

*На правах рукописи*



**ЛУШНИКОВ Александр Сергеевич**

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА, СТОИМОСТИ И СРОКОВ РЕАЛИЗАЦИИ  
ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ  
ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

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

Санкт-Петербург – 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Научный руководитель: доктор экономических наук, профессор  
**Асаул Вероника Викторовна**

Официальные оппоненты: **Трофимова Людмила Афанасьевна**  
доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», кафедра экономики и управления предприятиями и производственными комплексами, профессор

**Силка Дмитрий Николаевич**  
доктор экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), кафедра Экономики и управления в строительстве, заведующий

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Защита диссертации состоится «21» февраля 2019 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.223.04 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по адресу: 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, зал заседаний диссертационного совета (аудитория 219).

Телефакс: (812) 316-58-72.

Email: rector@spbgasu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в фундаментальной библиотеке ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» на сайте:

<http://dis.spbgasu.ru/specialtys/personal/lushnikov-aleksandr-sergeevich>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор экономических наук,  
доцент



Кошеев В. А.

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** «Исчерпание возможностей экономического роста России, основанного на интенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов, на фоне формирования цифровой экономики и появления ограниченной группы стран-лидеров, обладающих новыми производственными технологиями и ориентированных на использование возобновляемых ресурсов» – названо одним из больших вызовов для общества, государства и науки в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной указом Президента 1 декабря 2016 г.

Степень развития цифровой экономики, например, в странах ЕС определяется индексом DESI (*The Digital Economy and Society Index* – индекс цифровой экономики и общества). Оцениваются пять факторов: 1) возможности подключения (расширение фиксированной и мобильной широкополосной инфраструктуры, скорости и доступности); 2) кадровые ресурсы (цифровая грамотность населения); 3) использование Интернета для общения или осуществления транзакций; 4) интеграция цифровых технологий (доля цифрового контента; использование цифровых технологий и использование электронной коммерции организациями); 5) цифровые публичные услуги (развитие и использование электронных гос. служб) рис. 1.

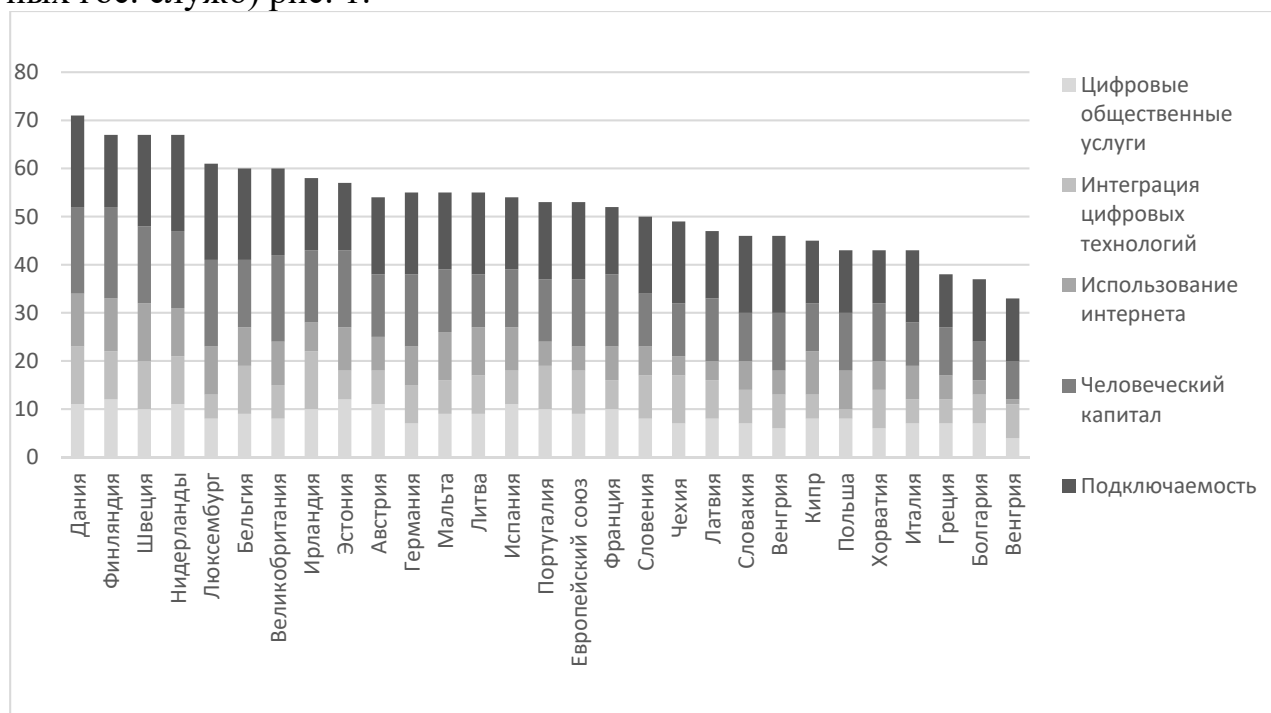


Рисунок 1 – Цифровой индекс Европейского союза

Для строительства переход к цифровой экономике открывает широкие возможности для того, чтобы на многое посмотреть с новой точки зрения. Цифровая экономика выступает, в данном случае, как новая основа для взаимодействия государства, бизнеса и науки. Примером может выступать технологии, позволяющие реализовывать на практике «умные контракты» в жилищном строительстве (блокчейн). Пилотный проект, реализуемый в настоящее время, дает возможность использовать возможности распределенного реестра при заключении сделок с долевым участием в строительстве. Но наиболее интересна интеграция

данных возможностей с информационной технологией BIM (*Building Information Modeling* или *Building Information Model*), которую некоторые эксперты интерпретируют не только как информационную модель здания, но и как информационную модель процесса строительства. Появляются возможности для того, чтобы в контракте были отражены все необходимые сведения о реализации инвестиционно-строительного проекта (ИСП) на всех стадиях его жизненного цикла. Кроме того, опыт внедрения BIM показывает, что его внедрение позволяет устранить коллизии, возникающие в процессе строительства из-за ошибок проектирования, снизить риски некачественного проектирования и контролировать затраты на всех стадиях реализации ИСП.

Одним из показательных исследований, проведенных на эту тему, стала оценка эффективности применения BIM-технологий зарубежными и российскими организациями, проведенная НИУ МГСУ совместно с ООО «КОНКУРАТОР», показавшая увеличение показателей чистого дисконтированного дохода (*NPV*) до 25%, роста индекса рентабельности (*PI*) до 14 – 15%, увеличение показателя внутренней нормы доходности (*IRR*) до 20%, сокращение периода окупаемости ИСП до 17%, снижение себестоимости проекта, связанной со снижением затрат на стадии строительства до 30%.

Министерством строительства и ЖКХ разработан План мероприятий по внедрению оценки экономической эффективности обоснования инвестиций и технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства. В нем описаны мероприятия, содержащие поправки в законодательство, регламентирующие разработку соответствующих профессиональных стандартов, и пр. Для обязательного применения технологий BIM в строительстве это необходимо, однако не дает ответа на вопрос: как внедрить технологии информационного моделирования в организации, реализующей ИСП, для обеспечения эффективности этого процесса и снижения рисков. Это обуславливает высокую актуальность темы представленного исследования.

**Степень разработанности научной проблемы.** Проблемам развития строительства в России посвящены работы таких ученых как А. Н. Асаул, Е. Г. Гужва, И. В. Дроздова, С. А. Ершова, В. А. Заренков, Л. М. Каплан, В. А. Кошечев, А. Н. Ларионов, К. В. Малинина, Ю. П. Панибратов, Е. В. Песоцкая, А. А. Петров, Н. Г. Плетнева, С. А. Ситдииков, Е. Б. Смирнов, Р. А. Фалтинский, И. В. Федосеев, Н. В. Чепаченко и др.

Эффективность реализации ИСП, риски этого процесса и проблемы инвестиционного проектирования рассматриваются в трудах В. Д. Ардзинова, В. В. Асаул, В. П. Грахова, Д. И. Локтя, И. Г. Лукмановой, С. Г. Опарина, А. А. Сахарова, Д. Н. Силки, А. А. Ткачева, Н. В. Чепаченко и др.

Внедрению информационных технологий в деятельность строительных организаций посвящены работы Р. Г. Абакумова, Б. Е. Величковского, Я. В. Жарова, М. Ш. Мустафина, О. Пакидова, М. В. Пастуховой, С. Ю. Пириевой, К. В. Постнова, В. В. Талапова, Л. А. Трофимовой, А. В. Смирновой, Ю. Н. Чудинова, Н. Ю. Яськовой и др.

Однако данные исследования не освещают всех практических вопросов внедрения BIM-технологий в деятельность организаций, реализующих ИСП.

**Целью** исследования является разработка инструментария внедрения технологий информационного моделирования в деятельность организаций, реализующих инвестиционно-строительные проекты, позволяющего обеспечить их качество, стоимость, сроки, эффективность их реализации и снижение рисков.

**Задачи** исследования:

- 1) разработать модель снижения затрат реализации ИСП на основе многокритериального подхода, использование которой позволит обеспечить качество, стоимость и сроки реализации ИСП;
- 2) разработать организационно-экономический механизм внедрения технологий информационного моделирования в деятельность организаций, реализующих инвестиционно-строительные проекты;
- 3) разработать комплексный подход к внедрению BIM-технологий в организации;
- 4) представить методику минимизации рисков ИСП с использованием BIM;
- 5) предложить методический инструментарий оценки внедрения BIM-технологий в деятельность организации, реализующей ИСП.

**Объект исследования:** организации, реализующие инвестиционные проекты в строительстве.

**Предмет исследования:** управленческие отношения, возникающие в процессе обеспечения качества, стоимости и сокращения сроков реализации ИСП с использованием BIM.

**Теоретической и методологической основой диссертации** стали труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам инвестиционного проектирования, проблемам обеспечения эффективности инвестиционных проектов в строительстве; исследование на практике особенностей и проблем внедрения информационных технологий в деятельность организаций, реализующих ИСП. В ходе исследования применялись системный, информационный подходы, методы экономико-математического моделирования. **Информационной базой диссертации** стали эмпирические данные, описывающие опыт реализации инвестиционных проектов в строительстве, содержащиеся в печатных изданиях, научных публикациях, практических исследованиях, интернет, материалах научно-практических конференций, публикациях Росстата.

**Научная новизна** исследования заключается в разработке инструментария, позволяющего обеспечить качество, стоимость и сроки реализации ИСП на основе внедрения технологий информационного моделирования.

К числу основных результатов, полученных лично автором и обладающих **научной новизной**, относятся следующие.

1. Разработана **экономико-математическая модель** снижения затрат реализации ИСП на базе многокритериального подхода, в основу которого заложены критерии обеспечения качества, стоимости и сокращения сроков строительства, на основе преимуществ внедрения информационного моделирования: повышение точности и устранение ошибок проекта, снижение рисков некаче-

ственного проектирования, возможность быстрого внесения изменений в проект и контроля затрат на всех стадиях реализации ИСП.

2. Разработаны **условия и мероприятия повышения конкурентоспособности** организаций, реализующих инвестиционно-строительные проекты, на основе внедрения организационно-экономического механизма информационного моделирования: систематизация юридических основ и инженерных показателей, их применения в изысканиях, проектировании и строительстве; организация инфраструктуры и обучение профессионального резерва для их внедрения; законодательное утверждение необходимого использования технологий информационного моделирования при реализации ИСП с участием бюджетных средств РФ.

3. Разработан **сценарий внедрения технологий информационного моделирования** в организации, основанный на комплексном подходе к этому процессу, в отличие от существующих предлагающий сценарий выделения функциональной единицы в оргструктуре, включающей специалистов по каждой стадии проектирования, реализующих концепцию BIM, осуществляющих обучение персонала и организацию рабочих мест для разработки: пространственной модели строящегося объекта, связанной с календарно-сетевым графиком проекта; наглядной детализации стоимости проекта; систематизации информации, как о конструкции самого объекта, так и обо всех технических системах, установленных на объекте.

4. Представлена **методика минимизации рисков ИСП с использованием BIM**, включающая 5 этапов (разработку 3D модели проекта, плановой модели проекта и синхронизацию конструктивных элементов модели с календарным графиком; формирование фактической и комплексной модели на конкретную дату; систематизацию данных и их анализ, визуализацию и актуализацию графика выполнения работ, составление отчета о ходе строительства). Особенностью данной модели является учет риска изменения модели за счет оппортунистического поведения участников группы реализации BIM; контрактное разграничение их прав и обязанностей; контроль рисков несвоевременного выполнения работ; возможность корректировки нормативной базы ИСП и обоснованного определения сроков его выполнения.

5. Предложен **методический инструментарий оценки внедрения BIM-технологий** в деятельность организации, реализующей ИСП, включающий показатели оценки, целевые индикаторы, показывающие уровень достижения эффективности внедрения BIM (функциональной, экономической, социальной, научно-информационной, информационно-психологической) и пошаговую методику, позволяющую произвести оценку эффективности внедрения BIM в деятельность организации как инновационного и инвестиционного проекта.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в развитии научных основ обеспечения эффективности и снижения рисков инвестиционных проектов в строительстве на основе внедрения моделей и механизмов, изменяющих подход к инвестиционному проектированию и переход к информационным технологиям.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в возможности использования ее результатов организациями, реализующими ИСП, в ходе контроля обеспечения сроков, качества и стоимости строительства.

**Апробация результатов исследования.** Основные положения, выводы и результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс Санкт-Петербургского государственного университета, докладывались и получили одобрение на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета, а также на 72 научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета: «Архитектура – строительство – транспорт» (Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2016), используются специалистами АО «Астерос» и ООО «СпецСтройУниверс» г. Москва.

**Публикации.** По теме диссертации автором опубликовано 5 научных работ общим объемом 2,33 п. л., в том числе 4 статьи (2,23 п. л.) в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка использованной литературы.

**Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности (шифр, наименование, пункт):** 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (строительство), 1.3.64. Теоретические и методологические основы обеспечения заданных сроков, стоимости, качества, экологичности и конкурентоспособности строительной продукции; 1.3.78. Развитие теории и методологии управления рисками инвестиционных проектов в строительстве.

## II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

**1. Разработана экономико-математическая модель снижения затрат реализации ИСП на основе многокритериального подхода, в основу которого заложены критерии обеспечения качества, стоимости и сроков строительства.**

Ключевой показатель, который интересует всех участников строительства – это снижение стоимости квадратного метра строящегося объекта недвижимости. Стоимость строительства является важнейшим показателем для оценки эффективности ИСП. К самым известным способам оценки эффективности ИСП можно отнести методики ЮНИДО ( $NPV$ ,  $IRR$ ,  $PI$ ), сценарныеходы, основанные на построении «деревьев» решений, анализ чувствительности и т. п. Исследовав достоинства и недостатки существующих показателей, используемых для оценки эффективности реализации ИСП, был сделан вывод, что в данном случае можно использовать дисконтированный показатель эффективности инвестиционного проекта (*Discounted Profitability Index*), показывающий рентабельность инвестиций в ИСП, реализуемого в несколько этапов, и максимизировать его при разработке экономико-математической модели:

$$DPI = \frac{\sum_{t=1}^n CF_t / (1+r)^t}{\sum_{t=1}^n IC / (1+r)^t} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $CF_t$  – приток денежных средств в период  $t$ ;  $IC_t$  – сумма инвестиций (затраты) в  $t$ -ом периоде;  $r$  – барьерная ставка (ставка дисконтирования);  $n$  – суммарное число периодов (интервалов, шагов)  $t = 1, 2, \dots, n$ .

Формализуя задачу максимизации эффективности инвестиционного проекта, реализованного с помощью внедрения ВМ, можно сказать, что она, безусловно, однокритериальной не будет. Если остановиться на тех преимуществах ВМ моделирования, которые были выявлены в ходе исследования, то можно остановиться на трех составляющих получаемого эффекта (хотя, конечно, их намного больше, но не все из них поддаются формализации – эффект опыта, преимущества перед будущими заказчиками и т. п.). Вытекают они из главного преимущества внедрения ВМ моделирования – максимальное повышение точности проекта. Это дает снижение вероятности увеличения стоимости строительства (незапланированного увеличения использования сырья, материалов), рисков возникновения конструктивных коллизий с их последующим устранением (внеплановые затраты на оплату труда и материалов), повышение производительности труда за счет отсутствия поздних внесений изменений в проект в ходе строительства.

И числитель, и знаменатель данного показателя будут в абсолютном выражении зависеть от масштаба проекта. По выделенным преимуществам внедрения ВМ, можно формализовать целевые функции, связанные с экономией затрат при максимальном повышении точности проекта.

В качестве первого из них выделено снижение вероятности увеличения стоимости строительства. Это можно выразить следующим образом: необходимо минимизировать незапланированное увеличение использования сырья, материалов:

$$IC_C = \sum_{t=1}^n \frac{(IC_t + C_t^{\text{var}})}{(1+t)^t} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $IC_C$  – объем инвестиций, необходимый для реализации ИСП, включающий незапланированное увеличение использования сырья и материалов  $C_t^{\text{var}}$  в каждом году реализации проекта (руб.), критерий минимизации – **обеспечение качества ИСП** при следующем ограничении (3):

$$C^{\text{var}} = \sum_{t=1}^n C_t^{\text{var}} \leq C_{CM}^M, \quad (3)$$

где  $C_t^{\text{var}}$  – незапланированное увеличение использования сырья и материалов за весь период реализации ИСП (руб.);  $C_{CM}^M$  – доля сметной себестоимости проекта, включающая в себя расходы на сырье и материалы (руб.); является ограничением снижения затрат для обеспечения качества строительства.

В качестве второй целевой функции можно взять также объем инвестиций, необходимый для реализации проекта, только с учетом рисков возникновения конструктивных коллизий с их последующим устранением (внеплановые затраты на оплату труда и материалов)  $IC_R$ , критерий минимизации **обеспечение стоимости ИСП**:

$$IC_R = \sum_{t=1}^n \frac{(IC_t + R_t^{\text{var}})}{(1+r)^t} \rightarrow \min, \quad (4)$$



где  $IC_R$  – объем инвестиций, необходимый для реализации ИСП, включающий незапланированное увеличение использования сырья, материалов и фонда заработной платы  $R_t^{var}$ , с учетом рисков возникновения конструктивных коллизий с их последующим устранением, при следующем ограничении (5) (руб.):

$$R^{var} = \sum_{t=1}^n R_t^{var} \leq C_{CM}^{\Phi OT+M}, \quad (5)$$

где  $R^{var}$  – незапланированное увеличение использования сырья и материалов с учетом рисков возникновения конструктивных коллизий (руб.);  $C_{CM}^{\Phi OT+M}$  – доля сметной себестоимости проекта, включающая в себя расходы на сырье, материалы и оплату труда (руб.); является ограничением снижения затрат для обеспечения безопасности строительства.

Повышение производительности труда за счет отсутствия поздних внесенных изменений в проект в ходе строительства можно заложить в основу третьей целевой функции снижения объемов инвестиций  $IC_P$  (руб.) (6):

$$IC_P = \sum_{t=1}^n \frac{(IC_t + P_t^{var})}{(1+r)^t} \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $IC_P$  – объем инвестиций, необходимый для реализации ИСП, включающий возможную экономию фонда заработной платы  $P_t^{var}$ , обусловленную повышением производительности труда за счет максимального повышения точности проекта (руб.), критерий минимизации – **сокращение сроков строительства объекта**. Ограничение:

$$P^{var} = \sum_{t=1}^n P_t^{var} \leq C_{CM}^{\Phi OT}, \quad (7)$$

где  $P^{var}$  – объем средств, высвобождающихся за счет повышения производительности труда (руб.);  $C_{CM}^{\Phi OT}$  – доля сметной себестоимости проекта, включающая в себя расходы на оплату труда (руб.); является ограничением снижения затрат для сокращения сроков строительства.

Необходимо отметить, что при поставленной задаче максимизации эффективности ИСП по критериям обеспечения качества, стоимости и сроков строительства, нужна формализация еще многих переменных при выборе каждого из этих критериев, как в числителе, так и в знаменателе исследуемого показателя. Однако при снижении сложности ИСП данная задача может быть легко трансформирована в одноцелевую, с выделением в качестве таковой знаменателя показателя рентабельности инвестиций, минимизируемого по критериям обеспечения качества, стоимости и сроков реализации ИСП.

## **2. Разработаны условия и мероприятия повышения конкурентоспособности организаций, реализующих ИСП, на основе внедрения организационно-экономического механизма (ОЭМ) информационного моделирования.**

В качестве причин расхождения плановой и фактической стоимости строительства объектов можно назвать устаревшие практику проектирования и методы строительного надзора, административную коррупцию и пр. Сложность состоит в объективном контроле различной документации по объему и стоимости планируемых работ. Различными коллективами разрабатываются объемно-планировочные решения, инженерные сети, формируется сметная документация

и т. п. В итоге чертежи, расчеты складываются в тома проектной и рабочей документации. Внесение изменений в документацию в процессе строительства, естественно, приводит к увеличению его сроков и стоимости. Причем, чем позднее вносятся изменения в проект, тем выше затраты.

Еще одно направление, в котором BIM технологии можно использовать – это борьба с коррупцией. Обеспечение государственного и общественного контроля объемов и стоимости строительных работ, особенно выполняемых за счет бюджетных средств, позволит повысить прозрачность принимаемых управленческих решений и использования этих средств. Уже принят Федеральный закон от 21 июля 2014 г. N 212-ФЗ «Об основах общественного контроля в Российской Федерации», который предусматривает широкое применение информационных технологий. При точном информационном моделировании объектов и формировании в соответствии с проектом точной стоимости проекта систему гос. закупок можно будет сделать более прозрачной. На рис. 2 и 3 представлены условия и мероприятия повышения конкурентоспособности организаций, реализующих ИСП, на основе внедрения ОЭМ информационного моделирования.

### **3. Разработан сценарий внедрения технологий информационного моделирования в организации, основанный на комплексном подходе к этому процессу.**

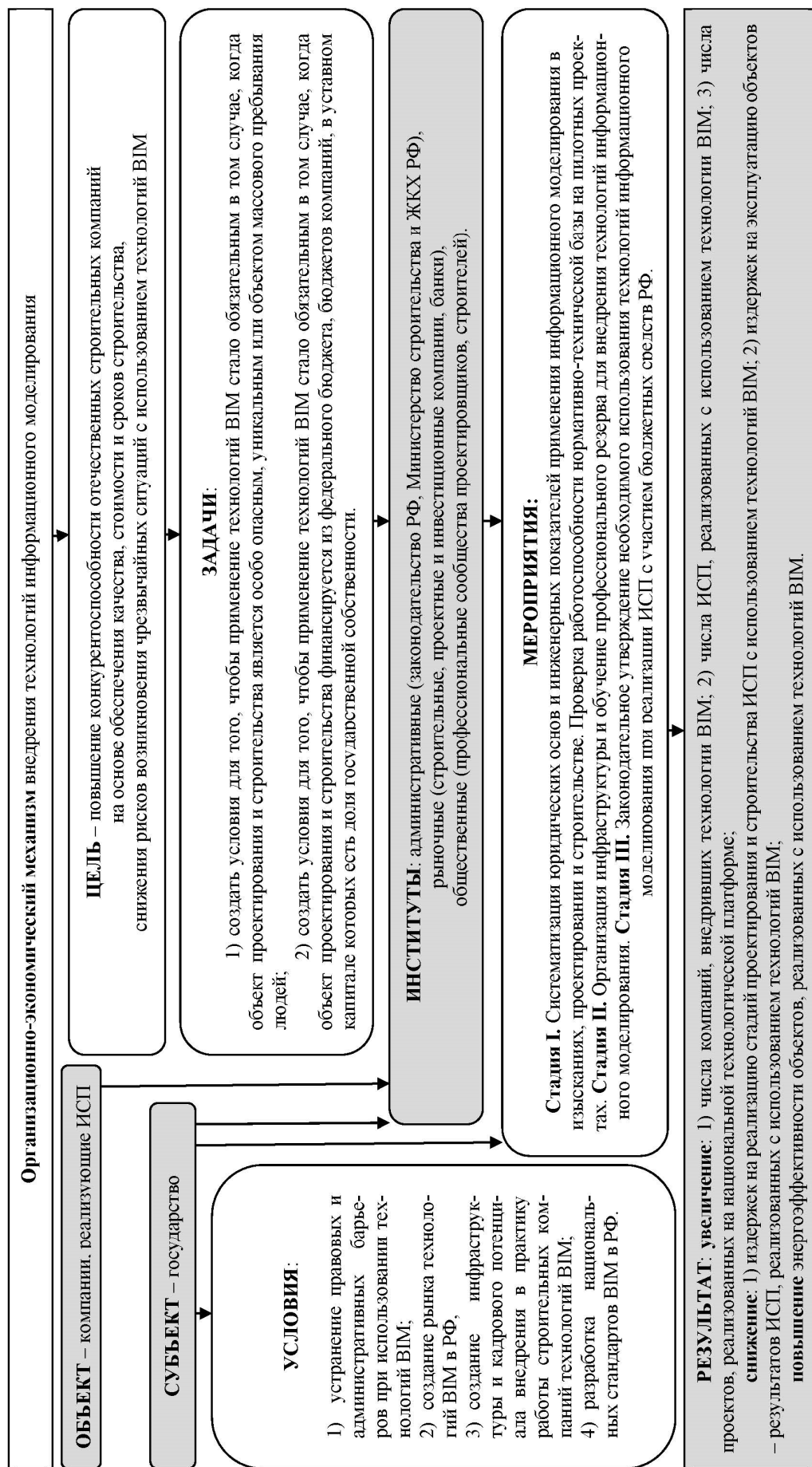
При внедрении BIM необходим комплексный подход, который предполагает не смену компьютерной программы, а необходимость изменения: технологии проектирования; организации процесса проектирования; психологии проектировщиков.

Можно сделать несколько основных выводов по оценке возможности осуществления комплексного подхода по внедрению BIM-технологий.

1. BIM-технологии, в конечном счете, экономят средства, государство инициирует их внедрение. Чем грамотнее и квалифицированнее этот процесс будет реализован в компании, тем выше будет ее конкурентоспособность на рынке реализации инвестиционно-строительных проектов. Необходима новая организация отношений между всеми участниками реализации инвестиционно-строительного проекта, для каждого из которых работа в BIM выгодна.

2. Лучший результат дает комплексный подход поэтапного внедрения, в котором заинтересованы как инвесторы, так и будущие собственники здания. Государственный заказ играет большую роль в процессе продвижения технологий. Внедрять BIM нужно поэтапно, начиная с самых слабых мест в компании. Необходимо менять психологию и технологию проектирования, так одно название «BIM» успеха не гарантирует. Необходимо опираться на инициативу сотрудников, готовых к переходу на новые технологии; сохранить работоспособность компании, учитывая не одинаковое отношение к новшествам у разных категорий людей.

3. В начале внедрения BIM производительность труда падает. Внедрение BIM-технологий требует вложения средств, как любое новшество. Необходимо будет изменить саму организацию проектирования. Возникает необходимость кадровых изменений в компании; привлечение или обучение новых специалистов – BIM-менеджеров.



**Рисунок 2 – Организационно-экономический механизм внедрения технологий информационного моделирования в деятельность организаций, реализующих ИСП**

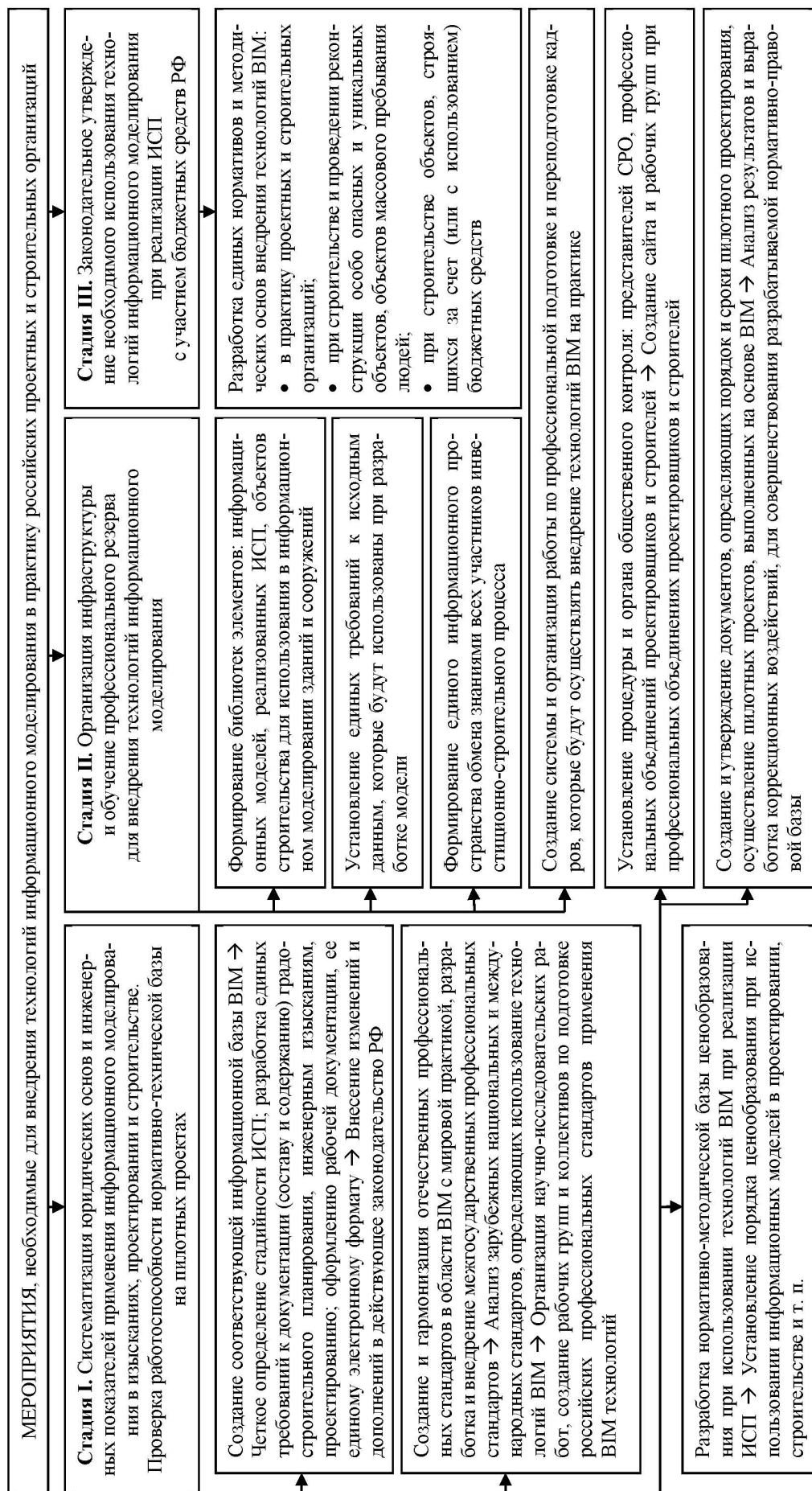


Рисунок 3 – Мероприятия, необходимые для успешного внедрения BIM технологий.

10. Важная роль отводится «пилотным» проектам и внешнему консалтингу.

Таким образом, автором предложен комплексный подход к внедрению BIM-технологий в организации, в отличие от существующих предлагающий сценарий выделения функциональной единицы в оргструктуре, включающей специалистов по каждой стадии проектирования, позволяющий получить специалистов, понимающих концепцию BIM, и готовых организовать обучение персонала и организацию рабочих мест для разработки пространственной (3D) модели строящегося объекта, связанную с календарно-сетевым графиком проекта (4D); наглядной детализации стоимости проекта (5D); систематизации информации, как о конструкции самого объекта, так и обо всех технических системах, установленных на объекте (6D). Это отражено в таблице 1.

#### **4. Представлена методика минимизации рисков ИСП с использованием BIM, включающая 5 этапов.**

Риски, возникающие в процессе реализации ИСП, требуют такого же внимания как риски, сопутствующие любой другой производственной деятельности. При управлении ИСП часто внимание сосредоточено на одном из трех ключевых показателей его успеха: затрат, качества или сроков. Однако риски необходимо нивелировать по всем трем направлениям.

В данном случае использование BIM-моделирования позволяет нейтрализовать риски несвоевременного выполнения работ с помощью методики контроля. При разработке плановой модели проекта необходимо увязать элементы трехмерной модели с календарным графиком выполнения работ и выполнить анализ возможного появления пространственно-временных коллизий. Такая синхронизация позволит снизить риски несвоевременного выполнения строительно-монтажных работ (СМР) еще до их начала. Мониторинг выполнения всех стадий жизненного цикла проекта (ЖЦП) позволит снизить систематические риски строительства, оперативно реагируя на возникновение отклонений плановых значений показателей производства работ от фактических.

*Этап 1* методики минимизации рисков ИСП с использованием BIM включает *разработку 3D модели проекта*: разделы и объекты синхронизируются с элементами проекта. Одними из самых популярных являются программные продукты Autodesk. Основные компоненты 3D модели представлены на рис. 4.

##### *Этап 2. Разработка плановой модели проекта*

Для того чтобы разработать плановую модель проекта необходимо синхронизировать 3D модель проекта с календарным графиком СМР проекта. Затем необходимо увязать задачи календарного графика (объемы СМР, отдельные работы, исполнители, ресурсы, ограничения и пр.) с элементами трехмерной модели. После этого анализируется возможность возникновения пространственно-временных конфликтов, т. е. несвоевременности или нарушения последовательности выполнения отдельных видов работ.

##### *Этап 3. Разработка фактической модели проекта*

Для того чтобы получилась фактическая модель необходимы данные мониторинга выполненных объемов СМР всеми участниками строительства. Они оперативно фиксируются и заносятся в модель. Это может быть личный обход инженером, фотофиксация на компьютер или мобильную технику. В результате в фактической 3D модели собирается набор элементов, которые выполнены на определенную дату.

Таблица 1 – Сценарии внедрения BIM-технологий в организации

Сценарий 1. Внедрение BIM собственными силами компании	Сценарий 2. Комплексный подход к внедрению BIM (предложено автором)	Сценарий 3. Привлечение сторонней организации
<p>Назначает ответственного специалиста, которому вменяется в обязанность заниматься технологиями BIM и их внедрением. Текущая нагрузка по проектированию с этого специалиста не снимается.</p>	<p>Руководство выделяется в организационной структуре функциональная единица, которая будет включать ответственных за все стадии BIM, начиная от 3D модели проекта до сметы. Эти специалисты проходят обучение единовременное и стажировку в специализированной привлеченной компании. Все остальные специалисты компании проходят обучение в текущем графике.</p>	<p>Иницирует перед владельцами компании необходимость внедрения технологии BIM. Получает одобрение и приступает к реализации работ. Ищутся или просто приглашаются специалисты – системные интеграторы, поставщики ПО и проектных решений. Срок выполнения и объем предполагаемых работ определяются договором.</p>
<p>Назначенный специалист</p> <p>Примерный список работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>погружение в предметную область информационного моделирования;</li> <li>выбор 3D САПР и освоение технологии трехмерного проектирования САПР;</li> <li>создание технологии, улучшающей существующий процесс формирования чертежей;</li> <li>разработка стандартов организации по выпуску ПСД;</li> <li>применение технологии на практике, для начала на собственной тематике.</li> </ul> <p>При этом специалист продолжает нести полную нагрузку по проектированию.</p>	<p>Организационное подразделение по контролю BIM</p> <p>Примерный список работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>погружение в предметную область каждого специалиста (или группы);</li> <li>разработку проектной (3D) модели строящегося объекта, связанную с календарно-сетевым графиком проекта (4D);</li> <li>разработку наглядной детализации стоимости проекта (5D);</li> <li>систематизацию информации, как о конструкции самого объекта, так и обо всех технических системах, установленных на объекте (6D).</li> </ul>	<p>Компания по внедрению</p> <p>Примерный список работ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>обследование и знакомство с существующими бизнес-процессами компании;</li> <li>разработка стандартов организации по выпуску ПСД в усовершенствованном формате;</li> <li>обоснование выбора 3D САПР, его развертывание или настройка существующего 3D САПР под стандарты организации;</li> <li>создание рабочей группы из специалистов всех дисциплин, задействованных в работах по внедрению, и выбор объекта для «пилотного проекта».</li> </ul> <p>Обучение базовым инструментам 3D САПР рабочей группы;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>проведение «пилотного» проекта.</li> </ul>

Продолжение таблицы 1

Сценарий 1. Внедрение BIM собственными силами компании	Сценарий 2. Комплексный подход к внедрению BIM (предложено автором)	Сценарий 3. Привлечение сторонней организации
<p>• Создана трехмерная модель объекта в единственной дисциплине.</p> <p>• Есть наработки стандарта предприятия по двумерному проектированию с переходом на трехмерное проектирование.</p> <p>• Может не быть стандартов плоского проектирования, но это редкость.</p> <p>• В лучшем случае компания имеет технологию 3D-проектирования в единственной тематике.</p> <p>• До технологии BIM дело не доходит даже в пределах одной дисциплины.</p> <p>• Руководство не участвует в процессе работ.</p> <p>• Нет освобождения от текущей проектной деятельности.</p> <p>• Работа всегда будет начинаться с наиболее знакомой дисциплины.</p>	<p>Результат</p> <p>Компания получает основу для внедрения BIM:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специалистов, понимающих концепцию BIM, и готовых организовать обучение персонала и организацию рабочих мест для разработки пространственной (3D) модели строящегося объекта, связанную с календарно-сетевым графиком проекта (4D);</li> <li>• специалистов, понимающих концепцию BIM, и готовых организовать обучение персонала и организацию рабочих мест для разработки наглядной детализации стоимости проекта (5D);</li> <li>• специалистов, понимающих концепцию BIM, и готовых организовать обучение персонала и организацию рабочих мест для систематизации информации, как о конструкции самого объекта, так и обо всех технических системах, установленных на объекте (6D).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Созданы стандарты предприятия для существующей технологии плоского проектирования.</li> <li>• Проработаны базовые технологии 3D-проектирования – как внутри дисциплинарной групповой работы, так и междисциплинарного взаимодействия. Глубина и объем проработки определяются в первую очередь сроками работ, выбранным объектом и возможностью команды (рабочей группы). Заказчик имеет:</li> <li>• обученную группу специалистов, готовую делиться своими знаниями и опытом с коллегами;</li> <li>• рекомендации в случае квалифицированного исполнителя по изменению ролевых функций персонала и организации процесса проектирования применительно к особенностям продукции заказчика и с учетом 3D САПР;</li> <li>• при желании возможность развития и масштабирования работ.</li> </ul>

## Окончание таблицы 1

Ошибки и трудности	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Руководство не участвует в процессе работ.</li> <li>• Нет освобождения от текущей проектной деятельности.</li> <li>• Работа всегда будет начинаться с наименее знакомой дисциплины.</li> <li>• Все остальные дисциплины остаются за пределами его возможностей.</li> <li>• Назначенный, но не освобожденный специалист не наделен достаточными полномочиями.</li> <li>• Не всегда выделенный специалист имеет необходимый кругозор, видение междисциплинарной работы, общесистемный подход и организаторские способности.</li> <li>• Затрачиваемые им усилия несопоставимы с масштабом поставленной задачи.</li> </ul>	<p>Возможны ошибки вследствие неудачного выбора руководителей направлений, влияние человеческого фактора.</p> <p style="text-align: center;">Вывод</p> <p>При разграничении зон ответственности за все стадии BIM при хорошей организационной работе и параллельном обучении с привлечением консалтинговых услуг внедрить BIM в практику работы организации можно будет намного быстрее, чем собственными силами или полагаясь на привлеченных специалистов. Компания получает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сокращение продолжительности работ по внесению корректировок в проект до 5 раз;</li> <li>• оптимизацию графика производства работ;</li> <li>• повышение эффективности расходования ресурсов;</li> <li>• формирование общего понимания по этапам реализации проекта между всеми участниками;</li> <li>• повышение качества управленческих решений за счет наличия полной, качественной и своевременной информации о проекте в единой информационной среде;</li> <li>• повышение качества коммуникации на проекте между всеми участниками проекта;</li> <li>• возможность в единой информационной среде накапливать и использовать массу информации об объекте.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Руководство отслеживает процесс выполнения работ по финансовой и иной отчетности, а не по существу полученных результатов.</li> <li>• В работы не вовлекаются специалисты уровня ПИИД.</li> <li>• Очень сложно объяснить необходимость предварительных (обследование) и/или дополнительных (архив) работ.</li> <li>• Сотрудники рабочей группы отвлекаются на текущие работы.</li> <li>• Взаимоотношения компаний заказчик – исполнитель концентрируются в основном на обучении и проведении одного «пилотного» проекта. На практике выясняется, что одного объекта недостаточно даже для построения 3D-технологии, не говоря о технологии BIM.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Вывод</p> <p>Успех при таком сценарии ближе к ожиданиям, но не полон. Этот сценарий наиболее правильный для проектных компаний гражданского комплекса, но не оптимален для многопрофильных проектировщиков, для компаний, проектирующих промышленные площадки любого назначения, для компаний полного цикла: проект – строительство – эксплуатация.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Получена одна составляющая проектной модели.</li> <li>• Несомненно, есть успех – продумано трехмерное проектирование в единственной специальности, но к технологии BIM не приступили.</li> </ul> <p>Такой сценарий возможен только в малых организациях с ограниченным финансированием, специализирующихся на выпуске одного раздела ПСД.</p>	



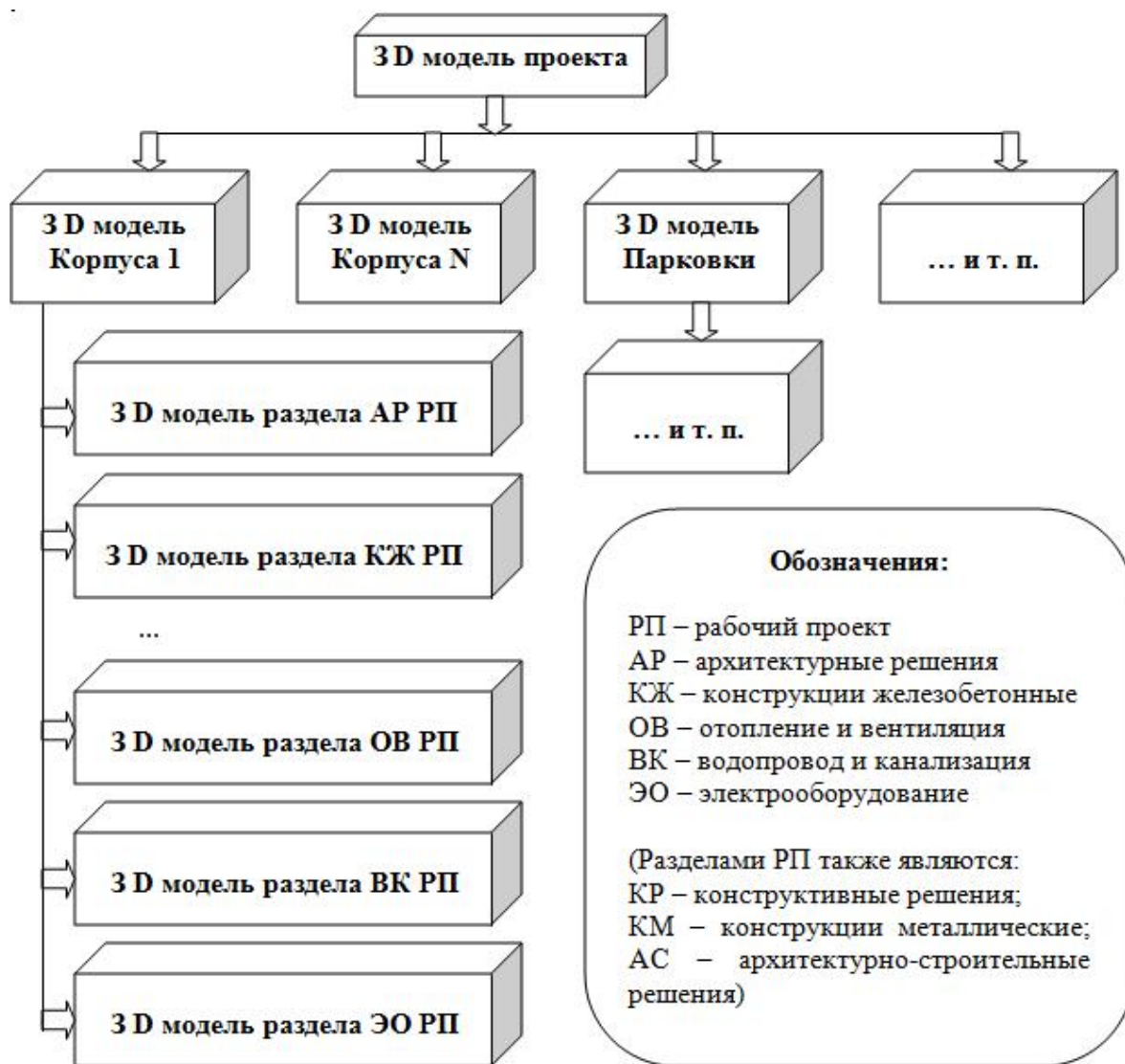


Рисунок 4 – Основные компоненты 3 D модели

#### *Этап 4. Формирование комплексной модели проекта*

В результате появляется возможность объединить 3D модель проекта с ее плановой и фактической версией в комплексную модель, которая будет по каждому элементу содержать следующую информацию: показатели в натуральном выражении: материалы элементов, их измерение; продолжительность выполнения работ по каждому элементу; фактический уровень выполнения каждого элемента модели.

#### *Этап 5. Систематизация и анализ полученных данных*

Сначала актуализируются плановые показатели. Объем по всем видам работ можно рассчитать на каждую дату календарного графика, привязанного к 3D модели. Вышеупомянутый продукт Autodesk позволит данные конвертировать в xls для большей наглядности. Их можно отсортировать по материалу или типу конструкций, затем просуммировать. В результате на день отчета мы получим данные об объемах работ в натуральных показателях.

Таким же образом рассчитывается фактический объем СМР на отчетную дату. Остается сравнить план с фактом и определить по каждому элементу «опережение» или «отставание». Все это визуализируется в модели. Путем наложения фактической модели на плановую, параллельно «скрыв» «факт», получаем среди оставшихся видимых элементов модели, те элементы, реализация которых является отставанием от графика и несет в себе риски несвоевременного выполнения СМР.

### **5. Предложен методический инструментарий оценки внедрения BIM-технологий в деятельность организации, позволяющий произвести оценку эффективности внедрения BIM в деятельность организации как инновационного и инвестиционного проекта.**

Внедрение BIM-технологии можно в полной степени считать инновационным проектом. Однако этот проект является и инвестиционным, а такие проекты не всегда можно оценить одинаково. Инновационная и инвестиционная деятельности организации тесно связаны, но имеют несколько разные цели. Инвестиционная деятельность имеет цель получения прибыли, сохранения и увеличения капитала компании. Целью инновационной деятельности является улучшение конкурентных преимуществ компании для того, чтобы объект инвестирования выглядел наиболее привлекательным. Дополнить комплексный подход к внедрению BIM, можно, на наш взгляд, определением системы показателей, которые могли бы служить оценке этого процесса.

Эффективность деятельности организации, реализующей инновационные проекты, можно оценивать по следующим направлениям: уровень научно-информационного развития организации; уровень технического развития организации; технико-экономическая эффективность реализуемого инновационного проекта; конкурентоспособность инновационных проектов, способствующих достижению целей организации. Также можно подойти и к внедрению BIM.

Уровень научно-информационного развития организации, осуществляющей внедрение инновационного проекта BIM, можно попытаться оценить с помощью следующих показателей:

1) коэффициент уровня научно-информационного развития организации, осуществляющей внедрение инновационного проекта BIM;

$$K_{HP}^{BIM} = \frac{Z_{BIM}}{Z_{П}}, \quad (8)$$

где  $Z_{BIM}$  – сумма затрат на внедрение BIM;  $Z_{П}$  – общая сумма затрат на производство.

$K_{HP}^{BIM} = [0, 1]$ . Если значение показателя равно 0, то это значит, что внедрение инновационного проекта BIM полностью завершено, уровень информационного развития организации высокий, а проектирование научно-обосновано. Если значение показателя равно 1, значит, внедрение информационных технологий проектирования внедряется в организации «с нуля», поэтому уровень научно-информационного развития организации нельзя признать удовлетворительным;

2) коэффициент накопления опыта информационного моделирования:

$$K_{OIM}^{BIM} = \frac{KP_{BIM}}{KP}, \quad (9)$$

где  $KP_{BIM}$  – количество проектов, выполненных с использованием BIM;  $KP$  – общее количество выполненных проектов.

$KP_{BIM} = [1, \infty]$ . Характеризует процесс накопления опыта информационного моделирования, а, следовательно и повышение уровня информационного развития организации;

3) коэффициент инновационной активности в моделировании:

$$K_{IA}^{BIM} = \frac{KC_{BIM}^C}{KC_{BIM}}, \quad (10)$$

где  $KC_{BIM}^C$  – количество семейств, разработанных сотрудниками организации самостоятельно с использованием BIM;  $KC_{BIM}$  – общее количество семейств в библиотеке организации, используемых ею в моделировании.

$K_{IA}^{BIM} = [0, 1]$ . Конечно, целесообразно использовать то, что уже наработано другими компаниями, поэтому в этом случае, необходимо отслеживать динамику этого показателя для подтверждения того, что инновационная активность в информационном моделировании существует.

Уровень технического развития организации можно косвенно оценить с помощью следующих показателей:

1) коэффициент конкурентоспособности продукции информационного моделирования:

$$K_K^{BIM} = \frac{\frac{\sqrt[n-1]{T_1^{BIM} \cdot T_2^{BIM} \cdot \dots \cdot T_i^{BIM} \cdot \dots \cdot T_n^{BIM}}}{n}}{\frac{\sqrt[m-1]{T_1 \cdot T_2 \cdot \dots \cdot T_j \cdot \dots \cdot T_m}}{m}} = \frac{\sqrt[n-1]{T_1^{BIM} \cdot T_2^{BIM} \cdot \dots \cdot T_i^{BIM} \cdot \dots \cdot T_n^{BIM}} \cdot m}{\sqrt[m-1]{T_1 \cdot T_2 \cdot \dots \cdot T_j \cdot \dots \cdot T_n} \cdot n}, \quad (11)$$

где  $T_i^{BIM}$  – темп роста количества проектов, реализуемых с использованием BIM;  $T_j$  – темп роста общего количества проектов.

$K_K^{BIM} = [0, 1]$ . Показывает конкурентоспособность продукции информационного моделирования. Подходит как для организаций, реализующих ИСП, так и для проектных организаций, только в случае последних факторным показателем может выступать не количество проектов, а, например, количество заказов;

2) коэффициент обновления технологии BIM:

$$K_{OB}^{BIM} = \frac{K_{PP}^{BIM}}{K_{PP}}, \quad (12)$$

где  $K_{PP}^{BIM}$  – количество программных продуктов, работа которых основана на технологии BIM;  $K_{PP}$  – общее количество программных продуктов, используемых в организации.

На наш взгляд, система показателей не должна быть сложной, она должна быть понятной и практичной для того, чтобы экономить время на сбор информации и ее обработку.

Например, в состав экономических показателей эффективности внедрения могут быть включены следующие:

1) показатель прироста чистой прибыли:

$$Pr_{\Pi} = \frac{(\Pi_1 - \Pi_0)}{\Pi_0} \cdot 100, \quad (13)$$

где  $Pr_{\Pi}$  – экономический показатель эффективности внедрения ВІМ по фактору чистой прибыли, %;  $\Pi_0, \Pi_1$  – чистая прибыль организации до и после внедрения ВІМ, руб.;

2) прирост выручки от продаж:

$$Pr_B = \frac{(B_1 - B_0)}{B_0} \cdot 100, \quad (14)$$

где  $Pr_B$  – экономический показатель эффективности внедрения ВІМ по фактору выручки, %;  $B_0, B_1$  – выручка организации до и после внедрения ВІМ, руб.;

3) отношение выручки (прибыли) от внедрения ВІМ к общему объему выручки (прибыли) за последний год:

$$\Delta B_{H}^{BIM} = \frac{B_{BIM}}{B}, \quad (15)$$

где  $\Delta B_{H}^{BIM}$  – отношение выручки от внедрения ВІМ к общему объему выручки за последний год;

3) показатель прироста нематериальных активов:

$$Pr_{HA} = \frac{(HA_1 - HA_0)}{HA_0} \cdot 100, \quad (16)$$

где  $Pr_{HA}$  – показатель эффективности внедрения ВІМ по фактору нематериальных активов, %;  $HA_1, HA_0$  – стоимость нематериальных активов до и после внедрения инновационных разработок в деятельность организации, выполненных на основе внедрения ВІМ;

5) показатель прироста количества клиентов организации (прирост количества заказов):

$$Pr_K = \frac{(K_1 - K_0)}{K_0} \cdot 100, \quad (17)$$

где  $Pr_K$  – показатель эффективности внедрения ВІМ по фактору количества клиентов (заказов), %;  $K_0, K_1$  – количество клиентов (заказов) до и после внедрения ВІМ.

Если подходить к оценке внедрения ВІМ с позиций функционально-системного анализа, то представляется методически верным применение в этих целях набора целевых индикаторов, которые должны быть научно-обоснованными и показывать степень достижения целей организации и эффективности внедрения ВІМ:

1) уровень достижения функциональной эффективности – достижения главных целей внедрения ВІМ;

2) уровень достижения экономической эффективности – окупаемости средств, вкладываемых во внедрение ВІМ;

3) уровень достижения социальной эффективности, иллюстрирующий, как внедрение ВІМ повлияло на производительность и условия труда работников;

4) уровень достижения научно-информационной эффективности, показывающий новизну применяемых программных продуктов и собственных разработок с использованием ВІМ;

5) уровень достижения информационно-психологической эффективности, отражающий влияние внедрения ВМ и необходимости перехода на новую методологию реализации ИСП на социально-психологический климат коллектива и степень удовлетворенности сотрудников.

Методически оценку эффективности внедрения ВМ в деятельность организации как инновационного и инвестиционного проекта можно представить в виде следующей последовательности шагов (рис. 5).

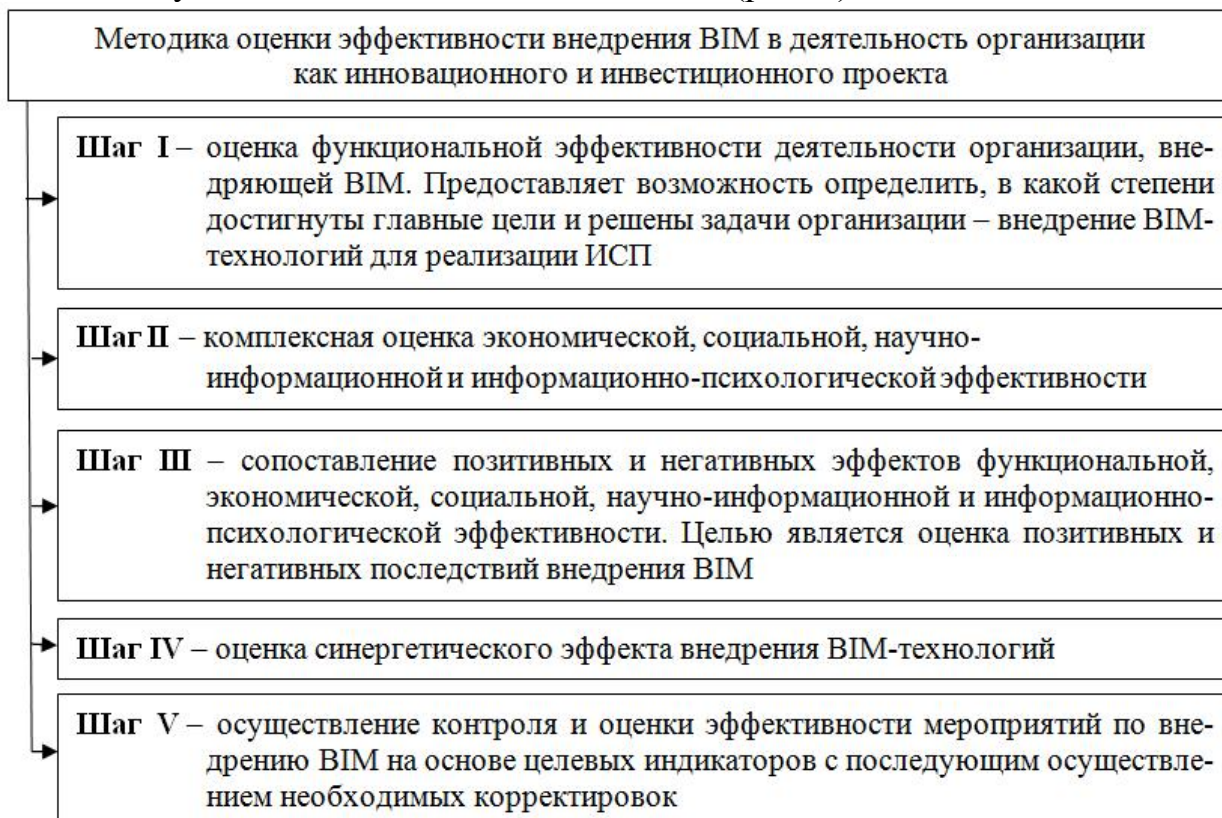


Рисунок 5 – Пошаговая методика оценки эффективности внедрения ВМ в деятельность организации как инновационного и инвестиционного проекта

Практическое значение предлагаемой методики заключается в возможности непосредственного использования предлагаемых целевых индикаторов для разносторонней оценки процесса внедрения ВМ-технологий в деятельность компании при реализации ИСП.

### III. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

При исследовании проблем обеспечения качества, стоимости и снижения сроков реализации ИСП автором были определены ключевые особенности проектирования при реализации ИСП, выявлены проблемы и преимущества внедрения ВМ технологий в России и дана оценка эффективности использования технологий информационного моделирования при реализации ИСП. Это позволило автору предложить экономико-математическую модель снижения затрат реализации ИСП на основе многокритериального подхода, в основу которого заложены критерии обеспечения качества, стоимости и сроков строительства, на основе экономии незапланированных затрат, обусловленной преимуществами внедрения ВМ моделирования.

В процессе анализа возможностей повышения эффективности управления ИСП на основе внедрения BIM технологий автором был разработан организационно-экономический механизм внедрения технологий информационного моделирования в практику российских проектных и строительных организаций. Результатом данного внедрения станет повышение конкурентоспособности отечественных строительных компаний на основе обеспечения качества, стоимости и сроков строительства, снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

Также автором было проведено исследование процесса внедрения облачного электронного документооборота в организации и разработан комплексный подход внедрения BIM в управлении инвестиционно-строительными проектами.

В процессе разработки механизмов, реализующих преимущество внедрения BIM технологий в строительной компании – уменьшение стоимости квадратного метра недвижимости автором была предложена методика снижения рисков ИСП за счет использования BIM технологий и методический инструментарий оценки внедрения BIM-технологий в деятельность организации, реализующей ИСП, включающий показатели оценки, целевые индикаторы, показывающие уровень достижения эффективности внедрения BIM.

#### **IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

##### **Научные статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации**

1. Лушников, А. С. Проблемы и преимущества внедрения BIM-технологий в строительных компаниях / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – № 6 (53) декабрь. – 2015. – С. 252 – 257. (0,32 п. л.).

2. Лушников, А. С. Проблемы проектирования инвестиционно-строительных проектов на современном этапе / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – № 3 (56) июнь. – 2016. – С. 279 – 289. (0,65 п. л.).

3. Лушников, А. С. Оценка эффективности использования технологий информационного моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов / А. С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – № 5 (58) октябрь. – 2016. – С. 186 – 195. (0,62 п. л.).

4. Лушников, А. С. Снижение рисков реализации инвестиционно-строительных проектов за счет использования информационных технологий / С. А. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – № 6 (65) декабрь. – 2017. – С. 302 – 310. (0,64 п. л.).

##### **Прочие публикации**

5. Лушников, А. С. Опыт внедрения BIM технологий в строительных организациях / А. С. Лушников, В. В. Асаул // Архитектура – строительство – транспорт: материалы 72-й научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета. 5–7 октября 2016 г.: [в 3 ч.]. СПбГАСУ. – СПб., 2016. (0,2 / 0,1 п. л.).

Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 29.11.2018. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Тираж 120 экз. Заказ 147.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.  
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

