инвестиционно-строительной деятельности // Научное обозрение. – 2016. – № 4. – С. 160-164.
67. Новиков, А. В. Современный взгляд на организационно-экономический механизм управления российским предприятием // Научный журнал НИУ ИТМО. 2011. № 6. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/article/6600/The\\_modern\\_view\\_of\\_the\\_organizational\\_economic\\_mechanism\\_of\\_the\\_Russian\\_enterprise\\_management.htm/](http://economics.ihbt.ifmo.ru/ru/article/6600/The_modern_view_of_the_organizational_economic_mechanism_of_the_Russian_enterprise_management.htm/). (Дата обращения: 04.04.2015).
68. Орлова, Л. Н. Инновационная деятельность: экономико-правовая сущность, проблемы развития и регулирования // Журнал - инновации и инвестиции. - 2016. - № 2. - С.7–13.
69. Официальный сайт Минстроя России. Режим доступа <http://www.minstroyrf.ru> (дата обращения 01.11.2016)
70. Панов, М. Оценка деятельности и система управления компанией на основе КРІ. / М. Панов. – М. : Инфра-М, 2013. – 255 с.
71. Перегудов, Ф. И. Основы системного анализа / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – Томск. : НТЛ, 1997. – 396 с.
72. Портал isicad [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/> (дата обращения: 10.04.2016) [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=18353](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18353).

73. Реструктуризация предприятий и компаний: справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура. – М. : Высшая школа, 2000. – 587 с.
74. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК) – М., ЗАО «Олимп-Бизнес», 2014. – 586 с.
75. Румянцева, Е. В., Манухина Л. А. BIM-технологии: подход к проектированию строительного объекта как единого целого // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения, 2015. – № 5 (18). - С.33–36.
76. Сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/> (дата обращения: 10.04.2017).
77. Сайт Национального объединения изыскателей и проектировщиков (НОПРИЗ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http:// nopriz.ru/](http://nopriz.ru/) (дата обращения: 10.04.2017).
78. Сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 10.04.2017).
79. Силка, Д. Н., Уразова К. В. Особенности организационно-экономического механизма строительства в современных условиях // Вестник МГСУ. – 2015. – № 8. – С. 171-185.
80. Синягов, С. А., Куприяновский В. П., Куренков П. В., Намиот Д. и др. Строительство и инженерия на основе стандартов BIM как основа трансформаций инфраструктур в цифровой экономике // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stroitelstvo-i-inzheneriya-na-osnove-standartov-bim-kak-osnova-transformatsiy-infrastruktur-v-tsifrovoy-ekonomike> (дата обращения: 19.03.2017).
81. Скрипкин, К. Г. Экономическая эффективность информационных систем в России / К. Г. Скрипкин. - М. : МАКС Пресс, 2014. – 155 с.
82. Султанова Ирина Павловна Анализ методов планирования, управления и разработки организационно-технологических решений в проектах капитального строительства // Вестник МГСУ. – 2015. – № 7. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodov-planirovaniya-upravleniya-i-razrabotki-organizatsionno-tehnologicheskikh-resheniy-v-proektah-kapitalnogo-stroitelstva> (дата обращения: 11.03.2017).

83. Талапов, В. В. О некоторых принципах, лежащих в основе BIM // Известия высших учебных заведений. Строительство - Новосибирск, 2016. – № 4 (688). – С. 108-114.
84. Талапов, В. В. Об общей схеме информационной модели объекта строительства // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2017. – № 1 (689). – С. 91-97.
85. Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
86. Талапов, В. В. Технология BIM : суть и основы внедрения информационного моделирования зданий / Талапов В. В. - М. : ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
87. Тельнов, Ю. Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике / Ю. Ф. Тельнов. – М. : СИНТЕГ, 2002 . – 316 с.
88. Тельнов, Ю. Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов / Ю. Ф.Тельнов. -М. : Финансы и статистика, 2003. - 320 с.
89. Технологическое развитие отраслей экономики. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. Режим доступа [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat\\_ru/statistics/economydevelopment/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat_ru/statistics/economydevelopment/) (дата обращения: 11.03.2016).
90. Уемов, А. И. Аналогия в практике научного исследования / А. И. Уемов. – М.: Наука, 1970. – 264 с.
91. Уемов, А. И. Логические основы метода моделирования / А. И. Уемов. – М. : Мысль, 1971. – 315 с.
92. Управление инвестиционно-строительными проектами на основе Primavera: учеб. пособие / С. В. Бовтеев и др.; под ред. С. В. Бовтеева и А. В. Цветкова. – М. ; СПб. : СПбГАСУ; М. : ЗАО «ПМСОФТ», 2008. – 464 с.
93. Управление конкурентоспособностью в инвестиционно-строительном бизнесе: справ. пособие / под. ред. А. В. Цветкова и В. Д. Шапиро. – М. : Издательство,

«Омега-Л», 2013. – 486 с.

94. Управление проектами. Справочник для профессионалов / Под ред. А. В. Цветкова и В. Д. Шапиро. – М. : Издательство «Омега-Л», 2010. – 1276 с.
95. Фёдоров, И. Г. Проектирование модели бизнес-процессов / И. Г. Фёдоров // Открытые системы, СУБД. – 2013. - № 5. – С. 46– 9.
96. Филина, Ф. Н. BIM-Технологии в проектировании зданий / Ф. Н. Филина // Наука и промышленность России. 2016. - № 3. – С. 330-361.
97. Фролова, Е. В. Информационное моделирование строительного объекта (BIM) / Е. В. Фролова // Инновации. - 2017. - № 4. – С. 109–123.
98. Цветков, А. В. Стимулирование в управлении проектами / Цветков А. В. - М. : ООО «НИЦ «АПОСТРОФ», 2001. – 143 с.
99. Черемных, Ю. Н. Микроэкономика. Продвинутый уровень: Учебник. / Черемных Ю. Н. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 844 с.
100. Четверик, Н. П. Поэтапное внедрение технологий информационного моделирования (BIM) в строительной сфере // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2014. – № 12. – С. 44-47.
101. Шатситко, А. Е. Модели человека в экономической теории: Учеб. Пособие. / Шатситко А. Е. – М. : ИНФРА-М, 2006. – 142 с.
102. Шигапов, Г. В. Инновационная Россия // Журнал - Инновации. – 2013. – № 2. – С. 7–14.
103. Шумпетер, Й. Теория экономического развития / Шумпетер Й. – М. : Прогресс, 1992. – 169 с.
104. Яськова, Н. Ю. Проблемы внедрения геоинформационных технологий в управление недвижимостью // Недвижимость: экономика, управление. – 2016. – № 3. – С. 57-61.
105. Яськова, Н. Ю. Ренессанс проектного подхода в цифровой экономике // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 9-4 (86-4). – С. 164-166.
106. Яськова, Н. Ю., Мурашова О. В. Геоинформационное моделирование в строительной организации // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 3-1 (80-1). – С. 990-992.

107. A report for Government Construction Client Group. BIM Working Party. Strategy Paper. BIM Task Group. - 2011. – 107 p.
108. Accenture Technology Vision 2015. Digital Business Era: Stretch Your Boundaries. 2015 Accenture. – 120 p.
109. Bank Doing Business 2016 Measuring Regulatory Quality and Efficiency 13th edition. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.doingbusiness.org/reports/global-reports/doing-business-2016> (дата обращения: 08.04.2017).
110. Building Information Modeling. Level 3 Building Information Modelling – Strategic Plan. BIM Task Group 2013 [12] – 47 p.
111. Chesbrough, H. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. - Harvard Business Review Press. – 2005. – 272 p.
112. Evermann, J. Using Design Languages for Conceptual Modeling: The UML Case / J. Evermann. – Vancouver: The University Of British Columbia. – 2003. – 258 с.
113. Hambling, A.C. Evaluayion and Control of Traning. Maidenhead: McGraw-Hill, – 1974. – 208 p.
114. Harmon, P. What is a Business Process, [Электронный ресурс] / P. Harmon // BP Trends, 2013. - Режим доступа: [//www.bptrends.com/publicationfiles/advisor20110913.pdf](http://www.bptrends.com/publicationfiles/advisor20110913.pdf) (дата обращения: 01.02.2014)
115. Hradesky, J. L. Total quality management handbook. / J.L. Hradesky. -NY: McGraw-Hill, Inc. 1995. – 712 p.
116. Kotler, P., Keller K. Marketing Management (14th Edition) Prentice Hall, 12-th ed. 2012. – 816 p.
117. Kreider Ralf G., Messner John I. The Uses of BIM. Classifying and Selecting BIM Uses/ Version 0.9 PENN STATE/ Computer Intergrated Construction. –September 2013. – 23 p.
118. Miller, R., Strombom D., Iammarino M., Black B. The Commercial Real Estate Revolution: Nine Transforming Keys to Lowering Costs, Cutting Waste, and Driving Change in a Broken Industry. - John Wiley & Sons, 2009. – P. 127 – 128.
119. Mullins, L. Management and Organisational Behavior / L. Mullins. – NJ : Prentice Hall, 2005. – 1121 p.

120. NBIMS-US (Национальный BIM стандарт США) V3 // ВЕМ по-русски. URL: <http://russianbem.blogspot.ru/2015/08/nbims-us-bim-v3.html> (дата обращения: 12.04.2017)
121. Never Waste a Good Crisis. A Review of Progress since Rethinking Construction and Thoughts for Our Future. Constructing Excellence, October 2009. – 32 p.
122. PAS 1192-2:2013 (рус.) // BIM-стандарты Великобритании на русском языке. URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 17.10.2016).
123. PAS 1192-3:2014 (рус.) // BIM-стандарты Великобритании на русском языке. URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 17.10.2016).
124. PAS 1192-3:2015 (рус.) // BIM-стандарты Великобритании на русском языке. URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 17.10.2016).
125. Paul Teicholz, Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies (Another Look), AECbytes Viewpoint #67 (March 14, 2013).
126. Project Management Institute. Practice Standard for Earned Value Management/ Project Management Institute, Inc. —2005. — p. 54.
127. Project Management Institute. Standard for Portfolio Management / Project Management Institute, Inc. —2006. — p. 79.
128. Project Management Institute. Standard for Program Management / Project Management Institute, Inc. —2006. — p. 123.
129. Rohan Pitchford, Christopher M. Snyder. Coming to the Nuisance: An Economic Analysis from an Incomplete Contracts Perspective / Rohan Pitchford, Christopher M. Snyder // Journal of Law, Economics, & Organization. – 2003. – Vol. 19, Issue 2. – p. 491–516.
130. Scott E. Masten, James W. Meehan, Jr. Edward A. Snyder, The Costs of Organization. Journal of Law, Economics, & Organization. – 1991. – Vol. 7, №1. – p. 1–25.
131. Soumitra Dutta, Rafael Escalona, Kritika Saxena. Global Innovation Index 2016: Winning with Global Innovation. WIPO, Cornell University, INSEAD. 2016. - 46 p.
132. The Power of the API Economy. Stimulate Innovation, Increase Productivity, Develop New Channels, and Reach New Markets. IBM Corp. 2014. – 28 p.
133. The Skills Deficit. Consequences & opportunities for UK infrastructure. ATKINS

2015. – 62 p.

134. WALES AND THE CIRCULAR ECONOMY Favourable system conditions and economic opportunities. WRAP Ellen MacArthur Foundation 2016. – 51 p.
135. Национальный BIM-стандарт – Соединенные Штаты Америки, Версия 3. Разд. 5. Практические документы (рус.) // BIM-стандарты Англии и США на русском языке. URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 12.04.2017).

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Таблица А.1 – Анализ первых редакций национальных стандартов в области информационного моделирования ОКС

Пункт СП	Неточность/недостаток
<i>СП Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами</i>	
3.7. <b>Коллизия:</b> Противоречие между двумя и более элементами информационной модели или проектными решениями в составе проекта [15].	Не приведены числовые значения отклонений, критерии допущений и коллизий
3.13. <b>Проектная информационная модель:</b> комплексное описание проекта, которое содержит полную финансовую, техническую (проектную), логистическую и другую информацию (текстовую, графическую) о материальных и нематериальных элементах проекта [15].	Не даны определения понятий: – «нематериальные элементы проекта» – «материальные элементы проекта», «финансовая информация», – «техническая информация» – «логистическая информация», – «техническая (проектная) информация»
4.3. Информационная модель сопровождает весь жизненный цикл объекта строительства. На стадии проектирования разрабатывается проектная информационная модель. На стадии строительства разрабатывается и применяется строительная информационная модель. На стадии эксплуатации разрабатывается и применяется эксплуатационная информационная модель [15].	Необходимо уточнение состава информации, относящейся к каждому типу информационной модели
5.4. Квалификация персонала должна соответствовать профессиональному стандарту «Специалист в области производственно-технического и технологического обеспечения строительного производства» [15].	При формировании требований к квалификации персонала не учтена специфика технологий информационного моделирования. Не учтены особенности кадрового состава компании, перешедшей на BIM-технологии.
5.8. В Регламенте реализации проекта описываются действия всех участников процесса строительства, в соответствии с их ролями	Отсутствие описание ролей участников ИСП

Продолжение таблицы А.1

5.9.1 Группа информационного моделирования осуществляет проверку Проектной информационной модели на соответствие требованиям Настоящего СП.	Отсутствие четких требований к информационной модели
5.10.10 При «зеленом» уровне соблюдения плановых сроков ПТО выдает организациям-исполнителям следующие среднесрочные задания на производства работ [15].	Отсутствует список среднесрочных заданий на производства работ
5.11.4 При обмене данными между различными участниками процесса строительства должна быть реализована передача атрибутивных данных через файл информационной модели либо таблицы, базы данных или иными методами, обеспечивающими соответствие элементов информационной модели и атрибутивных данных [15].	Отсутствует определение понятия «атрибутивные данные»
5.12 Дополнительные разделы могут быть внесены в Регламент для нормирования работы в особых условиях, связанных со спецификой объекта [15].	Не описано назначение и формат Регламента для нормирования работы в особых условиях
6.1. Программное обеспечение для информационного моделирования в строительстве подразделяется на 4 категории: – программное обеспечение, позволяющее проверить строительную модель на ошибки и отклонения от проектной модели здания; – программное обеспечение для просмотра строительной информационной модели здания; – программное обеспечение для осуществления процесса документооборота между участниками строительства; – программное обеспечение, позволяющее проводить контроль качества хода строительства [15].	Отсутствует программное обеспечение собственно для создания самой информационной модели.
Приложение Г	Отсутствуют критерии детализации информационной модели.
<i>СП Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели.</i>	
3.2 <b>информационная модель здания или сооружения:</b> Цифровое представление физических и функциональных характеристик здания или сооружения при помощи совокупности элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о нем на протяжении полного жизненного цикла [17].	Отсутствует определение термина «жизненный цикл здания». Требуется уточнение что входит в «совокупность элементов и информации»

## Продолжение таблицы А.1

3.4 <b>элемент модели:</b> Часть информационной модели, представляющая компонент, систему или сборку в пределах объекта или строительной площадки [17].	Необходимо уточнение понятий «компонент, систему или сборку». Отсутствует определение данных терминов.
3.5 <b>библиотечный объект:</b> Цифровое представление физических и функциональных характеристик отдельного элемента здания или сооружения, пригодное для многократного использования [17].	Требуется уточнение какие именно характеристики относятся к физическим и функциональным. Необходимо сформулировать критерии пригодности цифрового представления
3.9 <b>файл-контейнер BIM-объекта:</b> Файл проекта в нативном формате используемой BIM-платформы, содержащий BIM-объекты и/или сборку [17].	Необходимо уточнение понятия «нативный формат»
3.10 <b>визуализация:</b> Общее название приемов представления числовой информации в виде, удобном для зрительного наблюдения и анализа [17].	Необходимо уточнение критериев удобства числовой информации для зрительного наблюдения, требуется привести дополнительные параметры данного понятия.
4.1 Настоящий свод правил содержит положения, устанавливающие общие требования к библиотечным объектам, применяемым при разработке информационных моделей зданий и сооружений (далее – BIM-объектам), методы их классификации, требования к геометрическим и графическим параметрам, функциональным характеристикам, атрибутивному составу, правилам именования и форматам [17].	Не приведено определение понятия «атрибутивный состав»
4.2 BIM-объект является цифровым аналогом физического строительного элемента (двери, колонны, стены, трубы, инженерного оборудования и прочих элементов), а информационная модель, как цифровой аналог реального объекта строительства, представляет собой собранную по определенным правилам совокупность BIM-объектов [17].	Не приведен полный перечень аналогов физического строительного элемента
4.4 Для осуществления процесса информационного моделирования здания или сооружения BIM-объекты следует заранее подготавливать. [17].	Присутствует неточность в сроках предварительной подготовки BIM-объектов. Необходимо уточнить насколько «заранее» они должны готовиться.
4.5 BIM-объекты, как правило, должны разрабатываться на основе шаблонов, специфичных для каждой программной платформы, поддерживающей технологию информационного моделирования. [17].	Присутствует противоречие п. 10.4 СП «Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами»

## Продолжение таблицы А.1

4.6 При создании BIM-объекта следует руководствоваться принципом разумной достаточности, то есть количество графической и атрибутивной информации в объекте должно быть минимальным, но достаточным для решения поставленных задач всеми заинтересованными пользователями этого объекта. [17].	Необходимо уточнение критериев «разумной достаточности»
4.7 В целях минимизации количества разрабатываемых BIM-объектов и их унификации рекомендуется создавать параметрические объекты. [17].	Не приведено определение понятия «параметрических объектов». Возможно противоречие п.4.6 данного СП
4.9 Объекты типа «компонент» и/или объекты типа «многослойный» могут объединяться в сборки (например, «сантехкабина» «тепловой узел», «трансформаторная подстанция»), на основе которых рекомендуется создавать библиотеки типовых решений. [17].	Требуются определения понятий «сборка» и «библиотеки типовых решений»
4.10 Библиотечные BIM-объекты после размещения в информационной модели здания или сооружения становятся элементами модели, которые по мере развития проекта накапливают необходимую на разных стадиях жизненного цикла информацию. [17].	Отсутствует перечень информации, накапливаемой на каждом этапе ЖЦ объекта
5.1 BIM-объект должен иметь собственные характерные признаки, на основании которых его можно однозначно идентифицировать: а) уникальное имя; б) описание; в) происхождение; г) глобальный уникальный идентификатор; д) код по классификатору (при его наличии). [17].	Отсутствует перечень параметров, которые указываются в описании. Необходимо уточнение понятия «уточнения», какая информация приводится в рамках данных признаков.
5.3. При создании и использовании библиотечных BIM-объектов следует придерживаться следующих основных правил: в ходе процесса информационного моделирования может появиться необходимость добавить в BIM-объект дополнительные атрибуты (свойства/параметры), так как библиотечные BIM-объекты должны соответствовать конечным целям проекта. [17].	Нет четкого описания процесса информационного моделирования
6.2.3 Геометрия и графика BIM-объекта не должны ухудшать производительность модели, в которую он помещается. [17].	Отсутствует определение понятия «производительность модели», какими параметрами она характеризуется. Как идентифицировать факт ухудшения производительности модели

## Продолжение таблицы А.1

6.2.4 BIM-объект должен: включать размеры, ограниченные опорными элементами и автоматически полученные при помощи ассоциативных функций нанесения размеров (если они поддерживаются BIM-платформой) [17].	д. отсутствуют определения понятий «опорные элементы», «ассоциативные функции»
6.2.5 BIM-объекты типа «обобщенный» должны включать номинальные или ожидаемые размеры, если фактические размеры неизвестны. [17].	Есть неопределенность в понятии «ожидаемый размер» (кем ожидаются размеры)
6.2.6 BIM-объекты типа «продукт» должны включать точные габаритные размеры, а также другие размеры, необходимые для выполнения объектом его предполагаемого предназначения. [17].	Нет уточнения где и кем предполагается предназначение объекта
6.3.1 Если BIM-платформа поддерживает управления отображением групп элементов, составляющих BIM-объект (слои, подкатегории), то он должен включать только группы, повышающие функциональность BIM-объекта. [17].	Отсутствует описание критериев повышения функциональности
6.5.2 Как правило, зоны обслуживания создаются в виде двумерных областей и/или трехмерных тел, которые должны четко отделяться от габаритов самого BIM-объекта материалом (например, полупрозрачного цвета) и/или геометрическими размерами требуемого вокруг BIM-объекта пространства. [17].	Требуется уточнить является ли данное требование обязательным
7.1.2 К дополнительным наборам относятся: а) атрибуты для проведения инженерно-технических расчетов, в том числе путем имитационного моделирования; б) атрибуты для расчета стоимости жизненного цикла здания или сооружения. [17].	Отсутствует определение понятия «имитационное моделирование»
7.2.2 BIM-объект должен содержать атрибутивную информацию, достаточную для представления различных аспектов строительных элементов, не моделируемых геометрически. [17].	Необходимо уточнение какие аспекты строительных элементов представляются
7.4.1 Атрибуты должны быть организованы таким образом, чтобы обеспечивался их легкий просмотр и извлечение. Атрибуты, как правило, должны объединяться в наборы. [17].	Нет четких критериев «легкого просмотра». Требуется уточнение является ли обязательным объединение атрибутов в наборы

## Продолжение таблицы А.1

7.4.4 Если атрибут существует с одним и тем же именем на уровне типа и уровне экземпляра, то приоритет отдается атрибуту типа. [17].	Нет уточнения что такое «уровень типа» и «уровень экземпляра»
8.2 В среде BIM-платформы, как правило, существует возможность разработать BIM-объект с некоторым количеством предварительно заданных фиксированных параметров, которыми располагает реальный физический строительный элемент. Наличие предварительно настроенных вариантов BIM-объекта не должно ухудшать его производительность либо затруднять его использование. [17].	Нет перечня параметров, которыми должен располагать объект
<i>СП Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах.</i>	
3.1.31 <b>Кодирование</b> – присвоение кода классификационной группировке или объекту классификации для обеспечения их однозначной идентификации в классификаторах в соответствии с выбранным методом кодирования с помощью знаков (символов). [17].	Отсутствует определение понятия «классификационная группировка»
<b>5.1.3 Бизнес-требования</b>	Отсутствует перечень бизнес-требования на каждом этапе ЖЦ объекта
<b>5.2 Требования к передаваемой информации</b>	В требованиях не учтены пути и средства передачи информации
<b>5.5.1 Постановка задачи</b> Постановка задачи должна содержать описание желаемых результатов.	Не указана форма и процедура постановки задачи
<b>5.5.2 Объем работ</b> Объемами работ должны устанавливаться рамки для работ, которые должны быть выполнены, а также обеспечиваться постоянное напоминание, о том, чтобы выполняемая работа не выходила за пределы запланированных или выделенных под нее ресурсов. [17].	Не указана процедура определения объема работ
<b>5.5.5 Правила работы управляющего проектом</b>	Не описана роль управляющего проектом. Не описана процедура принятия варианта схемы взаимодействия. Не указано где и как управляющий проектом указывает содержание и форму информации

## Продолжение таблицы А.1

<b>6.2 Семантическая совместимость</b>	Не приведено определение понятия «семантическая совместимость»
<b>7.3.4 Требования к описанию спецификации</b> – в терминах и понятиях использовать простые английские слова;	Понятие «простые английские слова» слишком субъективное
<b>7.3.6 Информационные компоненты спецификации</b>	Не приведено определение понятия «Информационных компонент спецификации»
<i>СП Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла</i>	
<b>3.7 среда общих данных:</b> Единый источник достоверной информации по проекту. Среда общих данных основана на процедурах и регламентах, обеспечивающих эффективное управление итеративным процессом разработки информационной модели, сбора, выпуска и распространения документации между участниками проекта. [17].	Данная среда основывается на процедурах и регламентах, обеспечивающих эффективное управление итеративным процессом формирования информационной модели, сбора, выпуска и распространения информации.
<b>3.8 информационные требования технического заказчика:</b> Требования, определяющие информацию, представляемую техническому заказчику в процессе реализации проекта, а также предполагаемые способы использования информационных моделей на различных стадиях, требования к информационным стандартам и регламентам, которые должны быть применены исполнителем в рамках процесса реализации проекта. [17].	Отсутствует описание роли технического заказчика
<b>3.13 элемент модели:</b> Часть информационной модели, представляющий компонент, систему или сборку в пределах объекта или строительной площадки. [17].	Отсутствует определение понятий «система» и «сборка»
<b>4.6 Исполнитель</b> на основании технического задания, разрабатывает и предоставляет на согласование техническому заказчику <b>план реализации BIM-проекта.</b> [17].	Отсутствует описание роли исполнителя

## Продолжение таблицы А.1

<p>5.6.1 Имитация и визуализация процесса строительства: процесс, в котором специализированные программные инструменты информационного моделирования используются для интеграции данных информационной модели и календарно-сетевых графиков строительства, путем создания имитационной модели процесса строительства.</p> <p>Примерные способы использования имитационной модели строительства:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- анализ и оптимизация последовательности выполнения работ по проекту;</li><li>- поиск пространственно-временных коллизий, которые могут возникнуть в процессе строительных работ;</li><li>- проверка выполнимости организационно-технологических решений;</li><li>- контроль выполненных физических объемов СМР и визуальный план-фактный анализ. [17].</li></ul>	<p>Не приведено определение понятия «имитационной модели»</p>
--	---

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Таблица Б.1 – Анализ ключевых понятий в области информационного моделирования

	«Информационное моделирование»	«Информационная модель»	«Управление информацией»
«Информационное моделирование. Правила организации работ производственно-техническими отделами» [15]	«Информационное моделирование - процесс формирования и наполнения данными информационной модели, а также связывания элементов информационной модели с внешними документами, материалами и внешними данными, основанный на технологии сбора, производства, обработки и использования информации об объекте на всех стадиях ЖЦ. Данный процесс предполагает широкое применение информационно-телекоммуникационных технологий (ИКТ) при сборе и комплексной обработке проектной, технологической, экономической и иной информации об объекте со всеми его взаимосвязями и зависимостями в единой информационной модели объекта или комплексе взаимосвязанных моделей.» [16]	« <b>Информационная модель</b> - комплексное описание здания, которое содержит полную проектную информацию (текстовую, графическую) о материальных и нематериальных элементах» [15]. « <b>Проектная информационная модель</b> - комплексное описание проекта, которое содержит полную финансовую, техническую (проектную), логистическую и другую информацию (текстовую, графическую) о материальных и нематериальных элементах проекта.» [15] « <b>Строительная информационная модель</b> - информационная модель, которая дополнена информацией о стоимости элементов модели, визуальными технологическими картами и другой информацией необходимой в рамках строительного процесса.» [15] «Эксплуатационная информационная модель -.	

## Продолжение таблицы Б.1

		информационная модель, которая дополнена информацией, необходимой для осуществления процессов эксплуатации объекта» [15]	
«Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» [14]	<b>«Информационное моделирование здания или сооружения</b> - процесс создания и управления информацией о здании или сооружении, формирующий основу для принятия решений на протяжении его полного ЖЦ.» [14]	<b>«Информационная модель здания или сооружения</b> - цифровое представление физических и функциональных характеристик здания или сооружения при помощи совокупности элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о нем на протяжении полного ЖЦ. Примечание - Информационная модель, представленная в нативном (исходном) формате, является цифровой моделью здания или сооружения, в которой каждый элемент связан с базой данных модели и 2D-отображением его на видах/чертежах, при этом изменение любого элемента или информации о нем в модели отображается в базе данных и на видах/чертежах.» [14] <b>«Сводная модель</b> - информационная модель, состоящая из соединенных между собой отдельных моделей, причем внесение изменений в одну из моделей не приводит к изменению в других.» [14]	

## Продолжение таблицы Б.1

<p>«Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» [16]</p>	<p><b>«Информационное моделирование здания или сооружения</b> - процесс создания и управления информацией о здании или сооружении, формирующий основу для принятия решений на протяжении его полного ЖЦ.» [16]</p>	<p><b>«Информационная модель здания или сооружения</b> - цифровое представление физических и функциональных характеристик здания или сооружения при помощи совокупности элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о нем на протяжении полного ЖЦ» [16]</p> <p>«Примечание - Информационная модель, представленная в нативном (исходном) формате, является цифровой моделью здания или сооружения, в которой каждый элемент связан с базой данных модели и 2D-отображением его на видах/чертежах, при этом изменение любого элемента или информации о нем в модели отображается в базе данных и на видах/чертежах.» [16]</p>	<p><b>«Обмен информацией</b> - упорядоченный сбор и представление информации, отвечающей требованиям к формату и степени достоверности, на одной из нескольких предварительно установленных стадий проекта.» [16]</p>
---	--	---	---

## Продолжение таблицы Б.1

<p>«Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели.» [17]</p>	<p><b>«Информационное моделирование объектов строительства</b> - процесс управления информацией по строящимся, а также завершенным объектам капитального строительства с целью координации входных данных, организации совместного производства и хранения данных, а также их использования для различных целей на всех этапах ЖЦ.» [17]</p>	<p><b>«Информационная модель здания или сооружения</b> - цифровое представление физических и функциональных характеристик здания или сооружения при помощи совокупности элементов и информации, служащее коллективным ресурсом знаний о нем на протяжении полного ЖЦ.» [17]</p>	
---	--	---	--

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**

(обязательное)

Таблица В.1 – Измеряемые целевые показатели эффективности применения BIM-технологий

<b>Цель проектной компании</b>	<b>Решение в рамках информационного моделирования</b>
Получение новых заказов	Выполнение работ в соответствии с национальными и международными стандартами формирования и применения BIM-модели, удовлетворяющими запросам рынка, включая государственные заказы [22]
Выпуск качественной документацию в срок	Сокращение количества ошибок более чем на 30% путем обеспечения взаимодействия участников проекта в едином информационном пространстве [22]
Повышение производительности	Ускорение процесса проектирования на 30%
Создание уникальных проектов высокого качества	Автоматизация рутинных операций
Соблюдение сроков и бюджета проекта	Рост качества и снижение сроков проектирования за счет возможности устранения несоответствий на этапе проектирования.[22]
Удовлетворение специальным требованиям заказчика, в т.ч. в области энергопотребления здания.	Возможность проводить предварительные расчеты энергоэффективности и других параметров здания на этапе концептуального проектирования. [22]
Совместный выбор с заказчиком оптимальных решений на ранней стадии проекта	Возможность предоставления наглядных вариантов проектных решений, снабжая их исчерпывающей аргументацией
Соблюдение требований по безопасности	Возможность детализации данных в процессе реализации проекта, начиная со стадии разработки концепции [22]
Управление большим количеством данных	Возможность синхронизации данных разных типов в рамках единой информационной модели, включая обновление всех разделов проекта после корректировки какого-либо параметра [22]
Координация работы специалистов всех направлений	Доступ к актуальным данным на всех этапах проектирования в рамках единой информационной среды [22]
Сокращение времени на подготовку аналитической модели	Создание упрощенной модели с возможностью передачи данных с необходимой степенью детализации [22]
Выбор оптимального варианта проекта	Возможность вариативного проектирования [22]
Разработка сводного плана инженерных сетей	Выпуск чертежей в соответствии с требованиями стандартов на основе преднастроенных шаблонов с использованием библиотек элементов» [22]

147  
**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**

(справочное)

**Таблица Г.1 – Годовой бюджет доходов и расходов ООО МК "СтройПроектТехнологии" в период с мая 2014 г. по май 2015 г.**

Наименование показателя / Отчётный период	05.2012	06.2012	07.2012	08.2012	09.2012	10.2012	11.2012	12.2012	01.2013	02.2013	03.2013	04.2013	05.2013	ИТОГО ГОД
<b>Выручка от реализации</b> (платёж по договору)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 400 000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 800 000,0	1 800 000,0	1 800 000,0	6 800 000,0
Затраты на реализованную продукцию	1 213 904,1	0,0	438 371,6	189 007,4	479 251,6	179 007,4	448 371,6	184 007,4	179 007,4	0,0	603 000,0	603 000,0	603 000,0	5 119 928,7
<b>Переменные затраты</b>	365 203,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	365 203,0
оргтехника, мебель	365 203,0													
вспомогательные (печать альбомов)														
<b>Маржинальная прибыль</b>	365 203,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 400 000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1 800 000,0	1 800 000,0	1 800 000,0	6 434 797,0
<b>Постоянные затраты</b>	848 701,1	0,0	438 371,6	189 007,4	479 251,6	179 007,4	448 371,6	184 007,4	179 007,4	0,0	603 000,0	603 000,0	603 000,0	4 754 725,7
кредитные платежи по Allplan (5 рабочих мест)	518 728,3		259 364,2		259 364,2		259 364,2							1 296 820,9
обучение по Allplan (10 специалистов)	329 972,8													329 972,8
услуги связи, интернет	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
канцтовары	0,0	0,0	0,0	10 000,0	40 880,0	0,0	10 000,0	5 000,0	0,0	0,0	3 000,0	3 000,0	3 000,0	74 880,0
заработная плата	0,0	0,0	179 007,4	179 007,4	179 007,4	179 007,4	179 007,4	179 007,4	179 007,4	0,0	600 000,0	600 000,0	600 000,0	3 053 052,1
начисления на заработную плату	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
прочие вспомогательные	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Валовая прибыль</b>	-848 701,1	0,0	-438 371,6	-189 007,4	-479 251,6	1 220 992,6	-448 371,6	-184 007,4	-179 007,4	0,0	1 197 000,0	1 197 000,0	1 197 000,0	2 045 274,3
<b>Коммерческие расходы</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
прочие коммерческие расходы, не более 5%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Прибыль/убыток от реализации	-1 213 904,1	0,0	-438 371,6	-189 007,4	-479 251,6	1 220 992,6	-448 371,6	-184 007,4	-179 007,4	0,0	1 197 000,0	1 197 000,0	1 197 000,0	1 680 071,3

## Продолжение таблицы Г.1

Рентабельность реализованной продукции (продаж)	0,0%	0,0%	0,0%			87,2%					66,5%	66,5%	66,5%	24,7%
Возврат заемных средств, долг	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	
Прочие расходы	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Прибыль до налогообложения	-1 213 904,1	0,0	-438 371,6	-189 007,4	-479 251,6	1 220 992,6	-448 371,6	-184 007,4	-179 007,4	0,0	1 197 000,0	1 197 000,0	1 197 000,0	1 680 071,3
Налог, 18%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	252 000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	324 000,0	324 000,0	324 000,0	1 224 000,0
Чистая прибыль / убыток	-1 213 904,1	0,0	-438 371,6	-189 007,4	-479 251,6	968 992,6	-448 371,6	-184 007,4	-179 007,4	0,0	873 000,0	873 000,0	873 000,0	456 071,3
Использование прибыли														
Примечание	обучение группы			проект, 500 тыс. (РД)			проект, ПД			проект, ПД			проект, ПД	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Таблица Д.1 – Ожидания и фактические результаты этапов внедрения технологий информационного моделирования в ООО МК «СтройПроектТехнологии»

Ожидаемый результат по запуску проекта	Фактический результат	Причины, обусловившие такой фактический результат	Работы, необходимые для устранения причин
Собрана проектная группа из 11 специалистов: - менеджер проектов - ГАП - архитектор - ГИП - Гл. конструктор - конструктор - конструктор - инженер ВК - инженер ЭС - инженер ОВ - инженер-генпланист	6 специалистов: - ГАП - конструктор - конструктор - инженер ВК - инженер ЭС - инженер-генпланист Требуется инженер-сметчик.	Кадровый дефицит. Невозможность спрогнозировать оплату работ сотрудников. Отсутствие HR-менеджера.	Удаленное подключение необходимого числа специалистов; HR-менеджмент.
Квалификация специалистов позволяет выполнять проекты высокой сложности	Уровень сложности проектов ниже среднего, средний	Кадровый дефицит. Отсутствие HR-менеджера.	Удаленное подключение необходимого числа специалистов; HR-менеджмент.
Окупаемость проекта будет осуществлена в срок не более года	Проект вышел на точку безубыточности через 1.5 года	Кадровый дефицит. Отсутствие менеджера проектов. Отсутствие системы в поиске заказов, работа по внутренним заказам: - Вычегодск; - Корпус 112; - Вятский Народный Рынок	Менеджер проектов, осуществляющий поставку заказов на проектирование.

## Продолжение таблицы Д.1

<p>Программный комплекс позволяет выполнять работы в 3D/2D-среде, исключая ошибки «наложения» решений</p>	<p>Возможно в разделах: - АР - КР - генплан Невозможно в разделах: - ЭС - ОВ (нет специалиста) - сметы (нет специалиста)</p>	<p>Инженерные системы, приложение к Allplan компании ESS не позволяют реализовать полностью заявленный потенциал: присутствуют ошибки в модулях, мешающие работать. Некачественная техническая поддержка в период реализации проекта.</p>	<p>Установка версии ESS 2013, изучение обновленной версии системы; Обсуждение проблем с техподдержкой Allplan/ESS.</p>
<p>Офис, имеющий комфортные условия для работы и долговременного нахождения</p>	<p>Температура в помещении осенью-весной ниже 18 °С; Скорость сети интернет – 1.5 Мбит, вместо необходимой 15-20 Мбит, для техподдержки и обслуживания системы; В помещении постоянно присутствует запах табака из смежного помещения туалета.</p>	<p>Невозможно определить</p>	<p>Смена арендной площади офиса для месторасположения группы, желательно в другом здании</p>
<p>Требования к рабочим местам: <u>Минимальные</u> <u>технические</u> характеристики – стоимость: 80 000 – 100 000 рублей  <u>Минимальные</u> 3 Ггц Оперативная память 8 Гб Дисковая система SSD 256 для ПО + HDD для хранения файлов Видеокарта Quadro P2000, возможно использование аналогов</p>	<p>Требования к рабочим местам: <u>Рекомендуемые</u> <u>технические</u> <u>характеристики</u> 150 000 – 170 000 рублей Требования к рабочим местам. <u>Рекомендуемые</u> Процессор Core i7 4 ядра 3 Ггц и выше (при применении рендеринга 6-8 ядер) Оперативная память 32 Гб Видеокарта Quadro P4000, возможно использование</p>	<p>Минимальных технических требований программного обеспечения к аппаратной части недостаточно для реализации потенциала технологий информационного моделирования</p>	<p>Формирование программно-аппаратного комплекса, позволяющего реализовать потенциал информационного моделирования ОКС. Создание собственного информационного пространства.</p>

## Продолжение таблицы Д.1

<p>серии Geforce GTX (1050 и выше) Операционная система Windows 7 SP1 и новее.</p> <p><b>Спецификация аппаратной и программной части сервера для применения ВІМ технологий</b> Поддерживается работа на гипервизорах Microsoft Hyper-V, Vmware, XenServer</p> <p>Минимальные требования: Процессор Хеон 4 ядра 2,5 ГГц Оперативная память 8 Гб Дисковая система 30 Гб, далее в зависимости от объема БД и файлового хранилища Операционная система Microsoft Server 2008 R2 и новее. База данных SQL Express, превышение ограничений редакция Standard</p>	<p>аналогов серии Geforce GTX (1070 и выше) Дисковая система SSD 256 для ПО + HDD для хранение файлов Операционная система Windows 7 SP1 и новее. Рекомендуется Windows 10.</p> <p><b>Спецификация аппаратной и программной части сервера для применения ВІМ технологий</b> Поддерживается работа на гипервизорах Microsoft Hyper-V, Vmware, XenServer</p> <p>Рекомендуемые характеристики, окончательные спецификации формируются исходя из технического задания: Процессор 8 ядер 2,5 ГГц Оперативная память 32 Гб и более в зависимости от БД Дисковая система 500 Гб и более в зависимости от объема БД и файлового хранилища, рекомендуется использование дисков SSD или SAS диски 10К, и отказоустойчивые аппаратные решения. Операционная система Microsoft Server 2008 R2 и новее.</p>		
--	--	--	--

Продолжение таблицы Д.1

	База данных Microsoft SQL Server Standard		
Стандарты информационного моделирования. Производственные процессы организованы наиболее эффективным образом. Качественное и понятное всем распределение ответственности между участниками проекта в управлении.	Руководство проектом осуществляется техническим директором	Работы участников проекта над более рентабельными и эффективными проектами	Установление четких взаимосвязей и правил взаимодействия между участниками проекта

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Таблица Е.1 – Анализ комплексных BIM-решений, проведенный ООО МК «СтройПроектТехнологии»

Функциональные особенности САПР	Локализованные в РФ системы автоматизированного проектирования				
	Стоимость одного рабочего места, руб.				
	Autodesk Revit Structure Suite – AutoCAD Structural Detailing (Сталь и Железобетон) – AutoCAD 2011 – СПДС – Revit Structure	CSoft Project Studio 5.1 – Архитектура – Конструкции – Фундаменты – AutoCAD 2009	Nemetschek AllPlan BIM PRO – Расширение МК – Интерфейс к программам расчета – Диспетчер рабочей группы – Библиотеки ГОСТ	Graitek Advance Steel&Concrete – Graitek Advance Steel (Сталь) – Graitek Advance Concrete (Железобетон) – AutoCAD 2009	Tekla Structures – Steel Detailing (Сталь) – Precast Concrete Detailing (Сборный ЖБ) – Reinforced Concrete Detailing (Монолитный ЖБ)
	<a href="http://www.autodesk.ru">www.autodesk.ru</a>	<a href="http://www.csoft.ru">www.csoft.ru</a>	<a href="http://www.allbau-software.de">www.allbau-software.de</a>	<a href="http://www.infars.ru">www.infars.ru</a>	<a href="http://www.tekla.com">www.tekla.com</a>
	<b>160 000</b>	<b>190 000</b> (30000/45 000/ 45 000/70 000)	<b>490 000</b> (251 000/85 000/32 000/ 82 000/40000)	<b>555 000</b> (273 000/212 000/70 000)	<b>1 500 000</b>
Общие особенности					
Возможность приобретения отдельных модулей	-	+	+	+	+
Совместная работа над проектом	+	-	+	+	+
Возможность доработки (Open API)	+	-	-	-	+
Динамическое изменение спецификаций	+	-	-	-	+

## Продолжение таблицы Е.1

Получение 3D геометрии из ПО от архитекторов и смежников	+	-	+	± (С усн. Revit Structure)	+
Связь со сметными программами	± (Revit Structure, необходима доработка баз данных)	-	+(Дополн. модуль стоит 128 000 руб.)	-	± (Необходима доработка баз данных)
Создание укрупненной 3D модели и проверка коллизий	+(Revit Structure)	± (Не автоматизирована проверка)	± (Не автоматизирована проверка)	+	+
Автоматическое создание аналитической модели	+(Revit Structure)	-	-	-	+
Двухсторонняя связь с расчетными программами	+(Revit Structure, AutoCAD SD Сталь)	-	+	+	+
Односторонняя связь с расчетными программами	+(Revit Structure, AutoCAD SD Железобетон)	-	+	+	+
Автоматизированное создание детальной 3D модели МК	+(AutoCAD SD Сталь) ± (Revit Structure, необходима доработка баз данных)	-	± (Не локализовано по ГОСТ)	+	+
Автоматизированное создание детальной 3D модели КЖ	+(Revit Structure)	-	+	± (Не локализовано по ГОСТ)	+
Автоматизированное создание детальной 3D модели сборных ЖБ конструкций	± (Revit Structure, необходима доработка баз данных)	-	+	-	+
Автоматизированное создание спецификаций на основании 3D модели	+(Revit Structure, AutoCAD SD Сталь)	-	+	+	+
<b>Функциональные особенности САПР</b>	<b>Autodesk Revit Structure Suite</b>	<b>CSoft Project Studio 5.1</b>	<b>Nemetschek AllPlan 2009 BIM</b>	<b>Graitek Advance Steel&amp;Concrete</b>	<b>Tekla Structures</b>

Продолжение таблицы Е.1

Автоматизированная разработка объемной модели					
Поддержка концепции BIM	+	-	+	-	+
Автоматизированная разработка плоских чертежей					
Автоматизированное создание детальной 2D модели МК	± (Revit Structure, необходимо создание баз данных)	+	-	-	-
Автоматизированное создание детальной 2D модели КЖ	+ (AutoCAD SD Железобетон)	+	-	-	-
Автоматизированное создание детальной 2D модели сборных ЖБ конструкций	± (Revit Structure, необходимо создание баз данных)	+	-	-	-
Автоматизированное создание спецификаций на основании 2D модели	+ (AutoCAD SD Железобетон) ± (Revit Structure, необходимо создание баз данных)	+	-	-	-
Внутренняя автоматизация расчетов					
Автоматизированный расчет узлов МК	± (Revit Structure, необходимо создание баз данных)	-	± (Не локализовано по ГОСТ)	-	± (Не локализовано по ГОСТ, редактируется в Excel)
Расчет оснований фундаментов	-	+	-	-	-
Оформление ПСД КМ по ГОСТ	± (Revit Structure, необходима доработка баз данных) + (AutoCAD SD Сталь + СПДС Autodesk)	+	± (необходима доработка баз данных)	+	+
Оформление ПСД КЖ по ГОСТ	± (Revit Structure, необходима доработка баз данных) + (AutoCAD SD Железобетон + СПДС Autodesk)	+	+	-	+

