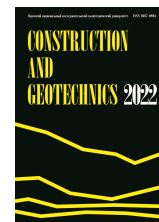




CONSTRUCTION AND GEOTECHNICS

Т. 13, № 3, 2022

<http://vestnik.pstu.ru/arhit/about/inf/>



DOI: 10.15593/2224-9826/2022.3.07

УДК 69.05

СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

С.И. Пименов

Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия

О СТАТЬЕ

Получена: 13 мая 2022
Одобрена: 26 августа 2022
Принята к публикации:
15 сентября 2022

Ключевые слова:

организационно-технологическая модель, цифровая модель, проектная информационная модель, строительная информационная модель, строительная информационная модель, проект организации строительства, проект производства работ.

АННОТАЦИЯ

Несмотря на развитие технологии информационного моделирования наблюдается ее недостаточное применение в России в сравнении с рядом зарубежных стран. При реализации строительных проектов практика формирования проектных информационных моделей уже получила широкое распространение, чего не скажешь о практике применения строительных информационных моделей. Целью работы является обоснование преимуществ применения строительной информационной модели в технологии информационного моделирования.

На основе анализа литературы выявлено отсутствие комплексной действенности нормативной документации в части организационно-технологической системы, необходимой для производства строительно-монтажных работ. Установлено, что в более чем 90 % случаях, организационно-технологические решения, заложенные в проектной документации, подвергаются последующим изменениям в связи с несогласованностью решениям, принимаемым строительными организациями. Некорректные решения, заложенные в проекте организации строительства, приводят к финансовым и временным потерям непосредственно в ходе строительства. Показано, что формирование строительной информационной модели обеспечит согласованность и достоверность данных от этапа планирования до завершения строительства.

Значимость полученных результатов для строительной отрасли заключается в том, что установлены причинно-следственные связи несовершенства текущей организационно-технологической системы в строительстве, характеризующейся, в том числе, отсутствием согласованности действий и разрозненностью решений между основными участниками строительного проекта. Эти недостатки могут быть исключены формированием строительной информационной модели, которая позволит преодолеть барьеры между участниками строительного проекта, повысить эффективность организационно-технологической системы за счет своевременного проведения учета прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве, повышения оперативности и ритмичности работ, уменьшения непроизводительных издержек, обеспечения эффективной координации работ.

© ПНИПУ

© Пименов Сергей Иванович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: sergeypimenov12@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2636-2822

Sergey I. Pimenov – Ph. D. in Technical Science, Associate Professor, e-mail: sergeypimenov12@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2636-2822

CONSTRUCTION INFORMATION MODEL

S.I. Pimenov

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russian Federation

ARTICLE INFO

Received: 13 May 2022
Approved: 26 August 2022
Accepted for publication:
15 September 2022

Keywords:

organizational and technological model, digital model, design information model, construction information model, CIM, COP, PWP.

ABSTRACT

Despite the development of information modeling technology, its insufficient use in Russia is observed in comparison with a number of foreign countries. When implementing construction projects, the practice of forming design information models has already become widespread, which cannot be said about the practice of applying construction information models. The aim of the work is to substantiate the advantages of using a building information model in information modeling technology.

Based on the analysis of the literature, the absence of a comprehensive effectiveness of regulatory documentation in terms of the organizational and technological system necessary for the production of construction and installation works was revealed. It has been established that in more than 90 % of cases, the organizational and technological solutions incorporated in the design documentation are subject to subsequent changes due to inconsistency in the decisions made by construction organizations. Incorrect decisions included in the construction organization project lead to financial and time losses directly during construction. It is shown that the formation of a construction information model will ensure the consistency and reliability of data from the planning stage to the completion of construction.

The significance of the obtained results for the construction industry lies in the fact that causal relationships have been established for the imperfection of the current organizational and technological system in construction, which is characterized, among other things, by the lack of coordination of actions and fragmentation of decisions between the main participants in the construction project. These shortcomings can be eliminated by the formation of a construction information model that will overcome barriers between participants in a construction project, improve the efficiency of the organizational and technological system by timely accounting for predicted and emerging deviations during construction, increase the efficiency and rhythm of work, reduce non-production costs, ensure effective coordination works.

© PNRPU

Введение

Цифровые технологии оказывают влияние на все отрасли экономики страны, в том числе строительство (Гусакова, Овчинников [1], Мухаметрахимов, Вахитов [2], Травуш [3], Богданов [4], Пименов [5]). Помимо их положительного влияния в процессе внедрения возможны временные побочные эффекты, связанные с нарушением интересов участников строительства [6]. Без привязки к конкретной измеряемой технической или экономической эффективности для участников строительного проекта технология информационного моделирования (ТИМ) рискует остаться формальностью, некой заменой традиционным проектам, оформленным «на бумаге». По мнению автора [3], особую эффективность применения цифровых технологий в строительстве можно достичь при реализации сложных проектов, которые к тому же должны сплотить участников строительного проекта в единую команду.

Несмотря на развитие технологии информационного моделирования можно заметить сравнительное ее отставание в России от ряда зарубежных стран (Великобритания, США, Сингапур, Германия, Франция), где применение BIM, как аналога ТИМ, уже стало популярным и позволяет делать выводы об успехах в строительстве, которые отражены в его высокой скорости, объемах и качестве, а также в повышении экономической эффективности [7].

Ввиду недостатка полноты информации об опыте комплексного применения технологии информационного моделирования в России невозможно установить и экономические индикаторы по строительным проектам. Стоит отметить, что в нашей стране большее обсуждение на специализированных семинарах, конференциях, посвященных ТИМ и BIM, до сих пор ведется вокруг трехмерной статической цифровой модели – проектной информационной модели [8, 9]. При этом проектная информационная модель это лишь одна из информационных моделей, формируемых при реализации строительных проектов на начальных этапах – концепции и проектировании [10]. Таким образом, остаются не затронутыми в ТИМ такие этапы жизненного цикла объекта капитального строительства, как экспертиза, строительство, эксплуатация и др. (рис. 1).

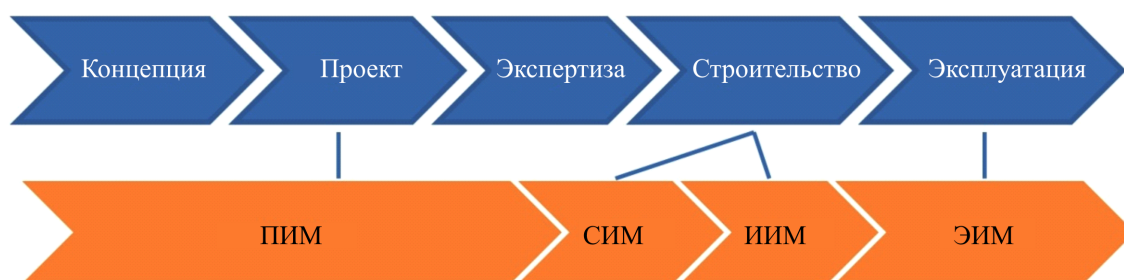


Рис. 1. Стадии жизненного цикла объекта капитального строительства и связанные с ними цифровые информационные модели. Обозначения: ПИМ – проектная информационная модель, СИМ – строительная информационная модель, ИИМ – исполнительная информационная модель, ЭИМ – эксплуатационная информационная модель

Fig. 1. Stages of the life cycle of a capital construction object and related digital information models. Notes: PIM – project information model, CIM – construction information model, IMM – executive information model, EIM – operational information model

Проектные информационные модели уже получили относительно широкое распространение. Так, на этапе проектирования объектов капитального строительства освоены десятки программных обеспечений и разработаны тысячи проектных моделей, организовано электронное взаимодействие проектных организаций, заказчиков и специалистов органов государственной экспертизы. Цифровые информационные модели объектов капитального строительства, разработанные на стадии проектирования, используются для проработки объемно-планировочных решений, архитектуры, конструктивных решений, формирования сводной цифровой модели для прохождения государственной экспертизы, что свидетельствует о высоком уровне подготовки специалистов проектных организаций по созданию ПИМ [11]. Так, уже более 7 лет популярные в Республике Татарстан участники строительных проектов ГУП «Татинвестгражданпроект», ООО «Ак Барс Инжиниринг», АО «Нефтехимпроект» успешно применяют в практике технологии информационного моделирования на этапе проектирования.

К сожалению, до сих пор у участников строительного проекта, формируется не всегда правильное понимание ТИМ и с этим связанное неполное ее применение. Сложившееся мнение о визуально красивых цифровых информационных моделях объектов на стадии проектирования, как об успехе в решении всех задач сквозной ТИМ в строительстве, является ошибочным (Анкудинов [11], Рахматуллина [12], Дмитриев, Владимирова [13]). Так, с переходом на стадию строительства сформированные ПИМ становятся не достаточно пригодными к применению, поскольку не предназначены для этого. Цели формирования

ПИМ и СИМ существенно отличаются: первая должна дать полный ответ на вопрос «что строим?», вторая – «как строим?».

Несмотря на это, применение ТИМ в ряде случаев заканчивается, и строительные организации продолжают практически работать по старым правилам, без применения ТИМ, либо частично внедряют в практику автоматизацию процессов передачи информации между сотрудниками, например, применением мессенджеров, незначительно снижающими непроизводственные издержки.

Согласно же СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла», для перехода строительного проекта со стадии проектирования в строительство необходимо формирование строительной модели, исходной информацией для которой является проектная модель.

Проектной модели недостаточно для успешной реализации любого строительного проекта. Возможно, лет 10 тому назад, на начальной стадии эволюции технологии информационного моделирования в России, было правильным и достаточным изучение правил и особенностей построения проектных информационных моделей. Для дальнейшего развития ТИМ стоит изучать правила и развивать информационную модель для последующих этапов жизненного цикла объектов капитального строительства: строительства, эксплуатации. До сих пор отмечаются существенные производственные и непроизводственные издержки на этапе строительства, существенный перерасход финансов и времени отмечается именно на этапе строительства [14]. Этапу строительства и формированию строительной информационной модели экспертам по ТИМ следует уделить не меньшее внимание, даже большее, чем для этапа проектирования, иначе цифровизация строительства не достигнет должного эффекта, хуже того, потерпит крах.

Поскольку концепция ТИМ в большей части принята с зарубежной BIM, следует изучить и опыт работы с переходом цифровых моделей с 3D на 4D. В работе [15] делается акцент на появление технических и организационных проблем при переходе 3D-модели (проектной модели) в 4D-модель (строительную модель), которые мешают внедрению технологии информационного моделирования, приводятся рекомендации по их преодолению. Для перехода модели осуществляются следующие действия: установление распределения работ и потоков → установление последовательности монтажа → декомпозиция 3D-модели → уточнение расписания → связывание 3D-элементов с работами → уточнение 4D-модели. И чтобы получить выгоду из преимуществ 3D и 4D-технологий, участникам строительного проекта требуется развивать новые навыки и вносить организационные изменения, в том числе стать единой командой с самого начала проекта.

На стадии строительства с целью эффективной организации и управления строительством объектов, особенно сложных, цифровая информационная модель должна быть дополнена новыми данными, необходимыми для эффективной работы строительным организациям [16]. В частности, проектная информационная модель и существующие программные обеспечения для формирования проектной информационной модели не предназначена для создания исполнительной документации и регистрации строительного контроля за объемами, качеством и сроками выполняемых работ.

Для того чтобы дополнительно подчеркнуть важность формирования СИМ при ТИМ в России, следует изучить и текущее состояние нормативной документации в части организационно-технологической системы в строительстве, обратить внимание на ее недостатки

при реализации строительных проектов. Связано это с тем, что строительная информация модель, по мнению автора, является, в том числе, результатом комплексной цифровизации элементов организационно-технологической системы – проекта организации строительства (ПОС) и проекта производства работ (ППР). Логично, если не предусмотреть и не исключить недостатки в текущей организационно-технологической системе, возможно, они появятся в новой недостаточно апробированной организационно-технологической модели, и как следствие, не получится достичь строительной отрасли инновационного развития.

Цель работы – обоснование преимуществ применения СИМ, как организационно-технологической модели, в технологии информационного моделирования.

Объект исследования – строительный проект, предмет исследования – СИМ.

Материалы и методы

В рамках статьи приводится анализ научной литературы и нормативной документации в части организационно-технологической системы и информационного моделирования на этапе строительства.

В достижение вышеназванной цели решаются следующие задачи:

- выявление причинно-следственных связей несовершенства текущей организационно-технологической системы в строительстве;
- формулирование причин недостаточного применения СИМ;
- формулирование преимуществ применения СИМ.

Результаты и обсуждение

Распространение сложных строительных проектов приводит к появлению комплекса проблем в части планирования, организации и управления строительством. При планировании и реализации строительных проектов большинство специалистов по организации строительного производства и другие участники строительного проекта отмечают недостаток в нормативной документации, устанавливающей состав, структуру и порядок разработки организационно-технологической документации, необходимой для производства строительномонтажных работ, который заключается в отсутствии ее системной действенности [17]. К проблемам, вытекающим из-за отсутствия действенной нормативной базы, относятся ошибки в рабочей документации, нерациональный выбор техники, несвоевременное обеспечение материально-техническими ресурсами, несогласованность действий рабочей силы и т.д.

Согласно Постановлению Правительства № 87 от 16.02.2008 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» в целях организации строительства объектов капитального строительства при формировании проектной документации разрабатывается раздел ПОС, в котором должны отражаться ряд решений, в том числе:

- обоснование принятой организационно-технологической схемы, определяющей последовательность возведения зданий и сооружений;
- обоснование потребности строительства в кадрах, основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах;
- предложены способы организации на строительной площадке инженерных сетей;
- предложены способы обеспечения строительной площадки материально-техническими ресурсами;

– обоснование принятой продолжительности строительства объекта капитального строительства и его отдельных этапов и др.

Данные решения формируются специалистами проектных организаций, и после прохождения проектной документации экспертизы выбирают по конкурсу строительную организацию. Практика показала, что данный порядок является неэффективным, поскольку в более чем 90 % случаях при реализации строительных проектов проектная документация подвергается изменениям в процессе строительства [18]. Соответственно, ПОС, передаваемый на проверку в экспертизу, можно утверждать, в большинстве случаев оказывается недействительным. Строительным организациям достаточно внести изменение в наименование и количество основных строительных механизмов при формировании ППР, что в принципе является отступлением от СП 48.13330.2019 «Организация строительства» п. 6.21 «В проекте производства работ не допускаются отступления от решений проектной документации без согласования с организациями, утвердившими проект организации строительства», и разработка общеплощадочного строительного генерального плана раздела ПОС сводится на нет [17].

Этому факту можно дать логическое объяснение: у специалистов проектных организаций недостаточно знаний в области технологии и организации строительного производства, а также имеют место быть особенности в организации и выполнении строительных работ различными строительными организациями. Отсутствие согласованности действий между участниками строительного проекта, уникальность каждого строительного проекта и высокая изменчивость приводят к высокому уровню неопределенности и несовершенству организационно-технологической системы. Некорректные решения, заложенные в ПОС, приводят к финансовым и временным потерям для заказчика непосредственно в ходе строительства.

Известно, что ранее ПОС разрабатывался на стадии «Проект», а ППР на стадии «Рабочая документация» в соответствии СНиП 3.01.01-85* «Организация строительного производства» [17], который в настоящее время является недействующим. Для разработки ППР сегодня следует руководствоваться следующими нормативными документами: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», утвержденное приказом Ростехнадзора от 26.11.2020 № 461, СП 48.13330.2019 «Организация строительства», а также МДС 12-46.2008 «Методические рекомендации по разработке и оформлению проекта организации строительства, проекта организации работ по сносу (демонтажу), проекта производства работ». Отмена предшествующих нормативных документов и замена новыми привела к выхолащиванию части информации, изменению порядка его составления и появлению разрозненности решений, которые закладываются в ПОС и ППР.

Для устранения разногласий в организационно-технологической системе в работе [17] выдвинуто предложение об объединении формирования ПОС и ППР из единого центра при разработке проектной документации при участии специалистов строительной организации. С учетом вышеизложенного, это решение действительно позволило бы разработать более эффективную организационно-технологическую систему, снизило количество ошибок при строительстве и, как следствие, сохранило заказчику и строительным организациям временные и финансовые ресурсы. Надо отметить, данное решение в практике до настоящего времени не нашло своего применения.

С полным применением технологии информационного моделирования процессы разработки ПОС и ППР подвергнутся реинжинирингу. Разработка традиционных ПОС и

ППР в ближайшем будущем будет заменяться формированием СИМ, которая по своей природе и является организационно-технологической моделью процессов строительного производства.

Как было упомянуто выше, применение в практике СИМ до настоящего времени является нераспространенным. Главными сдерживающими факторами этому, надо признать, являются следующие: неравномерное обучение участников строительной отрасли навыкам применения цифровых технологий и программных обеспечений, недостаточное понимание у руководства строительных организаций преимуществ ТИМ и связанное с ним отсутствие мотивации обучения сотрудников, неполный комплект действующих нормативных документов в части применения информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства, ограниченный функционал основных отечественных программных обеспечений в сравнении с зарубежными.

Согласно методическим рекомендациям по подготовке и оценке информационной модели объекта капитального строительства, представляемой на рассмотрение специалистам государственной экспертизы проектной документации, информационная модель, именуемая как «проект организации строительства», должна обеспечивать выгрузку из своего состава следующих двумерных чертежей и схем:

- строительный генеральный план подготовительного периода строительства (при необходимости) и основного периода строительства с определением мест расположения постоянных и временных зданий и сооружений, мест размещения площадок и складов временного складирования материалов, изделий, конструкций и оборудования, расположений стационарных кранов с выделением границ опасных для людей зон, которые связаны с применением подъемных сооружений и путей их перемещения, трассировки инженерных сетей и источников обеспечения строительной площадки электроэнергией, водой, связью, в том числе с указанием точек их подключения, мест установки знаков закрепления разбивочных осей;
- календарный план строительства, включая подготовительный период (продолжительность и порядок строительства основных и вспомогательных зданий и сооружений, выделение циклов строительства);
- прочие чертежи и схемы текстовой части, обосновывающие проектные решения в части организации строительства.

Согласно Проекту ГОСТ Р 10.02.3008-202X «Единая система информационного моделирования. Строительная информационная модель. Правила построения» одним из сценариев планирования строительного производства и связанные с ними задачи применения информационного моделирования является формирование ПОС из СИМ. Следовательно, для выгрузки составляющих ПОС (строительного генерального плана, календарного плана строительства, прочих чертежей и схем) необходимо предварительно создать СИМ.

В вышеуказанном Проекте ГОСТ Р приводится следующее определение строительной информационной модели: Динамическая информационная модель строительного производства, используемая для его планирования и организации, а также мониторинга и регулирования хода работ.

СИМ должна создаваться на базе цифровой информационной модели и документации, сформированных при изысканиях и архитектурно-строительном проектировании объекта капитального строительства, и актуализируется по фактическим результатам хода работ. Состав СИМ приведен на рис. 2.

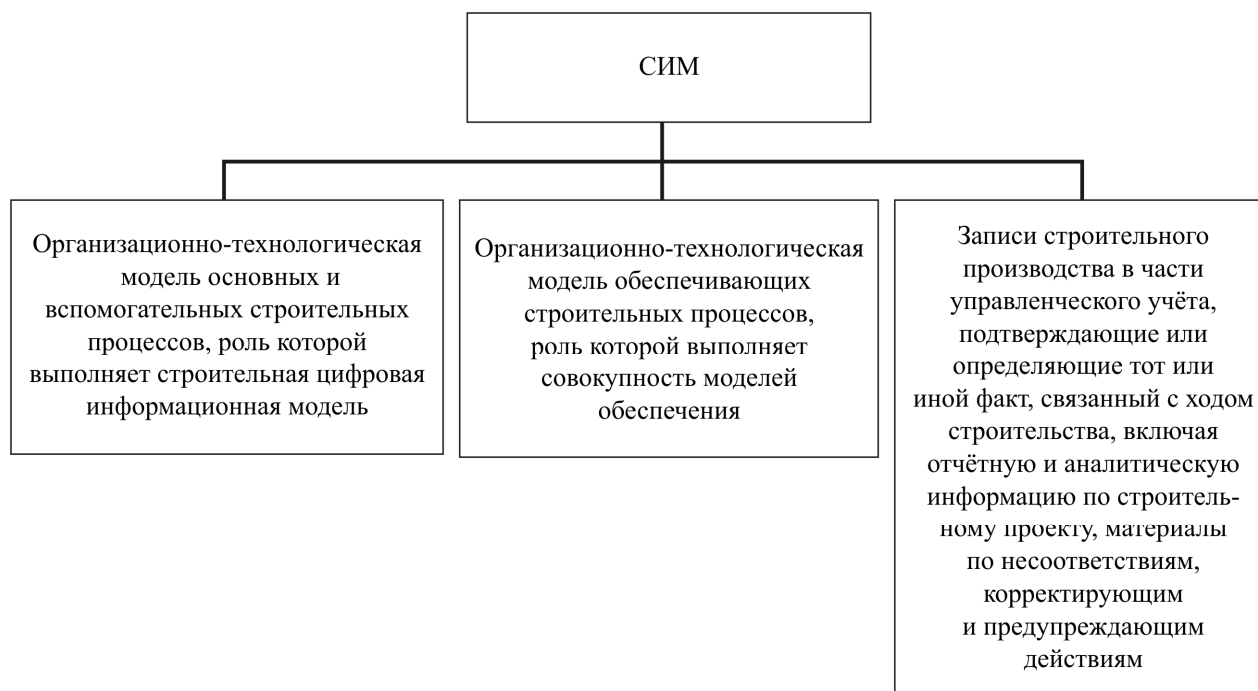


Рис. 2. Состав строительной информационной модели
Fig. 2. Structure of the construction information model

Строительная цифровая информационная модель (СЦИМ), в свою очередь, должна содержать строительные представления информационной цифровой модели местности и цифровую информационную модель объекта капитального строительства, а также цифровые информационные модели временных зданий и сооружений, основных ведущих машин и механизмов, необходимых для реализации строительства и взаимосвязанным с ней календарно-сетевым графиком.

Созданная СЦИМ, являясь частью СИМ, должна дать ответы на следующие вопросы: что, в каком объёме и каким образом, в какие сроки и с применением каких ресурсов необходимо выполнить основные и вспомогательные строительные процессы, а также текущий статус по расходованию ресурсов и выполнению работ.

Организационно-технологические решения, заложенные в СЦИМ и моделях обеспечения, на стадии проектирования подлежат критическому анализу путем моделирования нескольких вариантов (сценариев) с целью поиска и выбора наиболее эффективного.

В процессе выбора целесообразного организационно-технологического решения на базе цифровой информационной модели осуществляется ее декомпозиция на строительные и технологические узлы, циклы строительства, осуществляется разбивка отдельных зданий и сооружений на участки и захваты, устанавливаются между захватками связи (границы между узлами, очередность ввода узлов), устанавливая тем самым укрупненную последовательность возведения объекта. Соответственно структура строительной информационной модели (структура декомпозиции продукта) должна согласовываться принимаемым организационно-технологическим решениям.

На основе структуры декомпозиции продукта формируется структура декомпозиции работ календарно-сетевого графика строительной цифровой информационной модели, с детализацией до нижнего уровня – пакетов работ, который формируется по типоразме-

рам конструктивных или конструктивно-технологических элементов на захватке соответствующего цикла строительства.

Наиболее целесообразный вариант организационно-технологических решений устанавливается как целевой план в проекте организации строительства и используется для контроля в строительном проекте целевых показателей.

По результатам формирования строительной информационной модели можно выгружать, если имеется необходимость, достоверные и согласованные между собой следующие комплекты документов для управления строительным проектом:

- ведомость объемов работ;
- календарно-сетевой график строительно-монтажных работ;
- график движения трудовых ресурсов;
- график движения строительных машин и механизмов;
- 4D/5D модели строительства;
- график освоения капитальных вложений;
- график поставки материально-технических ресурсов (МТР);
- недельно-суточные наряды на выполнение работ.

Ответственным за формирование и ведение СЦИМ и моделей обеспечения должен стать единый центр – ситуационно-моделирующий центр. Структуру управления ситуационно-моделирующего центра можно представить в следующем виде (рис. 3).

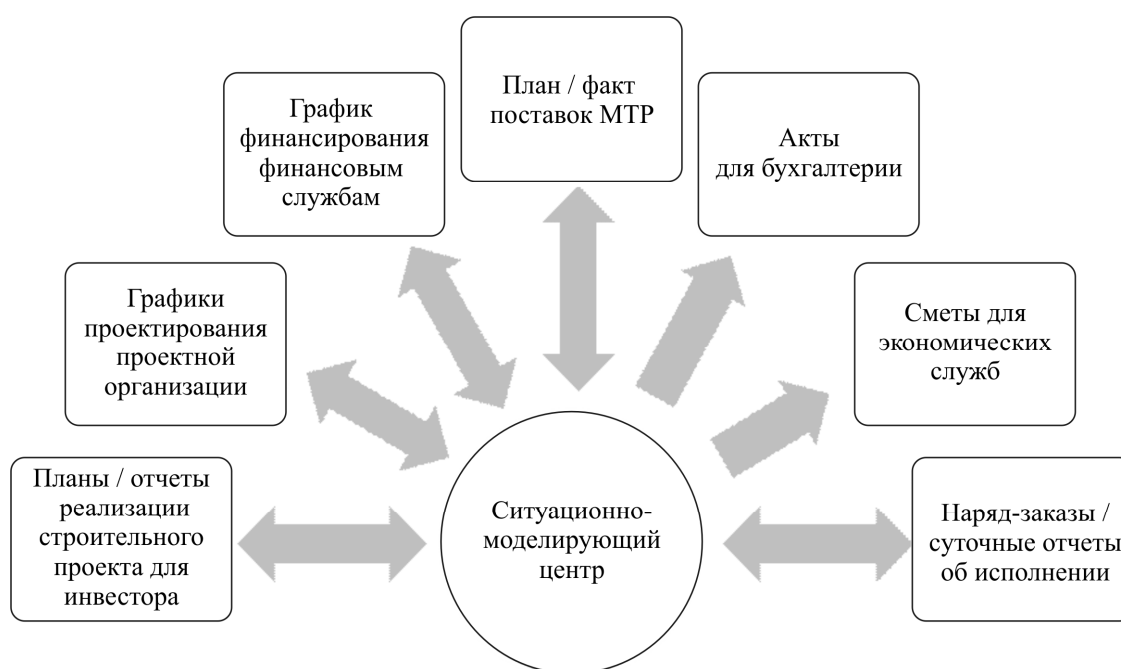


Рис. 3. Структура управления ситуационно-моделирующего центра
Fig. 3. Management structure of the situational modeling center

Формирование СИМ в ТИМ, предусматривающей взаимодействие участников строительного проекта в единой информационной платформе, позволит исключить недостоверность данных от этапа планирования до стадии эксплуатации. В случае отступления от целевого плана реализации строительного проекта, внося актуальную информацию в единую платформу со строительной площадки, все данные будут согласованы и связаны между собой и поддерживаться в актуальном состоянии в ходе строительства.

Оперативное и связанное накопление данных в записях строительного производства, синхронного представления статусов и условий работ, данных о состоянии ресурсов через календарно-сетевой график строительной цифровой информационной модели, данных об изменениях в конфигурации цифровой модели, сделает возможным установления оценки эффективности строительного производства и обнаружения в строительных процессах отклонений и аномалий.

Строительная информационная модель, содержащая накопленные данные, позволит полностью заменить ПОС и ППР, повысить эффективность организационно-технологической системы.

С точки зрения управления строительным проектом формирование и ведение СИМ позволит:

- своевременно проводить учет всех прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве;
- повысить оперативность и ритмичность работ, уменьшить непроизводственные издержки;
- обеспечить эффективную координацию работ;
- наглядно представить этапы строительства инвестору или кредитору.

Выводы

Установлены причинно-следственные связи несовершенства организационно-технологической системы в строительстве. К основным причинам относятся отсутствие согласованности действий между основными участниками строительного проекта, уникальность каждого строительного проекта и его высокая изменчивость.

Сформулированы основные факторы, сдерживающие применения СИМ: неравномерное обучение участников строительной отрасли навыкам применения цифровых технологий и программных обеспечений, недостаточное понимание у руководства строительных организаций преимуществ ТИМ и связанное с ним отсутствие мотивации обучения сотрудников, неполный комплект действующих нормативных документов в части применения информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства, ограниченный функционал основных отечественных программных обеспечений в сравнении с зарубежными.

Формирование и ведение СИМ позволит своевременно проводить учет всех прогнозируемых и возникающих отклонений при строительстве, повысить оперативность и ритмичность работ, уменьшить непроизводственные издержки, обеспечить эффективную координацию работ, наглядно представить этапы строительства инвестору или кредитору.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад. 100 %.

Библиографический список

1. Гусакова Е.А., Овчинников А.Н. Перспективы моделирования жизненного цикла объекта капитального строительства информационными потоками // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15, вып. 8. – С. 1191–1200. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1191-1200.

2. Мухаметрахимов Р.Х., Вахитов И.М. Аддитивная технология возведения зданий и сооружений с применением строительного 3D-принтера // Известия КГАСУ. – 2017. – № 4 (42). – С. 350–359.
3. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 3. – С. 107–117. DOI: 10.22337/2077-9038-2018-3-107-117
4. Богданов А.Н., Алешутин И.А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях // Известия КГАСУ. – 2018. – № 4 (46). – С. 326–332.
5. Пименов С.И. Повышение безопасности и эффективности технологического процесса в строительстве путем его автоматизации // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – № 5 (221). – С. 16–19.
6. Букалова А.Ю., Авдеева К.В. Постановка задачи разработки методических основ информационного моделирования процесса сметного нормирования для оптимизации проектных работ // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 4. – С. 81–93. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.07
7. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. – № 9. – С. 61–65.
8. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе: обзор научных публикаций [Электронный ресурс] / С.Г. Абрамян, А.О. Котляревская, О.В. Оганесян, А.О. Бурлаченко, А.А. Дикмеджян // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 9. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6202 (дата обращения: 08.06.2022).
9. Роль цифровых технологий при строительстве и повышении остаточного ресурса промышленной и строительной продукции / С.Г. Абрамян, О.В. Бурлаченко, О.В. Оганесян, А.О. Бурлаченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 4 (81). – С. 429–437.
10. Анализ зрелости BIM-решений как инструмента обеспечения жизненного цикла здания / А.С. Сунцов, О.Л. Симченко, Ю.А. Толкачев, Е.Л. Чазов, Д.Р. Самигуллина // Construction and Geotechnics. – 2020. – Т. 11, № 3. – С. 41–53. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.3.04
11. Анкудинов А.Г. Проблемы создания информационной модели объекта капитального строительства на стадии строительства [Электронный ресурс] // Строительный эксперт. – 2021. – URL: ardexpert.ru (дата обращения: 15.04.2022).
12. Рахматуллина Е.С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 19. – С. 2849–2866.
13. Дмитриев А.Н., Владимирова И.Л. Технологии информационного моделирования в управлении строительными проектами России // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 10. – С. 48–59.
14. Эжба С.И. Выбор параметров организационно-технологических решений этапов жизненного цикла объектов жилищного строительства // Строительное производство. – 2021. – № 4. – С. 79–84.
15. Staub-French Sh., Khanzode A. 3D and 4D modeling for design and construction coordination: Issues and lessons learned // Electronic Journal of Information Technology in Construction. – 2007. – Vol. 12. – P. 381–407.
16. Бовтеев С.В. Практика применения 4D-моделирования в строительстве // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. А.А. Семенова. – СПб., 2021. – С. 77–84.

17. Коклюгина Л.А., Коклюгин А.В. К вопросу о разработке организационно-технологической документации // Известия КГАСУ. – 2009. – № 1 (11). – С. 318–321.

18. Бачурина С.С., Сухачев К.А., Султанова И.П. Проект организации строительства: нормативно-правовые и практические аспекты // В сборнике: Современные проблемы управления проектами в инвестиционно-строительной сфере и природопользовании: материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. В.И. Ресина. – 2014. – С. 27–30.

References

1. Gusakova E.A., Ovchinnikov A.N. Perspektivy modelirovaniya zhiznennogo cikla ob'ekta kapital'nogo stroitel'stva informacionnymi potokami [Prospects for modeling the life cycle of a capital construction object by information flows]. *Vestnik MGSU*, 2020, T. 15, Vyp. 8, pp. 1191–1200. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.8.1191-1200

2. Mukhametrakhimov R.Kh., Vahitov I.M. Additivnaya tekhnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij s primeneniem stroitel'nogo 3D-printera [Additive technology for the construction of buildings and structures using a construction 3D printer]. *Izvestiya KGASU*, 2017, no. 4 (42), pp. 350–359.

3. Travush V.I. Cifrovye tekhnologii v stroitel'stve [Digital technologies in construction]. *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo*, 2018, no. 3, pp. 107–117. DOI: 10.22337/2077-9038-2018-3-107-117

4. Bogdanov A.N., Aleshutin I.A. Nazemnoe lazernoe skanirovanie v stroitel'stve i BIM-tekhnologiyah [Terrestrial laser scanning in construction and BIM technologies]. *Izvestiya KGASU*, 2018, no. 4 (46), pp. 326–332.

5. Pimenov S.I. Povyshenie bezopasnosti i effektivnosti tekhnologicheskogo processa v stroitel'stve putem ego avtomatizacii [Improving the safety and efficiency of the technological process in construction by automating it]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2019, no. 5 (221), pp. 16–19.

6. Bukalova A.Yu., Avdeeva K.V. Postanovka zadachi razrabotki metodicheskikh osnov informacionnogo modelirovaniya processa smetnogo normirovaniya dlya optimizacii proektnykh rabot [The statement of the problem of developing the methodological bases of information modeling of the cost estimation process for the optimization of design work]. *Construction and Geotechnics*, 2020, Vol. 11, no. 4, pp. 81–93. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.4.07

7. Ginzburg A.V. Informacionnaya model' zhiznennogo cikla stroitel'nogo ob'ekta [Information model of the life cycle of a construction object]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2016, no. 9, pp. 61–65.

8. Abramyan S.G., Kotlyarevskaya A.O., Oganessian O.V., Burlachenko A.O., Dikmedzhyan A.A. Problemy vnedreniya BIM-tekhnologij v stroitel'nom sektore: obzor nauchnykh publikacij [Problems of implementing BIM technologies in the construction sector: review of scientific publications]. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2019, no. 9. available at: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2019/6202

9. Abramyan, S.G., Burlachenko O.V., Oganessian O.V., Burlachenko A.O. Rol' cifrovyyh tekhnologij pri stroitel'stve i povyshenii ostatochnogo resursa promyshlennoj i stroitel'noj produkcii [The role of digital technologies in construction and increasing the residual resource of industrial and construction products]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*, 2020, no. 4 (81), pp. 429–437.

10. Suncov A.S., Simchenko O.L., Tolkachev Yu.A., Chazov E.L., Samigullina D.R. Analiz zrelosti BIM-reshenij kak instrumenta obespecheniya zhiznennogo cikla zdaniya [Analysis of the

maturity of BIM solutions as a tool for ensuring the life cycle of a building]. *Construction and Geotechnics*, 2020, Vol. 11, no. 3, pp. 41–53. DOI: 10.15593/2224-9826/2020.3.04

11. Ankudinov A.G. Problemy sozdanie informacionnoj modeli ob"ekta kapital'nogo stroitel'stva na stadii stroitel'stva [Problems of creating an information model of a capital construction object at the construction stage]. *Stroitel'nyj ekspert*, 2021. available at: ardexpert.ru (accessed 15 April 2022).

12. Rakhmatullina E.S. BIM-modelirovanie kak element sovremennogo stroitel'stva [BIM modeling as an element of modern construction]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo*, 2017, vol. 18, no. 19, pp. 2849–2866.

13. Dmitriev A.N., Vladimirova I.L. Tekhnologii informacionnogo modelirovaniya v upravlenii stroitel'nymi proektami Rossii [Information modeling technologies in the management of construction projects in Russia]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2019, no. 10, pp. 48–59.

14. Ekba S.I. Vybor parametrov organizacionno-tekhnologicheskikh reshenij etapov zhiznennogo cikla ob"ektov zhilishchnogo stroitel'stva [Selection of parameters of organizational and technological solutions for the stages of the life cycle of housing construction projects]. *Stroitel'noe proizvodstvo*, 2021, no. 4, pp. 79–84.

15. Staub-French Sh., Khazode A. 3D and 4D modeling for design and construction coordination: Issues and lessons learned. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, 2007, vol. 12, pp. 381–407.

16. Bovteev S.V. Praktika primeneniya 4D-modelirovaniya v stroitel'stve [The practice of using 4D modeling in construction]. *BIM-modelirovanie v zadachah stroitel'stva i arhitektury. Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod obshchej redakciej A.A. Semenova*. Saint Petersburg, 2021, pp. 77–84.

17. Koklyugina L.A., Koklyugin A.V. K voprosu o razrabotke organizacionno-tekhnologicheskoy dokumentacii [To the question of the development of organizational and technological documentation]. *Izvestiya KGASU*, 2009, no. 1 (11), pp. 318–321.

18. Bachurina S.S., Suhachev K.A., Sultanova I.P. Proekt organizacii stroitel'stva: normativno-pravovye i prakticheskie aspekty [Construction organization project: regulatory and practical aspects]. *V sbornike: Sovremennye problemy upravleniya proektami v investicionno-stroitel'noj sfere i prirodopol'zovanii. Materialy 4-oj mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Pod red. V.I. Resina*, 2014, pp. 27–30.