

Субъектно-ориентированное обоснование выбора программного обеспечения для реализации BIM-технологий, совместимых с календарно-сетевым планированием в капитальном строительстве

К.А. Христофорова, В.С. Демидова, Д.Н. Кривогина

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация: Актуальность применения информационного моделирования на сегодняшний день имеет огромную значимость при управлении проектами в капитальном строительстве, так как в проектной документации допускается множество ошибок, которые впоследствии оказывают негативное влияние на реализацию инвестиционных проектов: это увеличение сроков строительства, удорожание стоимости проекта, повторное прохождение государственной экспертизы. Применение BIM-технологий позволит решить проблему увеличения сроков строительства и снизит стоимость реализации проектов. Целью исследования является обзор и сравнительный анализ программ, которые активно внедряются в строительную отрасль. Предметом исследования являются инструменты информационного моделирования на этапе выполнения конкретных видов деятельности (программы BIM-моделирования). Для решения проблемы выбора оптимального варианта для реализации технологий BIM совместно с программами нацеленными на управление проектами с помощью календарно-сетевого планирования (далее КСП), предлагается использовать программу «Джобс-Декон». В процессе работы были определены критерии оценки эффективности исследуемых программ, в результате чего была получена комплексная оценка и выбран наилучший вариант, имеющий комплексную оценку «3,56». Резюмируя, можно сказать, что применение данных технологий позволит сократить расходы на устранение проектных коллизий, а также даст возможность избежать срывов договорных сроков инвестиционных проектов в капитальном строительстве.

Ключевые слова: BIM-технологии, управление, субъектно-ориентированное управление, инвестиционный проект, капитальное строительство, КСП, комплексная оценка, эффективность, информационные технологии, оптимальный выбор, оптимизация процессов, программное обеспечение.

Введение

В настоящее время идет активное внедрение различных информационных технологий на промышленные предприятия с целью сокращения сроков проектирования и строительства, повышения качества проектов, а также финансовой экономии. Информационные технологии также направлены на повышение конкурентоспособности предприятия на рынке, позволяют оптимизировать такие параметры, как качество выпускаемой продукции, сократить время на ее изготовление и экономить исходное дорогостоящее сырье. Одной из приоритетных программ развития в строительной отрасли на

сегодняшний день является внедрение BIM – технологий на всех этапах жизненного цикла объектов недвижимости. Понятие BIM – технологии происходит от английского Building Information Modeling, что означает – информационное моделирование зданий и сооружений. Так, с 2022 года, введены новые требования Главгосэкспертизы, утверждены проектные решения и сводный сметный расчёт на строительство объекта с применением BIM-технологий, согласно новой методике определения сметной стоимости Минстроя РФ. Главгосэкспертиза России представила «Методические рекомендации по подготовке информационной модели объекта капитального строительства, представляемой на рассмотрение в ФАУ «Главгосэкспертиза России» в связи с проведением государственной экспертизы проектной документации и оценки информационной модели объекта капитального строительства» [1,2]. Данные мероприятия в значительной степени позволят ускорить процесс перехода на информационное моделирование зданий в рамках существующей на сегодняшний день строительной парадигмы.

Отметим, что BIM – технология зачастую представляет собой метод проектирования, который включает в себя все характеристики объекта проектирования и при любом изменении параметра, либо показателя, осуществляет автоматический перерасчет всей информационной модели. Однако, на сегодняшний день, рынок представлен множеством вариантов программных продуктов, и, зачастую, человеку сложно осуществить выбор оптимального варианта, предназначенного для выполнения конкретных видов работ. Это связано с тем, что каждый программный продукт, позволяющий реализовать BIM-модель, имеет свои индивидуальные достоинства и недостатки. Человеку очень сложно принять выбор по параметрам многофакторности и многоальтернативности, и, зачастую, на этапе внедрения данных технологий на предприятия специалисты тратят время на изучение новых программных продуктов, являющихся по совокупности своих

параметров не самыми наилучшими в рамках выполнения конкретных видов работ и сталкиваются при внесении изменений в проект с различными коллизиями. После чего приходят к выводу, что не все этапы информационного моделирования объекта недвижимости целесообразно осуществлять в одной и той же программной среде, а наилучшим вариантом решения данной проблемы является интеграция модели из одной среды в другую, либо дополнение информации модели на основе загрузки дополнительных внешних файлов. Это обстоятельство является еще одним препятствием к быстрому внедрению BIM-технологий в строительную отрасль России. Чтобы решить данную проблему, необходимо разработать новый подход, позволяющий человеку осуществлять выбор наилучшего варианта программного продукта для выполнения отдельных видов работ. В качестве примера возьмем этап календарно-сетевое планирования (далее КСП), который на сегодняшний день осуществляется в соответствии с подходами, далекими от информационного моделирования. С этой целью проведем анализ современных программ BIM-моделирования, определим их сильные и слабые стороны и предложим модель реализации выбора альтернативы на основе программного продукта.

При реализации крупных инвестиционных проектов, содержащих в себе полный цикл работ, начиная от разработки документации, строительномонтажных работ, наладки, испытаний, эксплуатации и утилизации не обойтись без эффективного управления проектом с применением КСП. Это подтверждается тем, что проект имеет жесткие рамки, а именно - планируемые сроки строительства и установленный бюджет. Поэтому в процессе реализации проекта есть необходимость создать систему управления с помощью КСП.

КСП представляет собой процесс разработки календарно- сетевого графика (далее КСГ), где учитываются все работы проекта, начиная с проектирования и заканчивая вводом объектов в эксплуатацию. На основании данных из КСГ, можно управлять плановыми и фактическими сроками строительства, и решить

задачу о прогнозных сроках завершения реализации инвестиционного проекта. На сегодняшний день на практике процесс реализации КСП осуществляется в специальных компьютерных программах, а затем интегрируются при помощи специальных программных плагинов в BIM – модель, либо подгружается в облако с моделью отдельным файлом.

Это обстоятельство является существенным недостатком, который не был отражен в исследовании авторов Семенихиной А.В. [3], Чурсина А.С., Зайченко Т.О. В 2019 году авторы прояснили преимущества и «слабые места» применения BIM-технологий, в частности, на стадиях AP и KP. Также показали, каким может быть экономический эффект при использовании BIM-технологий. Ученый Сусоев И.С. проанализировал основные достоинства и недостатки применения данных технологий в строительной отрасли. Однако вопрос о выборе оптимального программного продукта для реализации КСП также не рассматривался. Несмотря на очевидные преимущества, внедрение BIM в строительство затруднено рядом причин [4,5], поэтому целесообразно решить следующие задачи:

1. Выполнить обзор программ и провести их сравнительный анализ с целью выявления возможности реализации КСП;
2. Определить критерии для оценки данных программ;
3. Обосновать выбор программного продукта, позволяющего определить наилучший вариант по совокупности отобранных критериев для конкретного специалиста [6].

Обзор программ, сравнительный анализ

Основным инструментом в BIM-технологиях являются специализированные программы, такие, как Allplan, Autodesk Revit, ScetchUp, Renga, Tekla Structures, и др.

В России наибольшее применение получили программные продукты Autodesk Revit, Renga и Archicad. Все эти программы работают на одну цель –

создание информационной модели здания и изменение ее параметров в случае необходимости. Инструменты информационного моделирования позволяют на всех этапах управления проектом иметь связь в виде единой модели, где каждому участнику проекта отведена своя роль в формировании и управлении [7].

Однако, у каждой из вышепредставленных программ есть свои достоинства и недостатки, начиная от интерфейса и заканчивая совместимостью с другими программными продуктами. В табл. 1 приведены основные направления в развитии программного обеспечения и представлен их сравнительный анализ, в частности, на предмет возможности качественной реализации КСП.

Таблица №1

Сравнительный анализ ПО

Разработчик	Программный продукт	Направленность	Интерфейс	Сильные стороны	Слабые стороны	Возможности КСП
1	2	3	4	5	6	7
ALLPLAN		Архитектура; Конструкции железобетонные (далее КЖ);	Понятный интерфейс	- единые стандарты оформления; - импорт чертежей DWG; - 3D проектирование возможно для сечений, пролетов, отдельных этажей; - удаленная работа в одной среде с разных компьютеров	- не заложены нормы проектирования, ГОСТ и СП; - не корректный экспорт в DWG; - некорректный перевод функций для некоторых стран	Ведётся на базе Oracle Primavera
				- интеграция со сметными системами и системами расчета конструкций SCAD и ЛИРА; - реализации креативных и инновационных концепций с помощью ядра Parasolid*	- нет проектирования металлоконструкций; - смешанная технология 2D - 3D плана; - дороговизна	

1	2	3	4	5	6	7
AUTODESK		Координация, строительство	Интуитивно понятен	<ul style="list-style-type: none"> - 4D-моделирование с визуальным КСП; - распознает данные из многих 3D САПР и с устройств лазерного сканирования; - публикация в форматах NWD и DWF; - моделирование в 5D режиме планов-графиков строительных работ и логистики 	- импорт данных КС-графиков из Microsoft Project, Oracle Primavera P6	На базе Primavera, MS Project, CSV
BENTLEY		Инфраструктура, архитектура, КЖ, КМ, инженерные коммуникации	Сложный интерфейс	<ul style="list-style-type: none"> - возможен обмен данными через IFC, STL, CIS / 2, SDNF, STEP форматы; - 4D моделирование; - интеграция между различными направлениями; - обмен данными и координация всех частей на всех этапах разработки проекта; - групповая работы над проектом; - есть возможность создавать сложные, в том числе и криволинейные формы 	- не выявлены	На базе Microsoft Project, Oracle Primavera
RENGA SOFTWARE		Архитектура, конструктив: КЖ, КМ инженерные коммуникации	Понятный интерфейс	- возможность одновременного плоского и трехмерного моделирования	-нет возможности работы одновременно в нескольких видовых окнах; - нет модулей для работы с конструкциями - нет вывода спецификаций, связанных с моделью	Совместим с Plan WIZARD*

Parasolid*- Ядро Parasolid широко используется в машиностроительных САПР, таких как SolidWorks, Solid Edge, NX, Bentley MicroStation и др., так что оно весьма хорошо поддерживает моделирование свободных форм.

PlanWIZARD*- программа для управления инвестиционными проектами при помощи КСП в строительстве. Исходя из сравнительного анализа ПО, можно сделать вывод, что программ, ориентированных на 4D-моделирование [8], очень много и в целом они позволяют решать разные задачи BIM - проектирования, но для осуществления конкретных видов работ необходимо сделать выбор.

Определение критериев оценки и выбор наилучшего варианта

Человеку по своей природе очень сложно принимать решения, оперируя одновременно множеством факторов и характеристик. Проблемами принятия управленческих решений на множестве альтернатив занимались разные ученые, однако решение проблемы с позиции субъектно-ориентированного управления, методика которого направлена на преодоление негативных сторон субъективизма лица, принимающего решения, была представлена в работах профессора Харитонов В.А. [9]. Чтобы решить задачу выбора наилучшего варианта для реализации технологий BIM совместно с программными продуктами, нацеленными на управление проектами с помощью КСП, предлагается использовать программу «Джобс-Декон» [10,11], которая была создана в соответствии с принципами Стива Джобса путем соединения креативности и технологичности, ведь строительство является той самой отраслью, где субъективизм играет существенную роль при создании объекта. Данная программа позволит в удобной для пользователя форме настроить учитываемые при сравнении альтернатив критерии, оценить их значимость и вычислить комплексные оценки, которые помогут решить задачу ранжирования/выбора сравниваемых программных продуктов и установить отношение порядка. При этом данная программа позволит избежать

манипулирования результатами выбора, за счет предварительного построения модели предпочтений на основе конкретных предпочтений субъекта, выступающего в роли эксперта, либо, если это требуется, на основе данных группы, привлеченных извне экспертов. Также, данный программный продукт позволяет попарно сравнить альтернативы, определив слабые, непроработанные стороны в отношении заданных в модели исследования характеристик.

Прежде чем приступить к построению модели исследования, сначала необходимо определить параметры (характеристики) оценивания объекта предметной области, в данном случае это специфические особенности программ информационного моделирования.

Важнейшим этапом в организации процедуры оценки объекта исследования является определение тех самых оценочных параметров, выбор которых представляет собой непростую задачу. Проблему поиска объективных параметров, определяющих эффективность применения ВМ-технологий в управлении инвестиционными проектами в капитальном строительстве, можно решить экспертным методом. Таким образом, можно выделить следующие параметры оценки:

1. Интерфейс – эта характеристика подразумевает удобство использования и восприятие новой системы для конечного пользователя.

2. Время освоения – тоже важный параметр, где продолжительность обучения влияет на подготовку специалистов.

3. Стоимость программного обеспечения – это экономическая составляющая.

4. Охват направлений в проекте – определяет то, в каком направлении строительной отрасли (архитектура, дизайн, КЖ, КМ, благоустройство, и т.д.) будет реализовываться проект.

5. Совместимость с КСП – критерий успешного завершения проекта.

Далее необходимо зафиксировать эти параметры (характеристики) в программном продукте «Джобс-Декон», указать названия характеристик и единицы измерения (рис.1). После чего в программе надо определить интервалы варьирования. Следующим действием будет выполнение перехода характеристик из фазового в квалитетическое пространство.

При построении функций приведения к стандартной шкале комплексного оценивания, дискретные значения стандартной шкалы будут интерпретироваться таким образом: 1 – «неудовлетворительно»; 2 – «удовлетворительно»; 3 – «хорошо»; 4 – «отлично».

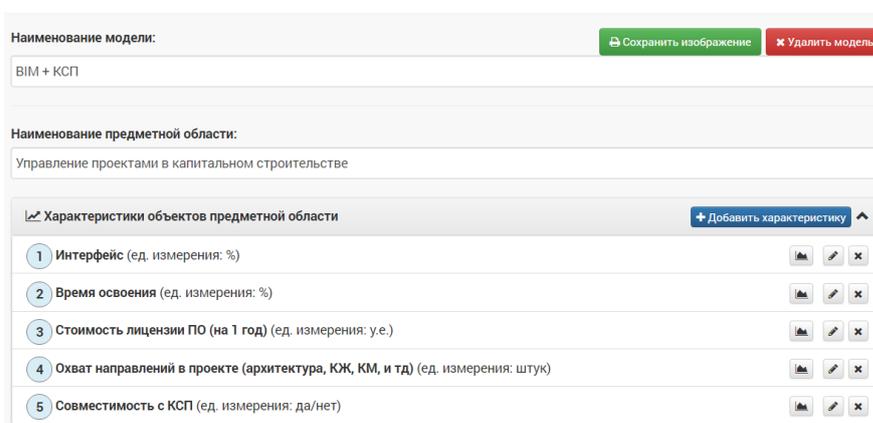


Рис. 1. – Характеристики объектов предметной области

У каждого конечного пользователя свои цели и задачи для осуществления конкретных видов работ в строительной отрасли. В данной работе проведен сравнительный анализ ВИМ-программ, которые совместимы с календарно-сетевым планированием. После чего были определены их комплексные оценки (табл.2, 3)

Таблица №2

Исходные данные о ВИМ-программах, совместимых с КСП

Программный продукт	Интерфейс*, %	Время освоения*, %	Стоимость ПО, у.е.	Охват направлений в проекте, шт	Совместимость с КСП, да/нет
1	2	3	4	5	6
Allplan	90	80	55 000	2	да

1	2	3	4	5	6
Autodesk	100	100	111 000	5	да
BENTLEY	10	20	200 000	5	да
Renga	50	50	55 000	4	да

Примечание: параметры оценки по критериям «Интерфейс» и «Время освоения», определяющим эффективность, оценены автором, исходя из личного опыта при первичном использовании ПО.

Таблица №3

Комплексное оценивание BIM-программ, совместимых с КСП

Программный продукт	Интерфейс (%)	Время освоения (%)	Стоимость ПО (у.е.)	Охват направлений в проекте (шт)	Совместимость с КСП (да/нет)	Комплексная оценка
1	2	3	4	5	6	7
Значимость критерия (коэффициент важности)	0,16	0,19	0,15	0,22	0,27	
Allplan	4	4	3	1	4	3,28
Autodesk	4	4	2	2	4	3,56
BENTLEY	1	1	1	2	4	2,22
Renga	2	2	3	2	4	2,96

Примечание: коэффициенты важности критериев, учитываемых при комплексном оценивании, приняты автором, исходя из личного опыта.

Интерфейс, %

Интервалы: 0-25 «неудовлетворительно»

26-50 «удовлетворительно»

51-75 «хорошо»

76-100 «отлично»

Стоимость ПО, у.е.

Интервалы: 0-50 «отлично»

51-100 «хорошо»

101-150 «удовлетворительно»

151-200 «неудовлетворительно»

Время освоения, %

Интервалы: 0-25 «неудовлетворительно»

26-50 «удовлетворительно»

51-75 «хорошо»

76-100 «отлично»

Охват направлений в проекте, шт.

Интервалы: 0-3 «неудовлетворительно»

4-6 «удовлетворительно»

7-9 «хорошо»

10-12 «отлично»

Из всех вариантов наибольшую комплексную оценку получил программный продукт Autodesk, получивший оценку 3,56.

Далее, можно провести анализ каждого из выбранных критериев, в качестве примера возьмем два объекта: Autodesk и Renga (рис.2) и характеристику: совместимость с КСП.

Первая модель:	Вторая модель:
ВМ + КСП	ВМ + КСП
Критерий для изменения:	Критерий для изменения:
Совместимость с КСП	Совместимость с КСП
Объект:	Объект:
Объект 2	Объект 4

Первая модель Вторая модель

Рис. 2. – Анализ моделей по выбранным критериям

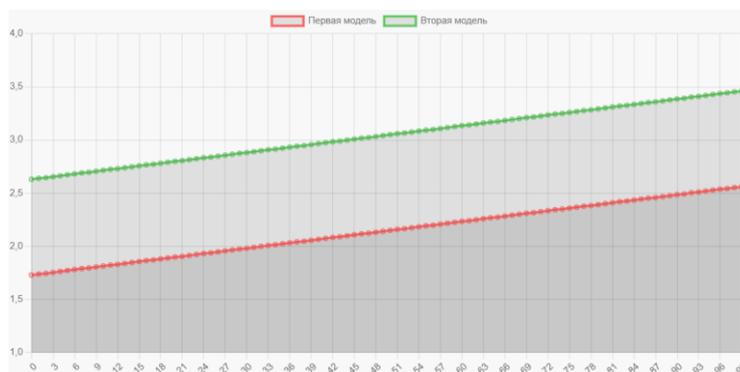


Рис. 3. – График сравнения выбранных моделей

На сегодняшний день внедрение технологии BIM набирает обороты. Многие компании, внедрившие BIM, уже на собственном опыте могут говорить о ее эффективности на всех этапах жизненного цикла зданий. Так, по данным опроса, проведенного международной консалтинговой компанией McGraw Hill Construction среди участников рынка инфраструктуры 44% опрошенных компаний, указали на общее улучшение показателей проекта после внедрения BIM, такое же число компаний сообщило о сокращении количества переделок в проекте [12].

Есть ряд компаний, применяющих технологию BIM, а именно - программный продукт Autodesk, российские компании, такие, как Госкорпорация "Росатом", «Казанский ГипроНИИавиапром», «КБ высотных и подземных сооружений» (Санкт-Петербург). Следует отметить, что российские компании, применяющие BIM-моделирование в области проектирования, уже имеют ряд преимуществ перед компаниями, не внедрившими данные технологии. Также программный продукт Autodesk успешно используют зарубежные предприятия – например, компания COWI, занимающаяся проектированием инфраструктуры Норвегии.

Однако, данный график, представленный на рисунке 3, показывает, что, несмотря на то, что, по совокупности представленных к рассмотрению характеристик, программный продукт Autodesk превосходит по всем параметрам объекты - аналоги, однако для реализации КСП он уступает иным проектам, например, Renga. Соответственно, для реализации КСП программа требует доработки.

Выводы

В данной статье проведен обзор программ для информационного моделирования объектов недвижимости, а также выполнен их сравнительный анализ. В результате чего были выявлены главные критерии оценки для определения наилучшего варианта реализации технологий BIM, а также

рассмотрена возможность реализации КСП в данном программном продукте. Экспертным методом были проанализированы все возможные варианты по выбранным характеристикам и определены их комплексные оценки. Из всех вариантов наивысшую оценку получила программа Autodesk, равную 3,56, и интерпретируемую, как «отлично».

Литература

1. Минстрой предложил ввести понятие BIM-технологий в Градостроительный кодекс. URL: realty.ria.ru (дата обращения: 16.10.2021).
 2. Требования Главгосэкспертизы. URL: gge.ru/press-center/news/s-2022-goda-bim-modeli-stanut-obyazatelnyimi-dlya-vsekh-byudzhetykh-stroek (дата обращения: 16.10.2021).
 3. Семенихина А.В., Чурсин А.С., Зайченко Т.О. Технологии BIM как инструмент управления строительными проектами в Российской Федерации: успехи и возможности // Перспективные технологии проектного менеджмента в региональной и отраслевой индустрии: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 25–26 апреля 2019 года. – Орел: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева. 2019. С. 236-242.
 4. Ефимьев А.С. Маркетинговые инновации на рынке недвижимости // ФЭС: Финансы. Экономика. 2018. Т. 15. №8. С.64-70.
 5. Сусоев И.С. Плюсы и минусы внедрения BIM технологий в строительстве // Вестник науки и образования. 2016. №6(18). С. 116-117.
 6. Оценка применения BIM-технологий в строительстве, результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний. URL: nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf (дата обращения: 10.10.2021).
 7. McGraw Hill Construction Report on BIM and Large Projects. URL: smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/bim-links-and-
-

resources/measuring-the-impact-of-bim-on-complex-buildings-2015-printable.pdf?sfvrsn=2/ (дата обращения: 13.10.2021).

8. Singapore BIM Guide. URL: corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf/ (дата обращения: 13.10.2021).

9. Харитонов, В. А. Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах / В. А. Харитонов, А. О. Алексеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 109. – С. 690-706. URL: ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf (дата обращения: 27.12.2021).

10. Алексеев А. О., Вычегжанин А. В., Дмитриюков М. С. [и др.]. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614405 Российская Федерация. Автоматизированная система субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования/выбора на основе соединения креативности и технологичности ("Джобс-Декон"): № 2018611800: заявл. 22.02.2018; опубл. 05.04.2018.

11. Декон: веб-приложение. URL: decon.psaa.ru (дата обращения: 27.10.2021).

12. Опыт использования технологии BIM при проектировании. URL: sapr.ru/article/24819 (дата обращения: 01.12.2021).

References

1. Ministroj predlozhit vvesti ponyatie BIM-texnologij v Gradostroitel'nyj kodeks [The Ministry of Construction proposed to introduce the concept of BIM technologies into the Urban Planning Code]. URL: realty.ria.ru. Title from the screen (accessed 16.10.2021).

2. Trebovaniya Glavgose`kspertizy` [Glavgosexpertiza requirements]. URL: gge.ru/press-center/news/s-2022-goda-bim-modeli-stanut-obyazatelnyimi-dlya-vsekh-byudzhetnykh-stroek (accessed 16.10.2021).

3. Semenixina A.V., Chursin A.S., Zajchenko T.O. Prospective technologies of project management in the regional and sectoral industry: Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference, Oryol, April 25-26, 2019. Oryol: Oryol State University named after I.S. Turgenev. 2019, pp. 236-242.

4. Efim`ev A.S. FES: Finance. Economy. 2018, vol.15, no.8, pp. 64-70.

5. Susoev I.S. Pros and cons of implementing BIM technologies in construction. Bulletin of Science and Education. 2016, vol.18, no. 6, pp.116-117.

6. Ocenka primeneniya BIM-texnologij v stroitel`stve, rezul`taty` issle-dovaniya e`ffektivnosti primeneniya BIM-texnologij v investicionno-stroitel`ny`x proektax rossijskix kompanij [Evaluation of the use of BIM-technologies in construction, the results of a study of the effectiveness of the use of BIM-technologies in investment and construction projects of Russian companies]. URL: nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf (accessed 10.10.2021).

7. McGraw Hill Construction Report on BIM and Large Projects. URL: smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/bim-links-and-resources/measuring-the-impact-of-bim-on-complex-buildings-2015-printable.pdf?sfvrsn=2 (accessed 13.10.2021).

8. Singapore BIM Guide. URL: corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf (accessed 13.10.2021).

9. Xaritonov V. A., Alekseev A. O. The concept of agent-based control in social and economic systems. Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2015. iss. 05 № 109. pp. 690 – 706. URL: ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf (accessed 27.12.2021).

10. Alekseev A. O., Vy`chegzhanin A. V., Dmitryukov M. S. [i dr.]. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2018614405 Rossijskaya Federaciya. Avtomatizirovannaya sistema sub`-ektno-orientirovannogo resheniya linejny`x zadach ranzhirova-niya/vy`bora na osnove soedineniya kreativnosti i texnologichnosti ("Dzhobs-Dekon") [Certificate of state registration of the computer



program No. 2018614405 Russian Federation. Automated system of subject-oriented solution of linear ranking / selection problems based on the combination of creativity and manufacturability ("Jobs-Decon"). No. 2018611800: app. 22.02.2018: publ. 05.04.2018.

11. Decon: veb-prilozhenie [Decon: web application.]. URL: decon.psaa.ru (accessed 27.10.2021).

12. Opy`t ispol`zovaniya texnologii BIM pri proektirovanii [Experience in using BIM technology in design]. URL: sapr.ru/article/24819 (accessed 01.12.2021).