

УДК 004.05

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ**Алабин А.В.***Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), Москва, e-mail: alabinav@mgsu.ru*

Настоящая статья посвящена проблемам применения информационных технологий при проектировании объектов тепловой и атомной энергетики. Рассматривается вопрос информационного сопровождения объектов использования атомной энергии во время всего жизненного цикла, а также вывода из эксплуатации зданий реакторных установок с остаточной наведенной радиоактивностью. Затрагивается тема отсутствия нормативной базы при проектировании уникальных объектов. Проводятся параллели с разрабатываемыми сводами правил, описывающими требования к информационным моделям и правилам формирования проектной документации с использованием современных технологий. Приводится пример формирования единой информационной среды при проектировании технически сложных строительных объектов, разработанной и используемой в ГК РОСАТОМ. Высказывается мнение о необходимости модульного построения информационной среды проектной организации. Делается вывод о необходимости применения положительно зарекомендовавших себя отечественных программных комплексов при проектировании объектов использования атомной энергии.

Ключевые слова: своды правил, единая информационная среда, проектирование уникальных объектов, жизненный цикл здания, вывод из эксплуатации объектов энергетики

ISSUES OF APPLYING INFORMATION MODELING IN ENERGY FACILITIES DESIGN**Alabin A.V.***Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU), Moscow, e-mail: alabinav@mgsu.ru*

This article is dedicated to the problems of applying information technology in facility design of thermal and nuclear energy. Issues of information support throughout life cycle of nuclear energy facility and decommission of reactor units with residual induced radioactivity are considered. Topic about lack of design database of unique facilities is touched on. Parallels were found among the developing sets of rules that describe the requirements to information model and the rules of formation of design documentation using modern technologies. Presented an example of creation of unified information environment in design of technically complex construction sites that is developed and used by ROSATOM GROUP. Stated an opinion on necessity of project organizations' information environment to have module structure. Inference is drawn that it is necessary to use proven national software system in design of nuclear energy facilities.

Keywords: sets of rules, unified information environment, design of unique facilities, facility's life cycle, decommission of energy facilities

В настоящее время отсутствует нормативная база в области информационных технологий в строительстве. Для решения этой проблемы разрабатываются своды правил (СП), описывающие требования к информационным моделям и правилам формирования проектной документации с использованием современных компьютерных технологий. Формирование подходов к созданию этих документов (терминология, использование нормативной базы) вызвало оживленную дискуссию еще на стадии экспертных советов. Большинство вопросов вызывало использование иностранных стандартов. Разрабатываемые в настоящее время своды правил используют зарубежный опыт и не отражают специфику рынка проектирования в РФ.

Большую критику в процессе обсуждения свода правил вызывало лоббирование отдельных компаний, так как часть терми-

нологии и подходов к представлению элементной базы заимствованы из технической документации конкретных разработчиков и не носят унифицированного характера. В сложившейся экономической ситуации логичнее использовать опыт отечественных компаний и терминологию, сложившуюся в крупных проектных организациях. Создаваемые СП планируется использовать прежде всего при выполнении государственных контрактов. При разработке сводов правил необходимо учесть интересы всех потенциальных заказчиков из различных отраслей, и терминология должна быть однозначно понятной заказчику и подрядчику.

Глава 1 статья 4 Федерального Закона от 30.12.2009 № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» определяет 3 уровня ответственности для объектов капитального строительства: повышенный, нормальный и пониженный [1].

К зданиям и сооружениям повышенного уровня ответственности относятся здания и сооружения, отнесенные в соответствии с главой 6 статьей 48 Градостроительного кодекса Российской Федерации к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам. Согласно пункту 1 данной статьи к особо опасным и технически сложным объектам относятся:

1) объекты использования атомной энергии;

2) тепловые электростанции мощностью 150 мегаватт и выше [2].

В проекте СП указано, что правила устанавливаются требования к объектам информационных моделей зданий и сооружений нормального уровня ответственности [3]. Большинство же объектов энергетики, а тем более объектов ядерной энергетики, относятся к повышенному уровню ответственности. Как сказано выше, основной площадкой внедрения СП становятся государственные контракты, к которым относятся и большинство объектов тепловой энергетики. На данные объекты разрабатываемые своды правил не распространяются.

Ведении к СП указано, что в основе технологии информационного моделирования зданий и сооружений лежит разработка и использование виртуальной модели объекта капитального строительства в виде трехмерной информационной модели и совокупности связанных с ней документов [3]. Такая модель возникает на ранних этапах инвестиционно-строительного проекта, развивается по ходу реализации проекта, пополняется информацией, которая используется различными участниками проекта в зависимости от их роли и решаемых задач. В современном процессе проектирования объектов ядерной энергетики эта модель уже вполне успешно реализована.

В госкорпорации Росатом для объединения всех элементов модели разработана собственная система, получившая название Multi-D [4]. Данная система стала результатом многолетней работы инжинирингового дивизиона госкорпорации Росатом. Изначально это была система трехмерного моделирования, разработанная совместно с компанией Toshiba, но впоследствии, с подключением к этой системе различных структурных подразделений, появилась необходимость доработки данного программного продукта, в соответствии с потребностями каждого подразделения, и организации единого информационного пространства.

Особенностью системы Multi-D является моделирование не только самого объекта строительства, но и технологических

решений. Для моделирования технологии служит решение от Компании Dassault Systemes (Дасо Систэм) для создания плоской схемы технологических связей оборудования. После разработки этой схемы модель передается в трехмерную систему, где оборудование компоуется и проверяются связи оборудования. Также существуют системы поиска коллизий для того, чтобы все данные из плоской схемы были правильно перенесены в трехмерную. Объекты для трехмерной модели берутся из специального каталога, доступ к которому имеют производители оборудования. Далее выстраиваются строительные объемы вокруг сформированного технологического оборудования.

Проектные организации строительной отрасли в 46% случаев для создания строительных чертежей используют программную среду AutoCAD. При этом для реалистической визуализации они предпочитают использовать другие пакеты [5].

В процессе конструирования выполняются комплекты чертежей строительных конструкций марок КЖ (конструкции железобетонные) или КМ (конструкции металлические). Для получения чертежей железобетонных конструкций необходимо расположить арматуру в строительных конструкциях на основании прочностного расчета из расчетных САПР (систем автоматизации проектирования). В процессе конструирования подбирается диаметр арматуры, шаг, форма. Размещаются закладные детали. На основании чертежей автоматически создается спецификация. Наиболее успешно инструменты по подготовке чертежей марки КЖ реализованы в программах REVIT (Autodesk), Tekla Structures (Tekla Corporation), ALLPLAN (Nemetschek). По отзывам инженеров наиболее удобный и соответствующий российским нормативам алгоритм армирования предлагает ALLPLAN (Nemetschek). С точки зрения подготовленных кадров наиболее распространенным является REVIT (Autodesk), т.к. его интерфейс схож с интерфейсом AutoCAD. Госкорпорация Росатом для реализации своих проектов выбрала систему Tekla Structures от корпорации Текла. Все вышперечисленное говорит о том, что каждая из программ имеет большой потенциал и дает экономический эффект при правильной организации работ.

При подготовке чертежей марки КМ подбираются металлические профили для изготовления строительных конструкций, а также дополнительные элементы необходимые для крепления металлических элементов конструкций (накладки, фасонки).

Так же, как и в конструировании КЖ, создается спецификация и подготавливаются чертежи для элементов заводского изготовления. Здесь выбор программ тот же, что и при разработке КЖ, но ALLPLAN проигрывает остальным САПР, т.к. алгоритмы работы с металлом и библиотеки элементов реализованы слабо. Наиболее удобной, по отзывам инженеров, является в этом вопросе – Tekla.

Существует возможность моделирования процесса строительства, создания календарных планов, графика производства работ с помощью программы Primavera. Проработка этапов возведения по наиболее сложным строительным процессам позволяет эффективно и безопасно расставить основные машины и механизмы, решить задачу расстановки персонала на объекте, предусмотреть площади близ возводимого объекта для расстановки монтажного оборудования и оснастки, разместить монтажные блоки, организовать безопасное ведение работ. Данное направление только начинает развиваться и в проектной проектировании применяется нечасто, зачастую только для крупных или особо ответственных строительных объектов. Для разработки графика поставки и монтажа оборудования разработана собственная система, которая позволяет отследить полный жизненный цикл изделия от производства до эксплуатации.

Таким образом, данная система вышла далеко за понятие БИМ (BIM Building Information Modelin – информационное моделирование здания) и позволяет оперировать не только с проектной документацией на объект строительства, но и на оборудование, входящее в состав объекта энергетики, потому что, если мы будем забывать про моделирование поведения оборудования, нам будет крайне сложно эксплуатировать такой объект.

Крайне сложной задачей является процесс эксплуатации, в том числе информационное сопровождение объекта с учетом всех проектных и непроектных изменений, происходящих во время эксплуатации. Также сложной задачей представляется процесс вывода из эксплуатации.

В документах Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) под выводом из эксплуатации блока АЭС понимается деятельность на завершающей стадии жизненного цикла блока АЭС, характеризующаяся изменением состояния ядерной энергетической установки и блока АЭС в целом, включающая в себя этапы перевода блока АЭС в ядерно-безопасное состояние и реализацию выбранной стратегии (т.е. достижения заданного конечного состояния энергоблока АЭС) с целью осуществления полного или частичного его освобождения из-под контроля органов регулирования безопасности [6].



Рис. 1. Основы технологии Multi-D



Рис. 2. Единое информационное пространство [4]

При ВЭ (вывод из эксплуатации) блоков АЭС возникает специфическая проблема – радиоактивное загрязнение и активация (наведенная активность) части оборудования, строительных защитных конструкций, боксов и помещений, так называемая остаточная радиоактивность. Хотя таких радиоактивных систем и помещений на АЭС не более 20% от общего количества, именно они определяют принципиальное отличие ВЭ любого промышленного предприятия от ВЭ АЭС [7].

Учитывая потенциальную длительность, сложность и опасность процесса ВЭ, нормативно-технические и руководящие документы Ростехнадзора и Концерна Росэнергоатом предусматривают создание информационной системы базы данных вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС с построением трехмерной имитационной модели процесса вывода из эксплуатации [8].

Основной целью создания и применения имитационной модели ВЭ блока АЭС является снижение издержек и повышение безопасности осуществления выбранного варианта ВЭ блока АЭС за счет системного управления требованиями к проекту ВЭ, многофакторного предварительного компьютерного имитационного моделирования и оптимизации осуществления как всего процесса ВЭ в целом, так и его отдельных наиболее сложных технологических операций, итеративной верификации проекта ВЭ на предмет удовлетворения заданным требованиям [9].

Здесь у госкорпорации Росатом существуют собственные решения, но они не

связаны с основной системой напрямую и разрабатываются на находящиеся в эксплуатации объекты и объекты, подготовленные к выводу из эксплуатации. В частности, можно привести в качестве примера разработки компании Неолант для вывода из эксплуатации Курской и Игналинской АЭС. Ситуация с объектами ядерной энергетики достаточно сложная, так как в процессе эксплуатации в конструкциях накапливается радиация и разбирать такие конструкции без комплексного подхода оценки состояния строительного объекта невозможно. Нужен постоянный мониторинг и информационное моделирование с целью избежать причинения вреда здоровью персоналу при проведении таких работ.

Сложившаяся в ГК Росатом информационная модель проектирования существует как единое информационное пространство, состоящее из следующих компонентов:

- 1) информационные ресурсы;
- 2) средства информационного взаимодействия;
- 3) организационные структуры.

Используя современную терминологию – единое информационное пространство построено по модульному принципу, что отвечает современным требованиям. Модульные системы, предназначенные для реализации крупных проектов, могут адаптироваться для нужд конкретного предприятия с учетом специфики выполняемых работ и масштаба проекта. Унификация информации позволяет создать единую базу данных для хранения информации об объекте проектирования. В современных

информационных технологиях наиболее перспективным является объектно-ориентированное представление информации. Использование компьютерной техники при проектировании и моделировании дает большую экономическую выгоду при относительно малых трудозатратах. Так одним из основных достоинств можно назвать универсальность моделей. Не нужно строить модель каждого строительного объекта физически, все моделирование перенесено в виртуальную среду. Есть достаточно большой математический аппарат для оценки эффективности моделей по различным объективным и субъективным параметрам. Также стоит отметить универсальность моделей, выполненных с помощью САПР. Одна модель может быть легко трансформирована в другую при относительно малых трудозатратах.

Современные универсальные интерфейсы интуитивно понятны для большинства пользователей и позволяют решать различные технические задачи строительной отрасли. Однако следует упомянуть о требованиях к квалификации инженерно-технического персонала, выполняющего расчеты с помощью систем автоматизированного проектирования. Так, довольно сложно отследить ошибки при очень больших объемах информации, используемых при проектировании технических сложных объектов. Еще одна сложность заключается в том, что алгоритм закрыт от конечного пользователя и отследить программные ошибки практически невозможно без проверки данных в сторонних программных комплексах или вручную.

Как отмечал А.А. Гусаков, важнейшие системотехнические проблемы сосредоточены на стыках взаимодействующих систем, что является первоочередной областью применения системотехники как науки об управлении связями и отношениями [10]. Без четкой формулировки ключевых понятий связей каждый участник процесса проектирования понимает свои обязанности в рамках задач информационной системы, ограничиваясь своей областью деятельности. Разработка единой системы моделирования всего жизненного цикла здания – дело крайне затратное и долговременное, так как требуется апробация предлагаемых решений на моделях различной сложности и проработанности.

Для удовлетворения требований, предъявляемых к обеспечению процесса проектирования, необходимо применение интегрированных систем автоматизации проектирования (САПР), отдельные подсистемы которых создаются, возможно, разными разработчиками. Такие системы называются «гетерогенными» [11].

К сожалению, следует отметить, что разрабатываемые в настоящее время нормативные документы (СП) не охватывают всю специфику процесса проектирования сложных строительных объектов. Необходимо расширить область применения разрабатываемых СП на проектирование зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (объекты тепловой энергетики). Для создания предлагается использовать единую информационную систему, разработанную и успешно применяемую госкорпорацией Росатом. Кроме того, модули, из которых эта система состоит, безусловно должны быть использованы при формировании СП информационных моделей зданий и сооружений нормального уровня ответственности. Интегрировать в западные информационные системы жизненного цикла здания смежные отрасли проектирования крайне сложно. Очевидно, что для реализации комплексного подхода к проектированию и моделированию строительных объектов необходимо учитывать опыт больших корпоративных компаний, где применение единых стандартов является приоритетным вопросом.

Список литературы

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ // Собрание законодательства. – 2010. – № 1. – Ст. 5.
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2004 г., № 190-ФЗ // Собрание законодательства. – 2005. – № 1 (часть 1). – Ст. 16.
3. Жук Ю.Н. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла [Электронный ресурс]. – URL: <http://webportalsrv.gost.ru/portal/uednatstandwww.nsf/pbydate/F1467C33FE7D66F84325801800478C75?OpenDocument> (дата обращения: 21.01.2017).
4. Мартышин А.В. Обзор программных комплексов для проектирования применяемых в ГК «АСЕ» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.atomstroyexport.ru/resources/5cab39004fab25f9ac19b5a35f7687f/ASE_group_rus.pdf (дата обращения: 11.05.2017).
5. Лебедева И.М. Использование AutoCAD для повышения наглядности организационно-технологического проектирования // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 202–208.
6. Енговатов И.А. Комплексное инженерное и радиационное обследование в проблеме вывода из эксплуатации энергоблоков АЭС // Вестник МГСУ. – 2013. – № 1. – С. 125–132.
7. Дубровский В.Б., Лавданский П.А., Енговатов И.А. Строительство атомных электростанций. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 368 с.
8. Тихоновский В.Л., Былкин Б.К. Место и роль информационных технологий при выводе из эксплуатации энергоблоков АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2011. – № 4. – С. 113–120.
9. Былкин Б.К., Перегуда В.И., Шапошников В.А., Тихоновский В.Л. Состав и структура имитационных моделей для оценки затрат на вывод из эксплуатации блоков АЭС // Атомная энергия. – 2011. – Т. 110, вып. 2. – С. 66–70.
10. Лавданский П.А., Павлов А.С., Игнатъев О.В. Системный анализ объектов и процессов автоматизации проектирования в строительстве // Вестник МГСУ. – 2012. – № 1. – С. 177–181.
11. Павлов А.С., Лавданский П.А., Игнатъев О.В. Анализ интегрированных систем проектирования строительных объектов // Вестник МГСУ. – 2012. – № 1. – С. 172–176.