

Научная статья

Original article

УДК 69.003.13

doi: 10.55186/2413046X_2024_9_5_257

**ВИМ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ НА
РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ.
ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ И ОЦЕНКА РЕНТАБЕЛЬНОСТИ
ИНВЕСТИЦИЙ**

**VIM TECHNOLOGIES FOR REAL ESTATE OBJECTS AT DIFFERENT
STAGES OF THE BUILDING LIFE CYCLE. BENEFITS OF
IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF RETURN ON
INVESTMENT**



Богатырев Николай Сергеевич, аспирант, Государственная академия промышленного менеджмента имени Н.П. Пастухова - филиал Федерального Государственного Автономного Образовательного Учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Ярославль, E-mail: Nick1000@yandex.ru

Люлин Павел Борисович, д.э.н., Государственная академия промышленного менеджмента имени Н. П. Пастухова – филиал Федерального Государственного Автономного Образовательного Учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Ярославль, E-mail: lyulin@expertcre.ru

Bogatyrev Nikolay Sergeevich, postgraduate, N.P. Pastukhov State Academy of Industrial Management - branch of the Federal State Autonomous Educational

Institution of Higher Education “National Research Tomsk State University”,
Yaroslavl, E-mail: Nick1000@yandex.ru

Liulin Pavel Borisoritch, Doctor of Economics, N.P. Pastukhov State Academy
of Industrial Management - branch of the Federal State Autonomous Educational
Institution of Higher Education “National Research Tomsk State University”,
Yaroslavl, E-mail: lyulin@expertcre.ru

Аннотация. Современное строительство активно внедряет инновационные технологии для оптимизации процессов и улучшения качества конечного продукта. Одной из таких технологий является Building Information Modeling (BIM). BIM представляет собой процесс создания и управления цифровыми моделями, отражающими физические и функциональные характеристики объекта. В статье рассматриваются преимущества внедрения BIM, его влияние на различные стадии жизненного цикла строительных объектов, а также оценка рентабельности инвестиций. Анализируется международный опыт, особенности планирования и реализации BIM-проектов.

Abstract. Modern construction is actively adopting innovative technologies to optimise processes and improve the quality of the final product. One such technology is Building Information Modeling (BIM). BIM is a process of creating and managing digital models that reflect the physical and functional characteristics of an object. The article considers the advantages of BIM implementation, its impact on various stages of the life cycle of construction projects, as well as the assessment of return on investment. It analyses international experience, peculiarities of planning and implementation of BIM projects.

Ключевые слова: BIM, строительные технологии, цифровые модели, проектирование, строительство, эксплуатация, рентабельность инвестиций, жизненный цикл здания, управление строительством

Keywords: BIM, building technology, digital models, design, construction, operation, return on investment, building life cycle, construction management

Современное строительство стремительно развивается, внедряя инновационные технологии, которые позволяют оптимизировать процессы и улучшать качество конечного продукта. Одной из таких технологий является Building Information Modeling (BIM), которая находит все большее применение в строительной отрасли. BIM представляет собой процесс создания и управления цифровыми моделями, отражающими физические и функциональные характеристики объекта. Эта технология позволяет объединить различные аспекты проектирования, строительства и эксплуатации зданий в единую информационную модель, что значительно повышает эффективность и предсказуемость результатов. В данной статье рассматриваются основные преимущества внедрения BIM технологий и оценка рентабельности инвестиций в них, а также их влияние на различные этапы жизненного цикла строительных объектов.

Концепция BIM разрабатывалась с конца 1970х годов. Разработка ArchiCAD началась в 1982 году компанией Graphisoft. Первая версия ArchiCAD 1.0 была разработана для проектирования водопроводных труб, но уже в 1986 году появилась программа Sonata, которая явилась прототипом современного BIM моделирования. Это был первый CAD продукт для персональных компьютеров, способный создавать 2-D и 3-D модели для проектирования зданий. В 1987 году было осуществлено первое 3-D проектирование multifunctional арены в Мельбурне (Rod Laver Arena) и Северного терминала аэропорта Гатвик в Лондоне. Сам термин информационная модель здания впервые появился в статье Ф.П. Толмана и Г.А. Недервина «Modelling multiple views on building» [1].

**BIM технологии на различных стадиях жизненного цикла:
проектирования, строительства и эксплуатации**

BIM — это технология для управления строительными проектами на всех этапах жизненного цикла здания. На стадии проектирования BIM позволяет создавать подробные 3D-модели, оптимизируя проектные решения. В

процессе строительства BIM обеспечивает точность выполнения работ и уменьшает ошибки. На этапе эксплуатации модели помогают в управлении и техническом обслуживании, повышая эффективность и снижая расходы. BIM улучшает координацию между участниками проекта, сокращает затраты, улучшает планирование и повышает безопасность. Внедрение BIM делает управление строительными проектами более эффективным и предсказуемым.

Использование BIM при создании нового объекта недвижимости включает в себя несколько инструментов и методов проектирования, которые используются для того, чтобы сделать каждый этап строительства и проектирования максимально эффективным, безопасным и рентабельным.

Таким образом, применение BIM технологий имеет ряд отличительных особенностей:

- 1) Моделирование. Архитекторы используют инструменты разработки BIM для создания подробных 3D-моделей строительных проектов, экспериментируют с различными дизайнерскими идеями и выявляют потенциальные проблемы, прежде чем внедрять свои идеи в процесс строительства.
- 2) Рабочий процесс. Все исходные данные, информация и идеи, связанные с проектом, хранятся в общем хранилище, доступном архитекторам, инженерам, строителям, владельцам проектов и другим сотрудникам. Среди предоставляемой информации - оценка времени и затрат, пространственное планирование, анализ энергопотребления и освещения, а также выбор строительных материалов.
- 3) Строительство. Строители могут просматривать и корректировать модель и рабочий процесс по мере необходимости с целью обеспечения наилучшего результата.
- 4) Передача управления. После завершения строительства руководители проекта могут передать BIM-модель клиенту или компании по управлению объектами недвижимости для использования в процессе эксплуатации.

Технология BIM объединяет все аспекты, процессы и системы построенного объекта в единую виртуальную модель. Используя BIM, архитекторы, инженеры и строители могут в цифровом виде создавать точную виртуальную модель здания, которое они могут использовать на этапах планирования, проектирования, строительства и эксплуатации здания.

BIM позволяет получать информацию не только о физических, но и функциональных характеристиках зданий. Корректировка BIM модели происходит на протяжении всего жизненного цикла проекта — от концепции до сноса.

В отличие от 3D-моделирования, BIM включает структурированные данные для описания каждого аспекта проекта, от его геометрии и географической информации до оценки затрат, расписания, описания элементов здания, инвентаризации материалов, пространственных соотношений, анализа освещения, а также других параметров.

Используя BIM, архитекторы, инженеры и строители могут создать виртуальные модели здания и инженерных систем, коммуникаций на компьютерах, прежде чем начинать строительство. Они могут выявить потенциальные недостатки проектирования, строительства или последующей эксплуатации до того, как проект начнет реализовываться. Предварительно смоделированная модель позволит своевременно пересмотреть проект и внести корректировки в проектную документацию.

Говоря об этой технологии важно акцентировать внимание на подмножествах BIM. Подмножества представляют собой специализированные области или аспекты, включенные в общий процесс моделирования информации о здании. Эти подмножества могут фокусироваться на конкретных элементах или этапах жизненного цикла здания, предоставляя детализированную информацию и инструменты для решения определенных задач. Подмножества BIM могут быть описаны в измерениях: 3D (объектная модель), 4D (время), 5D (стоимость), 6D

(эксплуатация), 7D (устойчивость) и 8D (безопасность). К любой 3D модели здания можно добавить множество измерений:

– 4D-модель привязывает строительные работы к графикам и 3D-изображениям для создания графического моделирования хода строительства в режиме реального времени, что приводит к повышению производительности.

– 5D-модель добавляет статьи затрат к BIM-модели и позволяет мгновенно формировать бюджеты затрат и финансовые модели с привязкой ко времени, тем самым повышая точность оценки.

– Модель 6D добавляет управление объектами к модели BIM, включая подробные описания строительных элементов, инженерных систем и пр.

– Модель 7D включает в себя компоненты устойчивого развития для BIM, позволяя специалистам в области экологии достигать целевых показателей по выбросам углерода для конкретного элемента проекта, проверять правильность решений или тестировать и сравнивать разные варианты решений.

– Модель 8D добавляет аспекты безопасности как в процессе проектирования, так и в процессе строительства и включает данные о мерах, которые необходимо предпринять для обеспечения безопасного строительства и эксплуатации объекта. [2]

Преимущества использования BIM

1. Повышение эффективности
2. Экономия затрат и ресурсов
3. Оптимизированные графики
4. Сокращение потерь информации
5. Улучшение координации и совместной работы
6. Меньшее количество изменений в процессе строительства
7. Обнаружение и устранение конфликтных ситуаций
8. Гибкость

9. Снижение рисков
10. Предсказуемость результатов
11. Повышение производительности труда
12. Снижение выбросов парниковых газов

Ниже более подробно описаны некоторые из этих преимуществ.

Консолидация информации. Одним из существенных преимуществ BIM является возможность хранения всей необходимой информации в одном месте, единой информационной базе. Это упрощает доступ к данным и снижает вероятность ошибок, возникающих из-за разрозненных источников информации.

Улучшенная коммуникация. Единая информационная база улучшает коммуникацию между архитекторами, инженерами, подрядчиками, клиентами и другими заинтересованными сторонами, участвующими в проекте. Все участники имеют доступ к актуальной информации, что способствует лучшему взаимодействию и координации на всех этапах проекта.

Использование на месте. BIM можно использовать непосредственно на стройплощадке, что означает, что подрядчики имеют доступ к моделям в режиме реального времени и видят все последние изменения. Это позволяет строить и монтировать инженерные системы и коммуникации на основе самых актуальных планов без перерывов рабочего процесса на корректировки. Таким образом, минимизируются конфликтные ситуации, сокращается время на реализацию задач и устраняются проблемы до их возникновения.

Более безопасное строительство. BIM позволяет пользователям прогнозировать потенциальные риски в процессе строительства и предотвращать их, корректируя один или несколько элементов проекта. Подрядчики могут документировать процессы строительства в соответствии

с правилами техники безопасности и проводить оценки рисков на месте. Это способствует созданию более безопасной рабочей среды.

Экономия затрат и ресурсов. С помощью BIM можно произвести оценку стоимости строительства задолго до начала этапа строительства. Эти затраты включают оплату труда, материалы, экономию времени, доставку материалов, доставку сборных или модульных элементов, а также другие расходы. BIM позволяет выполнять большой объем работы небольшой командой, что снижает затраты и улучшает коммуникацию внутри команды.

Повышение эффективности и скорости. BIM позволяет осуществлять параллельное, а не последовательное проектирование и разработку документации, что экономит время и деньги. Такие задачи, как составление графиков, чертежей, оценка, планирование и бюджетирование, могут выполняться одновременно, что позволяет начать строительство раньше. Чем быстрее завершится проект, тем меньше денег на него будет потрачено.

Более качественный результат. Все вышеперечисленные преимущества приводят к более высокому качеству строительных работ. Консолидация информации, улучшенная коммуникация, оперативное использование на месте, повышение безопасности, экономия затрат и повышение эффективности в конечном итоге способствуют созданию более качественного и надежного конечного продукта.

При этом BIM технологии полезны не только во время проектирования и строительства. На этапе эксплуатации и управления зданием дают следующие преимущества:

1. Облегчают выполнение множества оперативных задач в управлении зданием.
2. Мониторинг и контроль соблюдения сроков гарантийного обслуживания оборудования, что позволяет предотвращать просрочки и оптимизировать планы технического обслуживания.

3. Точное определение зон, на которые работает оборудование, что критически важно для планирования работ и минимизации воздействия на арендаторов.
4. Точное расположение элементов инженерных систем и коммуникаций в здании и их назначение для оперативного перекрытия или отключения определенной системы, что повышает эффективность реагирования на аварийные ситуации и сокращает время на поиск нужного элемента системы.
5. Обеспечение мгновенного доступа к технической документации по оборудованию через интерфейс, который позволяет получить всю необходимую актуальную информацию, экономя время и ресурсы сотрудников.
6. Цифровой двойник является комплексным цифровым представлением физического объекта, позволяющее моделировать его поведение в различных условиях и оптимизировать процессы эксплуатации.
7. Единая информационная система является основой для эффективного управления и мониторинга объектов на протяжении всего их жизненного цикла. Это позволяет не только повысить эффективность управления объектами, но и способствует устойчивому сбору и накоплению исторических данных, что является ключевым аспектом для аналитики, планирования ремонтов, модернизации объектов и управления рисками.

Рентабельность внедрения BIM технологий

Несмотря на то, что BIM моделирование стало востребованным инструментом в проектировании уже достаточно давно, но до сих пор достаточно сложно оценить преимущества, которые оно приносит отрасли. На текущий момент не существует стандартного отраслевого метода расчета рентабельности инвестиций (ROI) в BIM по причине сложности выполнения вычислений. Большинство компаний не применяют оценку окупаемости и прибыльности от применения данного продукта.

Сложность заключается в том, что традиционный анализ рентабельности инвестиций не в состоянии отразить нематериальные факторы, которые важны для строительного проекта, такие как предотвращение затрат, которых можно избежать (например невозможно предвидеть количество ошибочных решений при проектировании и строительстве, которых можно было бы избежать при использовании BIM технологий, или предварительно оценить экономию времени или возможную оптимизацию штата персонала обслуживающей компании за счет внедрения BIM, оценить сокращение рисков в процессе проектирования, строительства и эксплуатации). [3]

Поэтому, как ведущий поставщик BIM-технологий, компания Autodesk была заинтересована в исследовании этой темы. Их исследование “Достижение стратегической рентабельности инвестиций: измерение ценности BIM” [4] показывает, что подход к анализу рентабельности инвестиций меняется, поскольку крупные компании стремятся к более детальному пониманию рентабельности инвестиций для обоснования своей стратегии инвестиций и необходимости внедрения инноваций.

Выходя за рамки традиционного расчета рентабельности как отношения прибыли к расходам, компании изучают различные аспекты деятельности фирмы, чтобы разработать обоснованные количественные показатели рентабельности инвестиций в BIM. Исследование Autodesk показывает, что компании понимают какие будут затраты, связанные с внедрением BIM. Однако между компаниями существуют значительные различия в практике измерения или отслеживания инвестиций в BIM как отдельных затрат, отличных от бизнес-операций в целом. При расчете следует учитывать следующие основные затраты:

1. Прямые затраты на рабочую силу, связанные с запуском BIM, необходимы для обеспечения успешного внедрения технологии. Эти затраты включают первоначальное обучение персонала и постоянную поддержку (консультации и обучение нового персонала).

2. Затраты на дополнительного менеджера по BIM или усиление ИТ-структуры компании, чтобы осуществлять корректировки в BIM в процессе жизненного цикла здания.

3. Долгосрочные затраты, связанными с рабочими процессами, такими как интеграция новых данных и информации в модель на этапах процесса разработки проекта или изменение модели во время строительства и последующей эксплуатации. Эти затраты трудно поддаются количественной оценке, но они необходимы для составления полного инвестиционного расчета.

Долгосрочные преимущества BIM достигаются благодаря изменениям во внутренних процессах компании. Эти изменения как правило, создают нематериальные факторы, которые трудно поддаются количественной оценке при расчете рентабельности инвестиций, в их числе:

- снижение количества ошибок;
- улучшенная реализация проекта за счет эффективного использования ресурсов, уменьшение рисков, соблюдения точных сроков, что приводит к увеличению чистого дохода компании;
- повышение общего уровня компетентности персонала, поскольку высококвалифицированный персонал с большей вероятностью захочет работать в фирме, использующей новейшие технологии;

Таким образом, исследование Autodesk [4] показало, что уровень внедрения BIM в фирмах коррелирует с их отчетами о высокой рентабельности инвестиций: большинство опытных пользователей BIM сообщили о высокой рентабельности инвестиций, в то время как только 20% пользователей BIM не имеющих соответствующего опыта в применении данной технологии, могут заявить о том же. Этот анализ показывает, что BIM — это инвестиции, которые требуют терпения и целеустремленности.

Исследования Autodesk показали, что фирмам с опытом внедрения BIM технологий на самом деле оказалось сложнее измерить рентабельность

инвестиций. В некоторых компаниях, которые имеют большой опыт внедрения BIM технологий, подходы к оценке рентабельности инвестиций настолько изменили рабочий процесс компании, что они перестали считать оценку рентабельности BIM критически важной. Некоторые зарубежные менеджеры по BIM комментируют данное решение таким образом, что компании, которые достигли трех-пятикратной окупаемости по сравнению с затратами, вложенными в проект не сильно заинтересованы в расчете рентабельности использования BIM, так как при такой рентабельности проекта в целом, достаточно понимания того, что BIM имеет существенные преимущества при проектировании и строительстве объектов.

Проведя анализ оценки стоимости внедрения BIM среди Российских девелоперов, можно сделать аналогичное заключение. При сравнительно невысоких затратах по сравнению с проектом, внедрение BIM является удобным инструментом в процессе проектирования и строительства, оценку рентабельности которого не проводят, так как это достаточно трудоемко и не является критически важной частью затрат с учетом рентабельности проекта в целом.

На данный момент ROI используется для обоснования решений по конкретным стратегиям, в которых BIM является инструментом, а не для оценки инвестиций в BIM.

Чтобы инвестировать в BIM важно ориентироваться на ожидаемые эффект от применения BIM, такой как повышение производительности проектирования за счет ускорения согласования документов или меньшее количество корректировок концепции, дизайна. Чтобы оценить эти преимущества, компании могут применять реальные показатели, связанные с этими целевыми показателями, наиболее очевидными из которых являются экономия затрат за счет сокращения количества часов, затрачиваемых на проект, или общее сокращение сроков реализации проекта.

Для оценки экономии от внедрения BIM за счет эффективного использования ресурсов, фирма может оптимизировать численность команды проекта и внедрить BIM технологии. Затем фирма может отслеживать время, затраченное на выполнение конкретных задач по этапам, и сравнивать показатели с уже существующими контрольными показателями для аналогичных проектов.

Например, центр комплексного проектирования объектов (CIFE) Стэнфордского университета проанализировал 32 проекта использовавшим информационное моделирование зданий и выяснил, что использование технологии BIM позволило достичь следующих показателей: экономия времени на 7%, уменьшение стоимости контракта на 10%, сокращение времени на финансовую оценку проекта на 80% [5]. При этом, согласно тому же исследованию процесс внедрения сопровождается сначала резким снижением продуктивности, а затем плавным ростом, превышающим уровень до внедрения (см. Рисунок 1.)

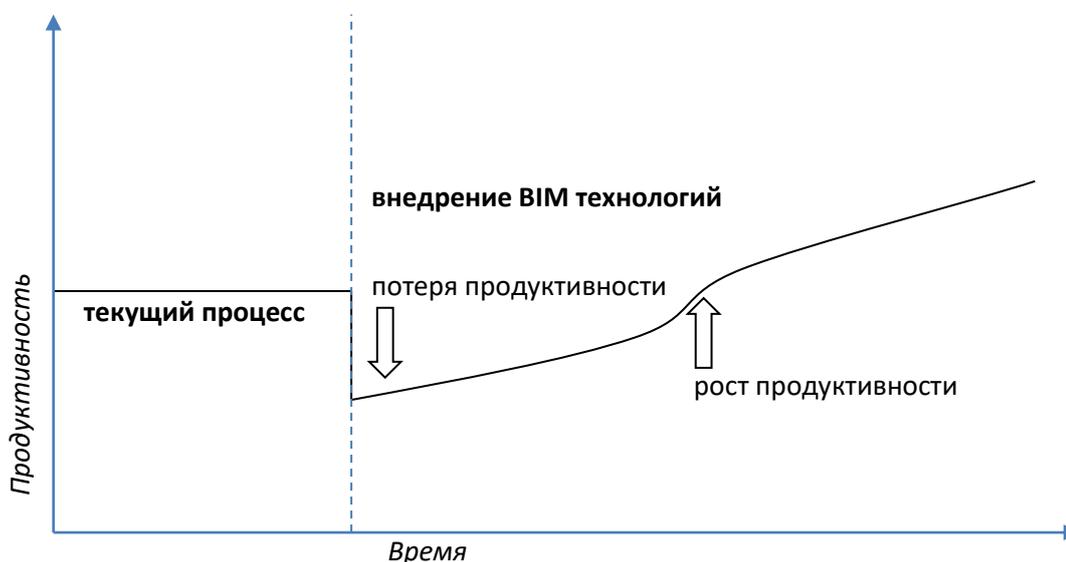


Рисунок 1. Процесс внедрения BIM технологий и продуктивность работы

Компания Autodesk приводит график зависимости продуктивности от времени и предлагает расчет возврата инвестиций в 1й год [6] по следующей формуле расчета возврата инвестиций

$$ROI = \frac{B - \left(\frac{B}{1 + E}\right) * (12 - C)}{A + (B * C * D)}$$

где ROI – возврат инвестиций за 1 й год

A = стоимость программного обеспечения и оборудования (в рублях)

B = ежемесячные расходы на рабочую силу (в рублях)

C = время на обучение (в месяцах)

D = потери продуктивности во время обучения и внедрения продукта (в %)

E = рост продуктивности после внедрения продукта (в %)

Рекомендации для успешного внедрения ВІМ технологий

Эффективное внедрение ВІМ-технологий требует тщательного планирования. Чтобы стать готовым к внедрению ВІМ, необходимо не просто приобрести программное обеспечение и обучить персонал, но и пересмотреть процессы и требования к сотрудникам.

Во-первых, важно привлекать к работе высшее руководство. Высшее руководство должно принимать решения о способах внедрения ВІМ и обеспечивать обратную связь от всех подразделений. Несмотря на то, что сотрудники компании первыми заметят потенциал ВІМ для повышения эффективности, руководство должно поддерживать и контролировать все этапы. Без поддержки руководства, результат от внедрения продукта будет ниже ожидаемого.

Для любого внедрения потребуются финансы, а также могут возникнуть сбои в работе компании в переходный период. Учитывая все обстоятельства, необходима поддержка руководства на протяжении всего процесса внедрения. При взаимодействии с акционерами и заинтересованными сторонами следует подчеркнуть краткосрочные трудности и риски, а не только конечные выгоды.

Во-вторых, важно собрать компетентную команду. В большинстве случаев для контроля за процессом потребуется команда из представителей

различных сфер бизнеса. Привлечение специалистов с самого начала позволит разделить обязанности и гарантировать, что все подразделения обеспечены необходимыми знаниями, что важно для успешного внедрения и последующего формирования проекта.

Члены команды должны быть ознакомлены с причинами внедрения BIM, с целью минимизировать потенциальное сопротивление с их стороны. Любые инновации и изменения в работе персонала вызывают сопротивление новым процессам, поэтому важно уделить внимание для объяснения выгоды от внедрения нового продукта.

В-третьих, следует определить и внедрить стандарты. Для реализации проекта по внедрению BIM необходимо следовать существующим стандартам управления проектами. Также потребуется разработка стандартов в отношении создания моделей и внутренних процессов. Существует целый ряд различных подходов к управлению проектами, и компания, скорее всего, будет следовать (в большей или меньшей степени) одному из распространенных подходов, таких как PRINCE2 или других. Для реализации проекта по внедрению BIM не должно быть отклонений от принятых в компании стандартов.

Также потребуется разработка стандартов в отношении способа создания моделей, используемых внутренних процессов, а также технические и пр. стандарты. Подробная информация о некоторых из наиболее распространенных стандартов приводится на порталах NBS.com, а также на веб-сайтах BIM Level 2 и BIM Task Group.

Нужно провести анализ и документирование процессов, необходимых для внедрения BIM. Это станет полезным инструментом, который позволит учесть все нюансы и убедиться, что ваш новый процесс будет учитывать существующие взаимосвязанные системы и процедуры в компании.

После того как стандарты будут разработаны, необходимо обеспечить их соблюдение с помощью ряда мер контроля.

Анализируя международный опыт по использованию BIM технологий в строительстве, можно выделить Сингапур, как наиболее преуспевающий в данной области. Сингапур один из первых оценил все преимущества и потенциал технологии информационного моделирования зданий. Главную роль в управлении строительной отраслью Сингапура осуществляет организация BCA (Building and Construction Authority), чьи смелые идеи инициировали освоение новых технологий, в том числе и BIM, начиная с 2010 г. Так, к 2015 г. около 100 % проектных организаций перешли на технологию информационного моделирования зданий. Создание интернет портала (Building Information Modeling in Singapore) позволило перенять положительный опыт другими странами. Сайт позволяет получить ценную информацию по использованию наиболее популярного программного обеспечения, такого как Autodesk, Revit Model Management, Graphisoft и др. Сингапурское руководство по BIM (Singapore BIM Guide) с различными доработками была заменена на ныне действующий документ Singapore BIM Guide Version 2. Основные цели этой программы – повышение эффективности строительства на 25 %, переход отрасли на BIM технологию и сокращение числа низко квалифицированных рабочих на строительных площадках.

Применяя указанное руководство, пользователи также могут уточнить роли и обязанности участников проекта при использовании BIM, которые должны быть согласованы между заказчиком и участниками проекта, так как потом они фиксируются в плане выполнения BIM. Полное собрание строительных норм и правил CORENET (Construction and Real Estate Network), публикуемых агентствами по регулированию строительства в Сингапуре, проводит автоматическую проверку (экспертизу) проектов на протяжении всего жизненного цикла проекта. Согласно законодательству, абсолютно все проекты площадью свыше 5000 кв. м получают разрешение на строительство в виде BIM модели [7].

Необходимо также решить, какие инструменты будут использоваться для поддержки новых процессов. Решение о том, какие инструменты вы будете использовать для поддержки ваших новых процессов, нужно принимать, когда вы ознакомитесь с текущими процессами. Понимание того, в чем заключаются текущие проблемы, должно помочь вам определить, как будут использоваться новые инструменты. Конечное решение в итоге принимается руководством предприятия, но предоставление руководству и акционерам полной информации о том, как будет выглядеть внедрение BIM, позволит им принять наилучшее решение.

Проектной команде также необходимо будет определить, насколько хорошо выбранные инструменты работают вместе – обмениваются информацией точно и своевременно, не теряя данных при перемещении файлов между системами и сотрудниками. Понимание этих аспектов интеграции, особенно при использовании нескольких инструментов, поможет определить, где потребуются индивидуальный подход для получения требуемых результатов, а также определить кто лучше всего подходит для выполнения задач и какие сроки их выполнения.

Важно также обучать и развивать персонал. Создание команды лидеров, которые могли бы работать с командой проекта, поможет при тестировании, обучении и проверке принимаемых решений. В рутинной работе по изменению процедур легко “увязнуть”, поэтому эти лидеры могут помочь всем сохранить мотивацию, демонстрируя реальный прогресс.

Понимание процесса внедрения BIM технологии участниками процесса может быть неоднозначным, поэтому необходима разработка плана коммуникаций, которая гарантирует, что у всего персонала проекта будет общий подход к пониманию задач проекта.

Необходимо отточить процесс, сосредоточившись на взаимодействии внутри коллектива, а не только на технологиях. Хотя переход от чертежной доски к САПР был революционным, он принципиально не изменил способ

реализации проектов. В основе ВІМ лежит взаимодействие, поэтому придется подумать о том, как это повлияет на подход к проекту в целом.

Следует ставить реалистичные цели. Преимущества ВІМ очевидны, но для реализации его полного потенциала потребуется время и усилия. Не стоит усложнять ситуацию. ВІМ должен повысить эффективность бизнеса, но без надлежащего контроля можно разработать сложные процессы, которые окажутся менее эффективными. Всегда помните о конечных целях и учитывайте затраты и преимущества каждого процесса. Легко представить себе ВІМ как новое программное обеспечение, которое с самого начала будет делать все что нужно, но на самом деле это нереалистичный сценарий. Поэтому, независимо от того, имеете ли вы дело с акционерами или сотрудниками на местах, важно с самого начала обеспечить реалистичность ожиданий.

Для достижения высоких результатов потребуется время, и на это уйдет не один день. Поддерживать бизнес в обычном режиме при осуществлении масштабной программы внедрения ВІМ непросто, особенно если эти изменения затронут большинство сфер бизнеса. Необходимо взвешивать затраты времени - от потребностей в обучении до закупок оборудования и программного обеспечения, тестирования и принятия решений.

Не стоит усложнять ситуацию. ВІМ должен повысить эффективность вашего бизнеса, но без надлежащего контроля можно начать разрабатывать сложные процессы, которые в конечном итоге окажутся намного менее эффективными, чем существующие способы работы. Важно и помнить о конечных целях вашего внедрения ВІМ и учитывайте затраты и преимущества каждого процесса на каждом этапе, чтобы не выполнять ненужную работу и сохранять гибкость.

Несмотря на то, что ВІМ технологии уже применяются во многих компаниях, процесс их внедрения далек от автоматизма и требует внимания. В идеальном мире программное обеспечение работало бы с первого дня, но в

реальной жизни все иначе. Рассмотрение возможных рисков на каждом этапе процесса, а также мониторинг и снижение этих рисков необходимы для реализации проекта.

По мере того, как все больше и больше компаний вступают на путь собственных разработок в области ВІМ, в ВІМ-сообществе появляется все больше тематических исследований. Использование этих исследований там, где это уместно, может помочь вам извлечь выгоду и избежать ошибок, которые совершили другие компании в процессе внедрения продукта. Поиск организации такой же направленности, как ваша, которая уже прошла или завершает путь по внедрению ВІМ технологий, может быть полезен для получения необходимого опыта.

Важным аспектом успешного внедрения ВІМ является активное участие в профессиональных сообществах и сетях, таких как специализированные конференции, семинары и форумы. Эти платформы предоставляют уникальные возможности для обмена опытом, обсуждения проблем и поиска решений. Например, участие в международных форумах по ВІМ-технологиям позволяет узнать о новейших тенденциях и передовых методах, а также наладить контакты с ведущими экспертами в данной области.

Кроме того, рекомендуется рассмотреть возможность сотрудничества с учебными заведениями и исследовательскими центрами, которые специализируются на ВІМ-технологиях. Это не только поможет обновлять знания и навыки сотрудников, но и может способствовать совместной разработке инновационных решений, которые повысят конкурентоспособность вашей компании. Интеграция академических исследований с практическими потребностями бизнеса позволяет создать более эффективные и адаптированные к реальным условиям подходы к внедрению и использованию ВІМ.

Еще одним полезным шагом может быть проведение внутренних обучающих семинаров и тренингов с участием экспертов, имеющих

значительный опыт в области BIM. Это позволит вашим сотрудникам лучше понять все аспекты и возможности технологии, а также подготовить их к эффективному использованию BIM в повседневной работе.

Таким образом, внедрение BIM-технологий требует комплексного подхода, который включает изучение лучших практик, активное участие в профессиональных сообществах, сотрудничество с учебными и исследовательскими учреждениями, а также постоянное обучение и развитие сотрудников. Такой подход обеспечит успешное внедрение и использование BIM, что приведет к значительному повышению эффективности и качества проектов. [8]

Стоимость внедрения BIM технологий на разных фазах жизненного цикла здания

Проведя анализ рынка и опрос экспертов в данной области, собрав всю имеющуюся информацию по рентабельности вложений в BIM технологии на различных стадиях жизненного цикла здания, можно резюмировать следующее:

1. Стадия концепции и проектирования. На данной стадии стоимость разработки и внедрения BIM значительно ниже, так как создание 3D модели идет параллельно с созданием 2D чертежей. Не требуется лазерное сканирование и нет скрытых трудоемких работ. Затраты на BIM технологии могут составлять от 1 до 3 \$ на 1м² BOMA, что эквивалентно 90 - 270 рублей за м².
2. Стадия строительства. В процессе строительства затраты на BIM будут выше, так как документация уже разработана и 3D модель придется разрабатывать по имеющейся документации и фактически построенным помещениям и инженерным системам. Затраты на BIM технологии составляют 7-9 \$ на 1м², что составляет 630 - 810 рублей за м². На этой стадии BIM позволяет улучшить планирование и управление строительством, что может привести к сокращению сроков и снижению

затрат на строительство. Выручка на этой стадии может быть рассчитана как разница между ожидаемыми и фактическими затратами на строительство с использованием BIM.

3. Стадия эксплуатации и управления зданием. Является самым затратным с точки зрения разработки и внедрения BIM. Процесс создания цифровой модели объекта на данном этапе — это многоступенчатая процедура, состоящая из следующих этапов:

– Этап тщательного анализа и оценки всех доступных документов, касающихся объекта критически важен для обеспечения точности и полноты информации, которая будет использована на последующих этапах моделирования.

– Лазерное сканирование объекта или его отдельных элементов. Это передовой метод, позволяющий получить детальное трехмерное представление объекта. Сканирование можно проводить как для всего объекта в целом, так и для его конкретных частей, в зависимости от требований проекта.

– Создание цифровой модели. На основе данных лазерного сканирования разрабатывается точная цифровая модель, которая воспроизводит все характеристики объекта с высоким уровнем детализации.

– Сбор и актуализация информации об элементах модели. Этот шаг включает в себя выезд инженеров на объект для проведения всестороннего технического обследования. Они проверяют и обновляют информацию, восстанавливают принципиальные и исполнительные схемы, обеспечивая тем самым полноту и актуальность данных в модели.

– Интеграция документации. На этом этапе происходит прикрепление всех имеющихся технических документов к соответствующим элементам цифровой модели. Проводится также поиск недостающих документов, что

позволяет достигнуть максимально полной и всесторонней информационной насыщенности модели.

На данной стадии BIM модели могут быть использованы для более эффективного управления и обслуживания здания до окончания его жизненного цикла. Это может привести к сокращению расходов на обслуживание, повышению энергоэффективности и увеличению срока службы здания. Затраты на BIM технологии так могут составлять 13-17\$ на м², или 1170 - 1530 рублей за м².

4. Стадия реконструкции и модернизации. Затраты зависят от объема реконструкции и модернизации. Внедрение BIM на данном этапе позволяют проводить планирование и проектирование реконструкции и модернизации зданий более точно и эффективно. Рентабельность на этой стадии может быть связана с уменьшением времени исполнения проектов и снижением затрат на выполнение работ.

Таблица 1. Стоимость внедрения BIM технологий на разных этапах строительства

Стадия	Стоимость (\$/м ²)	Стоимость (руб/м ²)
Концепция и проектирование	1 - 3	90 - 270
Строительство	7 - 9	630 - 810
Эксплуатация и управление зданием	13 - 17	1170 - 1530
Реконструкция и модернизация	Зависит от объема реконструкции и модернизации	Зависит от объема реконструкции и модернизации

Кроме того, на всех стадиях жизненного цикла здания потребуется дальнейшая поддержка BIM технологий, которая будет составлять порядка 30 \$/час, обычно требуется 20-100 часов в месяц.

Для вычисления рентабельности от использования BIM моделирования на различных стадиях жизненного цикла здания необходимо провести

анализ потенциальных экономических выгод, связанных с использованием технологии BIM, и оценить их влияние на финансовый результат проекта. Это может включать расчеты сокращения издержек, увеличения производительности, улучшения качества проекта и других факторов.

Внедрение BIM технологий в строительную отрасль открывает широкие возможности для повышения эффективности и качества проектирования, строительства и эксплуатации объектов недвижимости. Консолидация информации, улучшенная коммуникация между участниками проекта, использование актуальных данных на строительной площадке и возможность прогнозирования рисков позволяют значительно сократить затраты и временные ресурсы.

Подводя итоги, можно заключить, что самая высокая рентабельность и самая быстрая окупаемость при внедрении BIM на этапе концепции и проектирования. На других этапах, затраты на BIM могут окупиться только в долгосрочной перспективе и с учетом правильно выстроенных процессов в организации.

Список источников

1. Nederveen G. Modelling Multiple Views on Buildings // Automation in Construction. 1992. pp. 215-22.
2. Kansara A.A. BIM Dimensions – 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D: Details and Benefits [Электронный ресурс] // virtualbuildingstudi: [сайт]. [2023]. URL: <https://www.virtualbuildingstudio.com/blog/bim-dimensions-2d-3d-4d-5d-6d-7d-8d/>
3. How Do You Know if BIM is Worth The Investment For Your Firm? [Электронный ресурс] // ArchDaily : [сайт]. URL: <https://www.archdaily.com/793443/how-do-you-know-if-bim-is-worth-the-investment-for-your-firm>

4. Hoffer E.R. Autodesk // <https://damassets.autodesk.net>. URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/roi-ebook/fy15-q1-aec-btt-ebook-roi-bim-en-asean.pdf>
5. Dehghan R. What is BIM and Importance of BIM in Construction? Ultimate Guide 2024 [Электронный ресурс] // <https://neuroject.com>: [сайт]. [2023]. URL: <https://neuroject.com/bim/>
6. BIM's Return on Investment // <https://autodesk.com>. URL: https://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v40.pdf
7. Бурова О.А.. Применение BIM технологий в строительстве: отечественный и мировой опыт // Вестник МФЮА № 2 / 2020, 2020. pp. 84-90.
8. McPartland R. 10 rules for a successful BIM implementation [Электронный ресурс] // <https://www.thenbs.com>: [сайт]. [2016]. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/10-rules-for-a-successful-bim-implementation>

References

1. Nederveen G. Modelling Multiple Views on Buildings // Automation in Construction. 1992. pp. 215-22.
2. Kansara A.A. BIM Dimensions – 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D: Details and Benefits [Электронный ресурс] // virtualbuildingstudi: [сайт]. [2023]. URL: <https://www.virtualbuildingstudio.com/blog/bim-dimensions-2d-3d-4d-5d-6d-7d-8d/>
3. How Do You Know if BIM is Worth The Investment For Your Firm? [Электронный ресурс] // ArchDaily : [сайт]. URL: <https://www.archdaily.com/793443/how-do-you-know-if-bim-is-worth-the-investment-for-your-firm>
4. Hoffer E.R. Autodesk // <https://damassets.autodesk.net>. URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/roi-ebook/fy15-q1-aec-btt-ebook-roi-bim-en-asean.pdf>

5. Dehghan R. What is BIM and Importance of BIM in Construction? Ultimate Guide 2024 [Электронный ресурс] // <https://neuroject.com>: [сайт]. [2023]. URL: <https://neuroject.com/bim/>
6. BIM's Return on Investment // <https://autodesk.com>. URL: https://images.autodesk.com/apac_grtrchina_main/files/aec_customer_story_en_v40.pdf
7. Burova O.A.. Primenenie BIM tehnologij v stroitel'stve: otechestvennyj i mirovoj opyt // Vestnik MFYuA № 2 / 2020, 2020. pp. 84-90.
8. McPartland R. 10 rules for a successful BIM implementation [Электронный ресурс] // <https://www.thenbs.com/>: [сайт]. [2016]. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/10-rules-for-a-successful-bim-implementation>

© Богатырев Н.С., Люлин П.Б., 2024. Московский экономический журнал,
2024, № 5.