

УДК 69:721:004.9

## МЕТОДИКА МОНИТОРИНГА КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ BIM ТЕХНОЛОГИИ

**Мамаев А.Е.***ООО «НТЦ-Эталон», Санкт-Петербург, e-mail: mamaev7@gmail.com*

Одним из ключевых моментов в инвестиционно-строительном проекте является эффективный контроль календарного графика строительства относительно фактически выполняемых работ. В статье представлена методика мониторинга и контроля строительного производства на основе современных инновационных технологий и цифровой модели проекта здания. Подробно описано, каким образом с помощью системного контроля проекта на основе BIM-модели здания можно получать сведения об актуальной ситуации по выполненным работам. Предложен метод синхронизации задач календарного графика с элементами модели, а также способ сравнения плановых показателей инвестиционно-строительного проекта и фактически выполненных работ, анализа хода реализации проекта. В качестве инструмента использованы программные продукты Autodesk и MS Project. В статье приведен пример успешного применения методики на конкретном инвестиционно-строительном проекте.

**Ключевые слова:** BIM-технологии, 3D-модель здания, контроль инвестиционно-строительного проекта, мониторинг строительного-монтажных работ, календарный график строительства

## METHOD OF MONITORING THE CALENDAR PLAN OF THE CONSTRUCTION BASED ON BIM TECHNOLOGY

**Mamaev A.E.***ООО «NTC-Etalon», S.-Petersburg, e-mail: mamaev7@gmail.com*

One of the key moments in the investment and construction project is the effective control of the timetable regarding the construction of the actually performed works. The article presents methodology of monitoring and control of building production on the basis of modern innovative technologies and the digital model of the building project. Described how using performance control project based on BIM model of a building you can obtain information about the current situation of workload. The proposed synchronization method task scheduling model elements, and the method of comparison of the planned indicators of investment and construction projects and work actually performed, analyzing the progress of the project. As a tool used software products Autodesk and MS Project. The article provides an example of the successful application of the methodology on a specific development project.

**Keywords:** BIM, 3D, Building information modeling, investment project control, monitoring of construction works

Своевременное выполнение всех задач согласно утвержденному календарному графику инвестиционно-строительного проекта (далее – ИСП) – главная цель, от которой зависит успех всего проекта. В этих условиях актуальным становится вопрос точного мониторинга и анализа хода строительного-монтажных работ (далее – СМР) в реальном времени.

Контроль выполненных объемов в строительстве на данный момент осуществляется сразу несколькими подразделениями инженерно-технических работников (далее – ИТР), которые составляют зачастую сложную цепочку делопроизводства. Как правило, это взаимодействие органов технического надзора, которые обеспечивают входной и операционный контроль, непосредственно принимают работу на площадке, проектной организации, сметного и планово-экономического отделов. Документооборот с большим количеством подрядных и субподрядных организаций также затрудняет контроль выполнения СМР. В итоге это усложняет анализ конечного

результата и ставит под сомнение его актуальность.

Ход СМР, отставание или опережение графика, соотношение этапов строительства с затратами – эта информация является самой важной для принятия точных и своевременных управленческих решений. В первую очередь в этом заинтересован заказчик и непосредственно инвестор.

Учитывая современную инвестиционную политику и постоянный рост объема производства на фоне сокращения сроков строительства, должна быть выработана такая концепция контроля, которая в наибольшей степени могла бы точно и оперативно предоставлять актуальные данные.

Исходя из вышесказанного, целесообразно рассмотреть эффективность внедрения новых специализированных программ и методик в систему организации ИСП. А также предложить новый системный инструмент для мониторинга проекта и снижения рисков в строительстве.

Таким образом, исследование направлено на решение актуальных проблем, свя-

занных с оперативным контролем ИСП, оценкой и снижением рисков при осуществлении строительства. В работе предложена методика мониторинга календарного графика строительства на основе BIM-модели здания.

### Цель и задачи

Цель работы – разработка методики мониторинга календарного графика на основе BIM-модели здания, которая значительно усовершенствует контроль инвестиционно-строительного проекта; проведение оценки результатов применения методики и специализированных программ по контролю календарного графика строительства и мониторинга инвестиционно-строительного проекта.

Вопросам ведения контроля ИСП на основе календарного графика строительства в бумажном и электронном виде посвящены многие работы российских и зарубежных исследователей: В.А. Афанасьева, С.А. Болотина, А.А. Гусакова, Л.Г. Дикмана, Т.Н. Дай, Т.Л. Симанкиной, Т.Ф. Морозовой, Г.К. Соколова, М.А. Романович, Г. Фернандо, Б. Бланко, Ч. Чен, С. Портье, Т. Тан, Г. Уэст, К.М. Рамеш, Н. Шанти [1–6].

Обращаясь к истокам BIM-технологий, следует отметить, что начало положено

профессором Технологического института Джорджии Чаком Истманом в 1975 г. в журнале Американского института архитекторов (AIA) под рабочим названием «Building Description System» (Система описания здания). В 1986 г. англичанин Роберт Эйш в своей статье впервые использовал термин «Building Modeling» в его нынешнем понимании как информационного моделирования зданий [7]. В [8–11] рассматривается применение BIM в строительной практике как инструмента проектирования. Автором [12] произведена функциональная оценка BIM-технологии во внедрение в строительную компанию.

Сегодня в Российской Федерации отмечается значительный интерес к развитию BIM-технологий. Многие отечественные авторы занимаются проблемами внедрения и развития BIM-технологий. Например, В.В. Талапов [13] даёт подробную характеристику BIM-технологии, рассматривает практическую пользу её применения для всех участников инвестиционно-строительного проекта, обозначает основные этапы создания информационной модели сооружения. Активно в этом направлении работает один из лидеров BIM-технологий компания ООО «НТЦ-Эталон», входящая в холдинг Etalon Group [14].

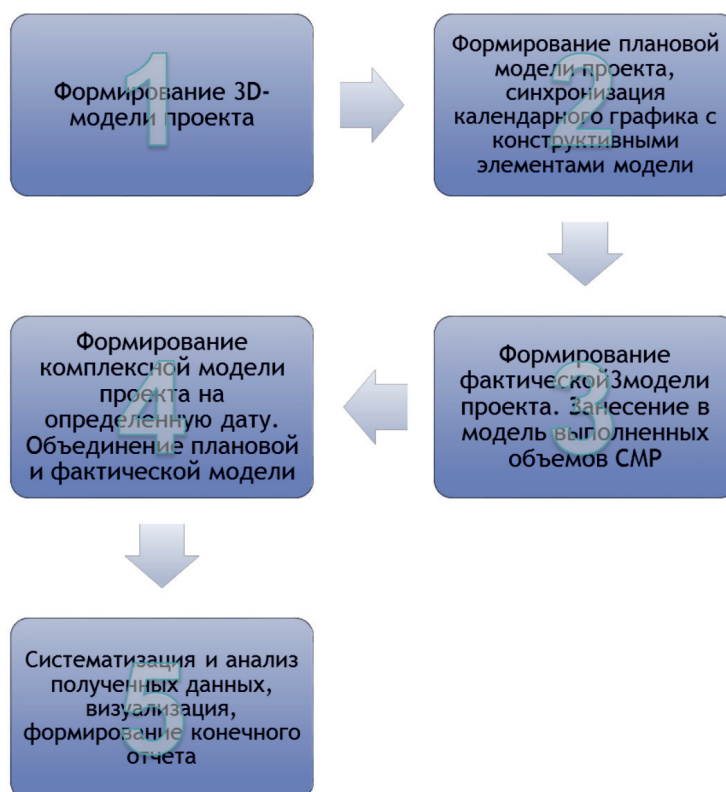


Рис. 1. Этапы реализации методики

Министерство строительства Российской Федерации приказом от 29 декабря 2014 г. № 926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» утвердило план поэтапного внедрения BIM в области промышленного и гражданского строительства. Соответственно, BIM-технологии будут неотъемлемой и обязательной частью реализации инвестиционно-строительных проектов.

В основе BIM лежит трехмерная информационная модель будущего проекта. В трёхмерной модели заложены основные характеристики (материал) и физические параметры (геометрические размеры) материалов, используемых при строительстве и будущей эксплуатации объекта, а также объект привязан к календарному графику строительства и увязан по ключевым точкам. BIM – это информационная платформа, на которую можно наложить дополнительные технологии и возможности с привязкой к проектируемому сооружению. Целью предложенной методики на основе BIM-технологии является унификация подхода к процессу автоматизации инвестиционно-строительных проектов (ИСП) и определение единого структурного подхода к использованию технологии трехмерного моделирования в процессе формирования комплексной 3D модели и плановой модели СМР [15].

Этапы реализации методики представлены на схеме (рис. 1).

Рассмотрим эти этапы подробно.

#### ШАГ 1. ФОРМИРОВАНИЕ 3D МОДЕЛИ ПРОЕКТА

На начальной стадии работы формируется 3D модель проекта, все элементы которой синхронизированы с разделами

и объектами по проекту. В качестве инструмента используются программные продукты Autodesk. Модель создается архитекторами, инженерами, конструкторами совместно. Минимизируется риск ошибок между разными разделами проектной документации. Есть возможность предусмотреть технические, художественные, экономические, экологические, социальные и другие требования, предъявляемые к будущему объекту, объемно-планировочные решения согласно спецификам региональных и местных норм.

#### ШАГ 2. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНОВОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТА

Процесс формирования плановой модели проекта состоит из следующих основных этапов:

- синхронизация комплексной трехмерной модели (3D) с календарным графиком СМР проекта;
- взаимная увязка задач календарного графика с элементами трехмерной модели;
- анализ плановой 3D модели на пространственно-временные конфликты;

Формирование календарного графика СМР проекта в плановой модели выполняется с помощью импортирования в программную среду модели календарного графика из программы планирования.

Диаграмма Ганта представляет собой таблицу с ячейками, обозначающими статус проекта. Каждая задача отображается на отдельной строке. Горизонтальная ось координат отображает временные рамки проекта; она разбита на сегменты (дни, недели, месяцы и годы). Вертикальная ось координат – это задачи проекта. Задачи могут отображаться последовательно, параллельно или пересекаясь. К каждой задаче графика присоединяется каждый элемент геометрии в модели (рис. 2).

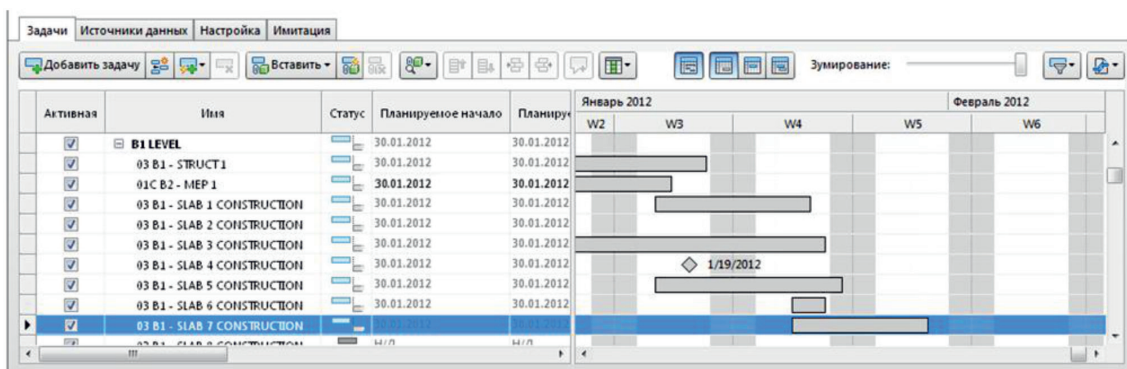


Рис. 2. Синхронизация элементов модели с задачами календарного графика

Синхронизация графика с элементами 3D модели проекта позволяет провести анализ плановой модели на пространственно-временные конфликты. Пространственно-временные конфликты представляют собой несоответствия в последовательности выполнения работ, которые могут возникать на этапе календарного планирования СМР.

Плановая модель позволяет визуализировать ход выполнения СМР в динамике. Анализ на пространственно-временные конфликты проводится как с внешних ракурсов плановой модели, так и в любом разрезе по внутренним работам.

### ШАГ 3. ФОРМИРОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТА

Фактическая модель формируется на основе регулярной фиксации и занесения в модель выполненных объемов СМР за конкретный период.

Информация заносится в модель во время личного обхода объекта инженером, производится фотофиксация работ всех участников строительства, также в работе может использоваться портативный компьютер или мобильное устройство. В результате обхода формируется набор элементов, выполненных на конкретную дату. На рисунке показан пример набора, который отражает выполнение по объемам монолитных конструкций, кирпичных наружных стен и перегородок за период в 10 дней (рис. 3).

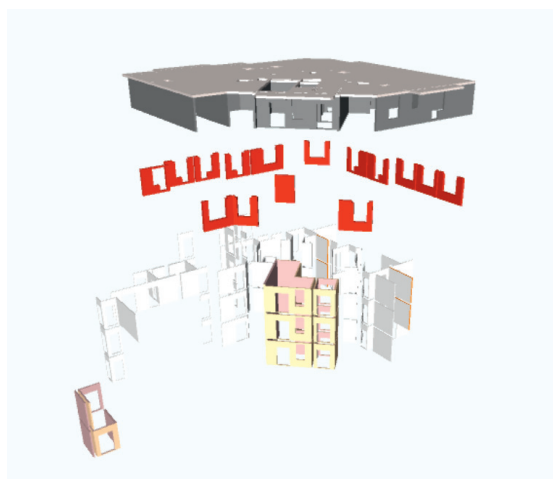


Рис. 3. Пример набора фактического выполнения

**ШАГ 4. ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТА.** В конечном итоге мы имеем возможность объединить начальную 3D модель проекта с плановой и фактической, получив, таким образом, комплексную модель, в которой по каждому проектному элементу содержится следующая дополнительная информация:

- информация об используемых материалах элементов модели и физические показатели;

- срок выполнения работ по устройству проектных элементов модели;

- информация о фактически выполненных объемах работ.

**ШАГ 5. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ДАННЫХ.** Сформировав комплексную модель проекта на определенную дату, получаем возможность поэтапно систематизировать полученные данные и провести их анализ.

На первом этапе рассчитываются актуальные плановые показатели. Выбрав нужную дату в календарном графике (привязанном к 3D модели), рассчитываем общий объем по видам работ. Так как каждый элемент в модели имеет пространственные показатели, выбираем нужную единицу измерения (площадь  $m^2$ , объем  $m^3$ ). На рисунке показан способ выделения элементов и их основные свойства.

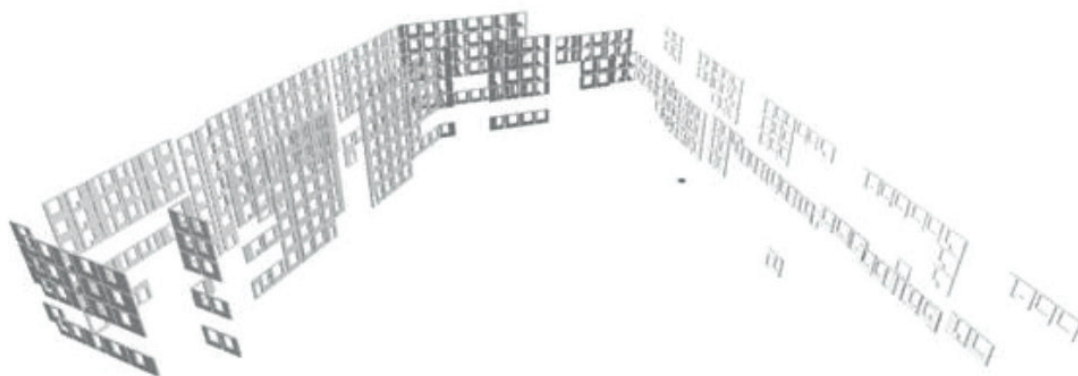
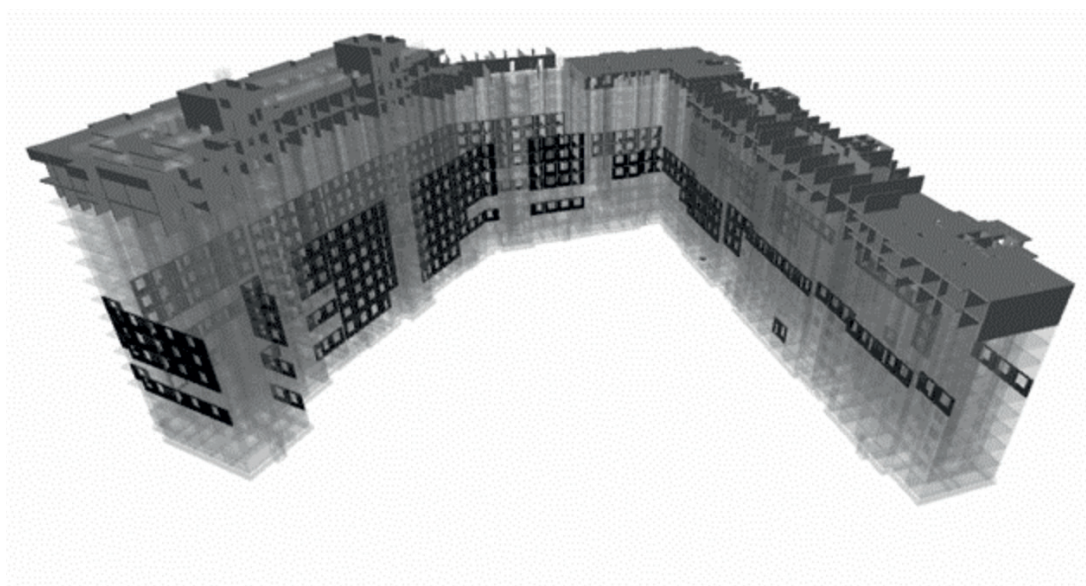
Программный пакет Autodesk обладает возможностью конвертировать данные для более удобной работы. Выделенные объемы выгружаются, сортируются по типу конструкций, материалу и суммируется объем.

Полученный результат мы можем визуализировать в модели. Наложив плановую модель на фактическую, мы выделяем «факт» и нажимаем кнопку «скрыть». Оставшиеся видимые элементы будут являться отставанием от плановой модели. Таким же образом, выделив и скрыв «план», получим конструктивные элементы, которые выполнены с опережением.

Видно, что работы по устройству монолитных конструкций находятся в опережении графика, а кладка наружных стен из газобетонных блоков отстает. Выделим отдельно отставание и опережение. Таким образом, мы получаем возможность визуализировать все отклонения от графика производства работ (рис. 4).

Рассчитав процентное соотношение проектного объема и фактического, можно внести актуальные данные в календарный график и произвести анализ задач. Сопоставление плана и факта дает четкое понимание сложившейся ситуации на объекте. Следует отметить, что мониторинг объемов за короткий, строго фиксированный интервал времени (например, неделя) дает возможность провести обширный анализ статистических данных.

Такой уровень детализации дает возможность системного и вариативного контроля выполнения бизнес-плана и накапливает информационную базу для составления календарных графиков новых проектов.

*Опережение**Отставание**Рис. 4. Пример визуализации наборов*

| ВИД РАБОТ                          | ПРОЕКТ,<br>М³ | ПЛАН, М³ | ФАКТ, М³    |          | ОТСТАВАНИЕ/<br>ОПЕРЕЖЕНИЕ,<br>М³ |
|------------------------------------|---------------|----------|-------------|----------|----------------------------------|
|                                    |               |          | НЕДЕЛЯ<br>№ | ИТОГОВЫЙ |                                  |
| Монолитный ж/б каркас              | 19628         | 15666    | 385         | 17710    | 2044                             |
| Кладка наружных стен,<br>газобетон | 2522          | 1053     | 109         | 475      | 578                              |

*Рис. 5. Пример отчета*

## Практическое применение

Для реализации данной методики был выбран проект ГК «Эталон», ЗАО «Специализированное строительно-монтажное объединение «ЛенСпецСМУ» ЖК «Речной». Проект строительства многоквартирного жилого дома со встроенно-пристроенными объектами обслуживания, дошкольного образования, встроенным гаражом, встроенной трансформаторной подстанцией по адресу: Санкт-Петербург, Рыбацкий пр., дом 18, литера А. Площадь земельного участка – 21621,0 кв.м.

Начало мониторинга проекта – 01.11.2013, окончание – 15.05.2015.

За время мониторинга было выполнено 72 отчета, в которых содержался анализ плановых и фактических показателей за неделю производства СМР. Из них 17 отчетов содержали итоговую информацию за месяц. Обход объекта инженером и фиксация выполненных работ производились каждый понедельник или первый рабочий день недели, на формирование конечного отчета и предоставление его руководству отводился следующий рабочий день. Пример итогового отчета представлен на рис. 5.

За время реализации ИСП, на основании полученных данных календарный график строительства подвергся корректировке 4 раза. Все изменения были связаны с сокращением сроков монтажа некоторых конструктивных элементов здания и редактированием приоритетов в производстве тех или иных видов работ.

На основании объема данных, полученных за весь период строительства, были произведены расчеты средних показателей выработки по каждому виду работ, проанализированы отклонения от календарного графика и выявлены их причины. Систематизация этих статистических данных позволила учесть типовые ошибки и избежать недочетов в планировании и строительстве последующих проектов холдинга.

## Выводы

Практическое применение вышеописанной методики показало, что существует возможность синхронизировать задачи календарного графика с элементами модели и сравнивать плановые показатели ИСП с фактическими, а также проводить комплексный анализ хода реализации проекта. Полученные в ходе мониторинга данные можно визуализировать в модели, представить в виде графика или диаграммы и отследить течение и динамику выполнения различных видов работ. В ходе проведения

мониторинга на конкретном объекте стало очевидно, что накопление и анализ статистических данных позволит в дальнейшем корректировать нормативную базу ИСП и обоснованно устанавливать сроки выполнения, а также предотвращать и устранять риски, связанные с несвоевременностью выполнения работ.

Данная методика контроля широко применяется на всех объектах Группы компаний «Эталон» и постоянно подтверждает свою эффективность.

## Список литературы

1. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства / В.А. Афанасьев. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 302 с.
2. Болотин С.А. Организация строительного производства / С.А. Болотин, А.Н. Вихров. – М.: Издат. центр «Академия», 2007. – 208 с.
3. Романович М.А. Корректировка календарного плана ремонтно-строительных работ на основе метода замещения плановых работ / Д.П. Ильченко, Т.Л. Симанкина, М.А. Романович // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 2 (37). – С. 125–130.
4. Буцацкий И.В. Разработка графиков выполнения проектных работ с использованием средств визуализации / И.В. Буцацкий // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – № 3. – С. 50–51.
5. Морозова Т.Ф. Лаптева Н.А. Оценка рисков при реализации инвестиционно-строительного проекта на примере бизнес-центра // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 2. – С. 48–51.
6. Романович М.А. Применение спектрального анализа процесса изменения ежедневных объемов работ для календарного планирования // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1.; URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19053>.
7. Porter S., Tan T., West G. Breaking into BIM: Performing static and dynamic security analysis with the aid of BIM // Automation in Construction. – 2014. – № 40. – P. 84–95.
8. Peter Smith. BIM Implementation – Global Strategies, Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 85. – P. 482–492.
9. Ireneusz Czmocho, Adam Pękala. Traditional Design versus BIM Based Design // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 91. – P. 210–215.
10. Volkov A.A., Sukneva L.V. BIM-Technology in Tasks of the Designing Complex Systems of Alternative Energy Supply // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 91. – P. 377–380.
11. Hannes Lindblad, Susanna Vass. BIM Implementation and Organisational Change: A Case Study of a Large Swedish Public Client, Procedia Economics and Finance // 2015. – Vol. 21. – P. 178–184.
12. Bartosz Jankowski, Jakub Prokocki, Michał Krzemiński. Functional Assessment of BIM Methodology Based on Implementation in Design and Construction Company // Procedia Engineering. – 2015. – Vol. 111. – P. 351–355.
13. Талапов В.В. BIM: что под этим обычно понимают [Электронный ресурс]. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=14078](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078) (дата обращения: 23.07.2017).
14. Сидоров А.Г. BIM. Лучшая практика внедрения ИТ-технологий в градостроительной сфере [Электронный ресурс]. – URL: [http://ardexpert.ru/article/4239?\\_utl\\_t=tw](http://ardexpert.ru/article/4239?_utl_t=tw) (дата обращения: 20.08.2017).
15. Мамаев А.Е., Шарманов В.В. Контроль инвестиционно-строительного проекта на основе BIM-модели здания // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 1–3. – С. 83–86.