

УДК 004.9

## ОГРАНИЧЕНИЯ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ В АСПЕКТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Алабин А.В., Свищева М.А., Коловертнова Д.Т., Каурова П.И.**

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Москва, e-mail: alabinav@mgsu.ru*

В статье рассматривается возможность использования информационных технологий для разработки проекта реконструкции строительного объекта. Рассмотрены основные отличия проекта реконструкции здания или сооружения от проектирования вновь возводимого объекта. Причины принятия решения о реконструкции и требования к объекту реконструкции. Определены основные ограничения проекта реконструкции в аспекте использования современных информационных технологий при решении подобных задач. В качестве примера приведены отечественный и зарубежный опыт использования отдельных функций информационных систем для поиска рационального решения. Затрагивается тема получения информации о текущем состоянии строительного объекта с целью создания полноценной информационной модели. Приведена схема алгоритма работы с информационной моделью здания и её актуализации. Перечислены наиболее рациональные пути развития строительных информационных технологий для автоматизации поиска оптимального решения. В целях упрощения и унификации предлагается использовать зарубежные стандарты по уровням проработки информационной модели. Описаны пути поиска решения для формализованных и неформализованных параметров. Делается вывод о возможности использования информационных систем для принятия оптимального решения при реконструкции строительных объектов. Решение подобных задач возможно только в случае системотехнического подхода, а также наличии полной и актуальной информации об объекте реконструкции.

**Ключевые слова:** автоматизация, вариантное проектирование, информационные технологии, лазерное сканирование, принятие решений, реконструкция зданий, BIM, LOD

## LIMITATIONS OF A RECONSTRUCTION PROJECT IN THE SCOPE OF USE OF MODERN IT

**Alabin A.V., Svishcheva M.A., Kolovertnova D.T., Kaurova P.I.**

*National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: alabinav@mgsu.ru*

In this article, the possibility of using IT for the development of a reconstruction project of an engineering development is considered. The main differences between a reconstruction project and the development of a new engineering project are addressed. The reasons influencing the decision about the reconstruction and the requirements for reconstruction. The main limitations of a reconstruction project in the scope of use of modern IT for this type of problem solutions were determined. As an example, the domestic and foreign experience of utilization of discrete functions of information systems for the search of an efficient solution is used. The topic of receiving information about the current state of the building project with the purpose of acquiring a complete information model is brought up. The most rational ways of development of constructional IT are listed for the automation of the search of optimal solutions. For the purpose of simplification and unification, we suggest the use of foreign standards on the levels of development work on the information models. The ways of finding solutions to formal and informal settings are described. The conclusion about the feasibility of utilizing IT systems for the optimal problem resolution in reconstruction projects is made. Only in the case when a system engineering approach to the resolution of such problems is used and full and current information about the reconstruction project is available the problem appears solvable.

**Keywords:** automatization, multivariate design, IT, laser scanning, decision making, building renovation, BIM, LOD

Современные информационные технологии проектирования развиваются высокими темпами, и их использование позволяет значительно увеличить производительность процесса проектирования. К сожалению, все современные коммерческие решения в этой отрасли нацелены на рассмотрение задач, связанных с проектированием нового строительства, и ориентированы, в основном, на рынок общественных и жилых зданий. Но всё же в последнее десятилетие в строительной отрасли заметно растёт интерес к осуществлению проектов реконструкции, так как многие здания и сооружения уникальны и для владельцев гораздо выгоднее перестроить свой объ-

ект, чем осуществлять новое строительство на новом месте. Однако объединение этих двух направлений развития строительной отрасли хоть и является актуальным, ещё недостаточно освещено в современных научных разработках и насчитывает ряд ещё не решенных вопросов.

Проекты реконструкции значительно сложнее с точки зрения организации процесса проектирования, в том числе и в части использования современных информационных технологий, и требуют другого подхода к оценке проектных решений. В статье мы сформулируем основные проблемы разработки проектов реконструкции с использованием информационных технологий.

В современной практике уже существуют коммерчески успешные примеры использования информационных технологий для осуществления проектов реконструкции, но эти случаи уникальны и не систематизированы. Наша задача разработка единого системотехнического подхода к осуществлению таких проектов, что, в свою очередь, поможет избежать дополнительных затрат на поиск оптимального решения.

Сейчас реконструкция включает в себя комплекс строительных работ и организационно-технических мероприятий, направленных на приведение конструкций и самого здания в соответствие современным требованиям, таким как повышение энергоэффективности, безопасности, комфорта и экологичности объекта проектирования. Реконструкция промышленного объекта является сложной задачей для проектировщиков, так как при работе над проектом необходимо решить ряд специфических задач. Также объект реконструкции зачастую выполнен с использованием устаревших технологий и не отвечает современным нормативным актам, что тоже необходимо учитывать при проработке вариантов проектирования. Поэтому для успешной реализации таких проектов важно подходить к решению поставленных задач комплексно – учитывать общую инфраструктуру города, технические характеристики здания, приводить параметры здания в соответствие действующим нормам и правилам, разносторонне проводить обследование и с высокой точностью исследовать стоимостные характеристики объекта реконструкции [1].

Из вышесказанного следует, что реконструкция применима только к уникальным и технически сложным в осуществлении проектам, в которых преодоление вышеупомянутых трудностей будет оправдано в плане затрат труда, а также затраты на реализацию реконструкции не будет превышать 65% от осуществления нового строительства [2].

Как отмечается в различных исследованиях, системы автоматизированного проектирования могут оказать значительную помощь в сборе и наглядном предоставлении информации. Но для проектов реконструкции основной задачей является принятие полноценного оптимального решения о возможности и целесообразности реконструкции, а также максимально рациональных методах её проведения. Для этого необходима актуальная и полная информация об объекте существующей застройки, для чего обычной системы автоматизированного проектирования будет недостаточно.

Все современное программное обеспечение в строительной области использует в своей основе концепцию BIM, которая в свою очередь и нацелена на решение подобных технически сложных задач.

BIM – аббревиатура от Building Information Modeling, что переводится как информационное моделирование зданий. Первые упоминания о BIM появились на рынке в конце 80-х годов прошлого века, а первое широкое применение информационных моделей в реальных объектах осуществлялось при строительстве стадионов и других зданий для Олимпиады-2012 в Лондоне. Поэтому Великобритания среди всех мировых держав является «локомотивом» в развитии BIM, и с 2016 года все государственные заказы должны быть реализованы исключительно с его использованием. Несмотря на то, что лишь в некоторых странах внедрение BIM стимулируется со стороны государства, используется оно уже во всем мире. Конечно внедрение BIM вызывает глубокие изменения процессов и информационных потоков, но также оно насчитывает значительные преимущества (например, в смягчении рисков или улучшении управления данными, а также прогнозирование затрат на дальнейшую эксплуатацию). По статистическим данным, основанным на опыте строительных компаний, реализация объекта с использованием информационной модели позволяет сэкономить около 50–70% времени на этапе проектирования и на 80–90% снижается вероятность возникновения ошибок на этапе строительства, так как программа жестко контролирует появление коллизий в модели [3].

Хорошим примером, на котором можно прочувствовать эти преимущества может стать Шанхайская Башня (Shanghai Tower). Проект здания, высота которого составляет 632 метра, а полезная площадь – 420 тыс. кв.м, был реализован на основе концепции BIM с помощью продуктов компании Autodesk. На сайте компании опубликовано резюме проекта [4], в котором генеральный менеджер Shanghai Tower Construction & Development Co., Ltd., Цзяньпин Гу (Jianping Gu) говорит о том, что реализация такого масштабного объекта с помощью традиционных средств и методов проектирования не представляется ему возможной. Осуществление проекта продолжалось 72 недели. Чтобы оценить временные затраты в своём интервью [5] Гэ Цин (Qing Ge), вице-президент и главный инженер вышеупомянутой компании, приводит в пример срок строительства в том же районе здания со аналогичными конструкциями, но примерно в 2 раза уступающего размера

Шанхайской башни и осуществлённого без применения BIM, который составил 70 недель. Как видно, сроки практически совпадают. Как заявляет сам Гэ Цин, оптимизация строительных процессов и устранение неточностей в передаче информации между этапами проектирования и строительства позволило сэкономить около 5% от общей стоимости проекта (500 млн. юаней).

Проектирование зданий при реконструкции безусловно отличается от проектирования нового строительства. Важнейшим этапом создания проекта является анализ и оценка существующих конструкций, и сразу мы сталкиваемся с серьёзной и громоздкой в решении проблемой – обработка и моделирование неопределённых данных, объектов и процессов, происходящих в существующих зданиях, которые еще не рассматриваются в BIM. В Европе 80% жилых зданий, построенные до 1990 года, не имеют строительной документации в формате BIM [6], что отражает в целом ситуацию в строительной отрасли. Относительно промышленных зданий таких сведений нет, но картина схожая. Чтобы создать информационную модель и сократить затраченное на это время и труд сотрудников, разрабатывается огромное количество атрибутов и интеграция методов, таких как семантическое мышление, имеющих важное значение для обеспечения однозначных определений атрибутов и улучшения сбора и обработки информации о здании. Это поможет обеспечить совместимость между BIM и прилагаемыми экспертными функциями и облегчить внедрение BIM в существующих зданиях.

Одним из инновационных способов решения вышеупомянутой задачи является осуществление лазерного 3D сканирования существующего объекта, что позволяет снизить трудозатраты и затраты времени на «ручное» создание информационной модели здания. Помимо зданий, не обладающих документацией в формате BIM, существуют и такие, информационная модель которых уже была создана на этапе проектирования. Но и в таких проектах чаще всего преобладает неполная, устаревшая или фрагментированная информация о здании [7]. Отсутствующая или устаревшая информация о здании может привести к принятию неправильного решения при выборе варианта реконструкции, а затем и увеличенным затратам на переработку проекта. Если такие проблемы не были обнаружены на стадии принятия решения, то подобные ошибки приводят к увеличению стоимости в процессе эксплуатации или даже к потери несущей способности конструкций. Поэтому

к зданиям, имеющим необходимую проектную документацию, требуется повышенное внимание в сверке нынешнего состояния с тем, что отображено «на бумаге», поэтому для некоторых организаций является более оптимальным создание информационной модели заново с помощью уже упомянутого лазерного сканирования [8].

Таким образом этот этап можно изобразить в виде схемы (рисунок).

Первостепенной целью сравнения и анализа созданных вариантов является определение экономической эффективности и целесообразности данного проекта. Для этого необходимо выделить факторы, влияющие на принятие решения об окончательном варианте реконструкции. Например, экономическую эффективность зданий позволят оценить и увеличить такие аспекты, как:

- *непосредственно технологический процесс, который происходит в здании.* Ведь большинство проектов реконструкции связаны с совершенствованием технологического процесса и заменой оборудования на более современное или производительное. Оборудование определяется технологами и не зависит от строителей. При разработке проекта с заменой оборудования необходимо знать массо-габаритные характеристики используемого и планируемого оборудования. Также необходимо учитывать разницу в потребляемых мощностях оборудования, так как для вновь устанавливаемого оборудования зачастую требуются более производительные коммуникации. Также массо-габаритные характеристики влияют на изменение значений и точки приложения нагрузок.

- *возможность максимально использовать существующие конструкции здания с минимальным их усилением, либо дополнением.* При этом необходимо учитывать:

- 1) *старение строительных конструкций* – процесс изменения в процессе эксплуатации физико-химических свойств материалов конструктивного элемента под воздействием агрессивных факторов окружающей среды и механических нагрузок [9]. Так в бетонных и каменных конструкциях образуются трещины, которые под нагрузкой могут раскрыться шире вплоть до разрушения конструкции, а в металлических конструкциях под нагрузкой возникают пластические деформации, которые могут перерасти в пластический шарнир и также привести к разрушению конструкции. Поэтому необходимо своевременно выявлять дефекты существующих конструкций, чтобы обеспечить их усиление или замену на новые.

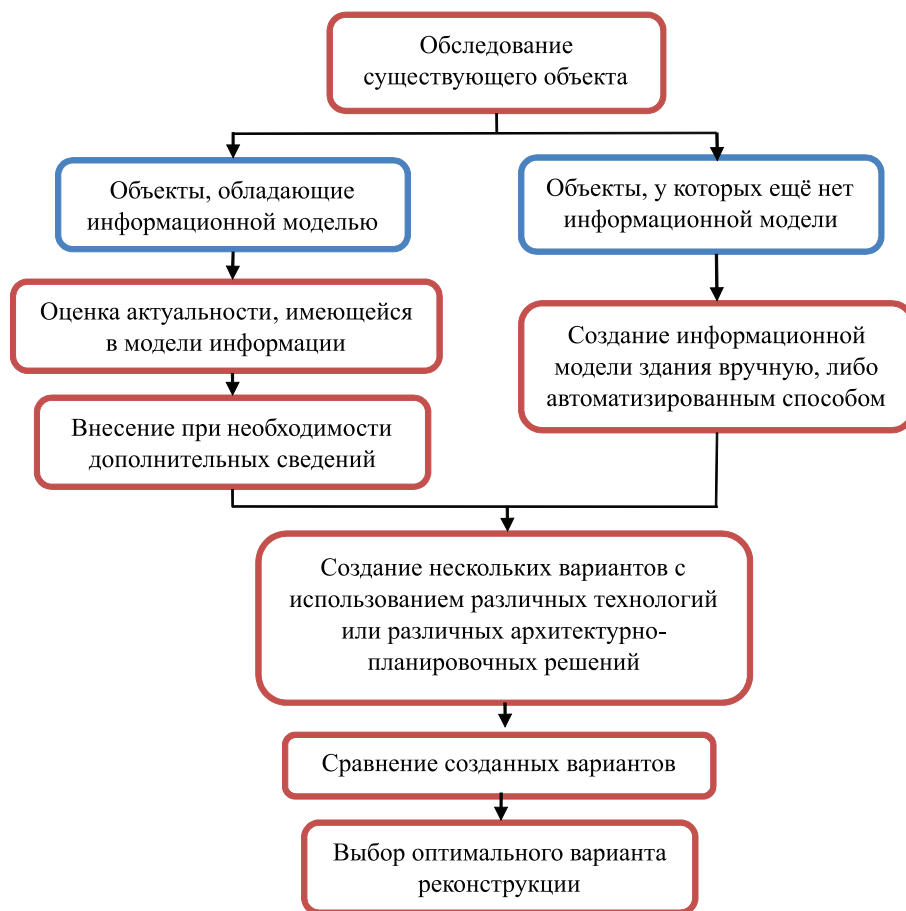


Схема алгоритма работы с информационной моделью здания

2) *изменение и ужесточение требований к надежности строительных конструкций*: так как уже существующие объекты построены, как правило, несколько десятков лет назад с использованием устаревших технологий и с опорой на нормативные документы, которые скорее всего уже были актуализированы или отменены. Они не отвечают требованиям современной нормативной базы, поэтому нужно строго отслеживать и восстанавливать это соответствие.

• *возможность использования более современных материалов*, с тем чтобы снизить влияние, оказываемое на окружающую среду, или уменьшить последующие эксплуатационные затраты. Сейчас вопросы энергоэффективности и экологичности строительных объектов обсуждаются на уровне правительства. Во многих крупных городах страны проводится оценка теплопотерь жилых зданий с целью увеличения эффективности их обогрева. Экологический ущерб, наносимый окружающей среде, также строго отслеживается государственными органами. Уже существует множество

технологий изготовления строительных материалов с использованием вторичного сырья, как например использование отходов металлургической промышленности в остывшем виде в качестве заполнителей для бетона, а также изготовление из жидкотекучих шлаков цементного клинкера, что позволяет уменьшить объёмы захораниваемых отходов, отравляющих в последствии почвы [10]. В США, например, активно строятся небоскребы из металлоконструкций вторичного изготовления, то есть переплавленных из металлолома, а процент таких конструкций в общем объёме здания может достигать 80%.

Для обеспечения сравнимости моделей на различных этапах разработки проекта реконструкции необходимо, чтобы они обладали одинаковым набором параметров, а также эти параметры должны быть отображены в одном виде. Сравнение различных архитектурных и проектных решений необходимо для поиска наиболее рационального варианта реконструкции, это позволяет ещё до выхода на строительную площадку про-

играть различные сценарии работ. Также подобный подход позволяет аргументировать заказчику целесообразность принятых решений. Особенности реконструкции вытекают из выше описанных ограничений, связанных с работой над существующей информационной моделью реального объекта.

Принятие решения для различных аспектов проекта требует различной степени проработки информационной модели объекта реконструкции, так для оценки обеспеченности площадями уровень проработки может быть достаточно низким, но, если мы принимаем решения об использовании существующих строительных конструкций, потребуется более глубокая детализация модели. Предлагается использовать уже разработанные методики, где описываются уровни проработки модели, которые нормируют, насколько детализированной она должна быть для достижения различных целей.

Уровень проработки или LOD – от английского Level of Development – приём в трёхмерной графике, который заключается в создании нескольких вариантов одного объекта с различными уровнями проработки. В большинстве научных работ различают 5 основных разрядов LOD.

Соответственно необходимо выделить подходящий LOD, в котором будут учтены все необходимые показатели, и обеспечить их оценку. При оценке проектных решений выделяют формализованные и неформализованные.

Проблематика использования современных информационных средств при реконструкции зданий и сооружений весьма актуальна. Предлагаемая методика подразумевает общую концепцию автоматизации процесса разработки проектов реконструкции. Рекомендуются использовать итеративный подход при разработке проектов реконструкции с увеличением процесса детализации информационной модели строительного объекта. Использование современных мировых тенденций в области теоретической формализации реконструк-

ции возможно только с учетом особенностей этого процесса. Необходима апробация и верификация научных разработок и внедрение в процесс проектирования соответствующего инструментария. Продвижению научных разработок в области применения BIM может способствовать создание новых, тщательно продуманных нормативных документов, которые будут регламентировать применение данной концепции.

### Список литературы

1. Полётова Е.В. Экономические проблемы ресурсосбережения при реконструкции промышленных зданий / Е.В. Полётова, Р.Г. Абакумов, А.Е. Наумов // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2016. – № 2 (12). – С. 201–205.
2. Жариков И.С. Комплексная реконструкция зданий, состояние и перспективы / И.С. Жариков // Научные труды SWorld. – 2014. – № 4 (26). – С. 3–6.
3. Козлов Н.А. Проблемы внедрения технологий BIM проектирования в России / Н.А. Козлов, К.А. Попова // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2016. – № 1 (15). – С. 18–21.
4. Rising to new highs with BIM [Электронный ресурс]. – URL: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/case-studies/shanghai-tower/shanghai-tower-customer-story.pdf> (дата обращения: 18.03.2018).
5. Большое интервью с руководителем строительства Шанхайской Башни [Электронный ресурс]. – URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=16481](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16481) (дата обращения: 18.03.2018).
6. Economidou M., Laustsen J., Ruyssevelt P., Staniszek D., Strong D., Zinetti S. Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings. – Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011.
7. Becerik-Gerber B., Jazizadeh F., Li N., Calis G. Application areas and data requirements for BIM-enabled facilities management // Journal of Construction Engineering and Management. – 2012. – № 138. – P. 431–442.
8. Gursel I., Sariyildiz S., Akin O., Stouffs R. Modeling and visualization of lifecycle building performance assessment // Advanced Engineering Informatics. – 2009. – № 23. – P. 369–417.
9. Дементьева М.Е. Техническая эксплуатация зданий: оценка и обеспечение эксплуатационных свойств конструкций зданий: учебное пособие для студентов специальности 270105 «Городское строительство и хозяйство» / М.Е. Дементьева. – М.: МГСУ, 2008. – 227 с.
10. Романова И.П. Использование отходов металлургической промышленности в строительной индустрии как способ сбережения природных ресурсов и снижения экологической напряжённости / И.П. Романова, О.Б. Бегунов // Территория науки. – 2016. – № 2. – С. 53–57.