

Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра проектирования зданий и экспертизы недвижимости

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой
_____ Р.А.Назирова
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Разработка эффективных моделей,
создание и эксплуатация доходных домов

тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	доцент, д.э.н.	<u>И.А.Саенко</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А.Г.Терехов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	_____	_____
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2020

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка эффективных моделей, создание и эксплуатация доходных домов» содержит 87 страниц текстового документа, 82 использованных источников, 13 листов графического материала.

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, BIM, 3D ПРОЕКТИРОВАНИЕ, BIM-ТЕХНОЛОГИЯ, ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК, ДОХОДНЫЙ ДОМ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ.

Объект проектирования – Доходный дом в мкр. «Ясный», г.Красноярск

Цели исследования:

- оценка эффекта применения BIM-технологий на основе международного опыта, в том числе для решения задач энергоэффективности
- анализ проблем внедрения информационного моделирования в строительной отрасли РФ
- выработка необходимых требований к информационной модели
- оценка результатов применения предложенных требований

В результате проведенного исследования была отмечена высокая эффективность BIM-технологий в т.ч. при строительстве и решении задач энергоэффективности, выявлены проблемы внедрения технологии в строительной отрасли РФ, вызванные в т.ч. необходимостью доработки нормативной базы в области BIM и формирования стандарта, доработки ПО, повышения квалификации специалистов,

В итоге были сформулированы необходимые требования к информационной модели, на основе принципа потребностей последующего пользователя, позволяющие существенно повысить эффективность применения BIM-технологии. На основе предложенных требований создана информационная модель конструкций железобетонных МКД ниже отм.0. (доходный дом в мкр. «Ясный», г.Красноярск) Оценен положительный эффект от применения предложенных требований.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ.....	6
1.1 Международный опыт применения BIM-технологий	6
1.2 Применение BIM-технологии при решении задач повышения энергоэффективности зданий	12
1.3 Проблемы внедрения BIM-технологий в РФ.....	17
РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ОРИЕНТИРОВАННОСТИ НА ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	26
2.1 Анализ действующей нормативной документации в области BIM ...	26
2.2 Сравнение программных комплексов для работы с BIM.....	29
2.2.1 Обзор ПО для создания информационных моделей	29
2.2.2 Обзор ПО для создания сметной документации на основе BIM ..	31
2.3 Формирование требований к информационной модели при проектировании зданий с применением BIM	36
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МКД НИЖЕ ОТМ.0 НА ОСНОВЕ СФОРМУЛИРОВАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ.....	39
2.4 Формирование информационной модели	39
2.5 Подготовка сметной документации с использованием BIM	62
2.6 Оценка эффекта от применения требований к информационной модели	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость проектирования зданий на основе BIM технологии является одним из приоритетов национальной экономики. 17 мая 2016 года по итогам заседания Государственного совета В.В. Путиным утвержден перечень поручений [1], в котором были определены решения важнейших задач строительной политики на ближайшую перспективу. Одной из главных задач – внедрение BIM-технологий. Однако, план по поэтапному внедрению BIM-технологий утвержденный Министерством строительства РФ, в котором декларировался охват всей строительной отрасли BIM-технологиями к 2020 году выполнен не полностью.

Автоматизация процессов эксплуатации недвижимости приводит к значительному упрощению процессов планирования и контроля деятельности службы эксплуатации, но несмотря на очевидные достоинства перечисленных программных средств, они пока не получили широкого распространения по причине сложности в управлении и высокой стоимости. Внедрение BIM-технологий в эксплуатацию недвижимости приводит к упрощению процессов планирования и контроля деятельности профильных служб, а бюджет становится более прозрачным и эффективным [82].

Актуальность работы обусловлена необходимостью детального анализа проблем внедрения BIM-технологий в строительной отрасли с предложением путей решения этих проблем. При этом одним из важнейших этапов использования BIM-технологии в строительстве является создание информационной модели будущего здания на этапе его проектирования.

Объектом исследования является информационная модель здания, создаваемая в процессе проектирования с применением BIM-технологии.

Предметом исследования выступает процесс создания информационной модели железобетонных конструкций здания.

Цель исследования - определение необходимых требований к информационной модели при проектировании зданий, для эффективного внедрения BIM-технологии при строительстве и эксплуатации доходных домов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи исследования:**

- Изучить международный и российский опыт использования BIM-технологий, в том числе для решения задач повышения энергоэффективности

- Провести анализ действующих нормативных документов РФ в области BIM
- Выявить особенности в работе с информационной моделью, созданной на стадии проектирования, следующего пользователя
- Сформулировать требования к информационной модели, в том числе для автоматизации процесса составления смет
- Провести апробацию полученных результатов на примере создания проекта строительства МКД
- Оценить эффект от применения предлагаемых подходов

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ

1.1 Международным опытом применения BIM-технологий

На сегодняшний день во многих странах мира (США, Великобритания, Франция, страны Северной Европы, Сингапур, Южная Корея, Китай и др.) в сфере строительства активно внедряются технологии информационного моделирования [2]. Масштаб внедрения BIM в вышеперечисленных странах зависит от выгод в результате применения этой технологии. Они могут быть получены на различных этапах реализации проекта или различных уровнях (как на уровне отдельного предприятия, так и отрасли или государства в целом).

Результат от применения BIM-технологий выражается в виде высокого качества создаваемой проектной документации, снижения затрат на этапе строительства, налаживании информационного обмена, хранения информации в едином месте и упрощения взаимодействия участников, входящих в состав строительных проектов и т. д. Все это в свою очередь приводит к улучшению экономической эффективности от реализации проекта строительства зданий и сооружений, а главное – снижению себестоимости. Такой положительный эффект в виде повышения уровня прибыли и рентабельности проявляется как на уровне отдельно взятой строительной организации, так и на государственном уровне за счет снижения стоимости объектов, строящихся по государственному заказу, что позволяет экономить и эффективно использовать средства государственного бюджета.

Сформулировано большое множество определений BIM (от англ. Building Information Modeling – информационное моделирование зданий и сооружений), общий смысл которых в основном сводится к тому, что является процессом создания и управления информацией на всех стадиях жизненного цикла объекта строительства [3]. Одно из наиболее часто встречающихся определений понимает BIM как процесс коллективного создания и использования информации о здании или сооружении, являющейся основой для принятых решений на протяжении всего жизненного цикла (начиная с этапа планирования и заканчивая выпуском проектной, рабочей документации, строительством, эксплуатацией и сносом).

Отличительным достоинством использования инструментов BIM-технологии является тот факт, что модель объекта строительства является динамичной (изменяемой). После добавления изменений в геометрию или данные BIM-модели происходит автоматическое обновление всех взаимосвязанных видов, данных, параметров и документов. Также, информационная модель позволяет всем участникам инвестиционно-строительного процесса (заказчик, проектировщик, строитель, подрядные организации, поставщики и др.) быть вовлеченными в командный процесс

создания объекта, иметь возможность обсуждать, комментировать и согласовывать свои действия, отслеживать изменения, что также повышает эффективность работы над проектом.

Выделенные преимущества BIM-технологии приводят к ее широкому распространению и повсеместному внедрению в мировую проектную практику и практику управления строительством. В России на данный момент наблюдается некоторое отставание от развитых стран, где BIM-технологии уже широко распространены, что влияет на увеличение объемов, повышение качества строительства в сочетании с увеличением экономической эффективности.

В связи со значительными преимуществами использования BIM-технологий в ряде стран на государственном уровне приняты условия по обязательному применению технологии при проектировании и строительстве объектов за счет средств государственного бюджета. Такие требования вводились гос. заказчиками в США начиная с 2003 года, а в ряде стран Европы и Азии – с 2007 года. В 2011 году о новой программе в области строительства, ориентированной на достижение конкурентных преимуществ на мировой арене, объявила Великобритания [4]. Опираясь на данную стратегию, была разработана единая последовательная программа перехода на технологии информационного моделирования. Это решение, принятое и одобренное на государственном уровне, обеспечило ускоренные темпы внедрения BIM-технологий.

В 2012 году в США около 70 % участников рынка строительства объявили о применении BIM-технологий в своих проектах, в Великобритании в 2016 году – 54 % [5]. В Сингапуре с 2015 года более 80 % всех строительных проектов выполняются только с применением BIM-технологий. К настоящему времени все проектные организации и около 70 % строительных подрядчиков Сингапура применяют BIM на своих проектах. На сегодняшний момент успешно существует и получает финансирование от Еврокомиссии рабочая группа по BIM (EU BIM Task Group). В нее входят представители госзаказчиков стран, состоящих в Евросоюзе. Главной целью работы является создание единых для всех стран Евросоюза правил планирования и реализации госзаказов на проектные и строительные подряды.

Рассмотрим подходы, которые применяют исследователи в различных странах для оценки эффективности реализации инвестиционно-строительных проектов с применением BIM.

В Великобритании необходимость внедрения BIM-технологий была осознана и реализована на государственном уровне для повышения конкурентоспособности строительных предприятий на международной арене и возможного достижения глобального лидерства в области цифрового строительства. В 2014 г. была принята обновленная редакция стратегии развития строительной отрасли Великобритании до 2025 г. Главной целью

этой стратегии стало снижение затрат на реализацию инвестиционных проектов на 33 % и сокращение продолжительности процесса строительства на 50 %.

Сингапур сейчас является одним из лидеров применения информационных технологий не только в Азии, но и во всем мире. Правительство Сингапура очень быстро осознало преимущества применения BIM-технологий в строительстве, поэтому своевременно развернуло государственную политику по поддержке ее внедрения, включая и финансовую поддержку организаций отрасли, внедряющих у себя BIM.

В 2010 году Building and Construction Authority Сингапура, отвечающее за управление строительной отраслью и выполняющее функции министерства, разработало дорожную карту по BIM (Singapore BIM Roadmap). Ее целью является повышение к 2020 году эффективности строительства на 25 % за счет использования технологий информационного моделирования и цифрового производства. В добавок к этому планируется с помощью инновационных технологий сократить число низкоквалифицированных рабочих (мигрантов) на стройплощадках. Ещё одна особая цель Сингапура – стать мировым лидером по скорости осуществления экспертизы проектов и выдачи разрешений на строительство.

Согласно результатам исследования, проводимого в Европе среди инженеров, архитекторов и других представителей смежных специальностей, 41 % респондентов считает, что после внедрения BIM их прибыль увеличилась; 55 % говорят о снижении стоимости проекта; 21 % заявляет о повышении производительности труда, что приводит к снижению количества задействованного персонала.

Проводимые исследования показывают, что применение BIM-подходов способствует росту прибыли и показателей рентабельности, сокращению затрат на этапе проектирования, повышению производительности и снижению общей стоимости проекта.

Одним из положительных моментов от внедрения информационного моделирования, является намечающаяся тенденция снижения количества изменений в проекте и информационных запросов, а также переделок на объекте, что приводит к уменьшению затрат.

К тому же, применение BIM-технологий приводит к появлению множества качественных выгод, влияющих на рост конкурентоспособности предприятия:

- автоматизация процессов;
- снижение рисков проекта;
- повышение безопасности на объекте;
- повышение качества проекта;
- повышение эффективности коммуникаций между участниками проекта [6].

Достижение таких высоких положительных результатов внедрения BIM-технологий и их широкого распространения в странах-лидерах обязано, прежде всего, государственной поддержке и проводимой государственной политике с четко определенными целями и разработанными мероприятиями по их достижению.

Технология BIM сейчас является одной из передовых технологий и представляет собой настоящий прорыв в строительной индустрии. Это фундаментальная технология предполагает использование программного обеспечения цифрового моделирования для более эффективного проектирования, построения и управления проектами.

Прежде всего, важно отметить, что аббревиатура BIM может использоваться для обозначения: - продукта (информационная модель здания, т. е. структурированный набор данных, описывающих здание для моделирования, автоматизации и презентации); - строительного процесса или деятельности (информационное моделирование зданий, означающий акт создания построения информационных моделей, таких как мышление, творчество, планирование и организация); - системы (построение информационного управления, означающая бизнес-структуры работы и коммуникации, повышающие качество и эффективность, такие как обмен, сохранение, запрос модели, организация и поддержание). Точное определение технологии BIM сегодня отсутствует, скорее существует множество способов толкования этого понятия [7].

BIM можно определить как разработку и использование модели компьютерного программного обеспечения для моделирования строительства и эксплуатации объекта. Полученная информация о здании (модель) представляет собой цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта, из которого представляются соответствующие потребностям различных пользователей. Он служит общим ресурсом знаний для получения информации об объекте, который является надежной основой для принятия решений, а также поддерживает сотрудничество между различными заинтересованными сторонами на различных этапах жизненного цикла. У авторов была одна и та же идея, в которой они заявили, что BIM-это информационно-технологический подход, предусматривающий применение и поддержание целостного цифрового представления всей информации о строительстве для различных этапов жизненного цикла проекта в виде репозитория данных [8; 9].

Дзамбазова и др. (2009) определили технологию BIM по-другому: с их точки зрения, указанная технология представляет собой управление информацией на протяжении всего жизненного цикла процесса проектирования, от раннего концептуального проектирования до управления строительством. Некоторые исследователи считают технологию BIM просто формой вычисляемого трехмерного (3D) моделирования.

Смит и др. (2004) рассматривали технологию BIM как интегративный процесс, управляемый трехмерными вычисляемыми оцифрованными изображениями и связанный с интернет-информационными услугами по стоимости строительства.

Говард и Бьорк (2008) подчеркивал, что технология BIM - это возможность передачи информации в цифровом виде на протяжении всего процесса строительства.

Laiserin (2007) определяет BIM как процесс для поддержки коммуникации (обмен данными), сотрудничества (действуя на общих данных), моделирования (используя данные для прогнозирования) и оптимизации (используя обратную связь для улучшения проектирования, документации и доставки). С другой точки зрения, исследователи

Азхар (2011) и Дамин (2008) определяют технологию BIM как новую мощную технологию, которая имеет все функции компьютера 3D-автоматизированного проектирования (САПР) и создает цифровую точную виртуальную модель здания.

Технология BIM имеет и более широкие определения. Например, ее можно определить как процесс использования информационных технологий для обмена информацией, моделирования, оценки, взаимодействия и управления практически модели здания в течение жизненного цикла здания (Ахмад и соавт., 2012).

Хардин (2009) согласился со Смитом и Тардифа (2009) и отмечает, что технология BIM -это революционная технология САПР и строительный процесс, который изменил способ, которым здания спроектированы, проанализированы, построены и управляются [10; 11].

Технологию BIM определяют также как набор информации, структурированный таким образом, чтобы данные могли использоваться совместно. BIM - это цифровая модель здания, в котором хранится информация о проекте. Это может быть 3D; четырехмерное (4D) (интегрирующее время); или даже пятимерное (5D) (включая стоимость).

Истман и др. (2011) рассматривал BIM как технологию, которая строит одну или несколько точных цифровых виртуальных моделей здания для поддержки проектирования через его фазы [11]. Эти компьютерные модели содержат точную геометрию и данные, необходимые для поддержки строительства, его производства и последующей реализации его объектов. Другими словами, BIM, будь то построение информационного моделирования или управление информацией здания, - это технология, которая улучшила способ проектирования и построения структур.

Таким образом, на основе анализа представленных выше точек зрения, BIM может быть определен путем сочетания нескольких определений, где он рассматривает как управляемый процесс использования информационных технологий для сбора, эксплуатации и обмена информацией по проекту. В ее основе лежит компьютерная модель, которая содержит все текстовые,

графические и табличные данные о проектировании, строительстве и эксплуатации объекта. Он используется для моделирования строительства и оценки его стоимости, сопровождает эксплуатацию объекта в течение его жизненного цикла [7].

Согласно исследованиям американского ученого Патрика Макклими - при BIM проектировании происходит перераспределение рабочего времени (Рисунок 1).

В целом в сравнении с 2D проектированием основное время тратится как раз на этапе проектирования с привлечением всех специалистов задействованных в работе с моделью, в том числе экономистов. В связи с этим имеется возможность раньше подготовить проектно-сметную документацию для согласования и экспертизы.

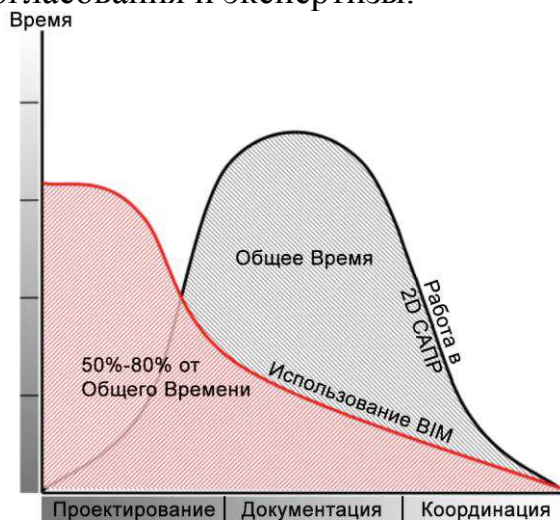


Рисунок 1 Перераспределение рабочего времени

Экономия ресурсов при проектировании BIM-технологий представим на Рисунок 2.

При принятии решения об использовании информационного моделирования (BIM) в области проектирования и строительства следует иметь в виду следующие положительные факторы [12]:

- снижение затрат на строительство до 30 %, а также сокращение сроков реализации проекта – до 50 %, сроков строительства – на 10 %, времени проектирования – на 20–50 %, сроков координирования и согласования – до 90 %. Немаловажным фактором является при этом повышение качества проекта, возможность устранения возможных коллизий на всех стадиях проектирования. При этом сокращается время на проверку модели – в 6 раз;
- оформление документации по СПДС и зарубежным стандартам с существенным сокращением времени на расчет спецификации;
- обмен данными осуществляется посредством стандарта IFC, который позволяет разбивать модель на несколько частей, взаимодействовать с различными компонентами из локальных и внешних баз данных;

- широкий мировой рынок программного обеспечения BIM, специфичность российских стандартов и правил проектирования открывают для российских пользователей большой выбор систем САПР в области BIM моделирования [13].

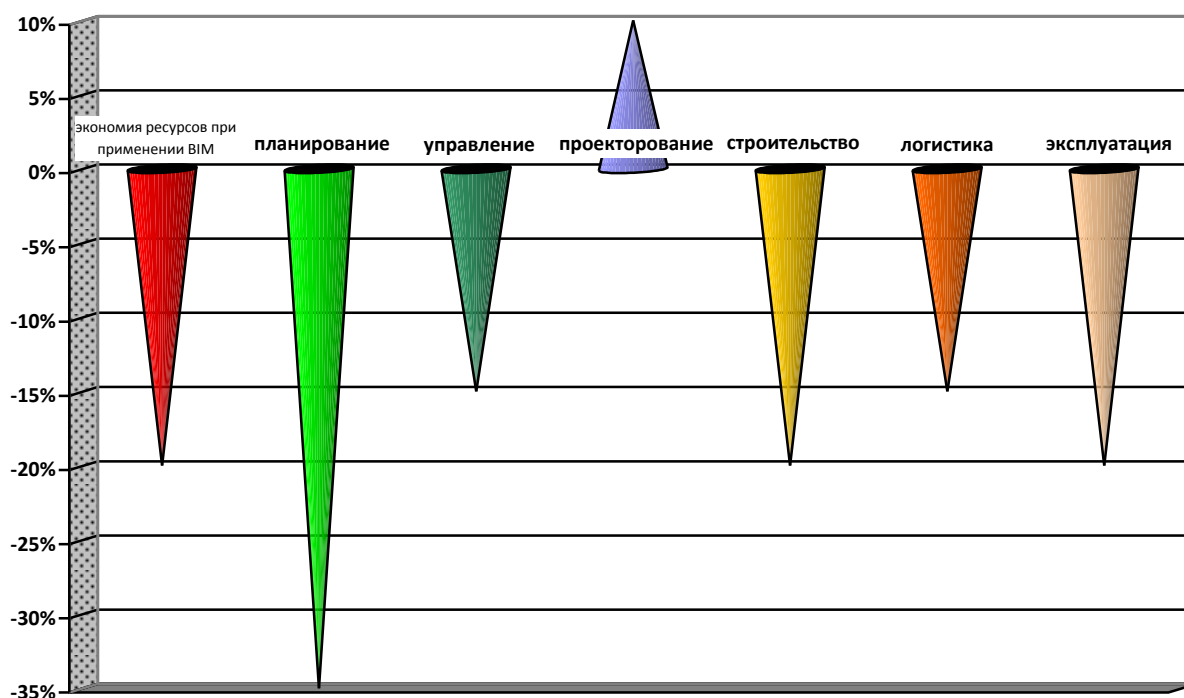


Рисунок 2. Экономия ресурсов при проектировании BIM-технологий [14]

Таким образом, международный опыт применения BIM-технологий в строительстве в целом, а так же процессе проектирования говорит о высокой эффективности данной технологии. Применение BIM приводит к существенному сокращению затрат связанных с организацией процесса проектирования, выявлением неточностей, устранением замечаний, а так же оперативному внесению корректировок в проект на стадии производства строительных работ. В целом использование данной технологии при строительстве приводит к существенному повышению эффективности всех процессов. А с учетом ускоренного развития цифровых технологий открывает огромные перспективы для повышения эффективности отрасли в целом.

1.2 Применение BIM-технологии при решении задач повышения энергоэффективности зданий

Построение объекта основано на трехмерной модели здания, учитывающей физико-эксплуатационные свойства ограждающих конструкций здания, взаимное расположение поверхностей, тепловую инерцию конструкции, затенение и тепловой поток от системы отопления. Как это работает? Инженер вводит информацию об объекте строительства:

геометрию, местоположение, строительные материалы, ориентацию, механические компоненты, предполагаемый вид использования и режим работы здания. На основе данной информации программа создаёт виртуальную копию здания. Уникальность данного метода состоит в возможности «проиграть» реальную жизнь будущего здания в течении года со всеми заложенными проектом инженерными системами. Затем, на базе местных погодных условий, программа даёт нам полную информацию об энергозатратах, комфорте пребывания и стоимости. Наиболее оптимальные и энергоэффективные решения принимаются путем изменения ключевых параметров здания [15,16].

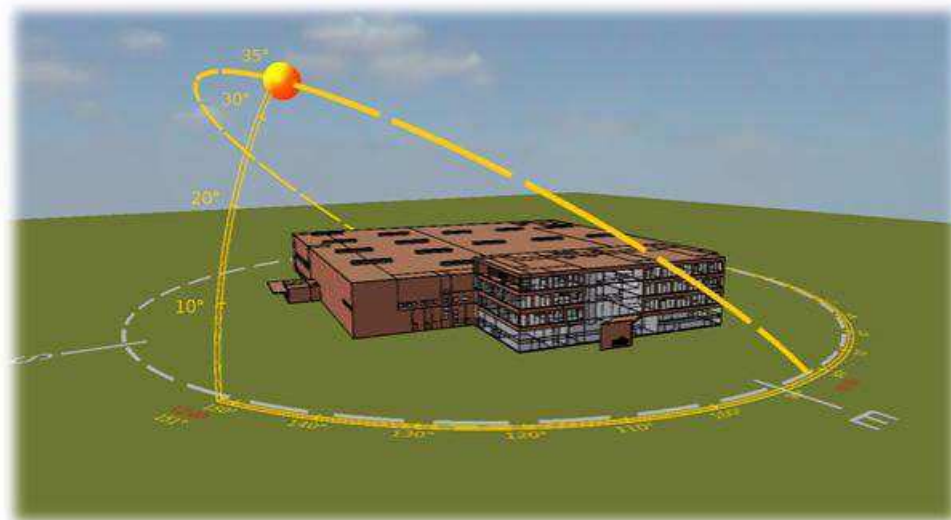


Рисунок 3 – Трёхмерная модель с положением солнца производственно-складского корпуса

В результате такого подхода, который на Западе называют Building Information Modeling или сокращено BIM, мы имеем информационную модель здания, которая описывает его с инженерной, архитектурно-конструктивной и экологической сторон.

Учет всех приведённых показателей ведёт к существенной экономической эффективности при эксплуатации здания. К примеру, затраты на эксплуатацию зданий, построенных не по BIM-технологиям, за 20-25 лет достигают 70% от всех вложенных в проект средств.

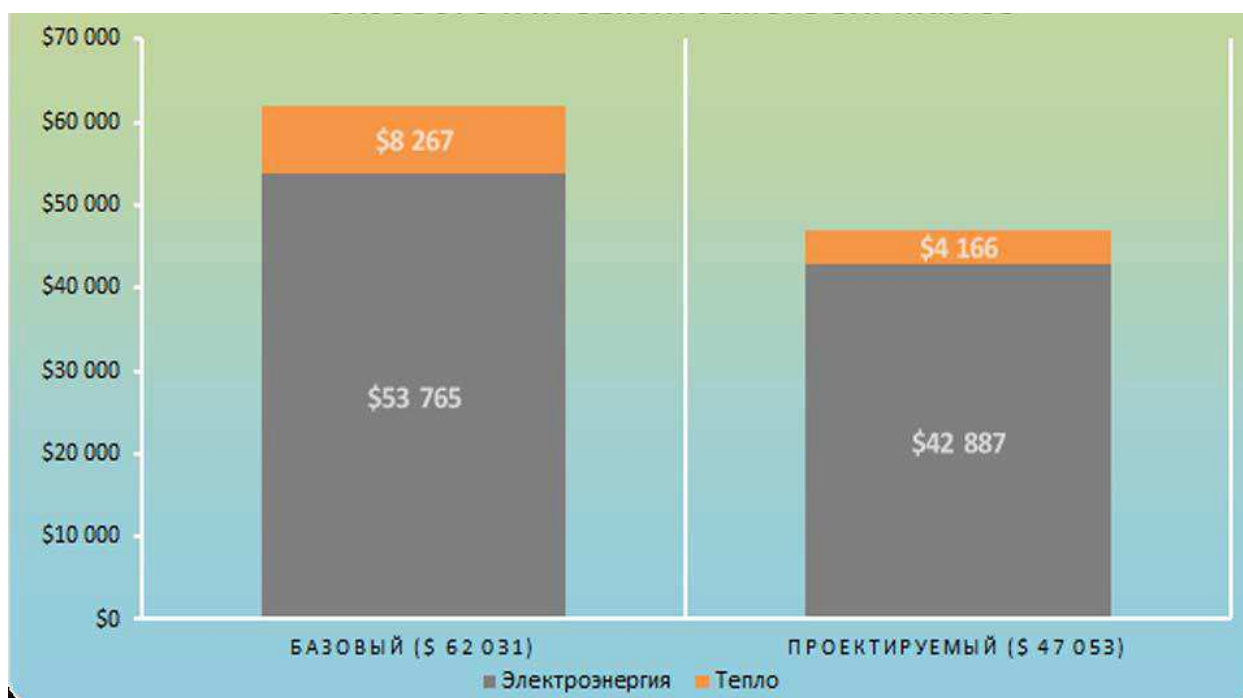


Рисунок 4 – Сравнение затрачиваемых энергоресурсов базового и проектируемого вариантов за один год

Программные обеспечения, работающие по принципу BIM, позволяют определить степень энергоэффективности здания, а также выбрать наиболее рациональные и экономичные решения для сокращения расходов в процессе эксплуатации. Многие инженеры сходятся во мнении, что BIM-моделирование является самым точным инженерным инструментом, позволяющим выделить наиболее эффективные с энергетической точки зрения процессы [17,18].

К основным задачам, которые решаются с помощью BIM-моделирования являются: выбор и разработка мероприятий по улучшению энергоэффективности здания, оценка степени эффективности проектных решений на предпроектной стадии, расчет коэффициента окупаемости энергосберегающих мероприятий, расчет стоимости энергоресурсов для правильной оценки OPEX (операционной стоимости), выбор наиболее экономичного тарифа на энергоресурс.

Самой мощным инструментом по решению проблемы энергоэффективности является программа IES VE PRO, ведь не случайно она на законодательном уровне утверждена в Великобритании для проектирования энергоэффективных зданий. Данный продукт позволяет определить архитектору наиболее энергоэффективные варианты расположения здания, а инженеру провести полный анализ солнечного проникновения, визуализировать интенсивность солнца, рассчитать яркость и освещенность, провести точечный анализ дневного освещения и воздухопроницаемости и т.д.

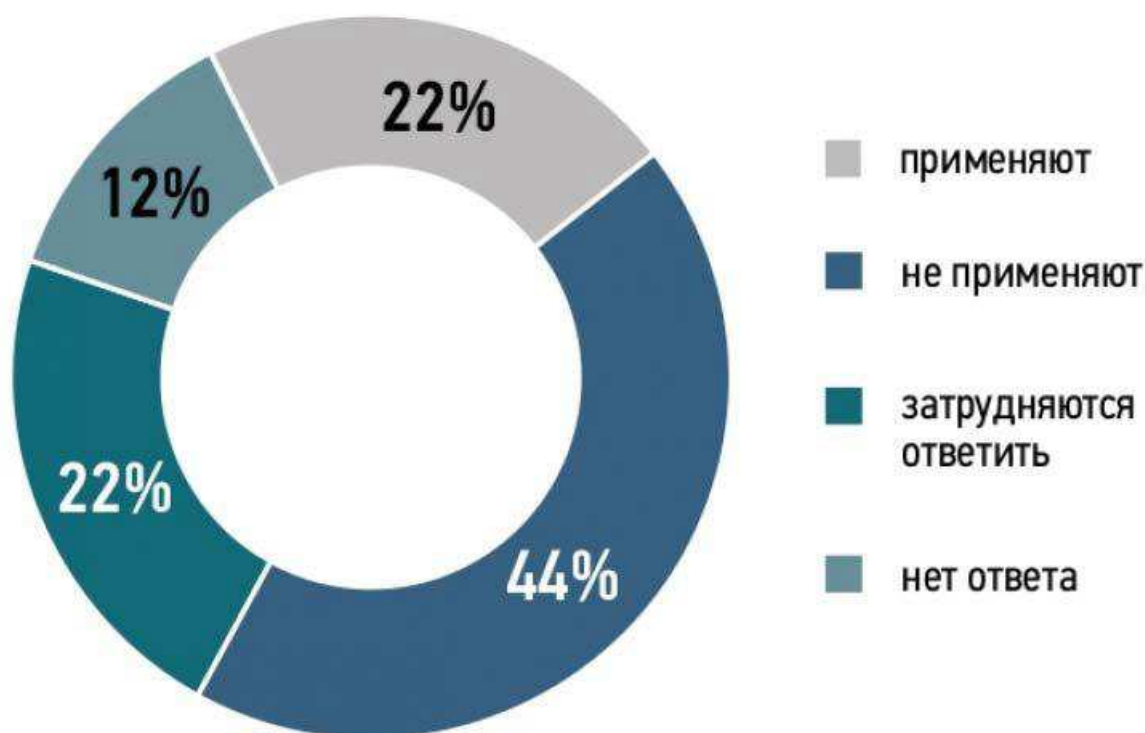


Рисунок 5 - Максимизация естественного освещения в программе IES VE PRO

Также решения данных задач частично реализуются в программах: Autodesk Green Building Studio, eQuest, TAS, Ecotect Analytics, IDA ICE, Energy Plus, RIUSKA. Каждая программа хороша по-своему и поэтому многие инженеры предпочитают комплексное их использование [19-21].

Необходимо понимать, что любой инструмент эффективен ровно настолько насколько квалифицирован и опытен человек, который его использует. Современный специалист помимо стандартных базовых знаний в области инженерии, должен также ориентироваться в современных энергоэффективных технологиях, уметь правильно анализировать результаты моделирования, обоснованно выбирать решения и выявлять возможности экономии при проектировании здания [22].

Во многих западных странах BIM-технологии стали обыденным явлением в области проектирования, т.к. были внедрены в обязательном законодательном порядке. В России вопрос использования энергоэффективного моделирования только набирает актуальность, поэтому данной технологией облают лишь немногие проектные компании. К российскому опыту использования BIM относится инновационный центр «Сколково», оптимизация затрат которого составила 18%. Также, таковым примером является конгрессно-выставочный центр «ЭКСПОФОРУМ» в

Санкт-Петербурге. Оптимизация эксплуатационных затрат на электро- и теплоснабжение составила 32,8 %.

Подходы энергетического моделирования широко используются в мире при проектировании общественных и жилых зданий [23–26]. В настоящее время существует большое число программных комплексов для выполнения энергетического моделирования. Во многие комплексы возможен импорт архитектуры здания, например, из REVIT. Идеология и уравнения, используемые в различных комплексах энергомоделирования, схожи, но программы могут различаются по удобству использования, глубиной настройки параметров инженерных систем, количеством физических моделей.

Одна из широко известных в мире программ энергетического моделирования – IES Virtual Environment [27]. Данная программа обладает удобным пользовательским интерфейсом и широкими возможностями.

Пример результатов проведения энергетического моделирования для общественного здания (площадь около 100 тыс. м²) представлен в таблице.

В таблице 1 приведен эффект от внедрения различных энергоэффективных решений на годовое энергопотребление здания. Видно, что наибольший эффект дает управление производительностью вентиляторов по датчикам CO₂.

Как показали исследования, данное мероприятие практически всегда дает большой эффект для общественных зданий с существенно изменяющимся количеством людей в здании в течение дня, месяца, года (театры, аэровокзалы, ж/д вокзалы, музеи и т. д.).

На Рисунок 6 представлено распределение нагрузки на системы холодоснабжения общественного здания в течение года. Анализ характера распределения холодильной нагрузки позволяет правильно сконфигурировать холодильный центр (количество машин, их мощность) для эффективной работы систем холодоснабжения.

Таблица 1 - Эффект от энергоэффективных мероприятий

Название мероприятия	Эффект по энергопотреблению	
	Экономия за год, МВт·ч	Эф-ть, %
Фрикулинг на системе холодоснабжения доводчиков	214,6	0,74
Установка рекуператоров 80 %	8 593,6	23,3
Установка стеклопакетов с низким пропусканием солнечной энергии <i>SHGC</i> = 0,19 – 0,34 (вместо 0,5)	103,2	0,36

Управление освещением в техн. коридорах и на лестницах по датчикам присутствия	114,3	0,40
Управление освещением по датчику освещенности в проходах к телетрапам, лестничным клеткам и в зонах общественного пользования	249,8	0,88
Управление производительностью вентиляторов по датчикам CO_2	5 585,3	17,1

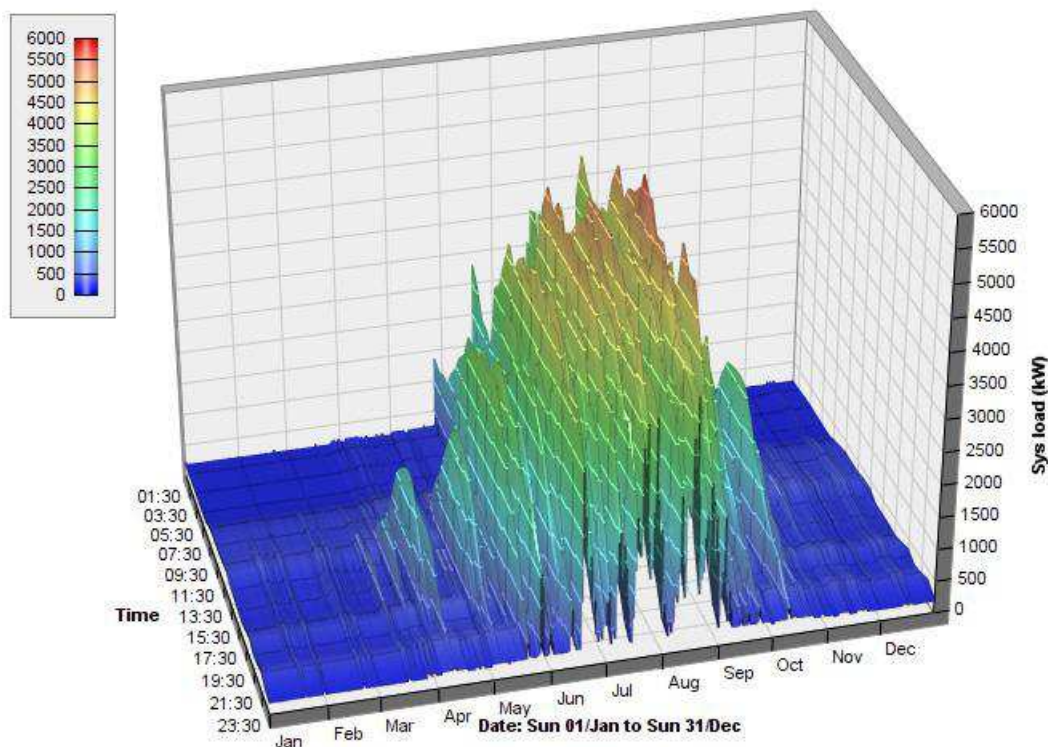


Рисунок 6. Распределение нагрузки в течение года на системы холодоснабжения

Таким образом, применение BIM-технологий в процессе проектирования позволяет более эффективно и комплексно решать задачи связанные с энергоэффективностью проектируемых зданий, а так же в целом задачи энерго- и ресурсосбережения.

1.3 Проблемы внедрения BIM-технологий в РФ

В настоящее время происходит цифровая трансформация российской экономики. Векторы такого развития заданы Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы, утверждённой Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 года

№ 203, Программой «Цифровая экономика Российской Федерации», утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года № 1632-р, стратегическими целями и задачами по направлению «Цифровая экономика», поставленными Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (подпунктом «б» пункта 2) и другими нормативными актами.

В связи с участием России в международных, в первую очередь, евразийских интеграционных проектах и в силу трансграничного характера самой «цифровизации» вопросы внедрения современных компьютерно-информационных технологий в социально-экономическую сферу поднимаются не только на национальном, но и на наднациональном уровне. Регулированию этого процесса на едином экономическом пространстве Евразийского экономического союза посвящено, в частности, Решение Высшего Евразийского экономического совета от 11 октября 2017 года № 12 «Об Основных направлениях реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза до 2025 года».

На фоне всеобщей «цифровизации» российской экономики осуществляется внедрение цифровых технологий и в строительную сферу. Следует отметить, что данная сфера является публично (социально и государственно) значимой и потому постоянно находится в фокусе внимания как со стороны государства и муниципалитета, так и со стороны негосударственных структур – бизнес-сообщества, некоммерческих организаций, граждан. Уделяется внимание строительной отрасли и в плане стимулирования её компьютерно-информационной модернизации.

Президент России в своём Послании Федеральному Собранию 1 марта 2018 года заявил, что «обновление городской среды должно базироваться на широком внедрении передовых технологий и материалов в строительстве, современных архитектурных решениях, на использовании цифровых технологий в работе социальных объектов...». Достижение «весьма амбициозной, но абсолютно реалистичной» цели увеличения объёмов строительства до 120 миллионов квадратных метров в год глава государства обуславливает, в числе прочих факторов, внедрением новых технологий [28]. В Послании Федеральному Собранию 20 февраля 2019 года Президент также поднимал проблематику инноваций в строительной сфере, развития цифровой экономики и «настройки» на новую технологическую реальность [29].

В упомянутом выше Указе Президента России от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» был обозначен этот же целевой показатель объёмов строительства (подпункт «а» пункта 6 Указа) и поставлены соответствующие задачи для достижения такой цели: модернизация строительной отрасли, в том числе посредством установления

ограничений на использование устаревших технологий и стимулирования внедрения передовых технологий в проектировании и строительстве (подпункт «б» пункта 6 Указа); преобразование строительной отрасли посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений (подпункт «б» пункта 11 Указа).

Одним из направлений такой оптимизации является информационное моделирование зданий (сооружений), или, в англоязычном написании – Building Information Modeling (сокращённо: BIM). Результат такого моделирования – информационная модель здания (сооружения), – Building Information Model. Данный вид информационной модели служит основой принятия решений на протяжении всего жизненного цикла строительного объекта – от первоначальных концепций создания до рабочего проектирования, строительства, эксплуатации и сноса.

Информационное моделирование реализует современный подход к возведению строительных объектов и управлению ими, в рамках которого данные объекты рассматриваются в качестве единых сложных систем, интегрированных во внешнюю социальную и инфраструктурную среду. Информационные модели зданий и сооружений содержат инструменты управления стоимостью и рисками, сроками выполнения работ, вариативностью исполнения проектов. Технология информационного моделирования позволяет не только визуализировать в 3D-формате любые элементы и системы здания (сооружения), но и рассчитывать различные варианты их компоновки, производить анализ эксплуатационных характеристик будущих объектов, упрощая выбор оптимального решения. В итоге появляется возможность избежать перепроектирования и переделок, сэкономить время, существенно сократить расходы строительства и дальнейшей эксплуатации объектов. Внедрение информационного моделирования позволяет уменьшить сметную стоимость создаваемых объектов, повысить эффективность капитальных вложений, снизить эксплуатационные расходы [30].

То, что BIM-технологии позволяют минимизировать материальные и временные ресурсы в сфере строительства, не осталось незамеченными в строительной отрасли. Вопросы внедрения инновационных цифровых технологий в данной отрасли поднимались давно, и разработка «дорожной карты» по BIM в рамках рабочей группы велась, начиная с 2012 года [31].

Ещё за два года до постановки Президентом России целей и задач, процитированных выше, а именно 17 мая 2016 года состоялось заседание Государственного совета по вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности, на котором Министр строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации сообщил следующее: «С целью повышения эффективности капитальных вложений и учёта при планировании бюджетных инвестиций не только стоимости строительства, но и затрат на дальнейшее содержание объекта на

протяжении всего жизненного цикла ведётся работа по внедрению технологий информационного моделирования в строительстве, позволяющих управлять реализацией проекта от стадии инвестиционного замысла до стадии эксплуатации» [32]. По итогам этого заседания Президент России поручил до 1 декабря 2016 года разработать и утвердить план мероприятий по внедрению технологий информационного моделирования в сфере строительства [33].

Во исполнение данного поручения Минстроем России подготовлена «дорожная карта» по внедрению технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства.

12 апреля 2017 года на итоговом совещании Общественного совета при Минстрое России об этом сообщил глава ведомства, прокомментировав следующим образом: «Мы, как регулятор строительной отрасли, должны создать условия для применения технологий информационного моделирования на практике. Хочу подчеркнуть, что применение BIM-технологий – это новая эра в строительстве и эксплуатации зданий. И это не только 3D-моделирование, это также расчёт полного жизненного цикла сооружения вплоть до его утилизации. В BIM-модель будущего здания можно «защитить» не только характеристики материалов и процессов, но и информацию по закупкам, поставкам и срокам будущего ремонта. Технологии позволяют в режиме виртуальной реальности отслеживать работу инженерных систем и многое другое... По оценкам экспертов, – добавил министр, – применение технологий информационного моделирования только в процессе проектирования и строительства позволит достичь экономии до 20 % средств на возведение объекта. Кроме того, использование BIM позволит снизить административные барьеры и сократить сроки возведения объекта» [30, 31].

Упомянутая «дорожная карта» предусматривает разработку национальных стандартов информационного моделирования в процессах проектирования, строительства (реконструкции, капитального ремонта), эксплуатации и сноса объектов капитального строительства, приведение нормативно-технических документов и сметных нормативов, применяемых в строительстве, в соответствие с классификатором строительных ресурсов. Кроме того, в плане прописано расширение функционального назначения федеральной государственной информационной системы ценообразования в строительстве в направлении эксплуатации и сноса объектов капитального строительства.

Таким образом, внедрение BIM-технологий в строительную отрасль оценивается как позитивный фактор, способствующий оптимизации (повышению качества, ускорению, удешевлению) процессов проектирования, возведения и эксплуатации зданий и сооружений.

На Рисунке №7 указаны возможности BIM проектирования, реализация проекта начиная со стадии технического задания и заканчивая сдачу в эксплуатацию (или например ремонт, реконструкция, демонтаж).

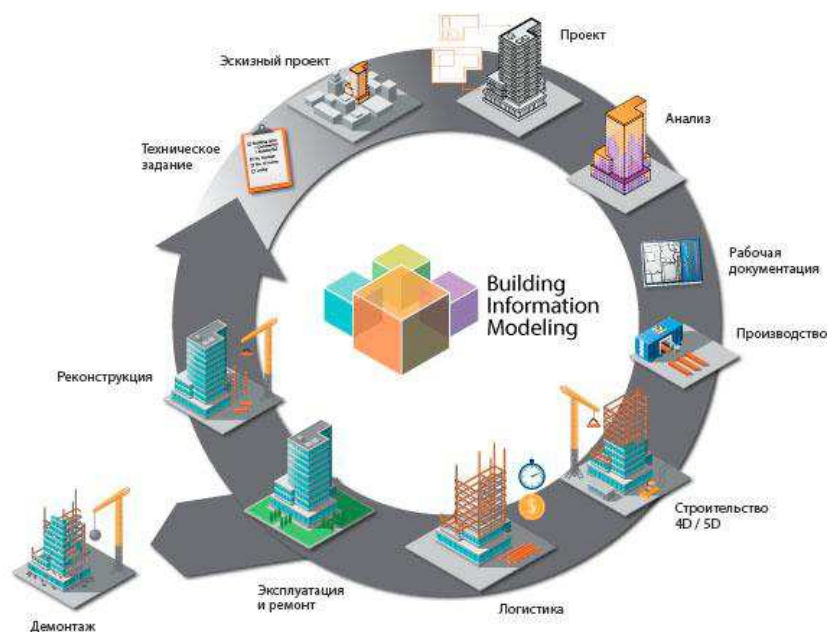


Рисунок 7 - Возможности BIM проектирования

Основными трудностями, возникающими в результате внедрения BIM в производство, является:

- высокая стоимость покупки необходимого оборудования и программного обеспечения;
- дефицит квалифицированных кадров, подготовленных для работы с BIM-технологиями;
- проблемы с нормативной базой, государственными стандартами, а также отсутствие базы моделей для проектирования объектов;
- отсутствие перечня типовых решений;
- отсутствие прозрачного документооборота.

Несмотря на некоторые недостатки, использование данной технологии позволяет выявить ряд положительных эффектов:

- значительная экономия затрат на этапе строительства;
- повышение точности планирования и прозрачности;
- сокращение временных потерь на внутрифирменные согласования;
- слаженная командная работа;
- возможность использовать инновационные конструкторские решения;
- обеспечение единого видения целей проекта всеми его участниками;
- сократить продолжительность работ на 10-12%, что приводит так же к сокращению накладных расходов [34].

Программными комплексами, которые чаще всего встречаются на Российском рынке, являются Autodesk Revit, Tekla Structures, Graphi Soft

ArchiCad. Каждая из этих программ имеет свои достоинства и недостатки, однако в большей степени имеет значение специализация того или иного предприятия. Например, предприятиям, специализирующимся на выпуске проектов металлоконструкций, больше подойдет Tekla; фирмам, занятым проектированием железобетонных конструкций, – Autodesk Revit; фирмам, занимающимся проектированием частных домов и небольших объектов, и, естественно, архитектурным мастерским стоит присмотреться к GraphiSoft ArchiCAD и т. д. Более подробный анализ программного обеспечения с их достоинствами и недостатками приведен в работах [35, 36].

В марте 2015 года приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации был утвержден «План по этапного внедрения технологий BIM в области промышленного и гражданского строительства».

Согласно вышеуказанному плану, с 2020 года должна стать обязательным применение технологий информационного моделирования (BIM) в процессах проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений, возводимых за счет бюджета РФ.

В 2017 году были изданы первые нормативные документы (ГОСТ Р, СП), регламентирующие информационное моделирование в строительстве, требования к эксплуатационной документации, принципы создания библиотек зданий и объектов, положения по разработке стандартов, структура управления проектной информацией и прочее. Нормативная база продолжает расширяться.

С использованием BIM-технологий отечественными архитекторами и проектировщиками выполнены такие значимые олимпийские проекты в г. Сочи, как Олимпийский стадион «Фишт», Ледовый дворец «Большой», Ледовый дворец «Айсберг», Крытый конькобежный центр «Адлер-арена», инфраструктурные объекты Олимпийской деревни, Футбольный стадион «FIFA-2018», высотное здание ММДЦ «Москва-Сити», вторая сцена Мариинского театра в г. Санкт-Петербург и многие другие.

Наиболее инновационные российские предприятия активно переходят на BIM-технологии и уже почувствовали преимущества от использования технологии. Большая часть из тех, кто пока не перешел на BIM-технологии, осознали необратимость изменений, происходящих в архитектурно-строительной отрасли, и сегодня выбирают оптимальный метод внедрения информационного моделирования [37].

К сожалению, во многих проектных организациях с помощью BIM-технологий осуществляется разработка только отдельных частей проектов.

Например, с помощью этих технологий проектируются отдельные узлы, отдельные части зданий и сооружений, разрабатываются определенные документы, но не более того. Отчасти это объясняется косностью мышления руководителей и специалистов, отчасти – отсутствием данных программ в программе обучения студентов строительных специальностей, отчасти –

отсутствием средств на закупку лицензионных программных пакетов, отчасти это происходит из-за того, что руководитель строительной организации в ряде случаев не может полностью оценить результаты внедрение BIM-технологий [38].

Также следует упомянуть малую заинтересованность во внедрении технологий со стороны отдельных предприятий, причём как строительных организаций, так и разработчиков программного обеспечения. Остро стоит вопрос нехватки специалистов. К сожалению, в части строительных вузов 3D-моделирование преподается весьма фрагментарно и поверхностно, а предпочтение отдается 2D-моделям. Плюс к этому в ряде случаев недостаточно корректно работает программное обеспечение – оно конфликтует в разных версиях между собой, а также программное обеспечение часто отличается высокой ценой.

Для работы с большим проектом в рамках одной информационной модели необходима, в первую очередь, высокопроизводительная вычислительная техника. В конечном счете, помимо необходимости обеспечения участников проекта мощными рабочими станциями, это приводит или к необходимости приобретения мощного сервера, или к переходу на облачные технологии. Это могут быть либо облачные хранилища, либо сервисы для решения частных задач («облачный рендеринг», «облачные расчеты»).

К сожалению, это почти всегда зарубежные сервисы, в связи с чем сразу становится актуальным вопрос конфиденциальности и защиты информации, особенно в случае работы по госзаказу.

Другой важный момент – организация командной работы. Участники BIM-проектов должны создавать, изменять, хранить объекты модели по определенным правилам. Такие правила обычно регламентируются «BIM-стандартом».

Создание информационной модели здания основано, во многом, на использовании уже существующих «микромоделей» отдельных его элементов. Например, при создании модели здания можно выбрать из справочника нужные модели дверей, оконных блоков, сантехнического, вентиляционного оборудования и т. д. Удобство использования такого справочника заключается в том, что все имеющиеся там объекты не просто изображены, а еще содержат в себе дополнительную информацию о материале, стоимости, прочностных характеристиках, сроках службы и т. д.

На начальных стадиях создание базы данных таких объектов является достаточно сложной работой, требующей большого количества времени и трудозатрат. Однако при дальнейшей проектной деятельности использование объектов, уже имеющихся в базе данных, существенно ускоряет и автоматизирует рабочий процесс.

Для решения этой проблемы есть один из подходов, согласно которому справочники таких объектов должны разрабатываться их производителями. Например, если производитель металлопластиковых окон хочет, чтобы его

продукция использовалась при строительстве, когда разработка проекта осуществляется в рамках концепции BIM, то он должен предоставить на все используемые варианты объектов их информационные модели. В таком случае задача специалистов организации суметь подключить внешнюю базу элементов (библиотеку, каталог) к проектной среде организации.

В настоящий момент такая задача не всегда решается просто.

Создание BIM-модели позволяет ускорить процесс разработки, проектирования здания или сооружения, оптимизировать сроки выполнения работ, а также производить все виды контроля непосредственно на строительной площадке. Более того, модель проживает со зданием весь его жизненный цикл, включая стадии эксплуатации и сноса. Преимущество информационной модели состоит в комплексном подходе: объединяется архитектурная, конструктивная, технологическая, сметная части проекта с вопросами обеспечения инженерным оборудованием, транспортной инфраструктурой, логистикой и прочими необходимыми для конкретного проекта разделами. [39, 40].

3D-модель позволяет создавать большое количество вариаций проекта за короткие сроки, что экономит не только временные, но и денежные ресурсы. Также возможность быстрого частичного изменения или дополнения проекта без значительных временных затрат на внесения изменений и перерасчетов каждого раздела вручную позволяют облегчить работу с заказчиком. Расчеты, производимые автоматически, помогают снизить вероятность воздействия человеческого фактора и избежать ошибок в расчетах.

Тем не менее, на практике переход к использованию кардинально новых технологий происходит медленно и осложняется рядом таких факторов, как цена программного обеспечения, необходимость переподготовки персонала, создания новых рабочих мест, стандартов и принципов работы с создаваемыми и имеющимися моделями на конкретном производстве, нормативного обоснования использования и стандартизации. [41-43]. Так, процесс внедрения информационного моделирования и полной замены двухмерного CAD-проектирования является трудоемким и дорогостоящим.

Главным достоинством BIM моделей является ее динамичность, то есть, если изменить отдельный элемент модели, за этим следует целая цепочка пересчета и обновления данных, параметров связанных документов.

Так же в ходе исследования выяснилось, что BIM-технологии в Российских строительных организациях только на стадии внедрения, а в развитых странах уже активно используют данную технологию для реализации проектов любой сложности.

Несмотря на явные преимущества применения BIM-технологий при проектировании и строительстве зданий, уже оцененные международным сообществом, в целом процесс внедрения BIM-технологий в строительной

отрасли РФ испытывает сложности. Одной из основных проблем может являться недостаточная проработка нормативной документации, регулирующей процесс проектирования и строительства. А так же отсутствие готовых программных решений, позволяющих увязать в последовательную цепочку смежные этапы работы с информационной моделью на всех стадиях жизненного цикла здания. Что в свою очередь не позволяет оценить положительный эффект от внедрения BIM-технологий заказчикам проекта.

BIM-технология объединяет работу специалистов на всех этапах жизненного цикла проекта.

К сожалению, зачастую работа с BIM имеет фрагментарный характер, что не позволяет в полной мере получить эффект от применения этой технологии.

Одним из подходов в решении проблем внедрения BIM-технологий при проектировании зданий и сооружений, а также дальнейшей работой с информационной моделью может стать разработка стандартов, содержащих минимально необходимые требования к информационной модели в целом и к ее отдельным элементам в частности.

Решением может выступить принцип ориентации информационной модели на каждом этапе ее наполнения на потребности пользователя, который будет работать с моделью на следующем этапе.

В практической плоскости этот принцип может реализовываться, например, как наполнение проектировщиком информационной модели данными не только необходимыми для формального выполнения требований к проектной документации, но и данными необходимыми сметчику для работы с моделью с применением BIM-технологии.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ОРИЕНТИРОВАННОСТИ НА ПОСЛЕДУЮЩЕГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

2.1 Анализ действующей нормативной документации в области BIM

Список нормативных документов по BIM:

- ГОСТ Р 57310-2016 (ИСО 29481-1:2010) Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат. Дата введения 2017-07-01
- ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. Дата введения 2017-07-01
- ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013) Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов. Дата введения 2017-07-01.
- ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений (с Поправкой). Дата введения 2017-10-01.
- ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 2. Основы классификации информации. Дата введения 2017-10-01.
- ГОСТ Р ИСО 12006-3-2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией. Дата введения 2017-10-01
- ГОСТ Р ИСО 22263-2017 Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией. Дата введения 2017-10-01.
- ГОСТ Р 57295-2016 Системы дизайн-менеджмента. Руководство по дизайн-менеджменту в строительстве. Дата введения 2018-01-01.
- СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. Дата введения 2018-03-02.

С марта 2018 года вступили в силу три свода правил (СП) по BIM:

- СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» (Приказ от 15.12.2017г. № 1674/пр). Данный свод правил распространяется на процессы информационного моделирования зданий и сооружений и устанавливает требования к компонентам их информационных моделей, но не к способам их размещения, ведения, структуре, форме и содержанию цифровых библиотек (каталогов/баз) компонентов. Документ вступит в силу с 16 июня 2018 года.

- СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» (Приказ от 18.09.2017 г. № 1230/пр). В основу СП 331.1325800.2017 вошли базовые требования к созданию и эксплуатации информационных систем, взаимодействующих между собой в течение всего жизненного цикла здания или сооружения и реализующих технологию информационного моделирования объекта строительства. Свод правил вступил в силу 19 марта 2018 года.

- СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» (Приказ от 18.09.2017 г. № 1227/пр). Документ «содержит требования к информационным моделям объектов массового строительства и их разработке на различных стадиях жизненного цикла, направленные на повышение обоснованности и качества проектных решений, повышение уровня безопасности при строительстве и эксплуатации» объектов недвижимости. Общие подходы к формированию информационных моделей обеспечат простоту их использования и повысят эффективность процесса информационного моделирования. Свод правил вступил в силу с 19 марта 2018 года.

Не стоит забывать, что на сегодняшний день существует две категории нормативных документов: 1) обязательные ГОСТ и СП; 2) нормативные документы, имеющие рекомендательный характер. Отметим, что в сфере BIM на данный момент все они носят именно рекомендательный характер. Из вышесказанного следует, что до сих пор не выработано четких требований к основному или прикладному программному обеспечению (ПО), однако основные принципы функционала для программ информационного моделирования в России прописаны в представленных СП.

Таблица 2- Наличие требований к элементам информационной модели

Нормативный документ	Направленность документа	Содержание конкретных требований элементам и правил создания информационной модели
ГОСТ Р 57310-2016	обеспечивает совместимость между программными приложениями, используемыми в процессе строительства	нет
ГОСТ Р 57311-2016	содержит требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства	нет
ГОСТ Р 57309-2016	содержит руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов	нет

ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012	предлагает основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений	нет
ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017	определяет классификационную структуру для строительной отрасли и оговаривает набор рекомендованных классификационных таблиц и их наименований для различных классов строительных объектов в соответствии с их назначением	нет
ГОСТ Р ИСО 12006-3-2017	модель, описанная в настоящем стандарте, предлагается в качестве моста между классификационными системами, приведенными в ИСО 12006-2 [5], и моделированием изделий	нет
ГОСТ Р ИСО 22263-2017	определяет основу для организации проектной информации (связанной как с процессом, так и с продуктом) в строительных проектах	нет
ГОСТ Р 57295-2016	устанавливает основные принципы и методы применения информационного моделирования и управления жизненным циклом информации при проектировании (дизайне), строительстве и эксплуатации объектов капитального строительства	нет
СП 301.1325800.2017	содержит правила организации работ производственно-техническими отделами	нет
СП 328.1325800.2017	устанавливает требования к компонентам их информационных моделей	содержит очень общие требования, в т.ч. по графическому отображению и наименованию компонентов, а также декларирует необходимость указания обязательных атрибутов
СП 331.1325800.2017	предназначен для создания и эксплуатации информационных систем, взаимодействующих между собой в процессе жизненного цикла зданий и сооружений	нет

СП 333.1325800.2017	устанавливает общие требования и правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла объекта строительства	Вводит понятие уровней проработки (LOD) информационной модели и устанавливает обязательные требования к различным элементам модели при разном LOD
---------------------	--	---

В результате анализа нормативной документации можно сделать вывод о том, что в ней очень укрупненно фиксируются требования к информационной модели т.о. эти требования могут и должны формироваться заказчиком проекта.

2.2 Сравнение программных комплексов для работы с BIM

2.2.1 Обзор ПО для создания информационных моделей

На сегодняшний день существует множество программных комплексов от различных компаний, предлагающих свои индивидуальные решения по технологии информационного моделирования. Многие из этих комплексов поддерживают отдельные элементы информационного моделирования и обладают широкими возможностями.

Основными поставщиками программных продуктов на российском рынке являются компании Bentley и Autodesk. Они имеют в своем арсенале программы для проектирования мостовых сооружений. Используя взаимодействие продуктов компании Autodesk, можно создать информационную модель на стадии ТЭО в Infracore [44], передать её на следующий этап, используя программу Civil 3D и Revit, запроектировать мостовое сооружения и далее перебросить в Navisworks [45] на экспертизу проекта и связи модели с календарно-сетевым планированием для управления процесса строительства. В качестве базы для общих данных используется Autodesk Vault [46].

Также на рынке существуют программные комплексы отечественных производителей, такие как ООО «Топоматик» [47], ООО «ИндорСофт» [48], ООО «Кредо-Диалог» [49], которые не уступают признанным лидерам, а в чем-то даже превосходят их. Главным преимуществом отечественных программных комплексов – это соотношение «цена/качество» и то, что их основа лежит на нормах и стандартах, которые могут существенно отличаться от зарубежных.

Таблица 3 - Сравнение возможностей отечественных продуктов и продукции конкурентов Autodesk и Bentley в разрезе жизненного цикла и отдельных технологических процессов:

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Концептуальное проектирование	IndorGIS	Infraworks	-
2. Планировка территории	CREDO ГЕНПЛАН, IndorCAD/Site	Civil 3D	Power Civil
3. Инженерные изыскания (геология и геодезия)	CREDO_DAT, CREDO ГЕОЛОГИЯ, IndorSurvey, IndorCloud	Geotechnical module (геология)	PowerSurvey, gINT, GeoStructural Analysis
4. Геометрическое проектирование (стадии «П» и «Р»)	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK
5. Проектирование (дорожные одежды, ПОС, ППР, сметы)	IndorPavement, CREDO РАДОН, Robur — Дорожные одежды, IndorCAD/Road, Гранд-Смета, АВС, Госстройсмета	-	-
6. Подготовка чертежей	IndorDraw, nanoCAD	AutoCAD	Microstation
7. Эксплуатация (ГИС)	IndorRoad, Титул-2005	-	-
8. Реализация проектов	IndorRoad	Navisworks	ProjectWise with ConstructSim
9. Проектирование организации дорожного движения	CREDO Дислокация, Титул-2005, Road Office, IndorRoad	-	-
10. Паспортизация и диагностика	IndorRoad, Титул-2005, СВПД	-	-
11. Проектирование мостов	ЛИРА, SCAD, АИС ИСО	Revit	RM Bridge
12. Эксплуатация мостов	АИС ИСО	-	AssetWise
13. Проектирование типовых труб	IndorCulvert, Robur — Искусственные сооружения, CREDO Трубы, ЛИРА, SCAD	-	-
14. Эксплуатация труб	IndorRoad	-	-

(Источник:[http://www.cadgis.ru/2015/5/CADGIS-2015-2\(50\).pdf](http://www.cadgis.ru/2015/5/CADGIS-2015-2(50).pdf))

Таблица 4 - Сравнение возможностей отечественных продуктов и продукции конкурентов Autodesk и Bentley в разрезе BIM-элементов:

ЭЛЕМЕНТЫ ИМД	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Среда общих данных	CREDO Автомобильные дороги (при проектировании), IndorRoad (при эксплуатации)	Revit	ProjectWise
2. Совместный просмотр и рецензирование	CREDO (при проектировании)	A360, DesignReview	ProjectWise
3. Организация жизненного цикла	IndorCAD + IndorRoad	-	ProjectWise + AssetWise
4. Уровни проработки моделей	-	-	-
5. Управление проектами	-	Revit	ProjectWise
6. Параметризированные модели данных	IndorCAD, CREDO, Robur	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
7. Открытые форматы обмена данными	+	+	+
8. Библиотеки объектов и материалов	IndorCAD, IndorPavement, IndorCulvert, CREDO	Revit	RM Bridge
9. 4D — План реализации проекта	IndorCAD/Road, IndorRoad	NavisWorks	ProjectWise with ConstructSim
10. 5D — Ведомости и сметы	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
11. 6D — Оценка проектных решений	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D, Revit	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
12. 7D — Эксплуатация	IndorRoad	-	AssetWise

(Источник:[http://www.cadgis.ru/2015/5/CADGIS-2015-2\(50\).pdf](http://www.cadgis.ru/2015/5/CADGIS-2015-2(50).pdf))

Также сейчас на рынке пользуются популярностью такие продукты как – SOFiSTiK, Midas, Allplan Bridge. С помощью данных программных комплексов было возведено большое количество уникальных мостовых сооружений.

2.2.2 Обзор ПО для создания сметной документации на основе BIM

Информационная модель строительного проекта включает в себя пространственную (3D) модель строящегося объекта, связанную с календарно-сетевым графиком проекта (4D). Следующий этап включает наглядную детализацию стоимости проекта или любой другой исчисляемой характеристики (5D).

Эффект от применения таких технологий в российской строительной отрасли в части ценообразования будет заключаться в первую очередь в более обоснованной стоимости строительства. Любое изменение в проекте будет отражаться в смете (5D-проектирование).

На формирование сметного результата по BIM-модели не требуется много времени, причём вне зависимости от количества обрабатываемых однотипных элементов. Достаточно понимать, каким образом будет формироваться конечная стоимость для потребителя или для исполнителя работ, чтобы быстро оценить стоимость реализации проекта. Расчёт стоимости может производиться в условиях отсутствия привязки к государственной сметно-нормативной базе (использование корпоративных расценок), так и согласно принципам российской системы ценообразования. Использование текущих рыночных цен на материалы и работы, гибкая привязка ценовых показателей к любому из параметров элемента модели позволяет приблизить стоимостную оценку, полученную автоматизированным путём, к реалиям рынка строительных услуг [51].

Стоит отметить, что процесс полноценной автоматизации составления сметной документации, а также динамического графика календарного планирования пока не внедрен. Проблема заключается в недостаточно наполненных информационных моделях и недоработанных средствах автоматизации программных комплексов или плагинов, встроенных в среду проектирования. Авторы считают, что это можно решить созданием государственного BIM-стандарта, утверждающего единые требования к информационной модели и программному обеспечению, которые использовались для её создания [52].

Однако первые шаги по внедрению BIM-технологий в части ценообразования уже сделаны, а также разработаны отечественные программные комплексы. В таблице приведены основные продукты, которые на момент написания статьи конкурируют на отечественном рынке автоматизации выпуска сметной документации по BIM-модели. Авторами статьи проведено сравнение этих продуктов и выделены сильные и слабые

стороны их применения. В рамках этой работы проведен анализ следующих программных комплексов:

1. «Гектор: 5D Смета» (разработчик ООО «Научно-технический центр "Гектор"», Москва).
2. «ABC-4», (разработчик ООО «Научно-производственное предприятие "ABC-Н"», Новосибирск).
3. «Estimo.Connect» (разработчик компания «Айбим», Москва).
4. «ITWO 4.0» (разработчик компания «RIB», Германия, Штудберг).

Первый продукт – «Гектор: 5D Смета», ещё только предстоит протестировать на пилотных или реальных проектах, а также подготовить больше методической информации о работе в этой программе. Есть проблема, которая заключается в невозможности интеллектуального изменения уже привязанной сметной нормы при изменении характеристик соответственного элемента (элементов): например, при изменении высоты монолитной железобетонной колонны, норма, соответствующая начальной высоте, так и останется неизменной. Отсюда неточности и потеря реальной сметной стоимости.

Сильная сторона заключается в узкой направленности именно по работе в системе проектирования Autodesk Revit, отсюда и простота работы. Не требуется приобретать дополнительных программ, разве что, кроме «Гектор: Сметчик-строитель», для полного пакетного обеспечения выпуска сметной документации.

Однако уже сегодня специалисты отмечают, что «Гектор: 5D Смета» имеет низкие показатели производительности: программа «подвисает» и работает очень медленно при работе с крупными объектами капитального строительства.

Следующий комплекс – «ABC-4», был ориентирован только на государственные сметные нормы, и совсем недавно разработчики внедрили систему для ведения корпоративной базы норм и расценок «ABC-транслятор».

Этот проект разрабатывается достаточно давно: много данных и методических указаний для работы в этой программе. Решена проблема интеллектуальной привязки сметных норм: сначала создаются элементы модели, и только потом назначаются нормы к ним. Тем самым программный модуль «ABC-База знаний» может распознавать так называемые «сметные коллизии»: если изменится характеристика элемента в проекте, а норма, привязанная к нему, не будет соответствовать истинной, то программа выдаст уведомление о необходимости исправления либо уточнения.

Программное решение «ABC-РекомпоЗИТОР» позволяет собирать BIM данные с различных программ (например, инженерные сети выполнены в Revit, конструктив в Allplan) и соединять в единый проект, далее в смету. Пока полностью неизвестен потенциал «Гектор: 5D Смета», авторы считают

«ABC-4» более гибким решением, тем более, сейчас компания «ABC-N» ориентируется на небольшие проектные организации России, Казахстана и Беларуси, которые работают именно в строительном комплексе.

Комплексу «Estimo.Connect» полностью автоматизировать выпуск сметной документации пока не представляется возможным. Проблема заключается в отсутствии адаптации к реалиям строительной отрасли, где зачастую примерно половина проектной документации (инженерные сети, земляные работы, и т. д.) выполняется не в проектом отделе застройщика. Тем самым специфика работы «Estimo.Connect» не представляется комфортной, так как для работы в этой программе сначала необходимо назначить коды классификатора для элементов модели (эту рутинную работу нужно поручить внимательному сотруднику, а это уже не автоматизация), и только потом приступить к проектированию. Когда представленные выше аналоги позволяют без этого усложнения обработать разделы АР и КР и выгрузить объемы для дальнейшей разработки сметной документации.

Учитывая специфику, для корректной работы в этой программе нужна немалая поддержка и трудовые ресурсы, которые готовы предоставлять только такие крупные организации как Госкорпорация «Росатом», ОАО «РЖД», итд. Отсюда можно сделать вывод, что программа «Estimo.Connect» не подходит для работы большинства участников строительной отрасли.

Последний, из представленных в этой работе, программный комплекс «ITWO 4.0» хорошо зарекомендовал себя в Европе, и многие иностранные компании уже используют данные 5D технологии. Создана «ITWO Business Suite» – интегрированная техническая ERP-система, которая разработана специально под «ITWO 4.0».

Программные комплексы для автоматизации выпуска сметной документации

Программный комплекс	Совместимость с проектными программами	Совместимость со сметными программами	Метод определения сметной стоимости	Отличительные недостатки	Отличительные особенности
"Гектор: 3D Смета" ООО "Научно-технический центр "Гектор", Москва	<i>Autodesk Revit</i>	Совместимость осуществляется через выгрузку данных в формате АРПС 1.10. Формат XML полностью поддерживает только программа компании "Гектор: Сметчик-строитель", но можно работать и в основных сметных программах в формате АРПС 1.10	Базисно-индексный	Не протестирован на реальных или пилотных проектах; мало методической информации о работе в программе. Отсутствие интеллектуально изменения уже привязанной сметной нормы, при изменении характеристик соответственного элемента (элементов). Возникает потеря реальной сметной стоимости	Узкая направленность именно по <i>Autodesk Revit</i> , простота работы. Не требуется приобретать дополнительных программ
"ABC-4", ООО "Научно-производственное предприятие "ABC-Н", Новосибирск	<i>Nemetschek Allplan</i> , <i>Autodesk Revit</i> , Компания разрабатывает импорт в обменном формате <i>.ifc</i>	Экспорт-импорт в формате АРПС 1.10, XML формат программы "ГРАНД-смета", 1С:Смета 3, итд. Разработан программный модуль «ABC-Рекомпозитор» для интеграции сметной системы ABC-4 с BIM платформами	Базисно-индексный; Базисно-компенсационный; Ресурсный; Ресурсно-индексный	Для полноценного процесса выпуска смет необходимо приобрести программный модуль «ABC-База знаний» и «ABC-Рекомпозитор» для интеграции сметной системы ABC-4 с BIM платформами. Программа "ABC-4" была ориентирована только на государственные сметные нормы, и только совсем недавно разработчики внедрили систему для ведения корпоративной базы норм и расценок "ABC-транслятор"	Много данных, методических указаний для работы в программе. Решена проблема интеллектуальной привязки сметных норм. Возможность интеллектуальной помощи
"Estimo.Connec t" Компания "Айбим", Москва	<i>Autodesk Revit</i> , <i>Tekla</i> , <i>Bentley</i> , также возможен импорт из других 3D САПР в формате <i>.ifc</i>	Экспорт в Гранд-Смета, Багира, ABC в формате АРПС 1.10. Связь календарного планирования с программами <i>MS Project</i> и <i>Oracle Primavera</i> и синхронизация с ПК Горстройсмета	Ресурсный; Базисно-индексный	Специфика работы <i>Estimo.Connec t</i> представляется не особо комфортной для большинства участников строительной отрасли. Тем самым, полностью автоматизировать выпуск сметной документации не представляется возможным	Отлажена работа <i>Estimo.Connec t</i> в связке с корпоративной базой норм и расценок <i>Larix</i> .
"ITWO 4.0" Компания "RIB", Германия, Штудбергия	<i>Autodesk Revit</i> , другие 3D САПР системы (формат <i>.ifc</i>)	Состоит из открытых интерфейсов, построенных на технологии XML, реализована связь с <i>MS Project</i>	Метод, аналогичный отечественному ресурсному методу	Нет русскоязычной версии. Не применимость к отечественной системе ценообразования. Нет представительства компании в РФ	Программный комплекс хорошо зарекомендовал себя в Европе и многие иностранные компании уже используют данные 3D технологии

К недостаткам можно отнести отсутствие русскоязычной версии, не применимость к отечественной системе ценообразования, из-за отсутствия связи с нашей сметно-нормативной базой, которая постоянно меняется. Также нет представительства компании разработчика в РФ.

Поэтому очевидно, что «ITWO 4.0» не будет работать в российской строительной отрасли. Это связано с тем, что любая иностранная сметная программа не подходит под нашу отечественную, весьма сложную, сметно-нормативную базу: например, в Германии чтобы «осметить» монолитную железобетонную колонну достаточно применить одну сметную норму, где уже учтены все затраты и ресурсы, а в России необходимо учесть 7–8 норм и расценок, еще и из разных сборников.

Поскольку каждое строительство начинается с составления проектно-сметной документации, можно сказать, что любая строительная компания для составления комплекта смет используют специализированные программы. Основные продукты, представленные сегодня в России, выглядят следующим образом: «WinСмета», «Гектор-Строитель», «Турбо-Сметчик», «Гранд-СМЕТА», «Смета-ру», «ABC», «WinABePC», «Smeta WIZARD» и др.

Многие программные средства для расчета сметной стоимости обладают немалыми возможностями, позволяют создавать локальные, объектные и сводные сметы; имеют возможность интегрирования в систему управленческого или бухгалтерского учета. Посредством универсального формата «АРПС» (формата обмена данными между сметными программами) осуществляется обмен и взаимодействие информацией участников процесса строительства, использующих разные сметные программы.

Реализация взаимодействия с программными средствами 3D проектирования допустим с помощью языка ввода сметных программ на основе уникального формата записи информации об объемах работ, применяемых индексах, расценках, коэффициентах и других параметрах ценообразования.

Необходимо отметить, что реализация автоматического формирования позиций локальной сметы, содержащих стоимости материалов и изделий, на практике возможна, но только при создании базы данных, где устанавливается связь между элементом 3D-модели и каталогом цен [53].

В ходе исследования задачи осуществления взаимодействия между ресурсно-информационной BIM-моделью и системой ценообразования модель объекта 3D модели с заполнением технически неизменными характеристиками, геометрия, материал и т. д., во-вторых, сформировать ведомости объемов работ. На первом этапе необходимо создать базу данных, которая содержала бы такие данные как наименование изделия, индексы пересчета сметной стоимости, номер конкретной расценки из сборника единичных расценок или государственных элементных сметных нормативов (ГЭСН).

Создание такой базы данных позволит связать стоимостные параметры

и средства 3D моделирования.

Ресурсно-информационное моделирование зданий – это целая стратегия, которая подразумевает комплексный подход к моделированию объектов строительства. BIM-технологии обладают огромнейшим потенциалом, но, к сожалению, не до конца «обкатанным». В РФ развитие BIM-технологий тормозят колоссальные финансовые затраты на внедрение, к коим относятся и затраты на закупку или обновление программного обеспечения, и обучения работников, и адаптация рабочих процессов под новые требования и пр.

2.3 Формирование требований к информационной модели при проектировании зданий с применением BIM

Сравнение программных комплексов различных производителей показало, что нет единого программного комплекса для решения всех видов задач. Даже различные программы отдельного производителя не могут полностью покрыть все стадии жизненного цикла объекта.

Обмен данными между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах, является важной проблемой проектирования зданий и сооружений. К сожалению, большинство применяемых в России BIM-платформ являются дорогостоящими зарубежными разработками: Autodesk Revit, Nemetchek Allplan, Tekla Structures, Graphisoft ArchiCAD и др. Для России актуальна проблема разработки отечественного программного обеспечения для строительной отрасли, среди выполняемых российских разработок BIM-платформ – Renga Architecture.

При этом использование для передачи данных IFC-формата не всегда позволяет добиться хорошего качества связки BIM-платформы и расчетного комплекса. Зачастую разработчики программных средств создают технологии непосредственного обмена между форматами применяемых продуктов.

То есть в расчетный комплекс передается аналитическая модель здания, дорабатывается там, после чего генерируется конечно-элементная сетка и выполняются все необходимые расчетные обоснования.

Для создания проекта конструкций железобетонных ниже отм.0 в работе применялось ПО Renga. Для создания сметной документации использовалось ПО ABC-4 и ABC-Рекомпозитор.

После создания информационной модели здания к работе с моделью приступает сметчик.

Работа сметчика с информационной моделью сводится к назначению элементам сметной модели сметных свойств и определению технологии создания каждого элемента модели в реальном мире на строительной площадке.

Для эффективной работы сметчика необходимо чтобы информационная модель была подготовлена не только с учетом требований к оформлению проектной документации, но и отвечала потребностям следующего пользователя – сметчика.

В результате анализа взаимодействия программных продуктов были сформулированы требования к информационной модели:

- Необходимость технологической обособленности элементов модели.

Элементы модели создаваемые с использованием различных технологических процессов или создаются во время производства работ в разные промежутки времени, вызванные технологической необходимостью должны формироваться в отдельно друг от друга.

Например, отдельные элементы армирование и бетонная стена, или кирпичная стена и вентилируемый фасад.

Наличие технологически обособленных элементов позволяет упрощенный учет и применение соответствующих сметных свойств к элементам модели и исключает необходимость в «ручном» режиме сметчику разбирать сборку для получения необходимых данных для разработки сметной документации.

- Необходимость обязательного наличия атрибутов элементов модели, присущих конкретному типу.

Каждый элемент модели должен содержать все обязательные атрибуты, присущие конкретному типу элементов, необходимые для точной, однозначной идентификации и учета данных элементов.

Например, наименование различных монолитных изделий, для ограждающих конструкций материал, объем для сваи.

Наличие всех атрибутов элементов, необходимых для разработки смет, позволяет в автоматическом режиме использовать эти данные при формировании сметы.

- Необходимость обособленного формирования элементов модели, имеющих разные единицы количественного измерения.

В случае, если элементы модели имеют единые материалы для их изготовления и схожие технологии создания, но для целей их учета используются различные единицы количественного измерения, то такие элементы должны формироваться обособлено друг от друга.

Например, различные железобетонные изделия, одни из которых учитываются кубами, а другие штуками.

Отсутствие элементов в информационной модели элементов включающих в себя части имеющие различные единицы количественных измерений исключает человеческий фактор при подсчете объемов соответствующих элементов.

Выполнение указанных требований при создании информационной модели здания существенно упрощает взаимодействие сметчика с информационной моделью здания с целью разработки сметной

документации. В значительной мере сокращает время на ее подготовку и внесение изменений в случае необходимости. А так же существенно сокращает количество ошибок при подготовке сметной документации, вызванных не правильным назначением сметных расценок и корректным учетом всего объема требующих расценки позиций проектной документации. В конечном итоге все это отражается на качестве выдаваемой заказчику проектно-сметной документации.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МКД НИЖЕ ОТМ.0 НА ОСНОВЕ СФОРМУЛИРОВАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

2.4 Формирование информационной модели

В системе Renga Structure существуют следующие виды армирования конструкций [80]:

Параметрическое армирование – вид автоматизированного армирования, при котором производится автоматическая раскладка арматурных стержней в конструкции в зависимости от ее габаритов и заранее указанных пользователем параметров: диаметров, шагов, наличия выпусков арматуры и т.д. Раскладка производится в соответствии с набором правил, заложенных в систему Renga согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Шаг стержней отсчитывается от края конструкции вдоль положительного направления глобальных осей модели X, Y и Z, при этом крайний доборный шаг формируется исходя из габарита армируемого элемента.

Расстановка арматурных каркасов – вид автоматизированного армирования, при котором производится автоматическая расстановка арматурных каркасов в конструкции в зависимости от ее габаритов и габаритов созданного пользователем каркаса, а также указанных параметров расположения каркасов в конструкции. Расстановка осуществляется от края конструкции вдоль положительного направления глобальных осей модели X, Y и Z.

Раскладка арматурных сеток – вид автоматизированного армирования, при котором производится автоматическая раскладка арматурных сеток в конструкции в зависимости от ее габаритов и габаритов созданной пользователем сетки, а также указанных параметров расположения сеток в конструкции. Раскладка осуществляется от края конструкции вдоль положительного направления глобальных осей модели X, Y и Z.

Армирование соединений – вид автоматизированного армирования, при котором производится автоматическое армирование соединения стен в зависимости от его габаритов, конфигурации (крестообразное, угловое, Т-образное) и настроенных пользователем параметров: шагов, диаметров арматуры и т.д.

Армирование отдельными арматурными стержнями – вид «ручного» армирования, при котором армирование помещается в модель в виде отдельного арматурного стержня или группы арматурных стержней в виде единого объекта (группируя отдельные стержни в сборке). В отличие от вышеуказанных автоматизированных видов армирования, такая арматура является отдельным объектом в модели – не принадлежит конструкции,

полностью зависит от пользовательской настройки габаритов и расположения в модели.

Параметрическое армирование, расстановка арматурных каркасов и раскладка арматурных сеток реализуется за счет применения Стиля армирования определенного типа конструкции и требует предварительной настройки используемых составляющих: арматурного стержня, каркаса и сетки (сгруппированы в стиле Арматурные изделия). Стиль армирования соединений требует преднастройки арматурных стержней. Арматурный стержень, который применим и для автоматизированного и для «ручного» армирования требует преднастройки (если нужного класса нет в стандартном наборе) классов арматуры. Для назначения материала конструкции должны быть созданы соответствующие Материалы (в наборе стандартных существуют материалы «Бетон» и «Железобетон»), так же, как и для назначения материала стержню (стандартный материал: «Сталь»). Конструкции может быть назначен один из стилей Многослойные материалы.

Renga Structure предоставляет возможность производить комплексное армирование указанных типов конструкций следующими способами (знак / обозначает взаимозаменяемость способов):

Стена и соединение стен:

Основное или конструктивное армирование: автоматизированное армирование параметрическими сетками / автоматизированная расстановка арматурных сеток / автоматизированная расстановка арматурных каркасов / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Расчетное усиление: «вручную» отдельными арматурными стержнями с помощью одноименного инструмента.

Усиление дверного и оконного проема (применяется и привязано к проему, смоделированному с помощью инструмента Окно или Дверь): автоматизированное армирование раскладкой параметрических / готовых каркасов / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Армирование стеновых соединений (применяется к соединению): автоматизированное параметрическое армирование / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Ленточный и отдельный фундамент:

Основное или конструктивное армирование: автоматизированное армирование параметрическими каркасами / автоматизированная раскладка арматурных сеток и каркасов / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Расчетное усиление: «вручную» отдельными арматурными стержнями с помощью одноименного инструмента.

Перекрытие:

Основное или конструктивное армирование: автоматизированное армирование параметрическими сетками / автоматизированная раскладка арматурных сеток / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Расчетное усиление: «вручную» отдельными арматурными стержнями с помощью одноименного инструмента.

Усиление отверстия (применяется и привязано к отверстию, смоделированному с помощью одноименного инструмента): автоматизированное армирование раскладкой параметрических / готовых каркасов / при наличии необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Способ усиления краевых участков плит – контурное армирование плиты с помощью построения усиленного отверстия вокруг перекрытия.

Колонна:

Основное или конструктивное армирование: автоматизированное параметрическое армирование / автоматизированная расстановка арматурных каркасов / при необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Расчетное усиление (к примеру, несимметричное расположение поперечной арматуры колонны): «ручное» с помощью отдельного арматурного стержня или стержней в сборке.

Балка:

Основное или конструктивное армирование: автоматизированное параметрическое армирование / автоматизированная расстановка арматурных каркасов / при необходимости – «ручное» армирование отдельными арматурными стержнями или стержнями в сборке.

Расчетное усиление (к примеру, несимметричное расположение поперечной арматуры): «ручное» с помощью отдельного арматурного стержня или стержней в сборке.

Лестница и пандус:

Данные объекты армируются только «вручную» с помощью отдельных арматурных стержней или стержней в сборке, автоматизированное армирование данных типов объектов в системе не предусмотрено.

В разделе моделирования мы подготовили простейшую заготовку набора конструкций для изучения основных типов автоматизированного и ручного армирования в системе Renga Конструкции. Перед армированием произведем настройки: видимости армирования конструкций, параметров и материалов применяемых арматурных изделий.

На основной панели поочередно откроем списки стилей в меню: Управление стилями -> Материалы и Управление стилями -> Многослойные материалы.

Набор стандартных однослойных материалов уже содержит материалы «Бетон» и «Железобетон», которые мы будем использовать для назначения конструкциям.

Для дальнейшего назначения материала арматурному стержню воспользуемся командой Дублировать из существующего: продублируем стиль материала «Сталь» и назовем новый стиль «Сталь для арматуры». Введем соответствующие для арматурной стали значения плотности и теплопроводности. Подтвердим изменения нажатием кнопки Ок.

Многослойные материалы назначаются таким типам объектов, как Перекрытие и Стена. Поочередно для перекрытия и стены создадим Новый многослойный материал «Железобетон».

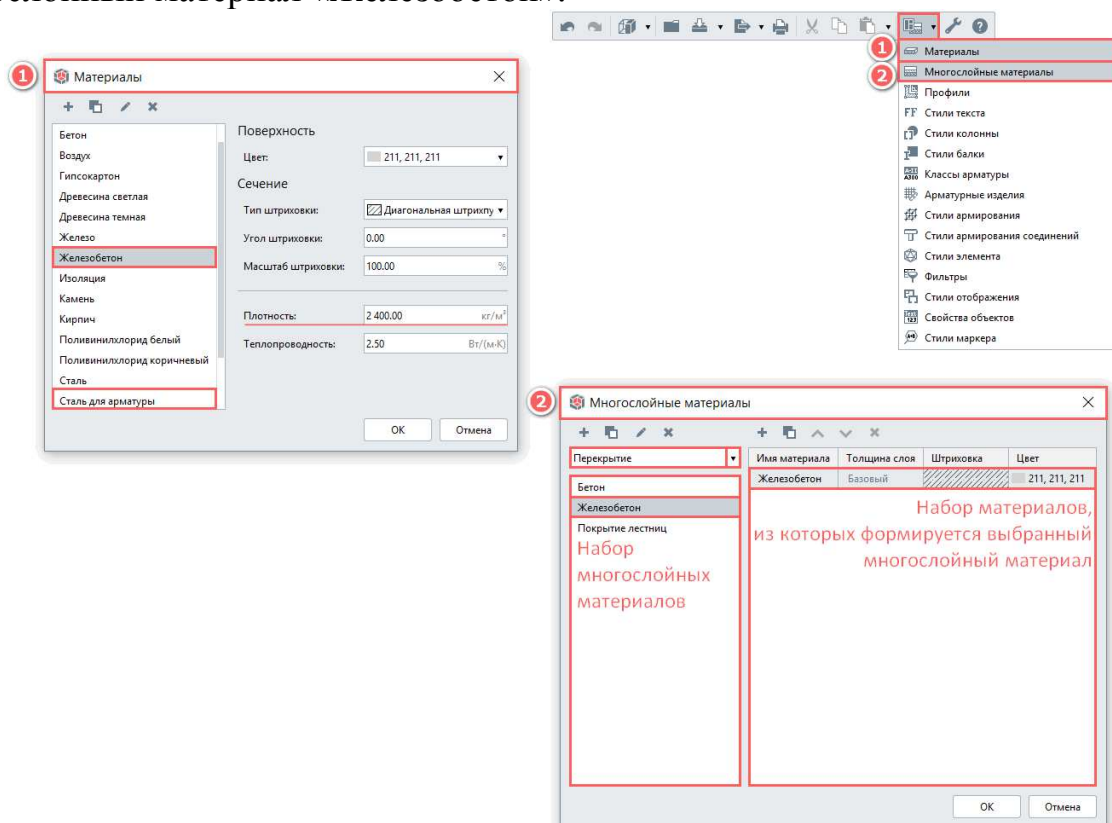


Рисунок 8

В правой части диалогового окна добавим Новый материал в набор однослойных материалов, из которых формируется выбранный многослойный материал, двойным щелчком левой кнопки мыши по имени материала вызовем список существующих материалов и выберем «Железобетон». Также двойным щелчком левой кнопки мыши мы можем изменить толщину слоя (цифровое значение вводится с клавиатуры), штриховку и цвет.

Для первого добавленного материала толщина слоя принимается базовой – то есть принимается равной толщине конструкции за вычетом толщин остальных слоев (если многослойный материал содержит в своем наборе только один однослойный, то толщина базового слоя будет равна толщине конструкции – стены или перекрытия, указанных в параметрах

объекта). Установка параметрического армирования будет производиться на толщину слоя материала «Железобетон» или «Бетон».

Поочередно выбирая однотипные конструкции в нашей модели – колонны, балки, перекрытия, стены, фундаменты – в параметрах назначим для всех конструкций материал / многослойный материал «Железобетон».

Для того чтобы работать с армированием конструкций, прежде всего необходимо настроить его видимость в модели. Визуальный стиль «Каркас» позволит отобразить арматуру в конструкциях. Включенная опция «Отображать соединения» позволит видеть и настраивать армирование соединений. Включите визуальный стиль в режим каркаса и активируйте опцию отображения соединений с основной панели.

При необходимости отображения армирования только одной или группы конструкций, воспользуйтесь настройкой визуального стиля объекта: для одной из выбранных конструкций вызовите контекстное меню (щелчком по ней правой кнопкой мыши) и выберите Визуальный стиль -> Каркас. Для отображения конструкции в соответствии с визуальным стилем, примененным ко всей модели, выберите значение по умолчанию.

На основной панели откроем меню Управление стилями -> Классы арматуры. Рассмотрим список стандартных стилей классов арматуры, которые будем использовать в дальнейшем для арматурных стержней при автоматизированном и «ручном» армировании.

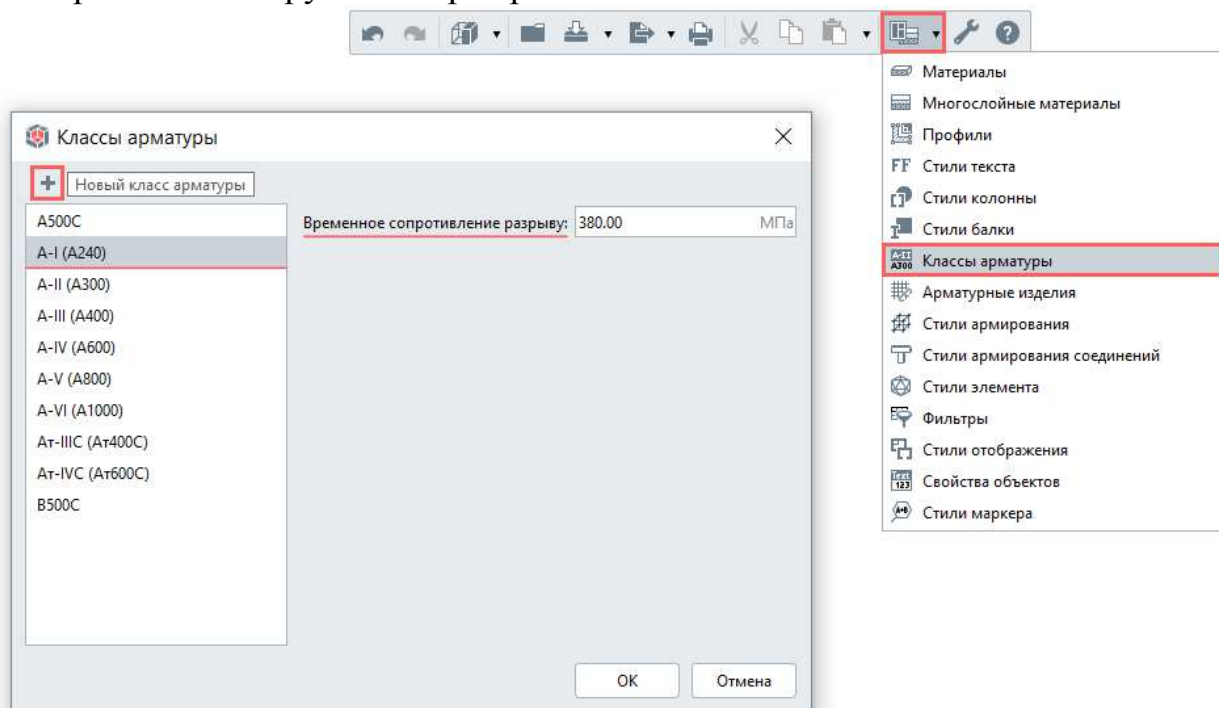


Рисунок 9

В Renga предустановлены приведенные на рисунке стили классов арматуры с указанием временного сопротивления разрыву в соответствии с действующей нормативной документацией. Используйте эти классы арматуры для автоматизированного и ручного армирования конструкций.

При необходимости внесения в список используемых в проекте классов арматуры нового: создайте Новый класс арматуры или воспользуйтесь командой Дублировать из существующего.

Арматурные изделия включают: арматурные стержни, арматурные каркасы и арматурные сетки. Перед тем как производить настройку стилей армирования для автоматизированного армирования: параметрического и в виде раскладки сеток и каркасов, нужно настроить списки планируемых для использования арматурных изделий. Создать и затем применить новый стиль арматурного изделия мы сможем также и в любой момент процесса проектирования, что мы и сделаем далее для конкретных случаев применения изделий.

На основной панели откроем меню Управление стилями -> Арматурные изделия. Поочередно выбирая тип изделия, ознакомимся со стандартным набором стилей, который преднастроен в системе Renga, и списком параметров, которые задаются для каждого типа изделия.

Активизация ввода или изменения параметра осуществляется двойным щелчком левой кнопкой мыши по его значению.

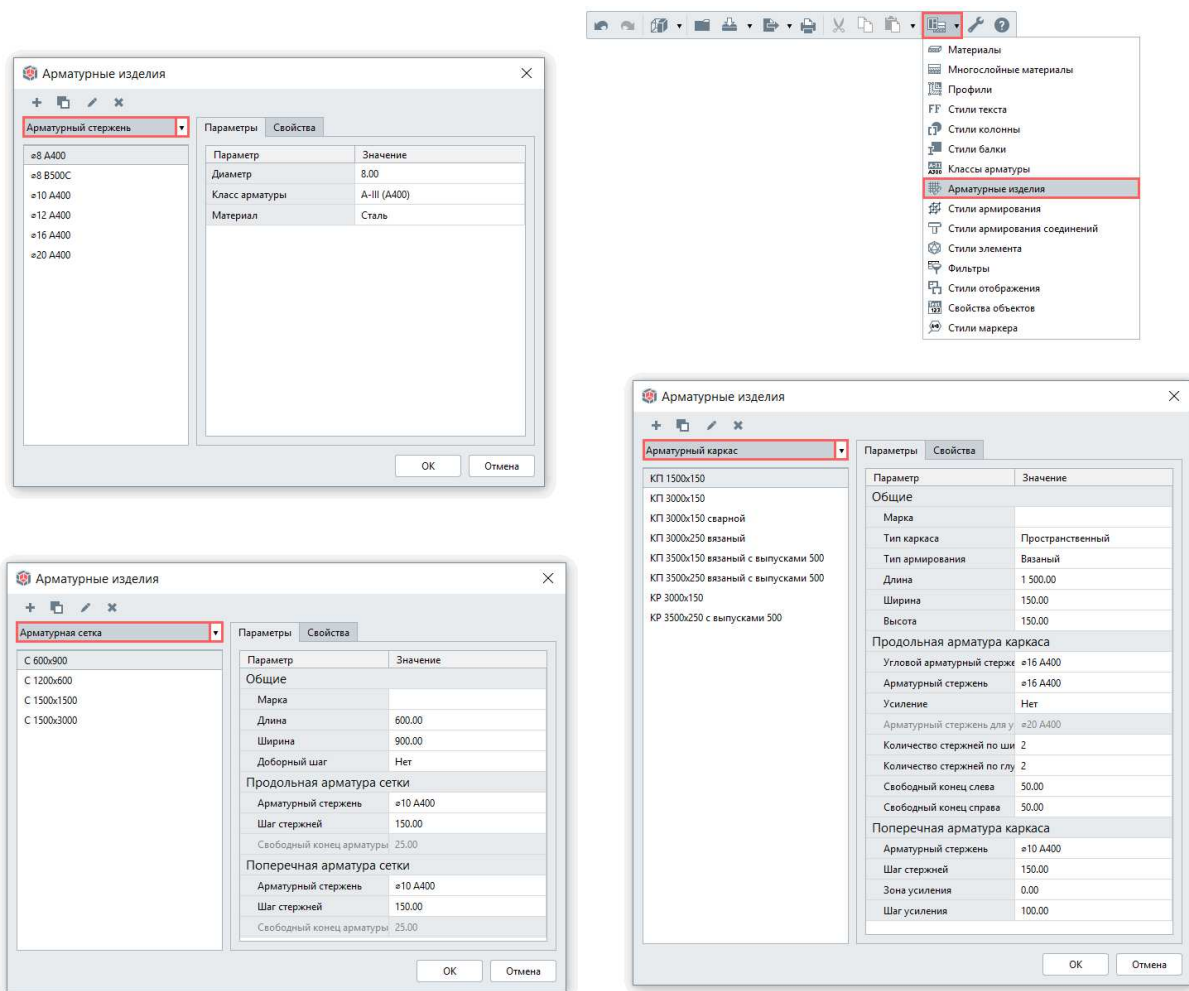


Рисунок 10

Как видим, для арматурного стержня назначаются настроенные нами ранее или выбранные из стандартного набора стилей класс арматуры и

материал. Числовое значение диаметра вводится с клавиатуры. Арматурные стержни, в свою очередь, используются при настройке продольной и поперечной арматуры сетки и каркаса.

Стиль армирования представляет собой набор правил, основанных на нормах проектирования железобетонных конструкций и настраиваемых пользователем (диаметры, шаги арматуры, защитный слой бетона, наличие поперечной и технологической арматуры и т.д.). То есть стиль армирования позволяет конструктору автоматизировать свои действия по армированию, настраивая правила в параметрах стиля для соответствия конструктивным и расчетным требованиям при автоматической раскладке по габаритам конструкции.

Армирование стен:

Армирование стен параметрическими сетками производится системой в соответствии с настройкой по правилу, указанному в п. 10.4.3: «Стены рекомендуется армировать, как правило, вертикальной и горизонтальной арматурой, расположенной симметрично у боковых сторон стены, и поперечными связями, соединяющими вертикальную и горизонтальную арматуру, расположенную у противоположных боковых сторон стены».

1 – Для того чтобы применить стиль армирования к объекту в виде параметрической сетки или раскладки арматурных изделий в виде каркасов или сеток, нужно выбрать объект и в его параметрах отобразятся доступные для него стили армирования. Изолируем две стены (выберем стены и щелкнув по одной из них правой кнопкой мыши выберем команду Изолировать).

2 – Для создания нового стиля армирования выберем строку Другой в соответствующем параметре стен.

3 – Создадим новый стиль армирования и настроим его параметры в соответствии с действующими проектными нормами (двойной щелчок правой кнопкой мыши позволяет начать редактирование значения параметра).

В первую очередь установим значение параметра «Способ армирования» в положение «Параметрическими сетками».

Согласно СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (далее СП 63.13330.2012) для стены данной конфигурации толщиной 200 мм:

защитный слой (параметр «Защитный слой») з.сл. ≥ 30 мм (п. 10.3.2),
минимальный процент армирования (п. 10.3.6)

$\mu_s \geq 0,1\% \Rightarrow A_{s,min} = \mu_s \cdot b \cdot h_0 / 100\% = 0,1\% \cdot 100\text{см} \cdot 20\text{см} \cdot 100\% = 2 \text{ см}^2$ –
минимальная площадь армирования сечения,

расстояния между стержнями продольной арматуры $50 \text{ мм} \leq S \leq 400 \text{ мм}$ (п. 10.3.5 и 10.3.8) – параметры «шаг продольных стержней» и «шаг поперечных стержней» арматурной сетки принимаем равными 400 мм.

Для удовлетворения минимальной площади армирования с постановкой арматурных стержней с шагом 400 мм (3 стержня на 1 погонный метр сечения) требуется диаметр арматуры $d=10$ мм А-III (А 400) (параметры «Продольный арматурный стержень» (горизонтальный) и «Поперечный арматурный стержень» (вертикальный)).

Так как длина монолитной стены составляет менее 6 м, принимаем расстояние стержня от торца стены 15 мм (параметр «Свободный конец арматуры»).

Согласно п. 10.4.3 СП 63.13330.2012 расставим технологическую арматуру (параметр «Состав армирования» должен быть в положении «Все объекты») в качестве поперечных связей, соединяющих вертикальную и горизонтальную арматуру, расположенную у противоположных боковых сторон стены – 2 параметрических сетки стиля армирования (параметр «Количество сеток» равен 2). Следуя рекомендациям документа «Указания по проектированию фиксаторов одноразового использования», зададим для технологической арматуры диаметр 6 мм АI (А240) (параметр «Арматурный стержень» технологической арматуры), с шагом по длине (параметр «Шаг по длине») и высоте 800 мм (шаг стержней по высоте, равный 800 мм, обеспечивает значение параметра «Число стержней по высоте» равно 2).

4 – Подтверждаем создание и применение стиля выбранным стенам нажатием кнопки ОК. Результат применения настроек стиля армирования «Две сетки 400x400*» отобразится в модели – система произведет раскладку арматуры с учетом геометрической конфигурации стен. Таким образом мы выполнили армирование стен в соответствии с конструктивными требованиями норм. Стиль армирования также может быть настроен в соответствии с расчетными требованиями после проведения расчета и установления требуемых площадей арматуры при ее равномерной расстановке.

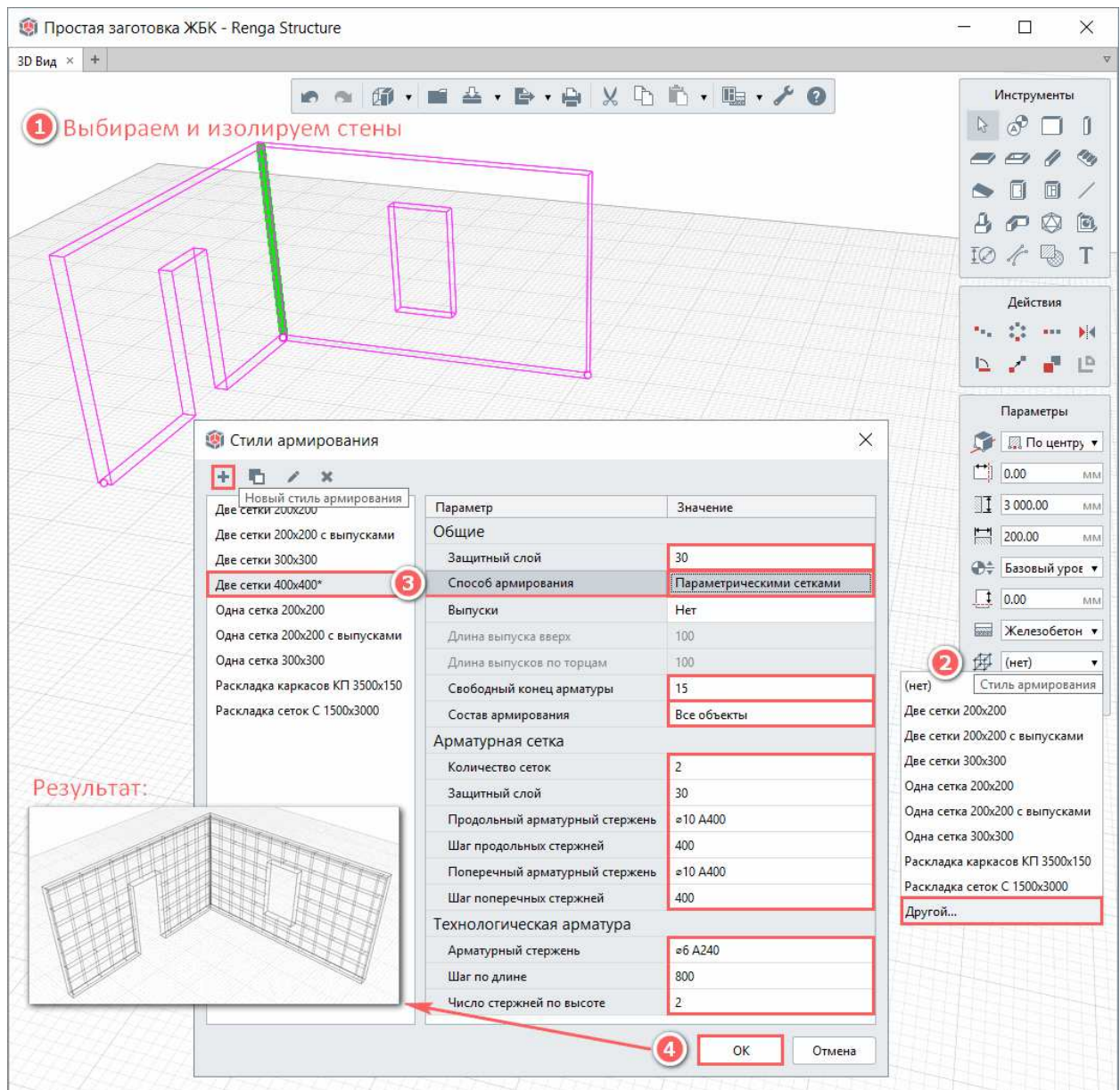


Рисунок 11

Армирование соединения стен:

Обратим внимание, что размеры призмы зеленого цвета, отображающей соединение стен (призма образуется при соединении базовых линий стен), стали соответствовать их толщине – так как стенам был назначен параметрический стиль армирования. Произведем армирование данного соединения, учитывая правила, по которым мы произвели армирование самих стен.

Параметрическое армирование соединения производится системой в соответствии с пользовательской настройкой по правилу, указанному в п. 10.4.5 СП 63.13330.2012: «Узловые сопряжения стен в местах их пересечения при невозможности сквозного пропуска горизонтальной арматуры стен через этот стык следует армировать по всей высоте стен пересекающимися П-образными хомутами, обеспечивающими восприятие концентрированных горизонтальных усилий в узловых сопряжениях стен, а также

предохраняющими вертикальные сжатые стержни в узловых сопряжениях от выпучивания и обеспечивающими анкеровку концевых участков горизонтальных стержней».

1 – Выберем соединение стен щелчком левой кнопки мыши.

2 – Выберем строку Другой в раскрывающемся списке параметра Стиль армирования соединения.

3 – Создадим новый стиль армирования и настроим его параметры в соответствии с примененным в стенах армированием:

Двойным щелчком левой кнопки мыши активируем возможность изменения значения параметра «Состав армирования» и установим его в положение «Все объекты»: это положение означает установку как вертикальных стержней (так называемой «продольной арматуры» в параметре), так и П-образных горизонтальных стержней («поперечной арматуры» в параметре).

Так как выпуски из стен не были предусмотрены в нашем примере армирования, то и для соединения стен не предусматриваем их наличие.

Для параметра «Арматурный стержень» продольной (то есть вертикальной) арматуры назначаем арматурный стержень d10A-III (A400) – соответствующий поперечной (вертикальной) арматуре параметрической сетки стены.

Для параметра «Арматурный стержень» поперечной (то есть горизонтальной) арматуры назначаем арматурный стержень d 10A-III (A400) – соответствующий продольной (горизонтальной) арматуре параметрической сетки стены.

Параметр «Длина выпуска в стену» для поперечной арматуры соединения указывается с учетом длины перепуска ($l_l = d \lambda l = 10 \cdot 34 = 340$ (мм) – обозначения и значения см. табл. 46 документа «Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84)») и длины анкеровки ($l_{an} = d \lambda an = 10 \cdot 29 = 290$ (мм), табл. 45 указанного пособия) основного горизонтального стержня параметрической арматурной сетки стены: 340 мм.

4 – Подтвердим создание и применение стиля выбранному соединению стен нажатием кнопки ОК.

5 – В параметрах соединения установим значение шага поперечной арматуры 400 мм в соответствии с шагом арматуры в стенах. Результат армирования отобразится в модели.

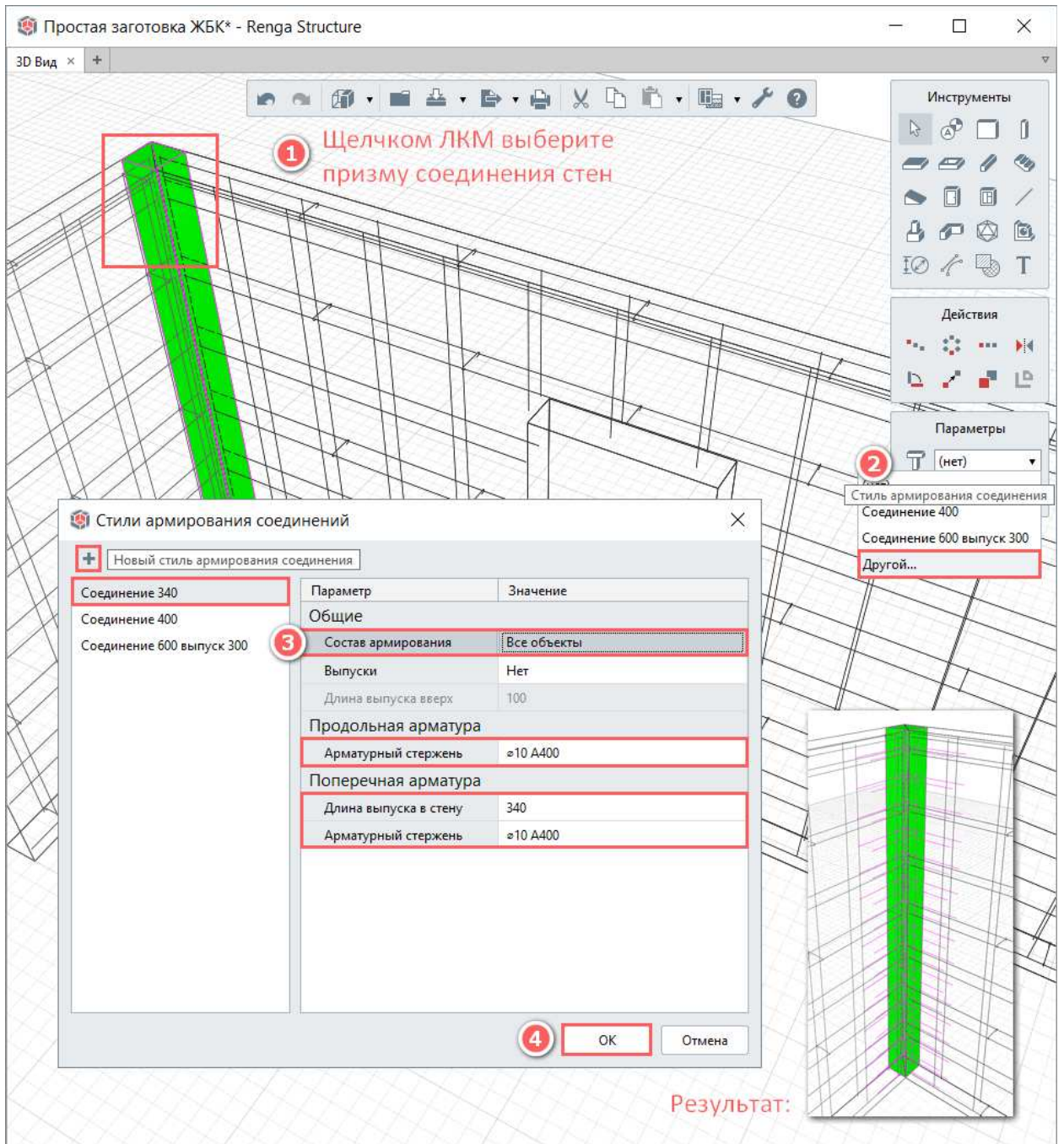


Рисунок 12

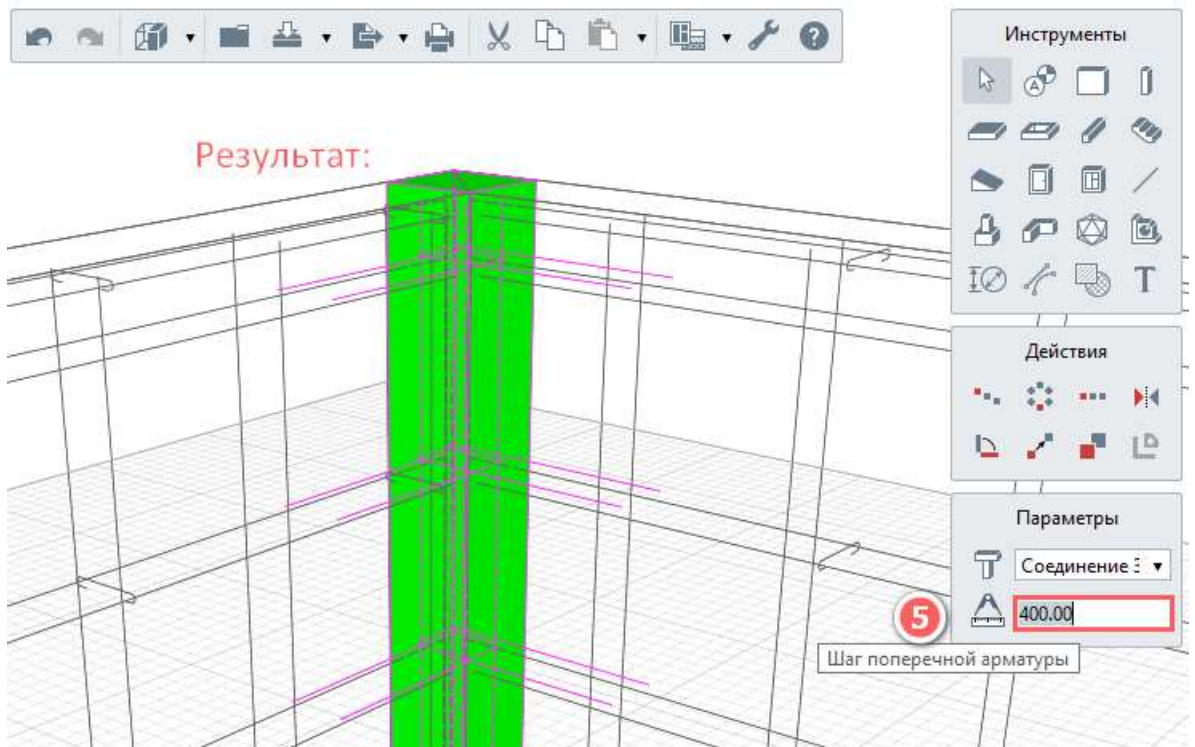


Рисунок 13

Армирование проемов в стенах:

Самостоятельно поочередно настройте стили армирования для дверного и оконного проема в стенах (выберите в модели проем щелчком левой кнопкой мыши, в выпадающем списке параметра Стилль армирования выберите строку Другой..., создайте, настройте и примените стиль армирования к проему, выбрав способ армирования «Параметрическими каркасами»).

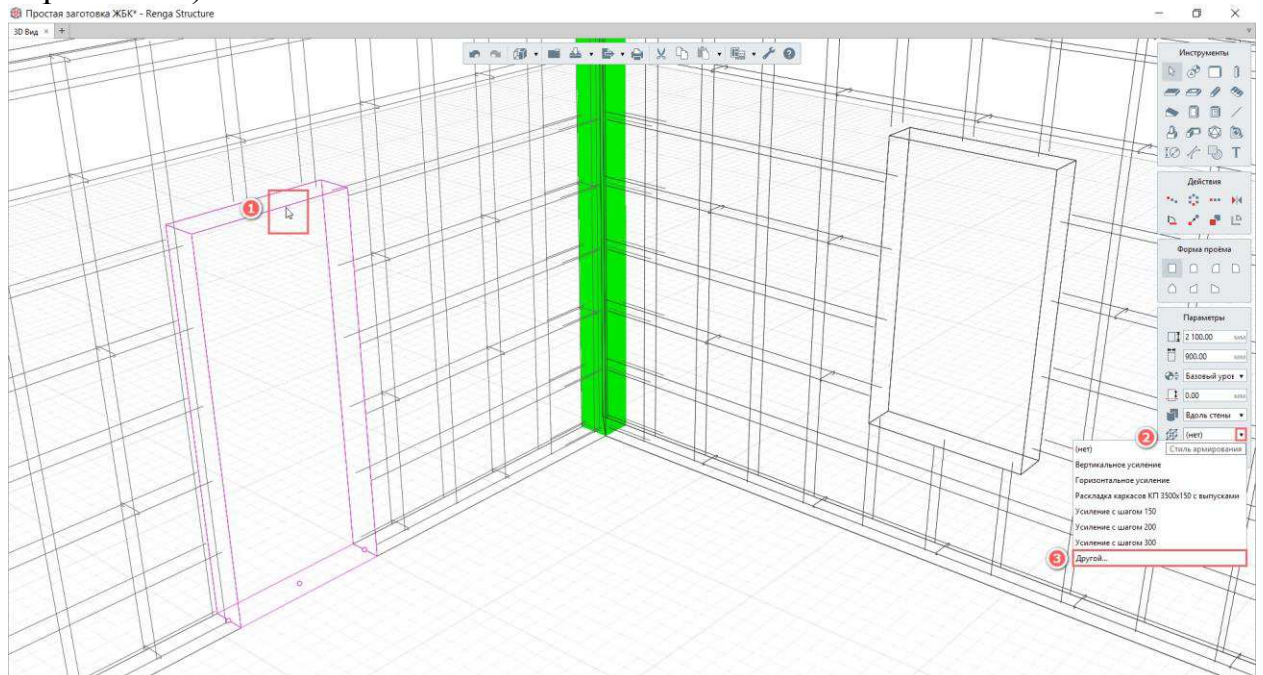


Рисунок 14

Армирование перекрытия:

На условном примере рассмотрим способ армирования перекрытия арматурными изделиями – сетками.

Перед тем, как использовать этот способ армирования, необходимо удостовериться, что в проекте создан тип сетки, который мы собираемся использовать для армирования перекрытия. Для этого вызовем команду основной панели Управление стилями -> Арматурные изделия и выберем тип объекта «Арматурная сетка». Для перекрытия будем использовать существующую в стандартном наборе арматурную сетку размерами 1500 x 1500 мм.

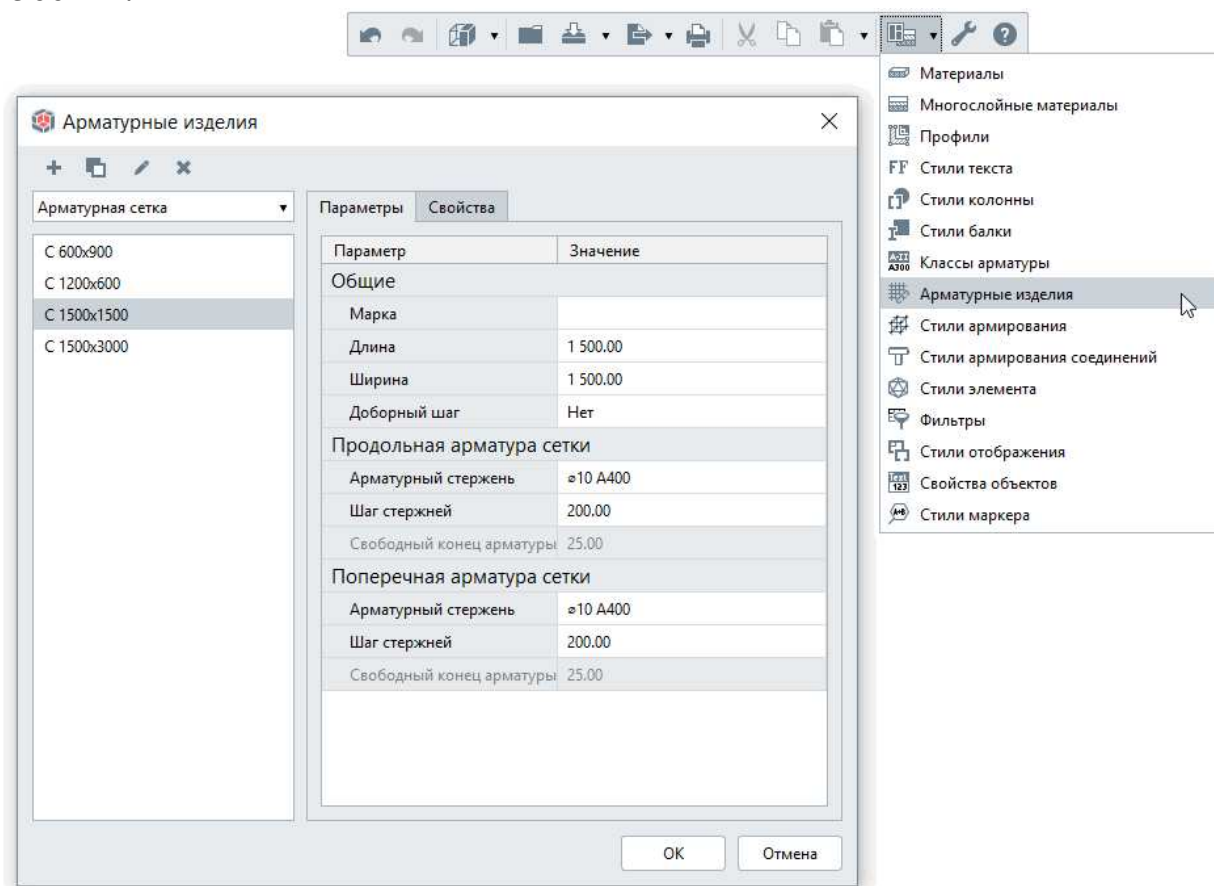


Рисунок 15

Вызовем команду основной панели Управление стилями -> Стили армирования и откроем стандартный набор стилей для объекта «Перекрытие». Нужный нам стиль уже существует.

Применим данный стиль армирования к перекрытию в модели. Выберем перекрытие щелчком левой кнопки мыши и в его параметрах выберем стиль армирования «Раскладка 2 рядов сеток 1500x1500».

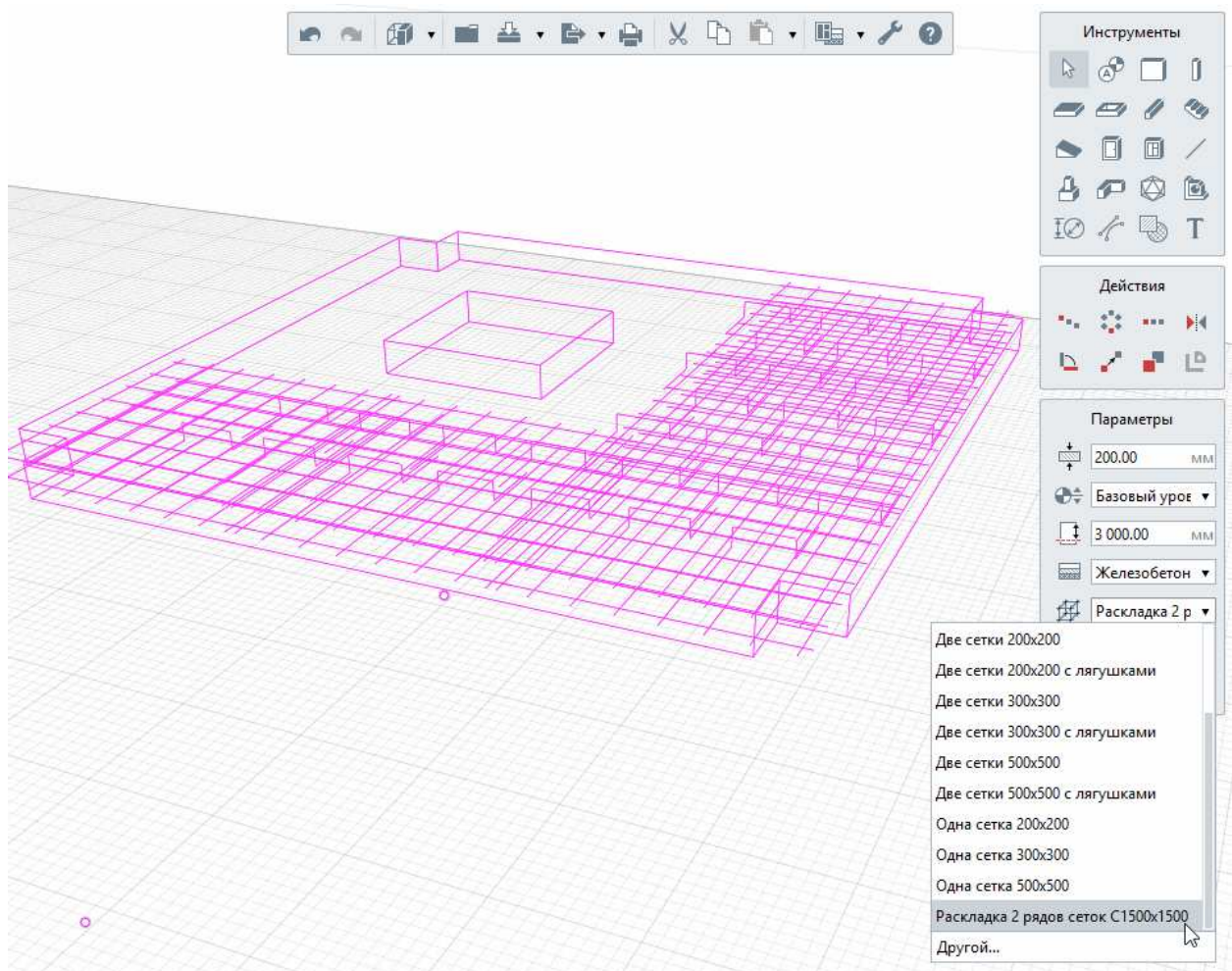


Рисунок 16

Для просмотра перестроения раскладки сеток выделим проем в перекрытии и удалим нажатием клавиши Delete. Результат раскладки отобразится в модели.

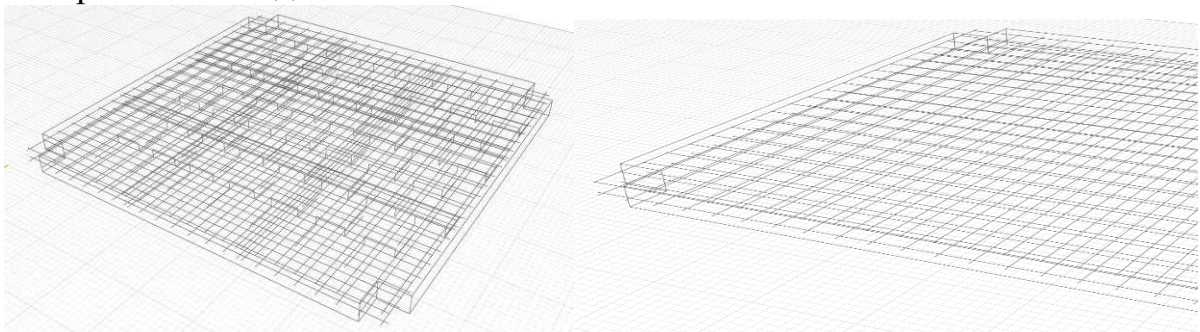


Рисунок 17

Для дальнейшего ознакомления и комбинацией с «ручным» армированием, выберем стиль армирования «Две сетки 200х200»: в модели отобразится армирование перекрытия параметрическими сетками, которое мы дополним учащением верхнего армирования у опор отдельными стержнями в сборке.

Армирование балок:

Применим к балкам способ армирования готовыми каркасами.

Размер сечения балки «по умолчанию» составляет 300x300 мм (изменение формы и размеров сечения см. данный раздел). Длину балки измерим с помощью инструмента Размер, предварительно переместив рабочую плоскость на уровень второго этажа (двойным щелчком левой кнопкой мыши по обозначению уровня 2 этаж).

Вызовем команду основной панели Управление стилями -> Арматурные изделия и выберем тип объекта «Арматурный каркас». Создадим новый стиль арматурного каркаса и настроим его параметры (данный пример условен – при создании каркаса ориентируйтесь на соблюдение конструктивных требований норм и обеспечение восприятия расчетных усилий в конструкциях). «Длину» каркаса зададим в соответствии с длиной балки за вычетом значений «Свободный конец слева» и «Свободный конец справа», «ширину» и «высоту» - с учетом того, что при назначении стиля армирования для балки сечением 300x300 мм будет задан защитный слой бетона. Зона усиления поперечной арматурой каркаса предусматривает симметричное армирование поперечными хомутами слева и справа от опоры на заданное расстояние с указанным шагом.

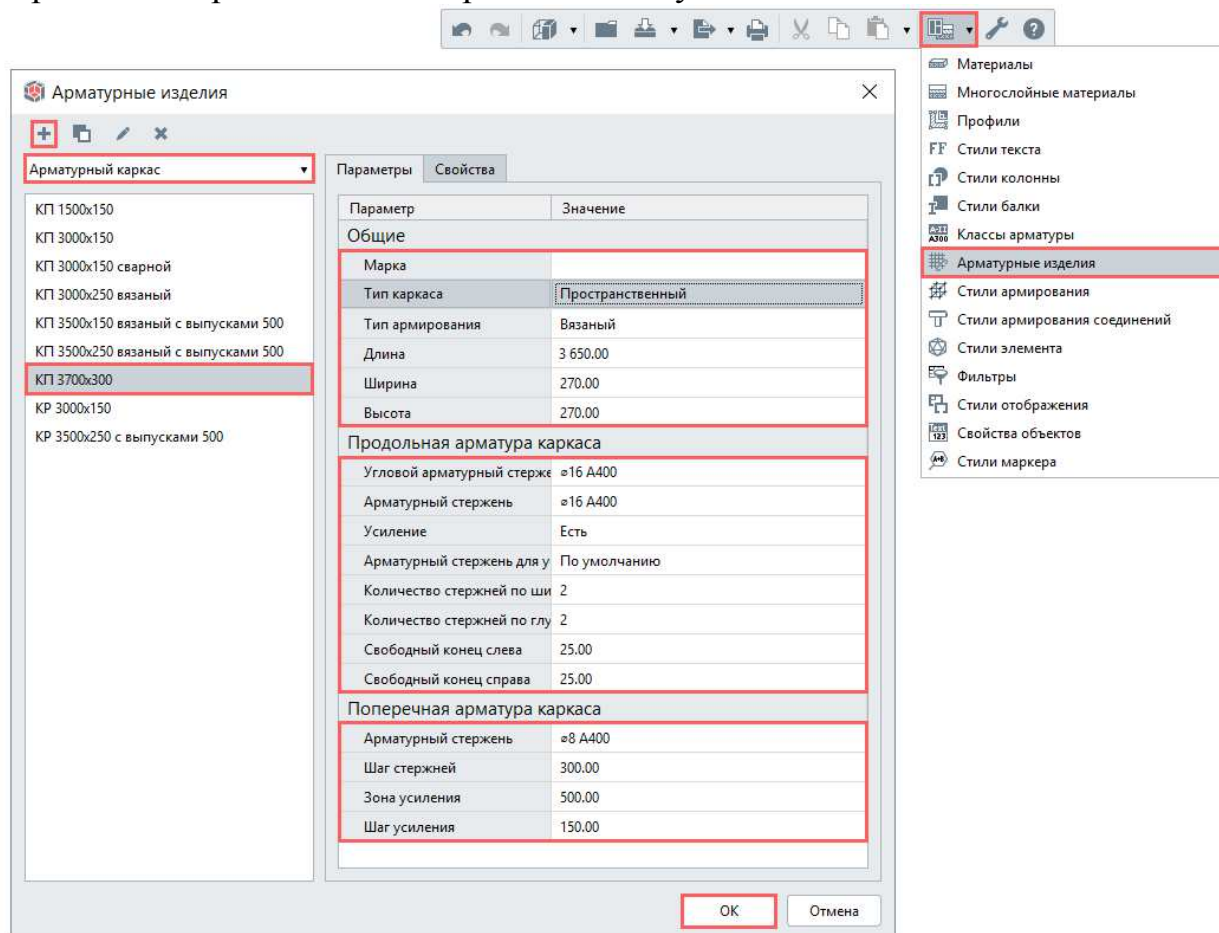


Рисунок 18

Выберем балки в модели, в параметре Стиль армирования выберем строку Другой. Продублируем существующий стиль «Раскладка каркасов КП 3000x250» и переименуем его в «Раскладка каркасов КП 3700x300».

Настроим его параметры, прежде всего выбрав в выпадающем списке «Арматурный каркас» необходимый и настроенный нами каркас «КП 3700x300».

Армирование колонн и фундаментов:

Самостоятельно поочередно настройте параметрические стили армирования (вязаный и сварной) для колонн первого этажа (с выпусками) и второго этажа (без выпусков).

Для ознакомления со способом армирования в виде установки в колоннах готовых каркасов, предварительно настройте параметры каркаса в арматурных изделиях.

Изучите способы армирования ленточного и столбчатого фундаментов, настраивая их параметры в соответствии с нормативными требованиями.

Для фундаментной плиты задайте рекомендуемое значение толщины 500 мм и настройте стиль армирования способом «параметрическими сетками» в соответствии с нормативными требованиями: значения защитного слоя для верхней и нижней арматуры, диаметры и шаги верхней и нижней арматуры (продольная арматура в стиле армирования перекрытия расположена параллельно глобальной оси X, поперечная – параллельно глобальной оси Y), установку технологической арматуры (поддерживающих каркасов).

Создайте и примените к перекрытию и стене многослойные материалы, состоящие из железобетона и других однослойных материалов для того, чтобы наглядно увидеть перестроение параметрического армирования в соответствии с заданными толщинами всей стены/перекрытия (в параметрах объекта) и толщинами каждого материала в многослойном материале.

Для армирования отдельными стержнями в ручном режиме (арматурный стержень представляет собой самостоятельный объект в модели) нужно выбрать соответствующий инструмент Арматурный стержень и настроить его диаметр (т.е. стиль, который задается для арматурного изделия «Стержень»), радиус изгиба и остальные параметры. При необходимости можно создать набор стержней в сборке и использовать в модели как единый объект.

Рассмотрим применение единичного арматурного стержня в модели на примере установки торцевой арматуры в стене для реализации конструктивных требований п. 10.4.4 СП 63.13330.2012: «На торцевых участках стены по ее высоте следует устанавливать поперечную арматуру в виде П-образных или замкнутых хомутов, создающих требуемую анкеровку концевых участков горизонтальных стержней и предохраняющих от выпучивания торцевые сжатые вертикальные стержни стен».

Проверим, что рабочая плоскость находится на базовом уровне.

Выберем инструмент Арматурный стержень, способ построения Прямая по двум точкам и Арматурный стержень d10A400 (в соответствии с основным армированием в стене).

Радиус загиба стержня d10AIII (A400) в соответствии с табл. 37 документа «Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84)» составляет $6d=6\cdot 10=60$ (мм).

Построим П-образный хомут, привязавшись к углу стены:

1 – задержим на несколько секунд указатель мыши в точке угла стены до смены ее цвета в характерный цвет и в кубическом режиме измерения по трем осям зададим расстояния (переключаясь между полями ввода клавишей Tab), на которые будет смещена первая точка арматурного стержня относительно выбранной точки привязки (35 мм по оси X составляет защитный слой конструкции и половина диаметра стержня; 365 мм по оси Y складываются из длины перепуска в 340 мм и защитного слоя конструкции 30 мм за вычетом половины диаметра П-образного стержня 5 мм; 55 мм по Z составляет расстояние до положения основного стержня 40 мм и $10+5=15$ мм – диаметр основного и половина диаметра П-образного стержня), зафиксируем положение первой точки стержня щелчком левой кнопки мыши,

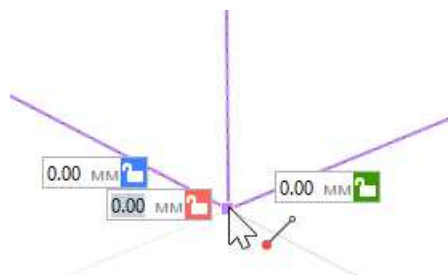
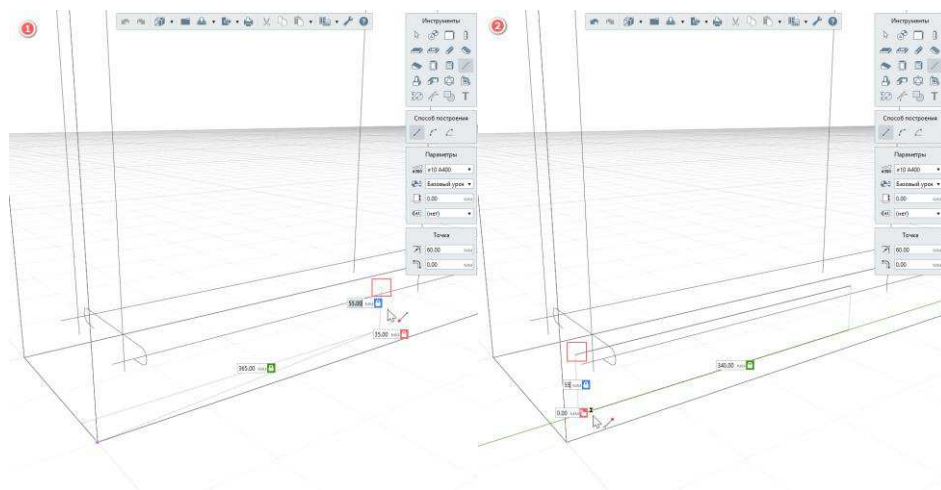


Рисунок 19



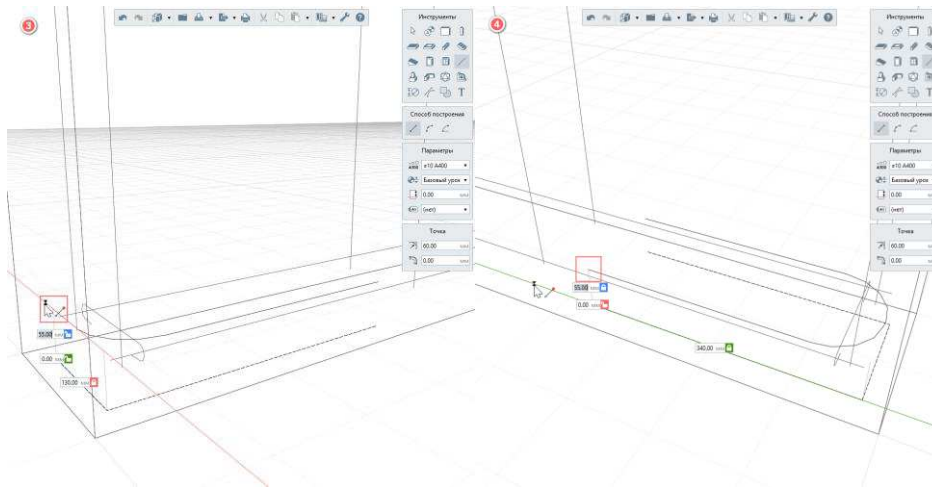


Рисунок 20

2 – зададим расположение второй точки арматурного стержня: $X = 0$ мм, $Y = 340$ мм, $Z = 55$ мм; зафиксируем положение точки нажатием левой кнопки мыши,

3 – для третьей точки введем значения $X = 130$ мм, $Y = 0$ мм, $Z = 55$ мм, зафиксируем положение точки,

4 – следующую точку зафиксируем на расстоянии $X = 0$ мм, $Y = 340$ мм, $Z = 55$ мм,

5 – подтвердим построение стержня нажатием клавиши Enter.

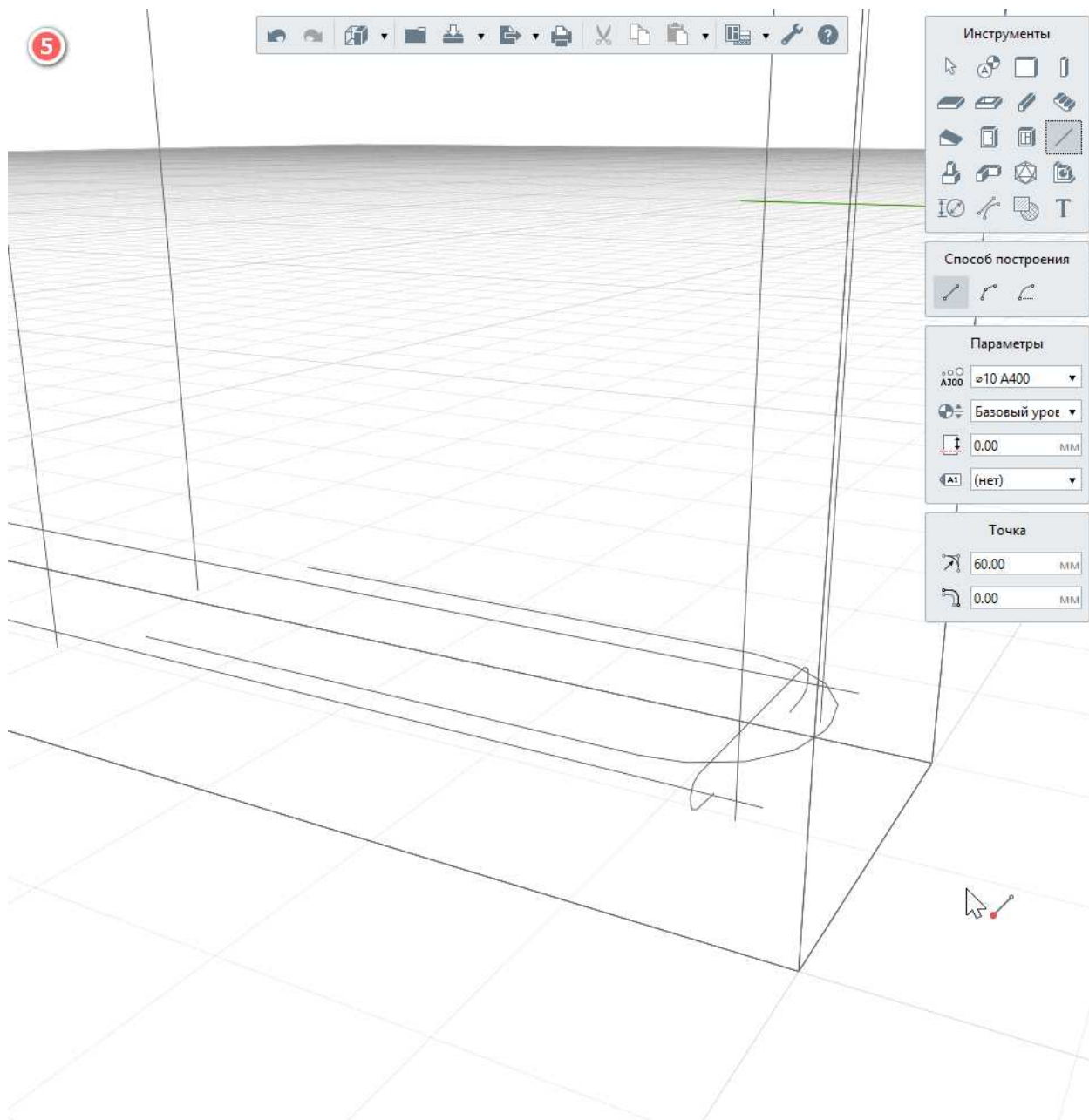


Рисунок 21

Произведем копирование стержня по оси Z на расстояние 400 мм (используя копирование объекта с зажатой клавишей Ctrl и привязки отслеживания). Произведем копирование стержней с шагом по высоте 400 мм до верха стены.

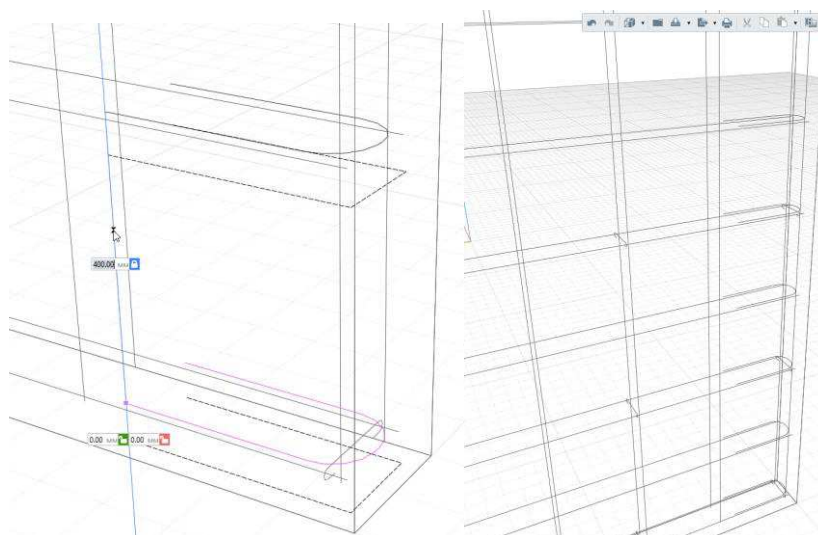


Рисунок 22

Таким образом, мы осуществили армирование торцевого участка стены П-образными хомутами.

Рассмотрим применение арматурных стержней в сборке на примере усиления верхнего армирования приопорного участка плиты перекрытия.

Рядом со вкладкой «3D Вид» откроем вкладку Обзоратель проекта и во вкладке «Сборки» создадим новую сборку «Армирование перекрытия».

Откроем созданную сборку. Построим дополнительные арматурные стержни для достижения учащенного шага 100 мм на 1/3 пролета перекрытия, учитывая, что привязку сборки в модели будем осуществлять к верхнему углу перекрытия. Расположим параллельные оси X стержни со смещением по вертикали вниз на 45 мм, стержни, параллельные оси Y, со смещением по вертикали вниз на 35 мм (по одному принципу с расположением арматурных стержней параметрической сетки вдоль координационных осей в перекрытии в модели).

1 – Выберем инструмент Арматурный стержень, способ построения Прямая по двум точкам, Арматурный стержень □10A400, Смещение по вертикали -35 мм. Привязавшись к сетке в точке начала координат, зафиксируем положение первой точки стержня нажатием левой кнопки мыши.

2 – Вдоль оси Y введем расстояние 1600 мм и левым щелчком кнопки мыши зафиксируем положение второй точки стержня. Подтвердим построение стержня нажатием клавиши Enter.

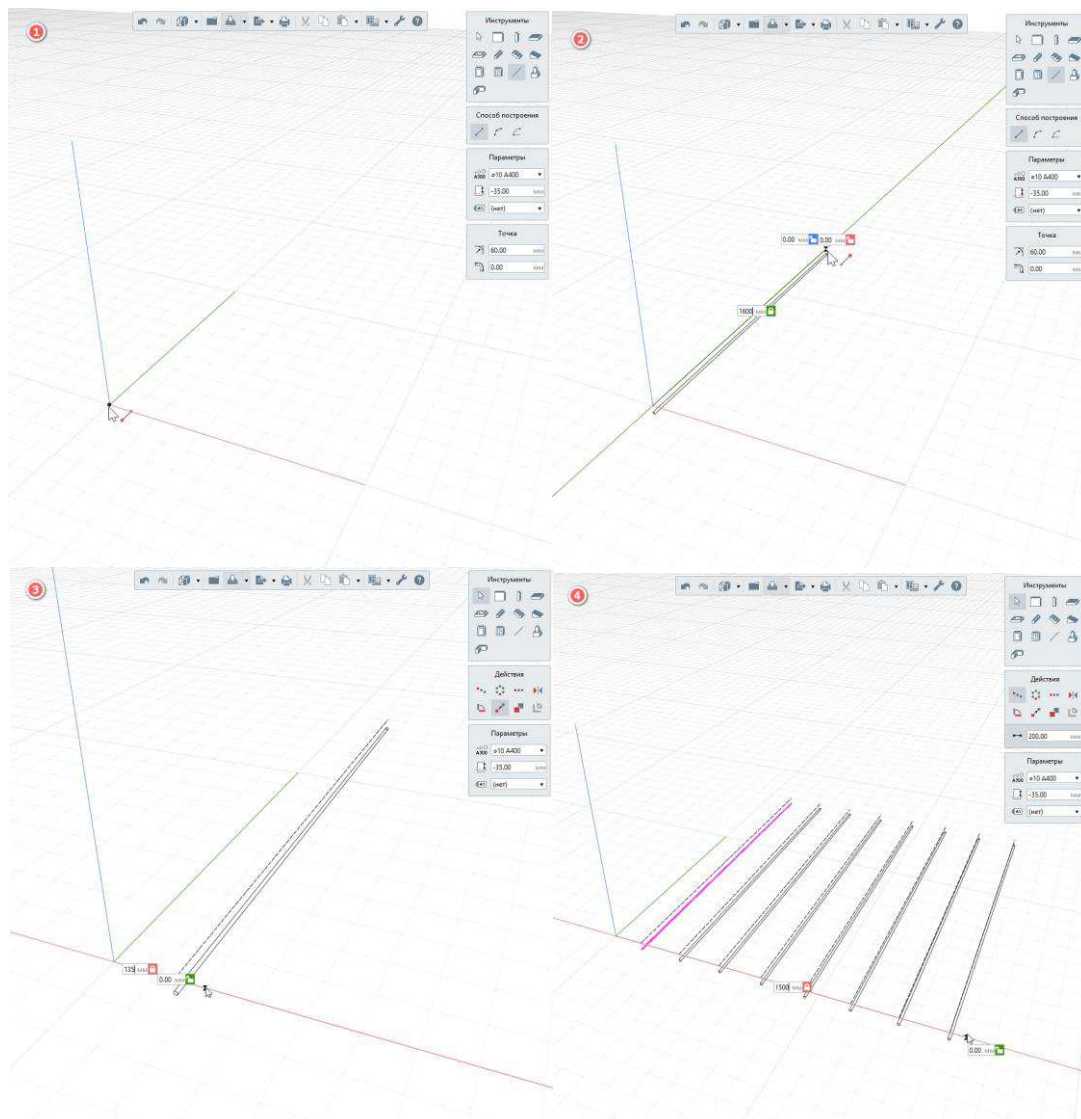


Рисунок 23

3 – Переместим стержень на 135 мм вдоль положительного направления оси X с помощью команды действий Переместить и подтвердим новое положение стержня нажатием левой кнопки мыши.

4 – С помощью команды действия Копировать по направлению с заданным шагом 200 мм расположим копии стержня на длине 1500 мм вдоль оси X. Подтвердим копирование нажатием левой кнопки мыши.

5 – Таким же образом (или воспользовавшись действиями Создать копию и Повернуть) построим стержни параллельно оси X, задав параметр Смещение по вертикали -45 мм.

Разместим сборку в модели: перейдем во вкладку «3D Вид», выберем инструмент Сборка и настроим параметры сборки в соответствии с рисунком. Для остальных приопорных участков воспользуемся действием Повернуть сборку (относительно внешних угловых точек колонн) для корректного размещения в перекрытии.

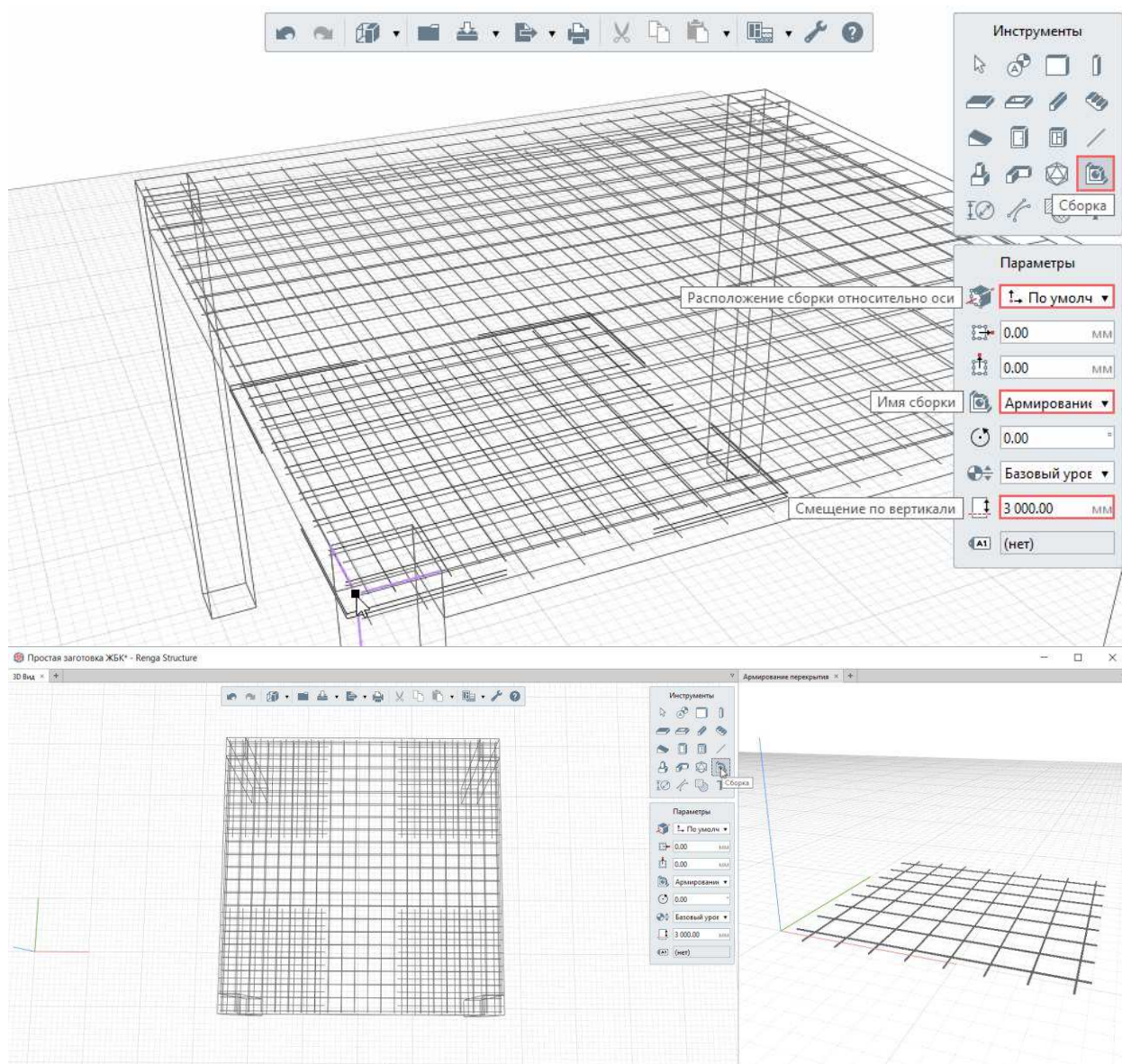


Рисунок 24

Таким образом, мы получили усиление верхнего армирования приопорных участков перекрытия с применением инструмента Арматурный стержень в Сборке. При внесении изменений в сборку они отобразятся во всех ее экземплярах, размещенных в модели. По приведенному алгоритму произведите усиление пролетного участка перекрытия.

Используя описанные методы была создана информационная модель конструкций железобетонных ниже отм.0 жилого многоквартирного дома. Результаты создания модели представлены на рисунках №25,26, 27.

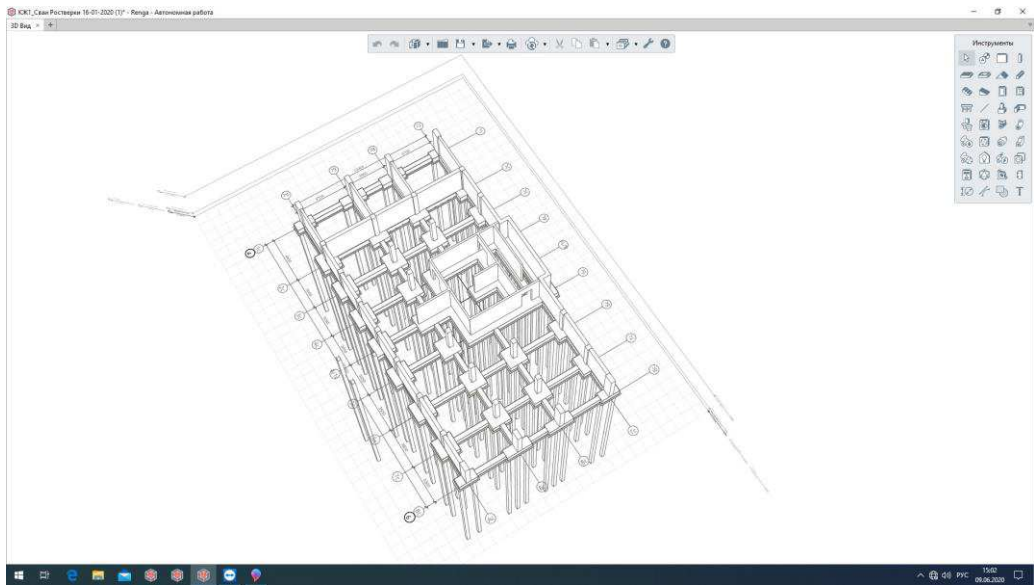


Рисунок 25

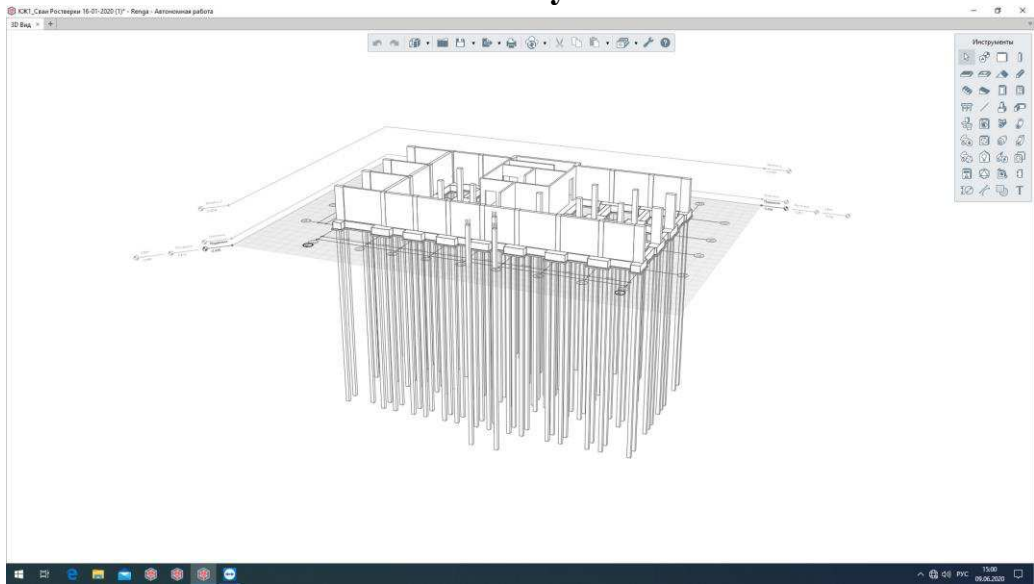


Рисунок 26

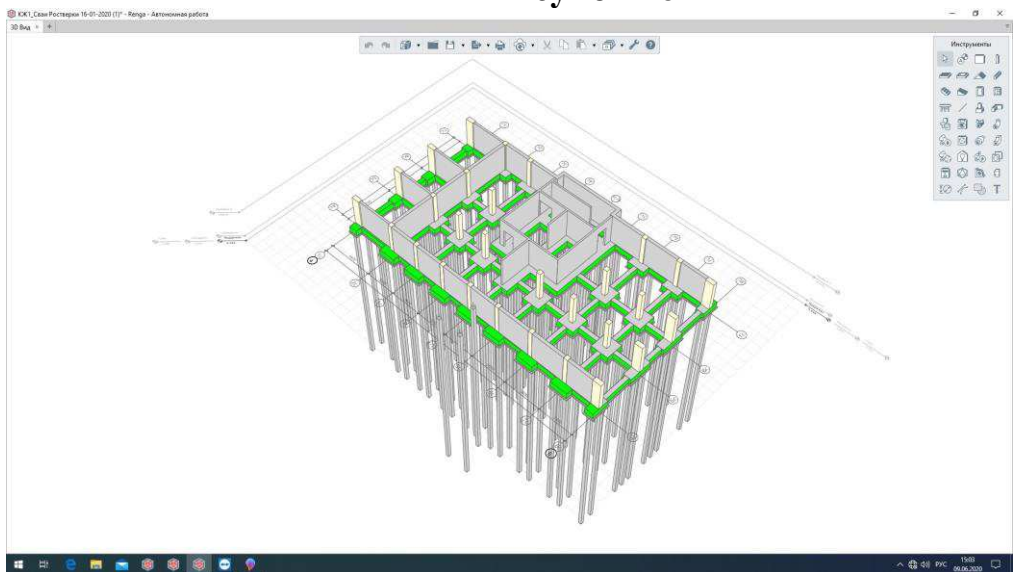


Рисунок 27

2.5 Подготовка сметной документации с использованием BIM

3.2.1 Настройка программы для работы [81]

Базовые продукты Renga Software – BIM-системы, предназначенные для проектирования архитектурно-строительной, конструктивной части проекта и внутренних инженерных систем зданий и сооружений. Вне зависимости от разновидности используемого программного продукта: Renga Architecture, Renga Structure или Renga MEP, функционал расширения «Сметная система ABC», является универсальным для всех.


Пиктограммы команд плагина располагаются, прежде всего, на «Основной панели» в верхней части окна программы.


Пункт «Экспортировать в ABC-Рекомпоzитор», интегрирован в выпадающий список команд меню «Экспортировать».


Для удобства работы сметного специалиста, основные команды расширения, продублированы также на всплывающей панели «Действия».


И в контекстном меню, вызываемом по щелчку правой кнопки мыши на выбранных объектах.


Описание команд плагина:


 Назначить/Редактировать сметное свойство – запись и редактирование значения сметного свойства объекта модели.


 Дублировать сметное свойство – процесс копирования значения сметного свойства объекта модели и последующая запись данного значения выборке объектов на основании критериев фильтра, сформированных BIM-сметчиком.


 Удалить сметное свойство – удаление значения сметного свойства объекта модели.

 Скрыть объекты с назначенным сметным свойством – скрывание объектов модели с назначенным сметным свойством на 3D Виде или плане уровня в главном окне приложения.

 Показать объекты с назначенным сметным свойством – отображение ранее скрытых объектов модели со сметным свойством на 3D Виде или плане уровня в главном окне приложения.

 Настройки – определение настроек плагина для текущей работы
Выпадающий список команд меню «Сметная структура»:

 Назначить раздел выбранным объектам – отнесение объектов модели в иерархию сметной структуры.

 Просмотр/редактирование – вызов диалогового окна для работы со сметной структурой.

Скрыть объекты с назначенным сметным разделом – скрывание объектов модели, отнесенных в иерархию сметной структуры на 3D Виде или плане уровня в главном окне приложения.

Показать объекты с назначенным сметным разделом – отображение ранее скрытых объектов модели, отнесенных в иерархию сметной структуры на 3D Виде или плане уровня в главном окне приложения.

Пункт выпадающего списка команд меню «Экспортировать»:



Экспортировать в ABC-Рекомпозитор – экспорт файла протокола обработки объектов модели (сметных данных) в программу «ABC-Рекомпозитор».

Перед началом работы с плагином необходимо установить связь с используемой редакцией программного комплекса ABC-4.

Для этого на «Основной панели» нажмите кнопку «Настройки».

В появившемся диалоговом окне, укажите папку с установленной системой ABC-4. Нажмите «Выбор папки». Выбор используемой редакции ABC-4 подтвержден.

3.2.2 Работа со сметными свойствами объектов модели

В основе технологии работы BIM-сметчика, лежит внесение в объекты модели сведений экономического свойства (сметных свойств) с использованием интеллектуальной экспертной системы «База знаний ABC».

Перед назначением сметного свойства необходимо выделить объект модели на 3D Виде или плане уровня в главном окне приложения. Если этого не сделать или выделить более одного объекта, при назначении сметного свойства последует соответствующее, предупреждающее сообщение.

Активируйте команду «Назначить/Редактировать сметное свойство».

В открывшемся диалоговом окне «Сметная система ABC», расположен функционал по работе со сметными свойствами объектов модели. В качестве описания характеристики объекта, в каждом конкретном случае, используются доступные данные о наименовании объекта, стиля, его размерах, материале, структурном составе и.т.д. (Рисунок 28)

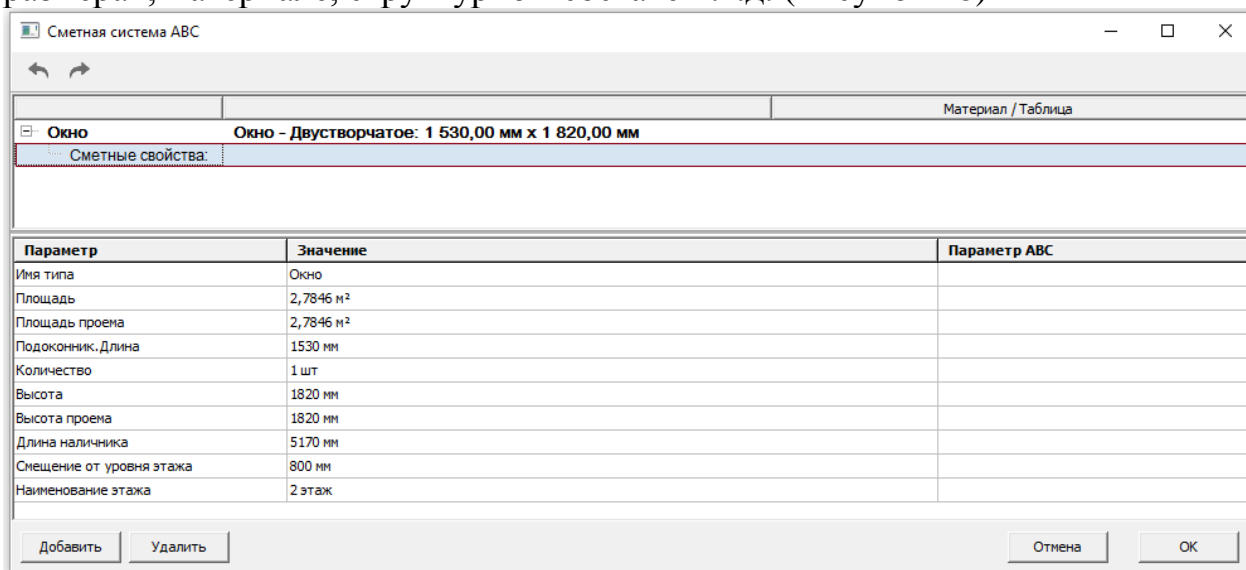


Рисунок 28

Выделите строку «Сметные свойства». В нижней части окна, отображаются считываемые значения параметров объекта модели, необходимые для сметной оценки.

Нажмите кнопку «Добавить» или используйте клавиатурный аналог «Insert». Применимо также и контекстное меню, по нажатию правой кнопки мыши на строке «Сметные свойства».

Происходит запуск формы «База знаний ABC».

В панели «Иерархия базы знаний», последовательно раскрывая уровни, сметный специалист выбирает подходящий фрагмент базы знаний (технологию). (Рисунок 29)

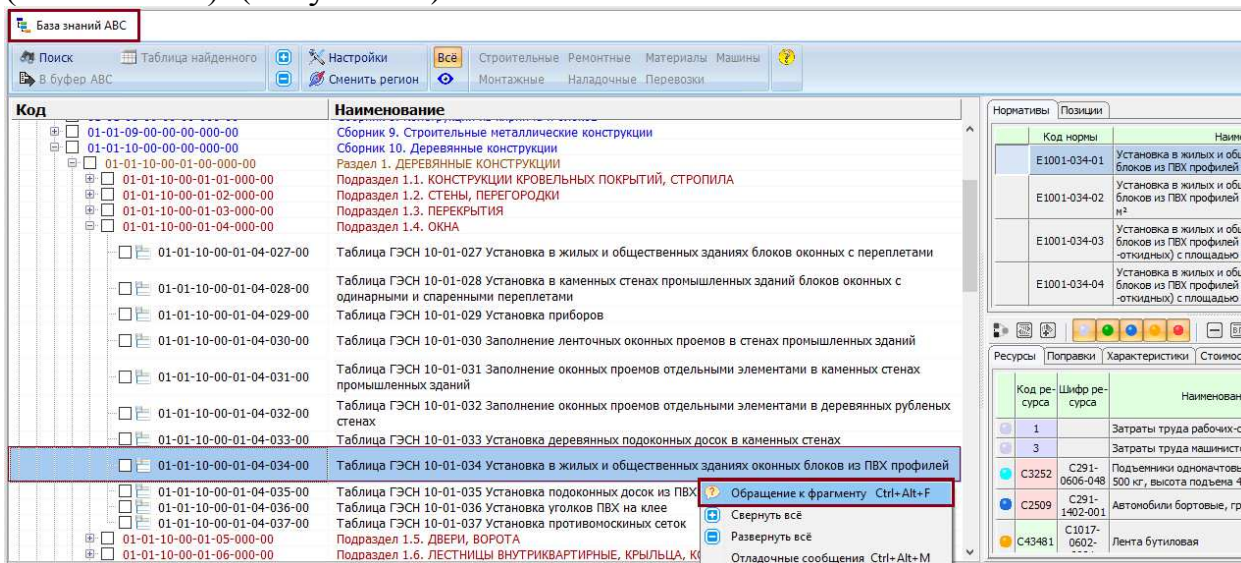


Рисунок 29

Для «Обращения к стандартному фрагменту» произведите двойной клик левой кнопки мыши или воспользуйтесь диалогом контекстного меню. Для тех, кому привычнее пользоваться горячими клавишами поддерживается сочетание – «Ctrl+Alt+F».

В результате обращения запускается форма «ABC-транслятор»

Каждый из фрагментов содержит знания своего уровня, которые при обращении в диалоговом режиме последовательно задают пользователю вопросы инженерно-технического свойства.

Следует отметить, что наличие вопросов или их отсутствие, зависит от степени готовности объектов модели дать ответы по средствам значений параметров, необходимых при трансляции фрагмента. Идеальный вариант, взаимодействие в автоматическом режиме, тандема объект проекта и фрагмента «Базы знаний», где участие ВМ-сметчика практически сведены к минимуму.

По окончанию поступления ответов и продвижению по «трассе решений» с помощью нажатия кнопки «Далее», формируются сметные результаты в виде обращения к фрагменту.

При необходимости (опционально) можно произвести корректировку ресурсной части в соответствии со статусами ресурсов в диалоговом окне «Замена ресурсов». (Рисунок 30)

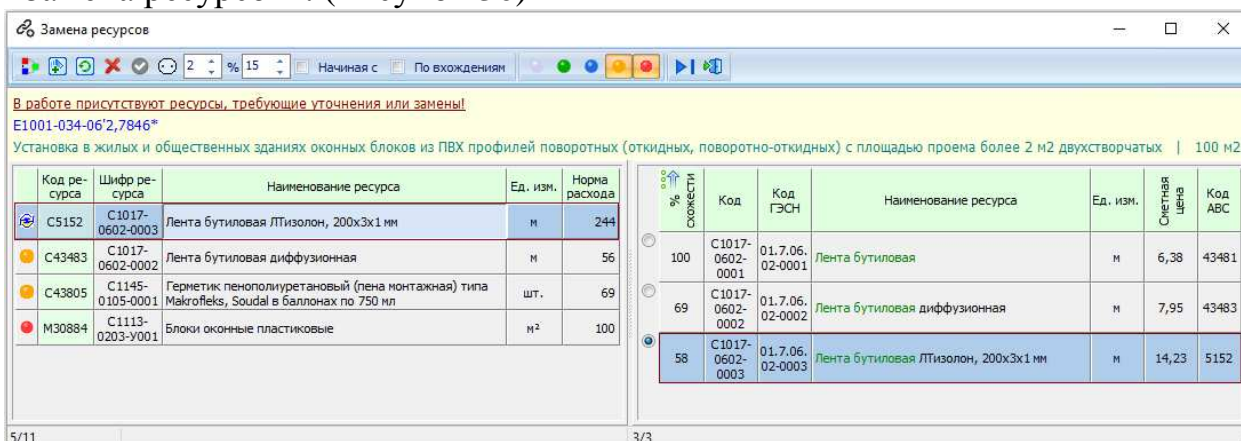



Рисунок 30

После корректировки или неизменности ресурсной части используем функцию  «Выход» (Alt+X) – закрыть диалог корректировки ресурсов.

Процесс формирования записи сметного свойства завершен. Открывается диалоговое окно «Сметная система АВС», где в строке «Сметные свойства», добавлен новый уровень с записью сметного свойства объекта модели.

При выделении сформированной строки со сметным свойством, в нижней части окна, теперь уже, отображаются принятые после трансляции значения параметров стандартного фрагмента «Базы знаний АВС».

Далее «ОК». Процедура назначения единичного сметного свойства завершена.


При необходимости, объекту модели могут быть назначены дополнительные сметные свойства в текущей сессии, отражающие затраты на технологию производства работ.

Для добавления записи сметного свойства в последующих сессиях, выделите объект с уже назначенным сметным свойством и активируйте ранее используемую команду «Назначить/Редактировать сметное свойство». В открывшемся диалоговом окне «Сметная система АВС», произведите процедуру назначения сметного свойства с помощью кнопки «Добавить» по описанной выше схеме.

Позиции, добавленные в текущей сессии назначения, будут отражены зеленым цветом. Ранее, назначенные сметные свойства – черным.

Чтобы заменить одну из сметных позиций, щелкните двойным кликом левой кнопкой мыши по редактируемому сметному свойству. Выберите новый фрагмент из базы знаний (технологию). Запись со сметным свойством будет переопределена.

Для удаления одной из сметных позиций, выделите ее щелчком левой кнопки мыши и нажмите кнопку «Удалить» или воспользуйтесь клавиатурным аналогом «Delete».

Чтобы сохранить ваши действия нажмите кнопку «ОК», для выхода без сохранения нажмите «Отмена», клавишу «Esc» или закройте окно «Сметная система ABC» при помощи значка  в правом верхнем углу.

Помимо использования функций плагина, запись сметного свойства можно отследить в свойствах объекта с помощью стандартной команды программы. Щелкните правой кнопкой мыши, наведя курсор на необходимый объект. В контекстном меню выберите команду «Свойства».

Запись «сметного свойства ABC» объекта модели, при наличии, отображается в диалоговом окне «Свойства».

Назначение сметного свойства многослойным объектам модели

Процедура назначения сметного свойства для многослойных объектов не отличается от стандартной схемы. Разница состоит лишь в том, что структура отображаемой информации об объекте, внутри окна «Сметная система ABC» адаптивная и видоизменяется, в зависимости от типа многослойного объекта, обрабатываемого плагином. Функционал по добавлению, удалению и редактированию сметных свойств остается неизменным.

Окно «Сметная система ABC». Диалог назначения сметного свойства для многослойного объекта «Стена». (Рисунок 31)

Структурный состав многослойного стенового объекта описывается от «общего к частному» с указанием послойных характеристик каждого слоя (толщина, материал и др.).

Сметные свойства, в зависимости от применяемой технологии на возведение конструкции, назначаются как в общий, так и в каждый слой или выборочно. К примеру, воздушная прослойка кладки, необязательно должна содержать сметное свойство. Допускается использование множества сметных свойств в одном слое.

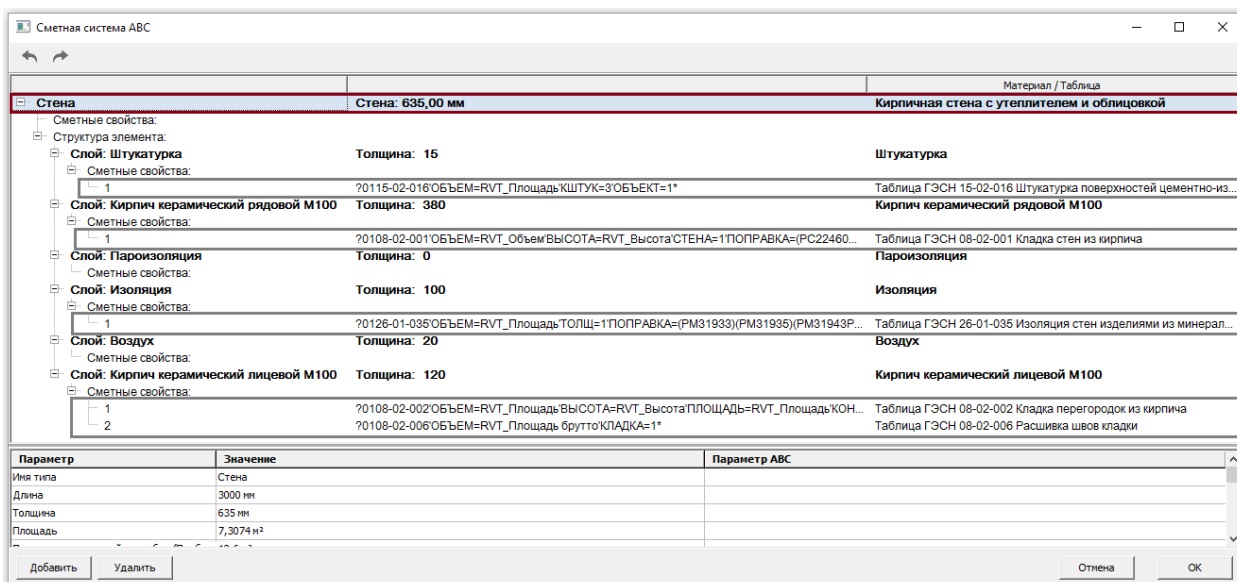


Рисунок 31

Дублирование сметного свойства

После формирования сметных решений и записи, соответствующих сметным свойствам объекту модели, необходимо произвести «дублирование сметных свойств» для однотипных объектов проекта, с точки зрения сметной оценки.

Автоматическое дублирование сметных свойств, производится на основе иерархии типов объектов и их свойств, а также с использованием собственных фильтров сметчика, реализованных функционалом плагина.

За счет параметризации одно и то же сметное свойство может быть продублировано объектам с различной геометрической и атрибутивной составляющей.

Выберите объект с уже назначенным сметным свойством. Активируйте команду плагина «Дублировать сметное свойство».

Запускается диалоговое окно «Фильтр по свойствам элемента»

Окно содержит:

- основные характеристики объекта «донора» (тип, материал и др.);
- поле со списком доступных значений параметров и свойств, выступающих в качестве критериев фильтрации для выборки объектов.

Выберите необходимое сочетание критериев фильтрации, отметив нужные пункты «галочкой». Нажмите «ОК».

Если среди выборки, часть объектов скрыта на текущем виде, то в качестве опций дублирования, будет предложено определить, распространять ли сметные свойства на скрытые объекты.

После выбора соответствующего режима, в окне с сообщением будет отражена статистика дублирования.

Значение со сметными свойствами, присвоено выборке объектов.

Объекты модели с продублированными сметными свойствами выделяются на активном виде. Можно визуально оценить результат

назначения или использовать текущее состояние выделенных объектов для отнесения в иерархию сметной структуры.

Удаление сметного свойства

В процессе работы над проектом, возникает необходимость в полной очистке значения сметного свойства в объектах модели.


Чтобы удалить значение сметного свойства, выделите необходимые объекты, весь проект целиком или используйте текущее состояние выделенных объектов в главном окне приложения. Активируйте команду «Удалить сметное свойство». В окне сообщения будет отражена статистика очистки сметных свойств.

3.2.3 Структурирование объектов проекта

Как правило, компоновка объектов модели в пространстве, соответствует проектным представлениям об объекте строительства. Для распределения объектов модели согласно сметным представлениям и создания правила рекомпозиции по отнесению строительных объемов в иерархию сметной структуры, используется выпадающий список команд меню «Сметная структура».

Предварительно, необходимо создать сметную структуру, соответствующую вашим требованиям и формой представления сметной документации.

Удобней использовать сметные структуры, созданные в программе «АВС-Рекомпозитор».

В зависимости от специфики объекта строительства, используются заранее заготовленные шаблоны сметных структур. Импорт подобных структур в проект происходит с помощью команды «Просмотр/редактирование» –  «Загрузить структуру».

В диалоговом окне «Открыть», необходимо выбрать файл со сметной структурой в формате (*.gsfx), подтвердив выбор.

Сметная структура загружена в проект BIM-системы.

При необходимости с помощью контекстного меню, можно создать (без использования импорта файлов формата *.gsfx из «АВС-Рекомпозитор») или же отредактировать иерархию сметной структуры на месте.

При импорте новой структуры в проект, ранее использовавшаяся структура и связь объектов модели с ней аннулируется полностью.

На протяжении работы над проектом необходимо использовать изначально определенную структуру.

Последующий импорт или удаление уровней структуры с назначенными объектами, потребует повторной привязки объектов к структуре. Добавление новых уровней и привязка объектов к ним не представляет проблем.

Структурирование, осуществляется путем установления связи объекта модели с уровнями иерархии сметной структуры «Смета» и более низшими. Для этого, выделите необходимые объекты или используйте текущее

состояние выделенных объектов в главном окне приложения. Активируйте команду «Назначить раздел выбранным объектам».

После указания соответствующего уровня иерархии структуры, подтвердите выбор кнопкой «ОК». Выводится сообщение:

Далее «Закрыть». Установлена связь объектов модели со структурными уровнями иерархии.

Пока выборка объектов модели активна (выделена) можно выгрузить результат назначения сметного свойства и отнесения к сметной структуре с помощью команды «Экспорт в ABC-Рекомпоzитор». Эти данные можно проанализировать, составив смету.

Если этого не требуется, то обработанные объекты можно скрыть из поля зрения на текущем виде с помощью инструментов визуализации плагина.

3.2.4 Визуализация объектов проекта

Функционально инструменты визуализации делятся на два основных типа: скрытие и отображение объектов модели.

В качестве критериев для визуализации используются объекты:

- со сметным свойством
- отнесенные к сметной структуре.

Для выключения объектов модели из поля зрения в главном окне приложения, применяются команды:

Для отображения ранее скрытых объектов модели, воспользуйтесь обратными командами:

Метод постепенного скрытия обработанных (готовых) объектов, позволяет визуально проконтролировать назначение сметных свойств и отнесение объектов модели к сметной структуре. Выключение готовых объектов на текущем виде, помогает BIM-сметчику сфокусироваться на необработанных объектах и при необходимости разграничить выполненную работу в любой момент.

3.2.5 Экспорт сметных данных в программу «ABC-Рекомпоzитор»

Результатом работы BIM-сметчика с моделью является формирование файлов (формата *.rcfa) обработки объектов модели с назначенными сметными свойствами.

Для экспорта сметных данных, выделите необходимые объекты или используйте состояние выделенных объектов на текущем виде в главном окне приложения. Активируйте команду «Экспортировать в ABC-Рекомпоzитор» на «Основной панели» в выпадающем списке команд меню «Экспортировать».

После обработки объектов в диалоговом окне «Сохранение сметных свойств» необходимо указать путь к папке и имя экспортируемого файла (*.rcfa) или воспользоваться созданным ранее файлом, указав его в окне диалога.

Далее «Сохранить». Файл выгрузки сформирован по всем объектам модели с присвоенными сметными свойствами и готов для импорта в ABC-Рекомпозитор.

В случае выбора объектов, не содержащих сметных свойств, будет выдано предупреждающее сообщение:

Далее «Закреть». Повторите выбор объектов.

При отсутствии выделенных объектов на текущем виде последует сообщение:

Нажмите «ОК» для последующего экспорта всех объектов модели и сохранения файла выгрузки со сметными данными.

Работа со сметными данными в «ABC-Рекомпозитор»

Импорт сметных данных из BIM-систем в «ABC-Рекомпозитор»

В качестве входных сметных данных программа «ABC-Рекомпозитор» использует файлы обработки элементов модели, с назначенными сметными свойствами.

Активируйте вкладку «Проект». На панели «Импорт Данных», расположены команды импорта файлов, сформированных в BIM-системах (Nemetschek Allplan, Autodesk Revit, Renga, Credo: дороги, Grafisoft ArchiCAD).

Каждая из команд вызывает собственный диалог «открытие файла», в котором необходимо выбрать файл со сметными данными, подтвердив выбор нажатием кнопки «Открыть».

Загрузку файлов в «ABC-Рекомпозитор» можно производить по частям, так и единым файлом, содержащим весь проект.

Окно диалога, поддерживает режим выбора сразу нескольких файлов.

Реализации метода «автоматической рекомпозиции» в процессе импорта элементов проекта по частям, подразумевает использование файлов, сформированных по единой сметной структуре, интегрированной BIM-системе.

Рекомпозиция проектных данных в автоматическом режиме

Импортируемые сметные данные в «ABC-Рекомпозитор» из BIM-системы должны содержать:

- сметную структуру, созданную с использованием инструментов ABC в BIM-системе.
- информацию о связях элементов модели со сметной структурой.

После импорта сметная структура из BIM-системы наследуется в проект «ABC-Рекомпозитор». Строительные объемы автоматически сгруппируются в правой части на выбранном уровне в соответствии с правилами формирования смет – позиции с одинаковыми идентификаторами (кодами норм) будут просуммированы по объёму. При этом информация о принадлежности суммарного объёма к исходным элементам сохранится. Процесс авторекомпозиции завершен. (Рисунок 32)

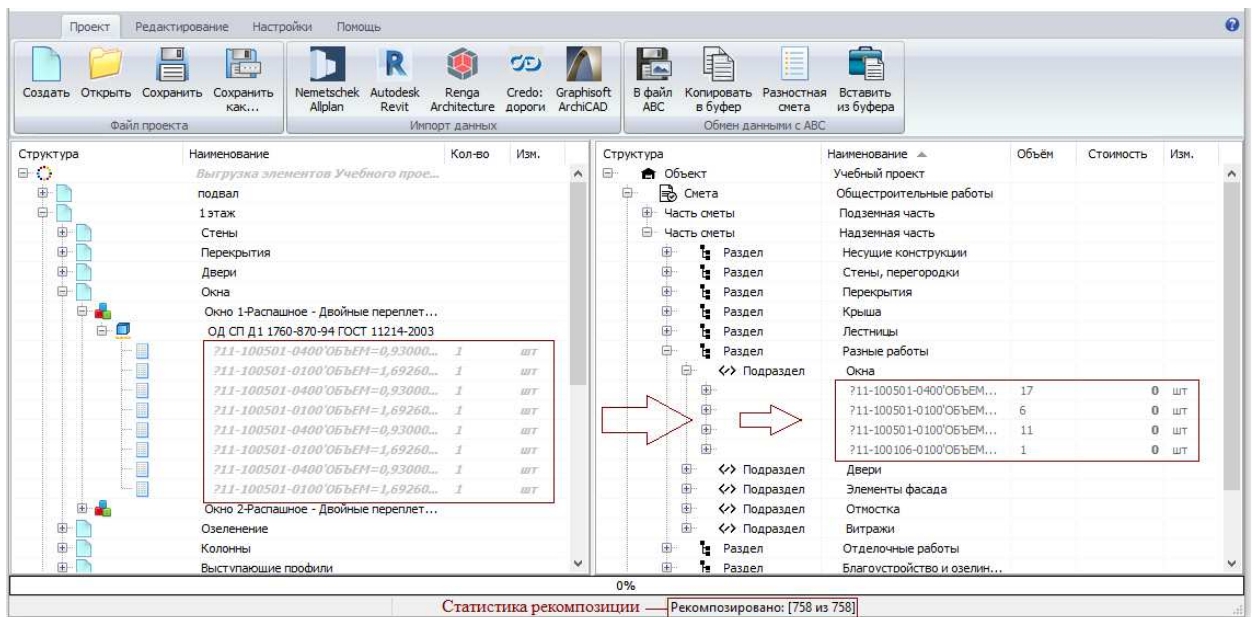


Рисунок 32

В нижней части окна программы отражается «статистика рекомпозиции», где на первом месте указано количество элементов прошедших процесс рекомпозиции. Если значения не равны, то следует произвести «рекомпозицию проектных данных в ручном режиме», для оставшихся элементов.

Эти элементы будут подсвечены зеленым цветом.

Для удобства визуального контроля внутри «проектной структуры» предусмотрена опция скрытия элементов, прошедших рекомпозицию.

Вкладка «Редактирование» - панель «Проектная структура» - опция «Скрыть связанные».

Активация данной опции (отметка флажком) приведёт к скрытию элементов в структуре.

После того, как значения в «статистике рекомпозиции» равны, и все элементы преобразованы в правую часть окна программы, данные готовы для передачи в сметную систему.

При желании, данные могут быть переданы в сметную систему на промежуточных стадиях сметных оценок. Когда нет необходимости в рекомпозиции всех элементов в полном объеме.

Рекомпозиция проектных данных в ручном режиме

В случае, когда в BIM-системе не использовалась сметная структура или импортированные данные в «ABC-Рекомпозитор» не содержат информацию о принадлежности элементов к структуре, применяется метод рекомпозиции в ручном режиме. Обязательным условием, которого является наличие сметной структуры в правой части окна программы «ABC-Рекомпозитор».

Для того чтобы в ручном режиме поместить однотипные решения на нужный уровень сметной иерархии выделите элемент или группу элементов

в проектной структуре и перетаскиваете (способом drag&drop), используя левую кнопку мыши, в требуемое место сметной структуры.

После этого отпустите кнопку мыши для завершения рекомпозиции. Сметные идентификаторы сгруппируются на выбранном уровне в соответствии с правилами формирования смет – позиции с одинаковыми идентификаторами (кодами норм) будут просуммированы по объёму. При этом информация о принадлежности суммарного объёма к исходным элементам сохранится.

После того, как все позиции элементов и их строительные объёмы преобразованы в правую часть окна программы, данные готовы для передачи в сметную систему.

Для работы с иерархическими уровнями структуры правой и левой части окна программы предусмотрены команды:

- «Свернуть всё»
- «Развернуть всё»

Данные команды позволяют сворачивать и разворачивать структурные уровни выбранных ветвей иерархии. На примере показана проектная структура (левая часть) с выполняемыми командами свернуть/развернуть.

Доступ к командам так же доступен из контекстного меню по щелчку правой кнопки мыши в соответствующем поле окна структуры.

Создание сметной структуры

Преобразование проектных данных, невозможно без сметной структуры в проекте «АВС-Рекомпозитор».

Сметную структуру можно:

- создать или отредактировать в программе «АВС-Рекомпозитор»;
- открыть из файла проекта «АВС-Рекомпозитор»;
- импортировать в «АВС-Рекомпозитор» из ВІМ-системы вместе со сметными данными.

Создание или редактирование сметной структуры в «АВС-Рекомпозитор»

С помощью контекстного меню в правой части окна программы создайте иерархические уровни сметной структуры (щелчок правой кнопкой мыши – «добавить»)

В выпадающем списке выберите верхний «диктующий» уровень иерархии, который будет применяться при построении структуры вниз.

Сметную структуру можно создавать как на стройку целиком, так и на отдельные объекты, либо локальные сметные решения. Верхним уровнем иерархии может быть стройка, очередь, объект, часть объекта или смета.

Для добавления вложенных уровней необходимо выделить нужный уровень, нажать правую клавишу мыши и добавить новый уровень в соответствии с требованиями структуры. При этом на каждом из уровней сметной структуры для вложения будут доступны только нижестоящие по

иерархии уровни (пример: для уровня сметы будут доступны для добавления только часть сметы, отдел, раздел и подраздел).

Открытие сметной структуры из файла проекта в «АВС-Рекомпозитор»

Для загрузки ранее созданной структуры из файла проекта «АВС-Рекомпозитор» перейдите на вкладку «Редактирование». На панели «Сметная структура» необходимо запустить команду «Из готового проекта».

Вызывается диалог «открытие файла», в котором необходимо выбрать файл проекта «АВС-Рекомпозитор» с расширением (*.rcfx), содержащий сметную структуру.

Подтвердите выбор нажатием кнопки «Открыть».

Сметная структура открылась в правой части окна программы.

Импорт сметной структуры в «АВС-Рекомпозитор»

Сметная структура может наследоваться из ВІМ-системы вместе со сметными данными, импортируемыми в «АВС-Рекомпозитор». Для этого в ВІМ-системе, необходимо создать сметную структуру с использованием инструментов АВС.

После импорта данных в «АВС-Рекомпозитор», сметная структура сгенерируется автоматически в правой части окна программы. При наличии, связей элементов модели со структурой, произойдет процесс авторекомпозиции.

Обмен данными со сметными системами. Выпуск смет.

Передача данных для расчёта в программный комплекс АВС-4.

На любой стадии рекомпозиции можно передавать данные в АВС-4 и после расчета выпускать сметную документацию. Данные, полученные из ВІМ-модели можно оценивать как целиком, так и частично.

Для передачи данных в АВС-4 нажмите кнопку «Копировать в буфер» на панели «Обмен данными с АВС», вкладка «Проект», если АВС-4 установлена на этом же компьютере, либо кнопку «В файл АВС», если требуется передать данные для расчёта на другой компьютер.

Предусмотрено автоматическое выполнение команды «Копировать в буфер» после импорта сметных данных в «АВС-Рекомпозитор» и автоматической рекомпозиции.

После нажатия кнопки «Копировать в буфер» запустите программный комплекс АВС-4, откройте новое окно «Редактор» или «Табличный редактор» и вставьте из буфера полученный блок.

Открытие «Редактора» в АВС-4

Вставка содержимого буфера обмена в «Редактор», команда (Ctrl+V)

Открытие «Табличного редактора» в АВС-4

Вставка строк в таблицу из буфера обмена в «Табличный редактор», команда (Ctrl+V) (Рисунок 33)

Табличный редактор ABC - Э1000

Главная Поиск Фильтры

Добавить позицию... Вставить буфер ABC

Расчет позиции Расчет сметы Просчитать итоги

Открыть... Сохранить как... Сохранить в ОФ

Группировка Вид Выход

#	Шифр	Наименование	Объем	Ед. изм.	ПЗ	ОЗП	ЭМ	ЗПМ	МР	НР СП	Стоимость
Несущие конструкции											
Итого по разделу											0
Стены, перегородки											
ПОСтены несущие*											
7#11-080401-0300'ОБЪЕМ=6,1120000+24,8730000+27,0570000+24,8730000+9,0080000'ВЫСОТА=3,3001000'ВЫСОТАЭТ=3,3001000'ТИПСТЕН=3'ПОПРАВКА=(PC102641PC102643)(PC127727)(PC131555)(PC245636PC102878)(PC249132PC249131)(C(60588367-8D07-438F-8883-43A38E0850CA))(=1)*											
2	E11-80401-305	Перегородки неармированные толщиной в 1/2 кирпича. Кладка при высоте этажа до 4 м	91,923	м ² перегородок (за вычетом проемов)	0	0	0	0	0	0	0
7#11-080201-0600'ОБЪЕМ=13,1700000+36,6300000+38,4500000+38,4500000+38,4500000+7,2100000+7,1900000+7,8000000+30,4400000+30,4400000+30,4400000+10,7000000'КЛАДКА=1'ПОПРАВКА=(C(E5294F47-B296-4389-8040-6CF94C941E877))(=1)*											
3	E11-80201-	Кладка из кирпича. Расшивка швов	289,37	м ² стен (без ...)	0	0	0	0	0	0	0

Смета Режимы расчета Титульные данные Подписи

Рисунок 33

При этом в буфер обмена копируется вся сметная структура целиком. Если в структуре представлено несколько локальных смет, то все они будут скопированы в одном информационном блоке. После этого необходимо сверить задание на расчёт, тип применяемой сметно-нормативной базы и формы выпускаемых документов и выполнить расчёт.

При передаче данных на расчёт «ABC-Рекомпозитор» сохраняет исходные сведения о формировании сметного объёма. Эта информация в дальнейшем может быть использована для целей экспертизы сметной документации и формирования графиков производства работ.

Выпуск сметной документации осуществляется стандартными средствами ABC-4 и в дальнейшем ничем не отличается от классического метода. (Рисунок 34)

Выгрузка элементов Учебного проекта [Revit: Учебный проект 2018 Кз V2] Форма №4

(наименование стройки)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № Общестроительные

(локальная смета)

на **работы, Учебный проект**

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Составлена в ценах на 1 кв. 2018г. Сметная стоимость -- тыс. руб. -- тыс. руб. тенге

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат	Количество	Стоимость единицы			Общая стоимость				Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуж. машин		
				Единица измерения	оплаты труда	в т.ч. оплаты труда	возвр. материалов	Всего	оплаты труда	в т.ч. оплаты труда	возвр. материалов	на един.	всего
А. Подземная часть													
Раздел 1. Фундаменты													
Основание													
1	1111-0101-0204 РСНБ РК 2015 1111-0101-0204 РСНБ РК 2015	Слой подстилающие щебеночные. Устройство с уплотнением трамбовками	21,288	м ³ подстилающего слоя	--	--	--	--	--	--	--	3,24	69
					--	--	--	--	--	--	--	0,55	12
Ленточный фундамент													
2	1106-0101-0120 РСНБ РК 2015 1106-0101-0120 РСНБ РК 2015	Фундаменты ленточные железобетонные при ширине поверху до 1000 мм. Устройство	11,529	м ³	--	--	--	--	--	--	--	3,60	42
					--	--	--	--	--	--	--	0,31	4
№ п/п	Код ресурса	Наименование ресурса	Измеритель	Стоимость единицы	Количество на единицу по проекту	Всего в базисных	Кэф-ты пересчета	Стоимость текущая на единицу	всего				
2.1	1	Затраты труда рабочих-строителей, ср. разряд 3,3	чел-ч	--	3,6000	41,504	--	1,000	--				
2.2	3	Затраты труда машинистов	чел-ч	--	0,3064	3,532	--	1,000	--				
2.3	C231-050501-0101	Автопогрузчики, 5 т	маш.-ч	--	0,0027	0,031	--	1,000	--				
2.4			маш.-ч	--	0,7147	7,470	--	1,000	--				

Рисунок 34

Преобразование проектных данных в структуру сметы производится по шаблонам, либо по собственной структуре.

Расчет смет производится в системе АВС-4 в соответствии с государственной системой сметного ценообразования и занимает всего несколько секунд. (Рисунок 28)

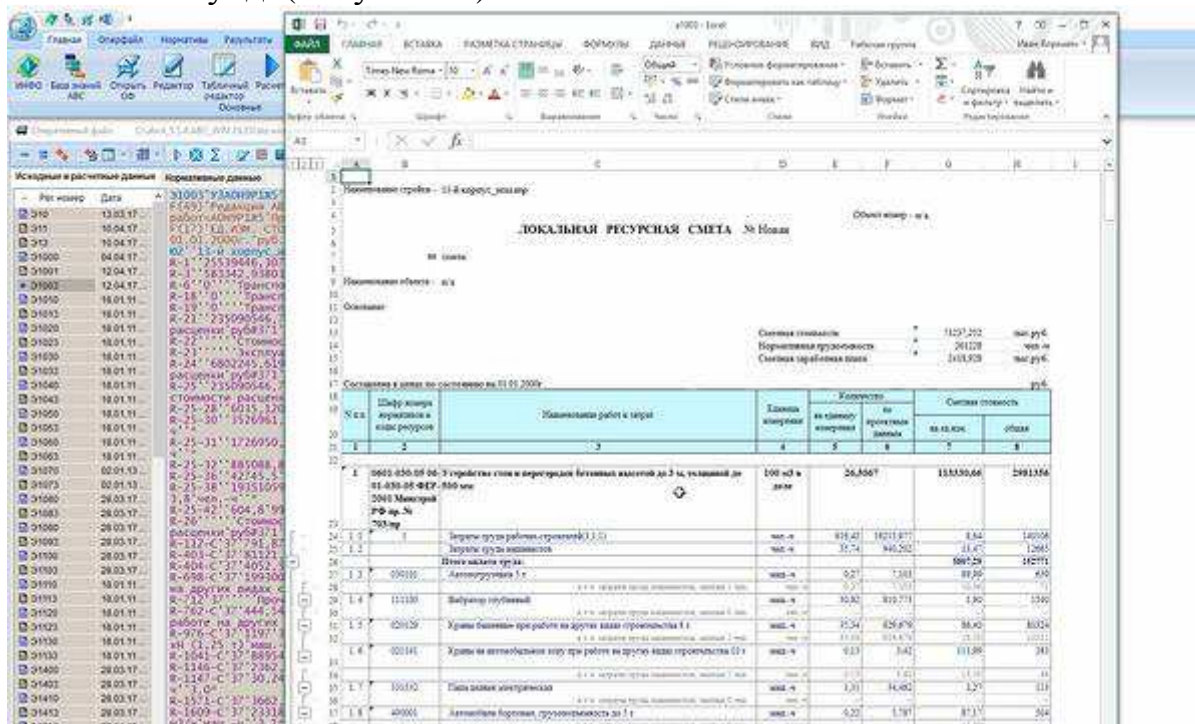


Рисунок 35

По одному набору данных формируется пакет отчетов. Параллельно можно формировать множество сметных оценок – по ФЕР, ТЕР, ГЭСН, ТСН. В разных уровнях цен, для разных региональных и территориальных условий. Одновременно выдается потребность в машинах и механизмах, в трудозатратах, во всех основных и вспомогательных материалах.

2.6 Оценка эффекта от применения требований к информационной модели

При создании информационной модели было создано 733 элемента. В том числе было создано 136 не повторяющихся элементов, из них 8 сборок. При этом все элементы делятся на 5 типов в зависимости от технологии их создания, и используют 4 различных единицы количественного измерения.

Для оценки полученного эффекта от применения в работе по созданию информационной модели конструкций железобетонных ниже отм.0 многоквартирного жилого дома предлагаемых требований был проведен анализ трудозатрат специалистов занятых в процессе разработки проектно-сметной документации, а именно конструктора и сметчика.

Трудозатраты на создание информационной модели на основе имеющегося комплекта рабочей документации инженером конструктором составили 32 чел./час. При этом инженер конструктор ориентировался в

работе только на имеющуюся нормативную документацию в области ВІМ и знания, полученные при обучении в работе с программным комплексом Renga.

Трудозатраты для разработки сметной документации на основе созданной информационной модели и ПО ВІМ смета, АВС Реконструктор и АВС-4 составили 16 чел./час.

Далее для оценки эффекта от предлагаемых требований к информационной модели на этапе ее создания были оценены трудозатраты, связанные с использованием в работе инженера конструктора предлагаемых требований. В результате было отмечено увеличение трудозатрат на 1,67 чел./час., в т.ч. связанных с:

- технологическим обособлением элементов – 0,33 чел./час.
- дополнением необходимых атрибутов – 1 чел./час.
- обособлением элементов по единицам количественного измерения – 0,33 чел./час.

Таким образом увеличение трудозатрат на создание информационной модели с учетом предлагаемых требований составило 1,66 чел./час. или 5,18%.

После внесения соответствующих изменений в информационную модель были оценены трудозатраты инженера сметчика по созданию сметной документации. На этом этапе было отмечено существенное сокращение трудозатрат с 16 чел.час., до 4,68 чел./час. или на 70,75%, т.е. трудозатраты сократились более чем в 3 раза.

Анализ сокращения трудозатрат позволил сделать вывод о том, что это сокращение произошло за счет:

- технологического обособления элементов – 5 чел./час. - 31,25%
- дополнения необходимых атрибутов – 4,66 чел./час. – 29,13%
- обособления элементов по единицам количественного измерения – 1,66 чел./час. – 10,38%

Результат изменения трудозатрат на создание информационной модели и сметной документации представлены на Рисунке №36.

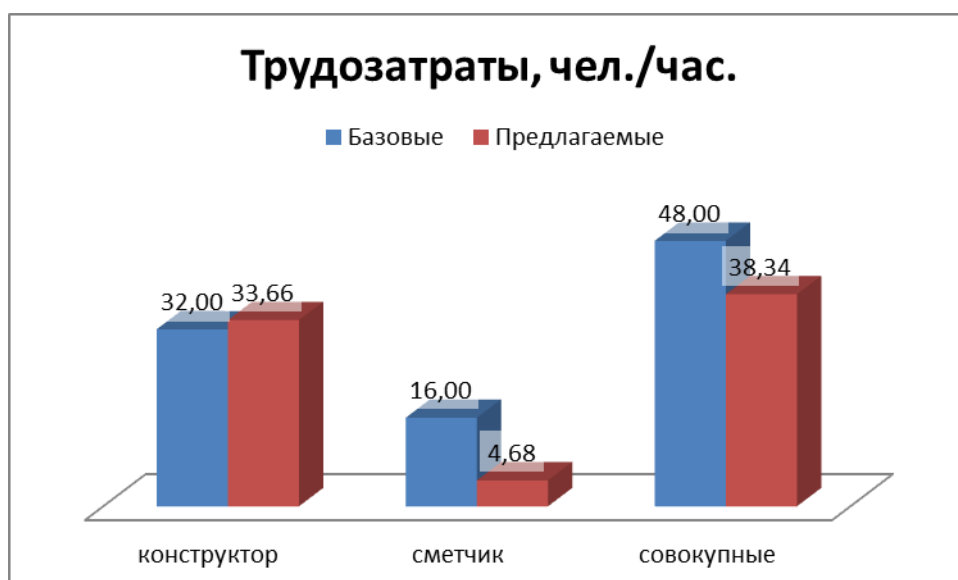


Рисунок 36 – Оценка результатов изменения трудозатрат.

Таким образом, отмечено существенное сокращение трудозатрат при использовании предлагаемых требований к информационной модели в совокупности составившее 9,66 чел./час. или 20,13% от начальных совокупных трудозатрат.

Для экономической оценки полученного эффекта оценим стоимость трудозатрат.

Средняя заработная плата инженера конструктора в г. Красноярск по данным портала trud.com составляет 40 т.руб./мес. (Рисунок 37).

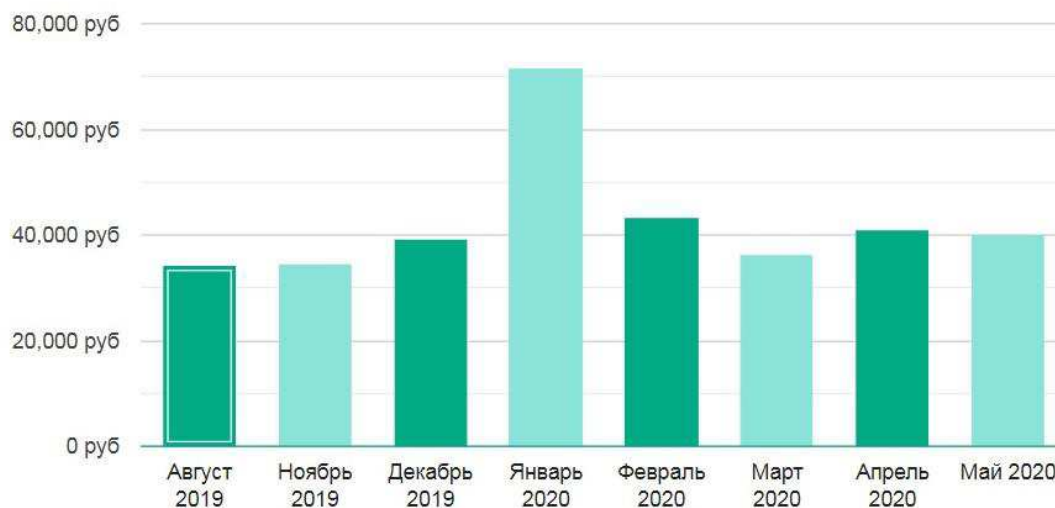


Рисунок 37 – Средняя заработная плата инженера конструктора в г.Красноярск

Средняя заработная плата инженера сметчика в г. Красноярск по данным портала trud.com составляет 50 т.руб./мес. (Рисунок 38).

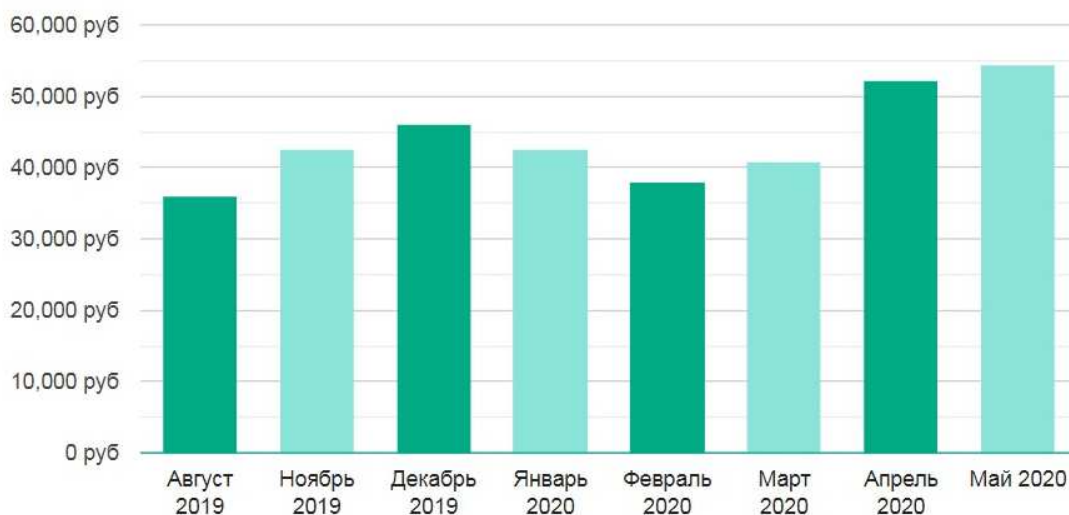


Рисунок 38 – Средняя заработная плата инженера сметчика в г.Красноярск

Для оценки совокупных затрат связанных с созданием информационной модели и сметной документации применим коэффициент 2 к средней заработной плате.

Таким образом, увеличение затрат, связанных с применением предложенных требований инженером-конструктором составит:

$$40\,000 * 2 / 168 * 1,66 = 790,48 \text{ руб.}$$

Экономия от работы инженера сметчика с информационной моделью, созданной с применением предлагаемых требований, составит:

$$50\,000 * 2 / 168 * 9,66 = 5\,750,00 \text{ руб.}$$

Совокупный экономический эффект от применения предлагаемых требований к информационной модели при создании модели конструкций железобетонных ниже отм.0 многоквартирного жилого дома составит 4 959,52 рубля.

В результате проделанной работы можно сделать вывод об эффективности предлагаемых требований к информационной модели помимо 20% экономии затрат приводит к существенному упрощению процесса внедрения BIM-технологий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе был проведен анализ применения BIM-технологий в развитых странах, который показал высокую эффективность данной технологии при проектировании и строительстве. Также был отмечен существенный эффект от применения BIM-технологии для решения задач энерго- и ресурсосбережения на всех стадиях жизненного цикла здания.

Анализ опыта внедрения BIM-технологии в РФ показал, что крупные проекты уже реализуются с применением данной технологии, но в целом по отрасли внедрение очень слабое. Сформулированы проблемы, мешающие массовому внедрению BIM в РФ. Для решения предложено формировать стандарты информационной модели, которые бы содержали конкретные требования к ее содержанию, в первую очередь ориентированные на последующего пользователя этой модели.

Действующая нормативная документация в области BIM не содержит конкретных требований к информационной модели и оставляет право на формирование этих требований заказчику. Эта ситуация приводит к невозможности выстраивания цепочек эффективного взаимодействия различных специалистов и ПО, задействованного в BIM-технологии.

Для решения этой проблемы в работе были предложены требования к информационной модели, которые позволяют существенно упростить процесс взаимодействия проектировщика и сметчика, работающих с информационной моделью.

Предложенные требования были опробованы на примере создания проекта конструкций железобетонных ниже отм.0 для МКД с последующим созданием сметной документацией с применением BIM-технологии.

Эффект от применения предложенных требований на стадии создания информационной модели приводит к увеличению трудозатрат до 5%, однако уже на стадии создания сметной документации позволяет сократить трудозатраты до 3х раз. И это пропорция будет меняться в пользу экономии трудозатрат при внесении изменений в ПСД.

Таким образом, задачи, поставленные перед исследованием, были решены в полном объеме, цель исследования достигнута.

Дальнейшее исследование может быть продолжено в направлении формирования требований к информационной модели при дальнейшем ее приведении в соответствие полному составу ПСД. Также возможным направлением исследования может выступить проработка требований к созданной информационной модели, для целей ее последующего применения на последующих стадиях жизненного цикла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Перечень поручений по итогам заседания Государственного совета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/52154>
2. Куприяновский В.П., Синягов С.А., Добрынин А.П. BIM – Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/275> (дата обращения 15.02.2018).
3. BIM – Building Information Modeling. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.oaorpm.ru/seminars/17-12-2008-bims.html> (дата обращения 18.02.2018).
4. Qian A.Y. Benefits and ROI of BIM for Multi-disciplinary Project Management, National University of Singapore. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.icoste.org/wp-content/uploads/2011/08/Benefits-and-ROI-of-BIM-for-Multi-Disciplinary-Project-Management.pdf> (дата обращения 22.02.2018)
5. Талапов В.В. Информационная модель здания – опыт архитектурного применения
6. Архитектура и современные информационные технологии // АМІТ: электронный журнал. 2008. № 4(5). URL: <http://www.marhi.ru/AMIT/2008/4kvart08/Talapov/article.php> (дата обращения 25.02.2018).
7. Грахов В. П. Развитие систем BIM проектирования как элемент конкурентоспособности // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1 (1). – С. 580-587.
8. Ahmad, A. M., Demian, P., & Price, A. D. (2012). BIM implementation plans: a comparative analysis. Smith, S. Proceedings of 28th Annual ARCOM. Edinburgh, UK: Association of Researchers in Construction, pp. 33-42.
9. Broquetas, M. (2010). Using BIM as a project management tool / how can BIM improve the delivery of complex construction projects?, MSc Thesis, International Project Management, University of Applied Sciences, Stuttgart.
10. Causeway. (2011). Meeting the UK BIM challenge, transforming construction processes with causeway. BIM Journal, Vol. 3, pp. 11-12.
11. Weygant, R. S. (2011). BIM content development: standards, strategies, and best practices. New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc.
12. Zhang, J., & Hu, Z. (2011). BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and management for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodologies. Automation in Construction, Vol. 20: No. 2, pp. 155-166.

12. Технологии информационного моделирования - движение вперед [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nopriz.ru/>– Заглавие с экрана (дата обращения: 16.02.2019).
13. Минстрой предложил ввести понятие BIM-технологий в Градостроительный кодекс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://realty.ria.ru/> Заглавие с экрана (дата обращения: 16.02.2019).
14. Что предлагает серия стандартов ИСО на информационное моделирование зданий (BIM)? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.novotest.ru> – Заглавие с экрана (дата обращения: 16.02.2019).
15. J. Yuan, C. Farnham, K. Emura. Development and application of a simple BEMS to measure energy consumption of buildings. // *Energy and Buildings*. 2015. pp. 1-11.
16. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Сокур В.Я., Мекертычан Э.Ю. Возможности повышения энергоэффективности на стадии капитального ремонта и реконструкции зданий. // *БСТ: Бюллетень строительной техники*. 2017. №5. С. 52-53.
17. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (bim-технологии). // *Инженерный вестник Дона*. 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057.
18. Лапина О.А., Лапина А.П. Энергоэффективные технологии // *Инженерный вестник Дона*. 2015. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1p2y2015/2849.
19. A. Avsatthi. Energy modeling: towards energy efficient buildings. // *Green modeling*. 2014. pp. 17-24.
20. M. Stow. BEMantic: dry like you mean it. // *Methodology*. 2016. pp. 1-6.
21. R. Lanzafame, M. Messina, S. Mauro. HAWT Design and Performance Evaluation: Improving the BEM theory Mathematical Models. // *Energy Procedia*. 2015. №82. pp. 172-179.
22. Тринкер А.Б. Об инновационных технологиях проектирования и строительства энергетических сооружений // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2018. №1. С. 88-96.
23. Reinhart C.F., Cerezo Davila C. Urban building energy modeling – a review of a nascent field. *Building and Environment*. 2016. 97. P. 196–202.
24. Ahn K.U., Kim Y.J., Park C.S., Kim I., Lee K. BIM interface for full vs. semiautomated building energy simulation. *Energy and Buildings*. 2014. 68. P. 671-678.
25. ASHRAE/ANSI Standard 140-2011--Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2011.

26. Drury B.C., Linda K.L., Frederick C. et al. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation programs. *Energy and Buildings*. 2001. 33(4). P. 319-331.
27. Integrated Environmental Solutions, Ltd. "VE 2017". www.iesve.com. Retrieved 2017-11-07. 2017.
28. Послание Президента Федеральному Собранию // Официальный сайт Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957> (дата обращения: 01.04.2019).
29. Послание Президента Федеральному Собранию // Официальный сайт Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/59863> (дата обращения: 01.04.2019).
30. Утверждена «дорожная карта» по внедрению BIM-технологий в строительстве // Официальный сайт Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.minstroyrf.ru/press/utverzhdena-dorozhnaya-karta-po-vnedreniyu-bim-tekhnologiy-v-stroitelstve/> (дата обращения: 01.04.2019).
31. Утверждена «дорожная карта» по внедрению BIM-технологий в строительстве // Сайт BIMLIB (ООО «Библиотека информационных моделей»). URL: <https://bimlib.ru/articles/utverzhdena-dorozhnaya-karta-po-vnedreniyu-bim-tehnologiy-v-stroitelstve-32/> (дата обращения: 01.04.2019).
32. Заседание Госсовета по вопросам развития строительного комплекса и совершенствования градостроительной деятельности // Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/51926> (дата обращения: 01.04.2019).
33. Перечень поручений Президента России по итогам заседания Государственного совета 17 мая 2016 года // Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/52154> (дата обращения: 01.04.2019).
34. Отчет оценка применения BIM-технологий в строительстве результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf
35. Черных М.А., Якушев Н.М. BIM-технология и программные продукты на его основе в России // Вестник ИжГТУ. 2014. № 1(61). С. 119-121.
36. Полуэктов В.В. Технологии информационного моделирования (BIM) при архитектурном и градостроительном проектировании // Архитектурные исследования. 2016. № 1(5). С. 46-55
37. Попов В. Профессионализм, надежность, качество. BIM – информационная модель здания: пора или не пора. М.: Autodesk, 05.10.2011. 120 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://scadsoft.com/download/BIM2011.pdf>
38. Всероссийское совещание, посвященное внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в строительную отрасль

- [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exp.mos.ru/presscenter/news/detail/2537504.html>.
39. Талапов В. В. Внедрение BIM: консерватизм и здравый смысл // isicad. Ваше окно в мир САПР URL: isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14060
40. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM –технологий в России // Синергия наук. 2017. № 10. – С. 529-549 – URL:synergy-journal.ru/archive/article0417
41. Tague-Sutcliffe, J. (1992). “An introduction to infometrics.” Information Processing & Management, Oxford, 28 (1), pp. 1-3
42. Ерофеев П. С., Манухов В. Ф, Карпушин С. Н. Применение технологии BIM в архитектурном учебном проектировании зданий и сооружений, УДК 721:004.942 DOI: 10.15507/VMU.025.201501.105
43. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057
44. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview> (дата обращения: 01.04.2019).
45. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/navisworks/overview> (дата обращения: 03.04.2019).
46. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.com/products/vault/overview> (дата обращения: 03.04.2019).
47. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.topomatic.ru/> (дата обращения: 04.04.2019).
48. [Электронный ресурс]. URL:<https://www.indorsoft.ru/> (дата обращения: 05.04.2019).
49. [Электронный ресурс]. URL:<https://credo-dialogue.ru/> (дата обращения: 09.04.2019).
50. Autodesk. Что такое BIM-технологии (Building Information Modeling) в современной интерпретации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-newseats/landing-page> (дата обращения: 08.04.2019).
51. Воронин И.А., Изатов В.А. О возможности определения сметной стоимости строительных объектов с использованием BIM проектирования // Материалы всероссийской конференции «Экономические и организационно-управленческие проблемы развития строительного комплекса России», 2014. С. 11.
52. Придвижкин С.В., Баженов О.В., Шевелева А.Е. Vim-Lean-синергия. Инструменты технологического обеспечения бережливого строительства // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 2, № 6. С. 98-104.
53. Осипенко А.В. Влияние реформы ценообразования на взаимодействие BIM-технологий с системой сметного нормирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ardexpert.ru/specials/media>.

54. Талапов В.В. Информационное моделирование зданий – современное понимание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_54_info_model_build.html.
55. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
56. Решения по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (протокол заседания президиума Совета от 04 марта 2014 №2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/orders/11022/>.
57. План внедрения технологий информационного моделирования зданий (BIM – Building Information Modeling) в области промышленного и гражданского строительства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovaniebudet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva/>
58. Всероссийское совещание, посвященное внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в строительную отрасль [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://exp.mos.ru/presscenter/news/detail/2537504.html>.
59. ГОСТ Р 57310-2016 (ИСО 29481-1:2010) Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат. Дата введения 2017-07-01
60. ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства. Дата введения 2017-07-01
61. ГОСТ Р 57309-2016 (ИСО 16354:2013) Руководящие принципы по библиотекам знаний и библиотекам объектов. Дата введения 2017-07-01.
62. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012 Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений (с Поправкой). Дата введения 2017-10-01.
63. ГОСТ Р ИСО 12006-2-2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 2. Основы классификации информации. Дата введения 2017-10-01.
64. ГОСТ Р ИСО 12006-3-2017 Строительство. Модель организации данных о строительных работах. Часть 3. Основы обмена объектно-ориентированной информацией. Дата введения 2017-10-01
65. ГОСТ Р ИСО 22263-2017 Модель организации данных о строительных работах. Структура управления проектной информацией. Дата введения 2017-10-01.
66. ГОСТ Р 57295-2016 Системы дизайн-менеджмента. Руководство по дизайн-менеджменту в строительстве. Дата введения 2018-01-01.

67. СП 301.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами. Дата введения 2018-03-02.
68. СП 328.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели» (Приказ от 15.12.2017г. № 1674/пр).
69. СП 331.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила обмена между информационными моделями объектов и моделями, используемыми в программных комплексах» (Приказ от 18.09.2017 г. № 1230/пр).
70. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» (Приказ от 18.09.2017 г. № 1227/пр)
71. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года. М., 2015. 42 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://nopriz.ru/upload/ibloc/49f/str_2030.pdf
72. Проект. Стратегия инновационного развития строительной отрасли Российской Федерации на период до 2030 года. М.: Минстрой России, 24.06.2016. 63 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/docs/11870/>
73. Стратегия инновационного развития строительной отрасли. М.: Минстрой России, 16.06.2016 г. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/press/strategiya-innovatsionnogo-razvitiya-stroitelnoy-otrasli-budet-predstavlena-narassmotrenie-v-pravit/>
74. Приказ Минстроя России от 29.12.2014 г., № 926/пр. «План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства в проектировании». М.: Минстрой России, 2014. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf>
75. Попов В. Профессионализм, надежность, качество. BIM – информационная модель здания: пора или не пора. М.: Autodesk, 05.10.2011. 120 с. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://scadsoft.com/download/BIM2011.pdf>
76. Кульгина Л.А. Междисциплинарная интеграция в курсовом проектировании при подготовке бакалавров строительного направления: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. Чита: ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», 2014. 24 с.
77. Голдобина Л.А. Использование BIM-технологий при подготовке инженерных кадров по направлению 270800 «Строительство» // Перспективы развития информационных технологий: Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции 20 марта 2015 г. / Под общ. ред. С.С. Чернова. Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. С. 115-121.

78. Голдобина Л.А., Глухова М.Г., Стуликова К.Е. Использование BIM-технологий при создании цикла проектно-конструкторской подготовки студентов бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» // Современные образовательные технологии в преподавании естественнонаучных и гуманитарных дисциплин: Сборник научных трудов II Международной научно-методической конференции 09-10 апреля 2015 г. / «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб., 2015. – С. 341-347.
79. Голдобина Л.А., Орлов П.С. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 «Строительство» // Записки Горного института. 2017. № 218. С. 263 -272.
80. Конструирование в Renga Structure. Учебное пособие. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rengabim.com/learn/>
81. Сметный программный комплекс ABC в работе BIM-систем. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://abccenter.ru/bim-smeta/>
82. Автоматизация процессов эксплуатации недвижимости [Электронный ресурс] <https://studfiles.net/preview/3569631/page:28/> Дата обращения: 19.02.18

Федеральное государственное
автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт

Кафедра проектирования зданий и экспертизы недвижимости

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой

 Р.А.Назиров

подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 ____ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Разработка эффективных моделей,
создание и эксплуатация доходных домов

тема

08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель


подпись, дата

доцент, д.э.н.

должность, ученая степень

И.А.Саенко

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А.Г.Терехов

инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

к.т.ч.

должность, ученая степень

С.П.Плесунь

инициалы, фамилия

Красноярск 2020