

**Дубынин Николай Васильевич** (Москва). Кандидат архитектуры, доцент. Доцент ФГБОУ ВО ИСА НИУ МГСУ; доцент МИТУ МАСИ; начальник отдела научных исследований жилых и общественных зданий АО «ЦНИИПромзданий». Эл.почта: arh\_nauka@mail.ru.

**Кочешкова Екатерина Игоревна** (Москва). Кандидат архитектуры. Доцент МИТУ МАСИ; ведущий научный сотрудник АО «ЦНИИПромзданий». Эл.почта: arch-kei@mail.ru.

**Граник Михаил Юрьевич** (Москва). Кандидат технических наук. Ведущий научный сотрудник АО «ЦНИИПромзданий». Эл.почта: mjgranik@yandex.ru.

**Родимов Антон Олегович** (Москва). Кандидат архитектуры. Генеральный директор ООО «МУРУМ ГРУПП». Эл.почта: rodimov.anton@gmail.com.

**Dubynin Nikolai V.** (Moscow). Candidate of Architecture, Associate Professor. Associate Professor of the National Research Moscow State University of Civil Engineering, Associate Professor at Moscow Information Technology University – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, Head of the Department of Scientific Research of Residential and Public Buildings at AO "TsNIIPromzdaniy". E-mail: arh\_nauka@mail.ru.

**Kocheshkova Ekaterina I.** (Moscow). Candidate of Architecture. Associate Professor at Moscow Information Technology University – Moscow Institute of Architecture and Civil Engineering, Leading Researcher at AO "TsNIIPromzdaniy". E-mail: arch-kei@mail.ru.

**Granik Mikhail Y.** (Moscow). Candidate of Technical Sciences. Leading Researcher at AO "TsNIIPromzdaniy". E-mail: mjgranik@yandex.ru.

**Rodimov Anton O.** (Moscow). Candidate of Architecture. General Director of ООО "MURUM GROUPE". E-mail: rodimov.anton@gmail.com.

## Цифровая архитектура

Внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) является одной из современных тенденций развития архитектурного проектирования, определяющей вопросы разработки и оформления проектной документации, постепенно становясь обязательным условием её реализации в виде строительной информационной модели – БИМ (BIM). Процесс перехода к новым методам ведения проектирования формально стал важным показателем в официальной оценке эффективности работы строительной отрасли в целом и архитектуры в частности. Однако активное применение новых инструментов проектирования требует обоснования таких важных показателей их применения на практике, как эффективность, безопасность, технические и этические ограничения.

В целях выявления реальной картины в данной области проанализирована информация, содержащая мнения исследователей и специалистов и экспертные оценки по проблемным вопросам внедрения ТИМ. При этом выявлена тенденция искусственного стимулирования данного процесса

на разных уровнях управления строительством на основе оптимистичных оценок его эффективности. Проблема заключается в организации широкомасштабного эксперимента по внедрению цифровых технологий при отсутствии опыта апробации достаточного для обоснованной оценки предполагаемых результатов.

Анализ существующих возможностей, проблем и перспектив развития новых методов в архитектурном проектировании позволяет определить целесообразную степень их внедрения.

*Ключевые слова:* архитектурное проектирование, технологии информационного моделирования (ТИМ), строительная информационная модель БИМ (BIM), цифровые технологии архитектурного проектирования, этические проблемы цифровых технологий, безопасность цифровых технологий проектирования.

### Digital Architecture

The introduction of digital technologies is one of the modern trends in the development of architectural design,

which determines the development and execution of project documentation, gradually becoming a prerequisite for its implementation in the form of a building information model – BIM. The process of transition to new design methods has formally become an important indicator in the official assessment of the effectiveness of the construction industry and architecture in particular. However, the active use of new design tools requires justification of such important indicators of their application in practice as efficiency, safety, technical and ethical limitations.

In order to identify a realistic picture in this area, the information was collected in periodicals in terms of expert assessments of the current situation and the analysis of the material by means of comparison and identification of problematic issues.

The tendency of artificial stimulation of the introduction of information modeling technologies (TIM) at all levels of construction management, as well as the responses of individual large companies, often optimistically presenting the real efficiency and prospects of this direction of development, is revealed. The problem lies in the interest of the industry leadership in organizing a large-scale experiment in the introduction of digital technologies in the absence of sufficient testing experience for a reasonable assessment of the expected results.

Analysis of existing opportunities, problems, and prospects for the development of new methods in architectural design allows to determine the appropriate extent of the required implementation.

*Keywords:* architectural design, information modeling technologies (TIM), building information model (BIM), digital technologies of architectural design, ethical problems of digital technologies, security of digital design technologies.

Внедрение цифровых методов архитектурного проектирования предполагает использование технологий информационного моделирования (ТИМ), в частности – строительной информационной модели [БИМ (BIM)] проектируемых объектов, что представляет собой переход от привычных к более сложным, но перспективным методам организации работы. Этапы этого процесса можно представить следующим образом:

– выполнение чертежей с помощью приложений (по аналогии с работой на кульмане), которые позволяют автоматизировать труд проектировщика в части выполнения чертежей, но обмен данными и согласование решений между группами специалистов (архитекторов и смежников) осуществляется посредством совещаний;

– работа групп специалистов (архитекторов и смежников) с разными приложениями, которые позволяют обмениваться данными для обсуждения и согласования решений в электронном виде (промежуточный этап внедрения ТИМ);

– работа групп специалистов (архитекторов и смежников) с интегрированной базой данных в единой среде, предусматривающей создание и использование общей БИМ-модели при проектировании архитектурного объекта и на всех стадиях его жизненного цикла (в настоящее время считается заключительным этапом перехода к ТИМ).

При этом возникает возможность дистанционной (сетевой) работы проектировщиков и других специалистов по управлению проектом. Возможности и особенности ТИМ, подробно рассмотренные разными специалистами, от организации проектирования до демонтажа и утилизации архитектурного объекта приведены в [1, с. 4].

Эффективность внедрения цифровых методов архитектурного проектирования различными экспертами оценивается неоднозначно. Так, некоторые специалисты предполагают возможность лёгкого перехода к применению БИМ и уменьшение с его помощью сроков проектирования и строительства, экономии расходов на всех стадиях жизненного цикла объекта. По некоторым сообщениям, цифровизация строительства обеспечит снижение себестоимости проектов на 20%<sup>1</sup>. Однако надо понимать, что это оптимистичные ожидания, а для объективной оценки следует учитывать и отрицательные факторы. Если вопросы применения приложений для выполнения чертежей и трёхмерных моделей застройки, зданий и сооружений уже достаточно хорошо отработаны с момента появления первых версий программного обеспечения (далее ПО), например AutoCAD в 1982 году или ArchiCAD в 1986-ом, то ПО для реализации БИМ-моделей стали появляться только с 2002 года, и пока рано говорить об их полноформатной апробации в необходимом для широкого распространения уровне развития (комфорта работы).

При архитектурном проектировании применение ТИМ потребует покупку ПО и нового оборудования рабочих мест (компьютеров, мобильных устройств и других аппаратных средств), а также постоянного его обновления в дальнейшем, обучение и регулярное повышение квалификации сотрудников, введение дополнительных рабочих мест – БИМ-менеджеров, мастеров, координаторов. Все это влечёт за собой существенные дополнительные расходы. Важным фактором является то, что основные затраты возникают уже на первых этапах перехода к ТИМ при реорганизации процесса проектирования и обновления материально-технической базы [2], когда до отладки работы ещё далеко, что означает необходимость вложений на длительный срок. И в дальнейшем расходы, нужные для решения вопросов обучения специалистов, обновления ПО, технического оснащения должны быть регулярными, так как необходимо постоянное следование за развивающимися технологиями [3].

Важный вопрос – это время, необходимое для полного перехода к ТИМ. Как отмечают эксперты [4], сегодня коли-

<sup>1</sup> Хуснуллин М.Ш. Цифровизация строительства позволит снизить себестоимость ряда проектов на 20% (<https://tass.ru/vedvizhimost/9569463>).

чество специалистов, способных работать с BIM-моделями, недостаточно даже в крупных компаниях, давно пробуящих использовать эти технологии, их подготовка требует времени. По некоторым предположениям, для этого потребуется не менее трёх лет при одновременном обучении 10–15% сотрудников. При этом будет закономерна потеря общей производительности проектирования в целом до 15–20%<sup>2</sup>.

В части сроков процесс архитектурного проектирования не обязательно сократится и даже наоборот, может оказаться дольше. Обучение проектировщиков и дальнейшая работа с применением новых ПО, являющихся более сложными, требует затрат времени, интеллектуальных ресурсов человека на то, чтобы освоить данный инструмент проектирования, а затем выполнять необходимые операции с его помощью. Учитывая, что рабочее время, интеллектуальные и физические возможности человека по количеству выполняемых задач имеют свои пределы, можно предположить, что усложнение инструментов проектирования, особенно на первом этапе, будет снижать ресурсы человека, ранее используемые для решения профессиональных задач, то есть трудоспособность и творческую активность, необходимые для выполнения главной работы – архитектурного проектирования. Компенсация этого возможна за счёт увеличения времени работы, количества сотрудников, снижения творческой составляющей проектных решений, формализации подходов к работе. В крупных организациях, выполняющих проектирование в ТИМ и использующих зарубежный опыт, в архитектурной мастерской выделяют специальную группу, которая выполняет творческую часть работы – разрабатывает концепции архитектурных решений в «ручном» режиме. Их задача обеспечить оригинальность и привлекательность архитектуры. Далее эскизы концепций передаются для оцифровки и создания BIM-моделей проекта. Так, анализ рынка труда США показывает небольшой (3–4%), но устойчивый спрос на архитекторов, способных рисовать архитектурные эскизы от руки [5]. С одной стороны, это логичное решение проблемы, но с другой стороны, возникает необходимость увеличения состава сотрудников архитектурной мастерской и организации работы, а также условного разрыва процесса проектирования, что может вызвать несогласованность и нежелательную трансформацию архитектурных решений при переходе от концепции к следующим стадиям проектирования и свести на нет творческие качества начального замысла. Как уже не раз показывал опыт, когда предпроектные и проектные решения выполняют разные архитекторы, объёмно-планировочные и архитектурно-художественные решения могут существенно меняться и искажаться.

Здесь уместно упомянуть высказывания некоторых экспертов, о том, что сегодня в процессе внедрения в архитектурное проектирование ТИМ слишком много внимания

уделяют программным средствам проектирования, тогда как они служат всего лишь инструментом оформления документов и не обеспечивают качества архитектуры, которая является не цифровой средой, а прежде всего искусством<sup>3</sup>.

Согласно мнению некоторых экспертов, внедрение ТИМ увеличит стоимость и время проектирования, но на этапах строительства, эксплуатации снизит расходы и повысит качество принимаемых решений [6]. Однако применение BIM-модели на стадии строительства и эксплуатации архитектурного объекта тоже потребует вложений теперь уже строителей и эксплуатирующих организаций в соответствующее ПО, оборудование и создание необходимого штата специалистов, их регулярное обучение и т.п.

Поэтому достоверность расчётов о компенсации вложенных средств и получения экономического эффекта требует подтверждения практикой, учёта всех нюансов необходимых мероприятий на объектах разного уровня сложности, на разных этапах их жизненного цикла. Однако необходимый практический опыт применения ТИМ пока отсутствует, так как отдельных примеров ещё недостаточно для достоверного обобщения и сопоставления результатов.

Опыт проектирования некоторых компаний показывает повышение стоимости и увеличение сроков проектирования при применении ПО BIM [1; 7; 8]. Поэтому организации, которые используют новые технологии для формирования проектной документации, в своём большинстве делают это формально, применяя их не в полном виде на базе среды общих данных, а используя частичное решение в виде консолидированной модели, которая является более дешёвым и доступным вариантом, но не даёт полных возможностей работы с данными. Также часто можно столкнуться с ещё более дешёвым, но формальным выполнением проекта в BIM посредством механического экспорта проектных материалов, без рабочей взаимосвязи между ними. Полученные таким образом модели невозможно использовать в дальнейшем.

Многие архитекторы считают, что обязательность выполнения BIM-модели приведёт к скрытой монополизации рынка проектирования. Ресурсы и объём работ субъектов малого и среднего предпринимательства (МСП) не дадут окупить затраты, что формально ограничит их права [5]. По пессимистичным оценкам, рынок могут покинуть 80–90% проектных организаций [6].

Учитывая, что требования и необходимые для включения в BIM сведения обширны, можно предположить, что даже компании, которые готовы к их применению, будут испытывать сложности. Чтобы поддержать процесс внедрения ТИМ, государству или сообществу для передачи опыта необходимо организовать публичное ознакомление с пилотными проектами, применение инновационных классификаторов, вложенных в открытый доступ. Пока нет чётких данных какова

<sup>2</sup> Обязательный переход на BIM с 2022 года – реальность, фарс или диверсия? // Агентство новостей «Строительный бизнес», 23.03.2021 (<http://ancb.ru/publication/read/10982>).

<sup>3</sup> BIM или не BIM: 4 «за», 4 «против» // Archi.ru, 25 октября 2016 г. (<https://archi.ru/russia/70983/bim-ili-ne-bim-4-za-4-protiv>).

статистика проектов уже сделанных, в том числе полного цикла, не уточнены регламенты новой работы, и это нельзя сделать быстро [6].

Здесь следует отметить, что отечественный опыт полностью координируется с международной практикой, где также основными причинами медленного внедрения ТИМ называются финансовые проблемы, сложности в обучении персонала, отсутствие государственной поддержки [9], которая должна быть не разовой, а системной [10]. Кроме того, невозможно обеспечить предсказуемую эффективность ТИМ, пока не накоплен опыт её применения при проектировании и на всех стадиях жизненного цикла архитектурного объекта [11]. Очевидна также зависимость эффективности внедрения ТИМ от размера проектной, строительной и эксплуатационной компаний, числа сотрудников, наличия крупных объектов, позволяющих нести необходимые расходы на внедрение новых технологий [12]. Немаловажным фактором являются такие проблемы ПО, как сложность использования, слабое развитие интерфейсных методов, неотлаженная технологическая адаптация к запросам региональных пользователей, а также стоимость [13].

Очевидно, что переход к применению в проектировании БИМ в настоящее время мало эффективен и массово возможен скорее принудительно, чем добровольно. До сих пор его применяли энтузиасты или компании, рассчитывающие на определённые поощрения (так называемые бонусы). Это является показателем недостаточного развития ПО и преждевременности его широкого внедрения. В этом случае выполнение этой задачи будет формальным и практически бесполезным. При том, что сама идея внедрения ТИМ отвечает требованию перспективного развития отрасли, её внедрение не следует искусственно торопить, а алгоритм реализации не должен быть одинаков для разных по своей специфике и размеру проектных организаций в разных регионах, которым необходимо обеспечить равные возможности на рынке.

Безопасность ПО для архитектурного проектирования – далеко не исключительный вопрос. Может показаться, что им можно пренебречь, если не проектировать секретные или очень дорогие объекты. На самом деле это не совсем так. Прежде всего надо понимать, что поддержку и функционирование ПО обеспечивает разработчик, при этом в некоторых случаях он имеет возможность приостановки работы своего продукта: так, если речь идет о зарубежных разработках (а это большая часть современного программного рынка России), следует помнить, что существует угроза блокировки программ в результате международных санкций. Даже дистрибьютеры, рекламирующие эти программные продукты, на вопрос о возможной блокировке не могут ответить уверенно, выражая только надежду, что этого не случится.

Хранение файлов с проектной документацией в облачной учётной записи и даже размещение рабочей станции в удалённом терминале стало популярным и распространённым среди проектных компаний, так как это позволяет просто организовать командную удалённую работу, обеспечивая доступ к

ПО и материалам через интернет, используя настольный персональный компьютер (далее ПК) на рабочем месте в офисе, дома, в офисе заказчика, а также мобильные устройства на объекте строительства. Представители облачных хранилищ и удалённых рабочих станций успешно рекламируют свои достижения в области новых технологий, гарантии надёжности и безопасности данных. Однако данная схема работы оказывается весьма уязвимой перед санкциями, когда работа основана на использовании сервера за рубежом или в России, но под контролем иностранных или совместных ИТ-компаний.

На основании анализа исследований<sup>4</sup> [14], а также данных таблицы 1 можно сделать вывод, что в настоящее время при проектировании большая часть работ выполняется на базе импортного ПО. Отечественные программы пока что не способны сформировать полноценную базу разработки проектной документации, тем более БИМ-модели. Из них можно найти разработки по выполнению только отдельных стадий или этапов проекта, например расчёта конструкций, построения визуализаций [15].

В целом по номенклатуре и распространению ПО рынок России соответствует зарубежному, то есть предлагает те же программные продукты, умение работать с которыми требуется от архитекторов и инженеров. Так, умение работать с программой Revit обязательно, в среднем, для 71% соискателей рабочих мест, Autocad – 50%, Sketchup – 34%, Photoshop – 29% [5].

То же можно сказать и об операционных системах (далее ОС) как для ПК, серверов, так и мобильных систем, среди которых трудно найти отечественные альтернативы продуктам, что показывает таблица 2. Несмотря на то, что некоторые разработки в России всё же существуют [16–18], во-первых, их немного и ряд из них все равно базируется на иностранных ОС, во-вторых, они требуют существенных доработок. Проблемы внедрения отечественных ОС вызваны сложностями: 1) реализации взаимодействия с ПО для проектирования, которое ориентировано на ведущие зарубежные ОС; 2) исключения конфликтов с оборудованием, которое в настоящее время в своём большинстве является импортным или выпускается по иностранным лицензиям, соответственно по своим характеристикам и ресурсам создаётся под требования зарубежных ОС и приложений. Между тем ОС существенно влияет на безопасность работы в цифровой среде, может блокироваться разработчиком или передавать ему конфиденциальную информацию.

Учитывая рассмотренные факты, можно констатировать глобальную зависимость рынка ОС и ПО от узкого круга иностранных разработчиков, следовательно, при переходе к обязательному применению ТИМ-технологий возникает тенденция лоббирования их интересов, при этом рынок архитектурного проектирования также оказывается зависимым и

<sup>4</sup> BIM или не BIM: 4 «за», 4 «против» // Archi.ru, 25 октября 2016 г. (<https://archi.ru/russia/70983/bim-ili-ne-bim-4-za-4-protiv>).

Таблица 1. ПО, используемое в проектировании в России

ПО	Предназначено для выполнения	Позиционируется как часть или полный BIM (BIM) продукт	Условный показатель востребованности*		Разработчик	Размещение штаб-квартиры
			Проектирование	Разработка BIM моделей		
AutoCAD	Архитектурных и конструктивных решений, инженерных систем	часть	40–70	< 5	Автодеск (Autodesk)	г. Сан-Рафел, шт. Калифорния, США
AutoCAD Civil	Генплана	часть	40–70	< 5		
Revit	Архитектурных и конструктивных решений. Возможность разработки инженерных систем	полный	10–50	61		
Robot Structural Analysis	Конструктивных расчетов	–	< 10	–		
InfraWorks	Решений линейных сооружений, инженерных сетей, участков застройки	часть	< 10	9		
Archicad	Архитектурных решений. Возможность разработки конструктивных решений и инженерных систем	полный	60–90	32	Графисофт (Graphisoft). Входит в концерн Nemetschek	г. Будапешт, Венгрия, г. Мюнхен, Германия
Tekla Structures	Конструктивных решений	полный	40–70	17	Корпорация Tekla	г. Эспоо, Финляндия
Renga	Архитектурной концепции. Возможность разработки конструктивных решений и инженерных систем	полный	10	11	АСКОН	г. С.-Петербург, Россия
КОМПАС ЭД КОМПАС-Строитель	Рабочих чертежей архитекторов, конструкторов, инженеров	часть	10	11		
Allplan	Архитектурных, конструктивных решений и инженерных систем	полный	40–70	6	Немецек (Nemetschek Allplan Systems GmbH)	г. Мюнхен, Германия
MagiCAD	Инженерных сетей и систем	часть	40–70	–	MagiCAD Group	г. Хельсинки, Финляндия
nanoCAD	Инженерных систем	часть	20–70	–	Нанософт	г. Москва, Россия
ЛИРА-САПР	Конструктивных расчетов	часть	40–70	–	ООО «Лира сервис», ООО «ЛИРА САПР»	г. Москва, Россия, г. Киев, Украина
МОНОМАХ-САПР	Расчетов железобетонных конструкций	часть	30–50	–		
Model Studio	Конструктивных решений и инженерных систем промышленных объектов	часть	< 10	–	Си Софт Девелопмент (CSoft Development)	г. Москва, Россия
Project StudioCS	Инженерных сетей и систем	часть	< 10	–		
SCAD Office	Конструктивных решений	часть	< 10	–	SCAD Soft	г. Москва, Россия; г. Киев, Украина
Инжкад	Решений наружных инженерных сетей в среде AutoCad	–	< 10	–	ЭВСОФТ (ZWSOFT (HK ZWCAD SOFTWARE LIMITED))	г. Гуанджоу, Китай
Form•Z Jr	Трехмерного моделирования	–	< 10	–		
VetCAD++	Оформления проектной документации на базе AutoCad	–	< 10	–		
Chief Architect	Архитектурных решений, дизайна, инженерных систем	–	< 10	–	Chief Architect Software	г. Кёр-д'Ален, Айдахо, США
SOFiStiK	Конструктивных решений	часть	< 10	–	SOFiStiK AG	г. Нюрнберг, Германия

\*Примечание: Условный показатель востребованности по 100-бальной шкале приведен на основании исследований [14] и отчёта по исследованию «Уровень применения BIM в России», 2019. // Concurator. – 2019. – 26 с. ([http://concurator.ru/information/bim\\_report\\_2019/](http://concurator.ru/information/bim_report_2019/)).

Таблица 2. Отечественные ОС

ОС	Область применения	Разработана	Разработчик
1	2	3	4
Платформа «Альт» «Альт Рабочая станция», Альт Сервер», Альт Образование», «Альт Линукс СПТ», «Альт 8 СП»	Серверы, рабочие станции и клиенты со встроенными программными средствами защиты информации	На базе Linux	ООО «Свободные программы и технологии», «Базальт СПО»
KolibriOS	Компактные системы	На базе MenuetOS	команда Колибри
«Ось»	Комплексная автоматизация рабочих мест и ИТ-инфраструктура организаций, в т.ч. дата-центров, серверов и клиентских рабочих станций	На базе Linux	Национальный центр информатизации (входит в госкорпорацию «Ростех»)
Astra Linux	Средства обеспечения информационной безопасности обрабатываемых данных	На базе Linux	НПО «Русские базовые информационные технологии» (РусБИТех)
ROSA Linux	Домашние и корпоративные системы	На базе Linux	ООО «НТЦ ИТ РОСА»
Calculate Linux	Домашние и корпоративные системы	На базе Linux	компания «Калкулэйт»
«Ульяновск.BSD»	Домашние и корпоративные системы	На основе платформы FreeBSD	Сергей Волков
ICLinux	Системы обработки информации ограниченного доступа, не относящейся к государственной тайне	На базе Linux	АО «АйСиЭл-КПО ВС»
«Альфа ОС» (Alfa OS)	Офисные приложения	На базе Linux	компания ALFA Vision
«Эльбрус»	Вычислительные комплексы с архитектурой SPARC и «Эльбрус»	На базе Linux	АО «МЦСТ»
«Ред ОС»	Обеспечение безопасности обрабатываемых данных	На базе Linux	компания «Ред Софт»
GosLinux («ГосЛинукс»)	Системы органов власти	На базе Linux	«Ред Софт»
AlterOS	Системы государственного сектора	На базе Linux	ООО «Алми»
Мобильная система Вооружённых Сил (МСВС)	Стационарные и мобильные защищённые автоматизированные системы Вооружённых Сил	На базе Linux	Всероссийский научно-исследовательский институт автоматизации управления в непромышленной сфере им. В. В. Соломатина (ВНИИНС)
«Заря»	Системы силовых ведомств, госсектора и оборонных предприятий	На базе Linux	ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт экономики, информатики и систем управления» («ЦНИИ ЭИСУ», входит в «Объединённую приборостроительную корпорацию»)
RAIDIX	Системы хранения данных, в т.ч. Минкомсвязи России	-	компания «Рэйдикс»
Kraftway Terminal Linux	Терминальные станции	На базе Linux	компания Kraftway
WTware	Системы рабочих мест предприятий	-	Андрей Ковалёв
KasperskyOS	Автоматизированные системы управления технологическими процессами, телекоммуникационное, медицинское оборудование, автомобили и т.п.	Создана самостоятельно	«Лаборатория Касперского»
ОСРВ «МАКС»	Интернет соединение устройств роботехники, медицинского оборудования, систем «умного дома» и «умного города», бытовой электроники и т.п.	Создана самостоятельно	«АстроСофт»
«Фантом»	Защищенные станции для офиса и дома	Создана самостоятельно	Digital Zone
Sailfish OS	Мобильные устройства	Куплена за рубежом	Jolla

Примечание: Данные приведены на базе материалов [16–18].

незащищенным от их политики, что безусловно будет влиять и на качество архитектуры в целом.

Этические ограничения применения цифровых технологий в архитектурном проектировании связаны с отрицательными сторонами некоторых современных методов управления проектированием, строительством, нарушающих границы условного личного пространства человека в физическом и психологическом смысле, которые постепенно внедряются в ТИМ.

Так как ТИМ-технологии предусматривают не только разработку проекта, но и организацию процесса проектирования и строительства, а следовательно, и контроль труда проектировщиков и строителей, возникают предложения внедрения в ПО модулей, позволяющих реализовать эти функции под предлогом оптимизации труда и улучшения экономических показателей.

Например, на стадии проектирования в ряде организаций уже существует практика контроля сотрудников, в том числе при дистанционной работе, через ПО, обеспечивающее возможность записи картинки монитора, истории посещения сайтов, открываемых файлов и программ, рабочей активности (количества и трудоёмкости совершаемых операций), в некоторых случаях видео- и аудионаблюдение. Собственно, это является цифровым развитием отрицательных тенденций злоупотребления принципом открытости рабочего места, психологического подавления личного пространства.

Можно обратить внимание на рекламируемую в настоящее время технологию создания так называемого «цифрового двойника» сотрудника [19], которая позволяет за счёт датчиков и видеокамер, специальных костюмов и дронов фиксировать точную последовательность и характер действий человека. В результате работодатель получает возможность отслеживать и оценивать рациональность работы сотрудника (быстро или медленно движется, совершает или нет лишние движения, отклонения от заданной схемы работы), поведение (включая время бездействия или отдыха между операциями, действия во время перерыва) и другие параметры. Аналогична этому внедряемая система «Умная ладошка»<sup>5</sup>, предусматривающая обязательное наличие у работника персонального устройства, которое в режиме реального времени передает на сервер информацию о его активности.

Следует признать, что использование подобных технологий, когда контроль работы проектировщика или строителя переходит в тотальное слежение за ним, больше напоминает систему организации рабского труда, при которой подавляется личность человека и которая приемлема для использования биороботов. Формально это позволяет повысить

производительность труда за счёт отказа от «лишних» перерывов, но на деле отрицательно сказывается на отношении к работе, уменьшает или исключает творческую составляющую, взаимопомощь сотрудников, обеспечив минимально необходимое выполнение формальных требований, что в итоге значительно снижает общую производительность коллективного труда. При этом не принимается во внимание, что рациональной является оценка труда по общему результату, а не формальному нахождению в активном состоянии. С точки зрения этики, гордиться применением цифровых технологий контроля за сотрудниками недопустимо, логично предположить, что в дальнейшем они должны быть запрещены законом как антигуманные.

Технические средства, которые используются для расширения возможностей ТИМ в строительстве и проектировании, включают дроны, мобильные устройства, системы мониторинга, используемые на разных этапах жизненного цикла объекта. Они помогают при проведении и контроле выполняемых работ, оценке состояния конструкций и инженерных систем объекта.

Применение дронов является целесообразным для целого ряда работ<sup>6</sup> [20]: трёхмерного сканирования, геосъёмки площадки при проектировании; оценки хода работ, логистики, геомониторинга при строительстве; мониторинга, ремонта и ликвидации аварий в трудно-доступных местах, охраны при эксплуатации.

Мобильные устройства обеспечивают доступ к BIM-модели на строительной площадке, что необходимо строителям и специалистам, осуществляющим авторский надзор. Их применение позволяет снизить или исключить необходимость использования и хранения большого количества чертежей, контролировать выполнение работ и их соответствие проекту, оперативно решать вопросы корректировок.

Системы мониторинга обеспечивают контроль состояния конструкций, параметров работы инженерных систем, геологических характеристик площадки, при необходимости – окружающей застройки в процессе строительства и эксплуатации.

Однако у данных технических средств есть недостатки. Это, прежде всего, существенная импортозависимость оборудования и комплектующих, что приводит к рискам нарушения работы в случае перебоев с поставками, а также возможности онлайн-контроля разработчиком без уведомления пользователя. Кроме этого, следует отметить вопросы безопасности работы дронов в условиях строительной площадки, на городской территории, где возможно скопление людей, ввиду риска отказов оборудования, ошибок управления, столкновения. Фактором, ограничивающим применение дронов и мобильных устройств, работа

<sup>5</sup> Как система «Умные ладошки» помогает контролировать столичные стройки // mos.ru Официальный сайт Мэра Москвы – 2019. – 19 ноября (<https://www.mos.ru/news/item/65392073/>).

<sup>6</sup> Дроны в строительстве: новые технологии и возможности // Портал Спецтехника и нефтегазовое оборудование (<https://spec-technika.ru/2019/11/drony-v-stroitelstve-novye-tehnologii-i-vozmozhnosti/>).

которых построена на операциях с видеоданными, могут стать погодные условия.

Получается, что, с одной стороны, технические средства значительно расширяют возможности ТИМ, их востребованность подтверждает постоянно повышающийся спрос. Но с другой – существующие недостатки свидетельствуют о преждевременности их массового внедрения и необходимости предварительной серьезной работы в этом направлении.

\*\*\*

Резюмируя изложенное, следует отметить, что внедрение цифровых методов архитектурного проектирования можно расценивать как объективный и необходимый процесс, начальная цель которого помочь проектировщику в выполнении механических операций, осуществлении контроля за разработкой документации, организации работы и т.п. Однако рассмотрение существующих инструментов ТИМ показывает, что предсказываемый отдельными специалистами экономический эффект преувеличен и на практике применение БИМ-модели пока вызывает повышение стоимости работ, а значит, и конечного продукта. Кроме того, это возможно только для крупных компаний с учётом большого объёма работ, но для СМП будет связано с существенными сложностями организационного и финансового характера. Внедрение БИМ на обязательной основе может привести к вытеснению небольших архитектурных мастерских с рынка проектирования. Применение данных технологий на всех этапах жизненного цикла объектов гражданского строительства пока нельзя считать полноценно апробированным.

На сегодняшний день не обеспечена безопасность ПО в части работы самих программ и используемых в проекте данных, в том числе по причине существенной импортозависимости. Остаются нерешёнными этические проблемы применения ТИМ, приводящие к нарушению социальных норм общества. Технические средства, обеспечивающие применение цифровых технологий на различных стадиях жизненного цикла архитектурного объекта, пока ещё не являются отработанными, и их применение связано с рядом проблем, в их числе стоимость, безопасность, надёжность.

Таким образом, массовое применение ТИМ в архитектурном проектировании, а тем более обязательное, на данной стадии их развития следует считать преждевременным и даже опасным. В данном направлении необходимо проведение работ в части 1) повышения эффективности БИМ за счёт совершенствования ПО; 2) обеспечения безопасности ПО посредством импортозамещения и создания отечественной базы данных продуктов; 3) импортозамещения, совершенствования и массового производства технических средств, что позволит повысить их надёжность и снизить стоимость; 4) соблюдения этических норм на законодательном и нормативном уровне.

Выполнение ТИМ требует проведения большой работы, значительного времени и вложения средств, в том числе на

базе государственных ресурсов управления, прежде чем отчитываться о достижении положительных результатов, но это необходимо сделать, чтобы обеспечить качественный переход на новый уровень архитектурного проектирования.

#### Библиографический список

1. Проблемы внедрения BIM-технологий в строительном секторе: обзор научных публикаций [Электронный ресурс] / С.Г. Абрамян, А.О. Котляревская, О.В. Оганесян [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 9 (60). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6202> (дата обращения: 05.04.2021).

2. Бачурина, С.С. Инвестиционная составляющая в проектах внедрения BIM-технологий / С.С. Бачурина, Т.С. Голосова // Вестник МГСУ. – 2016. – № 2. – С. 126–134.

3. BIM4Ren: Barriers to BIM Implementation in Renovation Processes in the Italian Market / M. Elagiry, V. Marino, N. Lasarte [et al.] // Buildings. – 2019. – Vol. 9 (Iss. 9). – Article Number: 200

4. Mishchenko, E.S. Improving the quality of training in building information modeling / E.S. Mishchenko, P.V. Monastirev, O.V. Evdokimtsev // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. – Vol. 916. – P. 453–459.

5. Какими программами владеют архитекторы США [Электронный ресурс] // Национальная энциклопедия строительства, 13 марта 2017. – Режим доступа: <http://profidom.com.ua/stati/arkhitektura/20992-kakimi-programmami-vladeyut-arkhitektory-ssha> (дата обращения 05.04.2021).

6. Голиков, А. Внедрение информационного моделирования в России. Для строительства каких объектов обязательно использовать ТИМ [Электронный ресурс] / А. Голиков // VC.ru, 13.10.2021г. – Режим доступа: <https://vc.ru/legal/166499-vnedrenie-informacionnogo-modelirovaniya-v-rossii-dlya-stroitelstva-kakih-obektov-obyazatelno-ispolzovat-tim> (дата обращения 05.04.2021).

7. Абалтусов, Ю.А. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании / Абалтусов Ю.А., Чатуров В.В. // Молодой учёный. – 2019. – № 25 (263). – С. 151–153.

8. Иванов, А. Мифы и реальность о BIM в строительстве [Электронный ресурс] / А. Иванов // Проектируем здания в Revit. – Режим доступа: <http://www.trusteng.ru/mify-i-realnost-o-bim-v-stroitelstve> (дата обращения 05.04.2021).

9. Gamil, Y. Awareness and challenges of building information modelling (BIM) in the Yemen construction industry / Y. Gamil, I.A. Rahman // Journal of Engineering Design and Technology. – 2019. – Vol. 17 (Iss. 5). – P. 1077–1084.

10. Park, E. Antecedents of the adoption of building information modeling technology in Korea / E. Park, S.J. Kwon, J. Han // Engineering Construction and Architectural Management. – 2019. – Vol. 26 (Iss.8). – P. 1735–1749.

11. Factors influencing BIM adoption in emerging markets - the case of India / R. Ahuja, A. Sawhney, M. Jain [et al.] //

International Journal of Construction Management. – 2020. – Vol. 20 (Iss. 1). – P. 65–76.

12. Silverio-Fernandez, M.A. Evaluating critical success factors for implementing smart devices in the construction industry an empirical study in the Dominican Republic / M.A. Silverio-Fernandez, S. Renukappa, S. Suresh // *Engineering Construction and Architectural Management*. – 2019. – Vol. 26 (Iss.8). – P. 1625–1640.

13. Tekin, H. Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector / H. Tekin, S. Atabay // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*. – 2019. – Vol. 172 (Iss. 3). – P. 145–156. DOI: 10.1680/jmuen.17.00001.

14. Ожигин, Д. Анализ текущей ситуации на российском BIM-рынке в области гражданского строительства / Д. Ожигин // САПР и графика. – 2016. – № 2. – С. 6–16.

15. Згода, Ю.Н. Автоматизированное построение интерактивной визуализации bim-моделей с отображением метаданных [Электронный ресурс] / Ю.Н. Згода, К.А. Шумилов // *Архитектон: известия вузов*. – 2019. – № 4 (68). – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2019\\_4/15](http://archvuz.ru/2019_4/15) (дата обращения 17.05.2021).

16. Крупин, А. Made in Russia: обзор 20 российских операционных систем / А. Крупин // *3Dnews*, 27.09.2017. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/958857> (дата обращения 05.04.2021).

17. Макарова, Ю. Вместо Windows: как российское ПО отвоёвывает рынок / Ю. Макарова // *РБК*, 02.03.2021. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrn/603e321c9a794751e1c187a3> (дата обращения 05.04.2021).

18. Рукасуева, С.Ю. Windows и альтернативные ей операционные системы / С.Ю. Рукасуева, А.П. Багаева // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. – 2011. – Т. 1. – № 7. – С. 459–460.

19. Дерябин С.А. Система цифрового дублирования операционной деятельности работников строительных объектов [Электронный ресурс] / С.А. Дерябин // *Материалы конференции по внедрению цифровых стандартов в строительство; Университет Минстроя НИИСФ РААСН*. 17–18 марта 2021 г. – Режим доступа: <https://niisf.org/konferentsii/vnedrenie-tsifrovyykh-standartov-v-stroitelstvo> (дата обращения 05.04.2021).

20. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности / И.В. Носков, К.И. Носков, С.В. Тиненская, С.А. Ананьев // *Вестник Евразийской науки*. – 2020. – № 5. – Том 12. – С. 27–39.

#### References

1. Abramyan S.G., Kotlyarevskaya A.O., Oganessian O.V., Burlachenko A.O., Dikmedzhyan A.A. Problemy vnedreniya BIM-tekhnologii v stroitel'nom sektore: obzor nauchnykh publikatsii [Problems of implementation of BIM-technologies in the

construction sector: a review of scientific publications]. In: *Inzhenernyi vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]*, 2019, no. 9 (60). Access mode: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N9y2019/6202> (Accessed 04/05/2021). (In Russ.)

2. Bachurina S.S., Golosova T.S. Investitsionnaya sostavlyayushchaya v proektakh vnedreniya BIM-tekhnologii [Investment component in the implementation of BIM-technologies]. In: *Vestnik MGSU [Bulletin of MGSU]*, 2016, no. 2, pp. 126–134. (In Russ.)

3. Elagiry M., Marino V., Lasarte N., Elguezabal P., Messervey T. BIM4Ren: Barriers to BIM Implementation in Renovation Processes in the Italian Market [BIM4Ren: Barriers to BIM Implementation in Renovation Processes in the Italian Market]. In: *Buildings*, 2019, Vol. 9, (Iss. 9), Article Number: 200. (In Engl.)

4. Mishchenko E.S., Monastirev P.V., Evdokimtsev O.V. Improving the quality of training in building information modeling. In: *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, Vol. 916, pp. 453–459. (In Engl.)

5. Kakimi programmami vladeyut arkhitektory SShA [What programs do US architects use]. In: *Natsional'naya entsiklopediya stroitel'stva [National Encyclopedia of Construction]*, March 13, 2017. Access mode: <http://profidom.com.ua/stati/arkhitektura/20992-kakimi-programmami-vladeyut-arkhitektory-ssha> (Accessed 04/05/2021).

6. Golikov A. Vnedrenie informatsionnogo modelirovaniya v Rossii. Dlya stroitel'stva kakikh ob"ektov obyazatel'no ispol'zovat' TIM [Implementation of information modeling in Russia. For the construction of which objects it is mandatory to use TIM]. *VC.ru*, 13.10.2021g. Access mode: <https://vc.ru/legal/166499-vnedrenie-informacionnogo-modelirovaniya-v-rossii-dlya-stroitelstva-kakih-obektov-obyazatelno-ispolzovat-tim> (Accessed 04/05/2021).

7. Abaltusov Yu.A., Chaturon V.V. BIM-tekhnologii. Problemy ikh vnedreniya i perspektivy razvitiya v stroitel'stve i proektirovanii [BIM technologies. Problems of their implementation and development prospects in construction and design]. In: *Molodoi uchenyi [Young scientist]*, 2019, no. 25 (263), pp. 151–153. (In Russ., abstr.in Engl.)

8. Ivanov A. Mify i real'nost' o BIM v stroitel'stve [Myths and reality about BIM in construction]. In: *Proektiruem zdaniya v Revit [We design buildings in Revit]*, 2018, 24.03. Access mode: <http://www.trusten.ru/mify-i-realnost-o-bim-v-stroitelstve> (Accessed 04/05/2021).

9. Gamil Y., Rahman I.A. Awareness and challenges of building information modelling (BIM) in the Yemen construction industry. In: *Journal of Engineering Design and Technology*, 2019, Vol. 17 (Iss. 5), pp. 1077–1084. (In Engl.)

10. Park E., Kwon S.J., Han J. Antecedents of the adoption of building information modeling technology in Korea. In: *Engineering Construction and Architectural Management*, 2019, Vol. 26 (Iss.8), pp. 1735–1749. (In Engl.)

11. Ahuja R., Sawhney A., Jain M., Arif M., Rakshit S. Factors influencing BIM adoption in emerging markets – the case of

- India. In: *International Journal of Construction Management*, 2020, Vol. 20 (Iss.1), pp. 65–76. (In Engl.)
12. Silverio-Fernandez MA, Renukappa S., Suresh S. Evaluating critical success factors for implementing smart devices in the construction industry an empirical study in the Dominican Republic. In: *Engineering Construction and Architectural Management*, 2019, Vol. 26 (Iss.8), pp. 1625–1640. (In Engl.)
13. Tekin H., Atabay S. Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector. In: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*, 2019, Vol. 172 (Iss. 3), pp. 145–156. DOI: 10.1680/jmuen.17.00001. (In Engl.)
14. Ozhigin D. Analiz tekushchei situatsii na rossiiskom BIM-rynke v oblasti grazhdanskogo stroitel'stva [Analysis of the current situation in the Russian BIM market in the field of civil engineering]. In: *SAPR i grafika [CAD and graphics]*, 2016, no. 2, pp. 6–16. (In Russ.)
15. Zgoda Yu.N., Shumilov K.A. Avtomatizirovannoe postroenie interaktivnoi vizualizatsii bim-modelei s otobrazheniem metadannykh [Automated construction of interactive visualization of bim-models with metadata display]. In: *Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: news of universities]*, 2019, no. 4 (68). Access mode: [http://archvuz.ru/2019\\_4/15](http://archvuz.ru/2019_4/15) (Accessed 06/16/2021). (In Russ.)
16. Krupin A. Made in Russia: obzor 20 rossiiskikh operatsionnykh sistem [Made in Russia: a review of 20 Russian operating systems]. *3Dnews*, 27.09.2017. Access mode: <https://3dnews.ru/958857> (Accessed 04/05/2021). (In Russ.)
17. Makarova Yu. Vmesto Windows: kak rossiiskoe PO otvoevyvaet rynek [Instead of Windows: how Russian software wins the market]. *RBK*, 02.03.2021. Access mode: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/603e321c9a794751e1c187a3> (Accessed 04/05/2021). (In Russ.)
18. Rukasueva S.Yu., Bagaeva A.P. Windows i al'ternativnye ei operatsionnye sistemy [Windows and alternative operating systems]. In: *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavtiki [Actual problems of aviation and cosmonautics]*, 2011, Vol.1, no. 7, pp. 459–460. (In Russ.)
19. Deryabin S.A. Sistema tsifrovogo dublirovaniya operatsionnoi deyatel'nosti rabotnikov stroitel'nykh ob"ektov [The system of digital duplication of the operational activities of construction workers]. In: *Materialy konferentsii po vnedreniyu tsifrovyykh standartov v stroitel'stvo [Materials of the Conference on the introduction of digital standards in construction]*, University of the Ministry of Construction NIISF RAASN, March 17–18, 2021. Access mode: <https://niisf.org/konferentsii/vnedrenie-tsifrovyykh-standartov-v-stroitel'stvo> (Accessed 04/05/2021). (In Russ.)
20. Noskov I.V., Noskov K.I., Tinenskaya S.V., Anan'ev S.A. Dron-tekhnologii v stroitel'stve – sovremennye resheniya i vozmozhnosti [Drone technologies in construction – modern solutions and opportunities]. In: *Vestnik Evraziiskoi nauki [Bulletin of Eurasian Science]*, 2020, no. 5, Vol. 12, pp. 27–39. (In Russ.)