

Научная статья
УДК 004.94
doi: 10.17586/2713-1874-2024-2-72-80

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОБНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ BIM-МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Анастасия Юрьевна Новикова^{1✉}, Елена Николаевна Кан²

^{1,2}Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹AN-2709@yandex.ru✉

²2494433@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0009-5446-1893>

Язык статьи – русский

Аннотация: В статье рассмотрено использование средств автоматизации в средах общих данных BIM-моделей объектов капитального строительства. Описано влияние средств автоматизации – bat файлов – на процессы обновления данных в комплексных моделях, в частности bat скриптов, на процессы проектных организаций, осуществляющих BIM моделирование. Рассматриваются вопросы автоматизации процессов обновления данных комплексной модели: «процессов конвертации данных» и «сборки сводных моделей». Моделирование процессов было осуществлено при помощи процессного подхода в нотации BPMN. Процессы описаны в контексте TO BE и AS IS. Сформулированные в процессе TO BE проблемы легли в основу разработки предложений по последовательности создания bat скрипта для автоматизации рутинных задач BIM менеджеров. Оптимизация процессов позволила существенно сократить временные затраты. Расчет временного эффекта позволил обосновать зависимость скорости обновления данных в сводных моделях от внедрения в их осуществление bat файлов, что подтвердило выдвинутую гипотезу. Моделирование процессов в нотации BPMN и разработка средства автоматизации СОД позволили сформулировать предложение по их дальнейшему развитию и полной автоматизации процессов обновления.

Ключевые слова: бизнес-процесс, скрипт, среда общих данных, цифровая трансформация, bat-файл, BIM-модель, BIM-технологии

Ссылка для цитирования: Новикова А. Ю., Кан Е. Н. Автоматизация процессов обновления данных BIM-моделей объектов капитального строительства // Экономика. Право. Инновации. 2024. № 2. С. 72–80. <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2024-2-72-80>.

AUTOMATION OF BIM DATA UPDATING PROCESSES-MODELS OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS

Anastasiia Yu. Novikova^{1✉}, Elena N. Kan²

^{1,2}ITMO University, Saint Petersburg, Russia

¹AN-2709@yandex.ru✉

²2494433@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0009-5446-1893>

Article in Russian

Abstract: The article discusses the use of automation tools in BIM general data environments – models of capital construction objects. The influence of automation tools – bat files – on the processes of updating data in complex models, in particular bat scripts on the processes of design organizations carrying out BIM modeling, is described. The issues of automating the processes of updating complex model data are considered: «data conversion processes» and «assembling summary models». Process modeling was carried out using the process approach in BPMN notation. The processes are described in the context of TO BE and AS IS. The problems formulated in the TO BE process formed the basis for the development of proposals for the sequence of creating a bat script to automate the routine tasks of BIM managers. Process optimization made it possible to significantly reduce time costs. Calculation of the temporary effect made it possible to substantiate the dependence of the speed of data updating in summary models on the introduction of bat files into their implementation, which confirmed the hypothesis. Modeling processes in BPMN notation and developing an ODS automation tool made it possible to formulate a proposal for their further development and complete automation of update processes.

Keywords: bat-file, BIM-model, BIM-technologies, digital transformation, general data environment, business process, script

For citation: Novikova A. Yu., Kan E. N. Automation of BIM Data Updating Processes-Models of Capital Construction Objects. *Ekonomika. Pravo. Innovacii*. 2024. No. 2. pp. 72–80. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17586/2713-1874-2024-2-72-80>.

Введение. Активное развитие цифровых технологий и сопутствующие им усложнение и увеличение числа данных объектов капитального строительства привело к возникновению новых подходов к управлению и контролю сложной средой общих данных объекта. Ключевым подходом последние 15 лет считают информационное моделирование зданий – BIM, содержащее актуальное состояние объекта и входящих в него характеристик. Подобный подход позволяет не только упрощать управление данными, но и предполагает использование на каждой стадии жизненного цикла объекта (например, на этапе проектирования – ускорение прохождения экспертиз, на этапе строительства – сокращение издержек за счет оптимизации и проведения проверок объекта и т.д.).

Кроме того, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 года, все объекты капитального строительства с 2021 года обязаны использовать технологии информационного моделирования, что делает изучение и трансформацию процессов организаций, осуществляющих BIM, приоритетной потребностью отрасли.

Существует множество известных формулировок термина BIM (Building Information Modeling), в рамках работы представим некоторые из них.

1) Взаимосвязанные, настроенные и скоординированные данные о объекте проектирования или стройки, которые имеют привязку к месту и могут быть проанализированы [1].

2) Процесс создания (проектирования) виртуальной 3D модели объекта, которая обладает параметрическими характеристиками и учитывает жизненный цикл моделируемого объекта [2].

3) Процесс создания и использования информационного пространства, содержащего информацию об объекте проектирования и позволяющего принимать управленческие решения на каждой стадии жизненного цикла объекта [3].

Выделив общую мысль рассмотренных определений, авторы предлагают использовать следующее определение: BIM – это комплексное информационное пространство, которое содержит все накопленные данные об

объекте (со всех стадий его жизненного цикла).

В рамках работы рассмотрен один из важных этапов трансформации процессов проектных организаций, осуществляющих BIM – автоматизация процессов. Под автоматизацией процессов будем понимать изменение бизнес-процессов организации с помощью цифровых технологий для качественного улучшения результатов процессов и ускорения их реализации за счет переноса части рутинных задач с людей на устройства [4].

Более подробно рассмотрена автоматизация процесса обновления комплексной информационной модели. В процессе создания и управления моделью сложных объектов капитального строительства данные информационной модели постоянно расширяются и изменяются. Массовое изменение данных порождает огромный массив информации, требующей периодической обработки и последующего обновления комплексной модели путем сбора обработанных данных в сводные модели.

Кроме того, согласно исследованиям [5–7], процесс обновления данных информационной модели нуждается в автоматизации по ряду причин.

1) Взаимодействие с большим числом данных. В BIM-моделях содержится информация о всех элементах модели и всех изменениях в процессе жизненного цикла объекта. При каждом весомом изменении модель нуждается в обновлении данных, что при выполнении «вручную» представляет собой длительный, трудоемкий процесс.

2) Требования к соблюдению структуры выгрузки обновления: BIM-модель содержит в себе упорядоченную структуру ссылок на отдельные части модели. При выгрузке в общую модель обновленных подмоделей требуется строгое соблюдение структуры (для упрощения взаимодействия и управления).

3) Организация работы компаний-участниц с разными программными обеспечениями (ПО) и соответствующими им форматами данных. В наполнении модели данными участвует множество организаций, которые предоставляют данные об частях, узлах модели в форматах привычных им систем автоматизированного проектирования. Поскольку

изменение деятельности всех компаний – длительный процесс, требуется пересмотр подходов к процессам конвертирования данных.

Процесс обновления может происходить на ряде уровней моделей, классифицированных по масштабу: комплексные и сводные модели.

Поскольку комплексные модели представляют собой структурированный набор ссылок на сводные модели, процесс обновления в них происходит автоматически при внесении изменений во входящих сводных. Однако функционал уровня ограничен и заключается в визуализации общего состояния объекта (на уровне невозможно редактирование и проведение проверок входящих данных) [6].

Функционал сводных моделей более обширный, поскольку данный уровень содержит в себе конкретную часть узлов и разделов проекта и их подмодели (архитектурно-строительные сооружения и конструкции, технические решения, электроснабжение и техническое обеспечение и т.д.). Именно на данном уровне происходит сборка актуализированных данных от разных систем автоматизированного проектирования, что позволяет проводить различные манипуляции с входящими данными: проверки на геометрические коллизии (пересечения, дублирование атрибутов и просветы), проверки на корректность атрибутов, замена значений атрибутов в соответствии с требованиями и т.д. Качество и скорость обновления комплексной модели напрямую зависит от входящих сводных моделей.

Из вышесказанного следует, что для общей оптимизации процессов обновления комплексной информационной модели необходима работа с процессами на уровне сводных моделей.

Исследовательская проблема. Для получения более качественных ВІМ-моделей, ускорения сборки и обновления данных в комплексных моделях, в целом сокращения ресурсных издержек, организациям, осуществляющим ВІМ-моделирование, требуется проводить своевременную оптимизацию процессов. Под оптимизацией процессов будем понимать совершенствование бизнес-процессов путем снижения их проблемности

и разработки более эффективного способа осуществления процесса [5].

Предполагается, что увеличение эффективности работы организаций, осуществляющих ВІМ, и скорость обновления данных зависит от использования скриптов в качестве инструмента автоматизации процесса обновления данных в информационных моделях. Для проверки гипотезы в рамках работы было решено:

- провести отбор проблем процесса и оценить их влияние на эффективность осуществления процесса;
- разработать и оценить модели осуществления процесса обновления данных в комплексной ВІМ-модели (в текущем состоянии и как это должно быть): процесса конвертации данных сводной модели и процесса сборки сводной модели;
- разработать универсальный сценарий автоматизации процесса;
- оценить эффективность разработанного сценария на данных конкретного проекта;

Методы и материалы исследования. Существует несколько подходов и языков осуществления моделирования бизнес-процессов, которые можно классифицировать по механизму их работы: функциональный, ментальный и процессный. В качестве метода моделирования в данной работе будет использован один из способов процессного моделирования при помощи нотации BPMN (Business Process Modeling Notation). Процессное моделирование представляет собой беспрерывно выполняемую очередность функций отдельными единицами организационной структуры с целью получения определенного конечного результата. Процессы реализуются в нотации BPMN для упрощения визуализации и корректной имитации реальных процессов организации, осуществляющей ВІМ-моделирование [7].

Для получения информации для анализа проблемности процессов и разработки критериев оценки СОД будет проведен экспертный опрос в проектной организации, осуществляющей ВІМ-моделирование.

Вариант оптимизации (сценарий автоматизации) процессов выполнен на основании практического опыта авторов в написании скриптов, теоретических материалов по теме доступных в сети интернет.

Эффективность разработанного сценария автоматизации будет проверена при помощи показателя скорости осуществления процесса, основанного на времени осуществления процесса до и после использования скрипта.

Полученные результаты. Для анализа проблемности процесса был проведен опрос в организации, осуществляющей BIM-моделирование. Опрос проводился среди 40 участников, из которых 10 – это руководители проектов и 30 – BIM-менеджеры разных уровней. Участники опроса определили и оценили основные проблемы процесса обновления данных в комплексной модели путем присваивания им оценки от 1 до 10 по степени влияния на эффективность осуществления процесса.

Согласно опросу наибольшим влиянием на эффективность обладают проблемы:

1) Необходимость постоянной массовой обработки входящих в информационную

модель данных – 9 баллов (среднее арифметическое значение).

2) Необходимость актуализации входящих в сводные модели данных – 10 баллов.

Исходя из полученных результатов в работе представлен вариант оптимизации (сценарий автоматизации), направленный на решение проблемы с наибольшим влиянием.

Информация для построения процессов была получена в отделе, занимающемся выпуском информационной модели, в проектной организации, осуществляющей BIM-моделирование. В спектр предоставляемых услуг организации включен цифровой инжиниринг на разных этапах ЖЦ объекта капитального строительства.

Для проведения дальнейшей оценки представим процессы обновления данных комплексной BIM модели в его текущем состоянии (Рисунок 1).

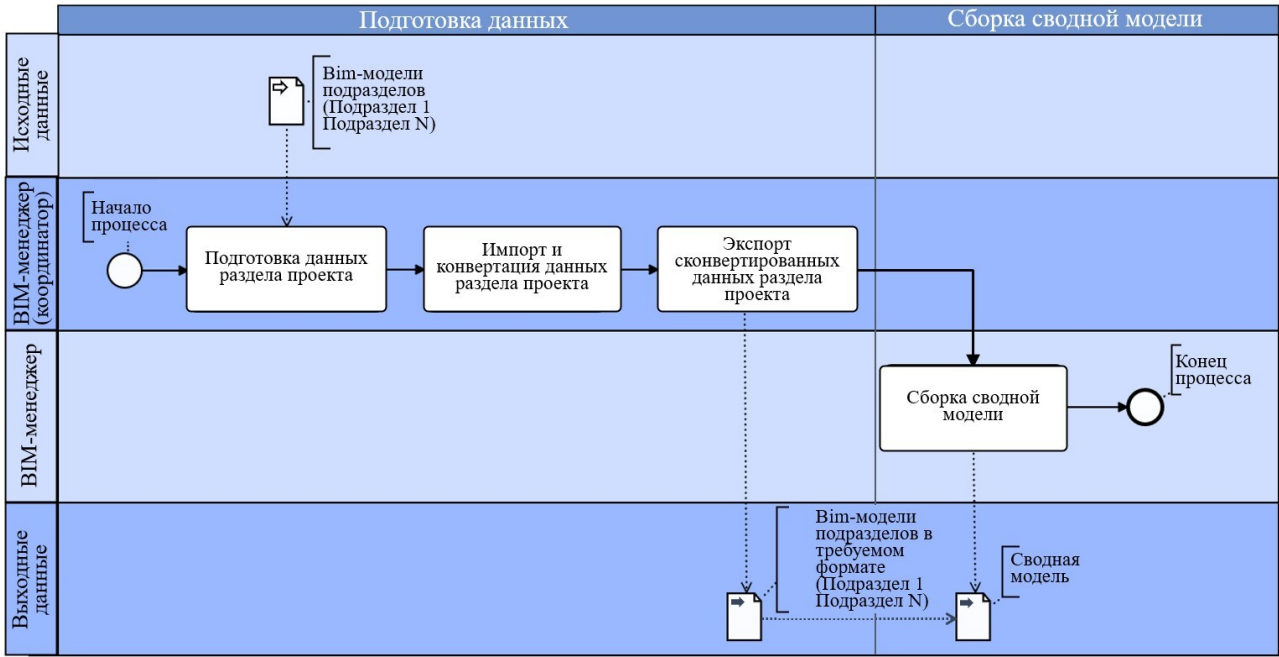


Рисунок 1 – Процесс AS IS конвертации и сборки сводной модели

Источник: составлено авторами на основании процессов реальной организации, осуществляющей BIM-моделирование

Процесс обновления данных комплексной модели включает два основных подпроцесса: конвертирование данных в формат требуемый инструменту осуществления сборки сводных моделей и процесс сборки сводной модели. Исходные данные поступают в модель от различных источников (организаций,

участников, наполняющих модель данными) в разных форматах данных, соответствующих тем инструментам автоматизированного проектирования, с которыми они работают.

Частота поступления обновленных данных зависит от требований заказчиков к актуальности предоставляемой BIM-модели.

С каждым поступлением данных выполняется новая сборка сводной модели при помощи специализированных сред общих данных (СОД). СОД – программное обеспечение обмена, хранения и управления данными BIM-модели на каждом этапе жизненного цикла объекта моделирования [6, 8, 9]. Однако сборка сводных моделей в СОД-системах выполняется только с уникальным форматом данных понятным системе. Для сборки сводной модели необходимо поочередно привести данные к единому формату СОД-системы (произвести поочередную конвертацию).

В качестве примера возьмем проект блочной насосной станции нефтедобывающего объекта, модель которого содержит 150 разделов (архитектурные сооружения – АС, электроснабжение – ЭС, технологические решения – ТХ и т.д.). Частота обновления данных в выделенном проекте – 1 раз в день. Периодическое поочередное конвертирование при этом выполняется посредством самостоятельного взаимодействия BIM-менеджера с ПО и последовательного выполнения процесса. Данный способ не требует дополнительных навыков и может применяться на мелкомасштабных проектах с небольшим количеством входящих данных. При использовании его в проекте из примера, способ порождает большие временные издержки и высокий риск совершения ошибок (потеря данных и дублирование).

В крупных проектах целесообразно применение инструментов автоматизации рутинных процессов BIM-менеджеров. В данной работе рассматривается использование скриптов с использованием параметров командной строки. Скрипт – последовательность действий (сценарий) для интерпретатора командной строки (системы) [10]. Выполнение процессов конвертирования и сборки при использовании скрипта полностью снимает с BIM-менеджера задачу обновления данных, высвобождая время для других задач по сопровождению проекта. Первичное написание скрипта предполагает владение

соответствующими знаниями в языке программирования bat, однако разработанный скрипт может использоваться неограниченно, что значительно снижает риски совершения ошибок.

Анализ СОД-инструментов на предмет соответствия задаче автоматизирования процессов проводился на пяти отечественных СОД-продуктах и двух наиболее популярных решений (Pilot-BIM, Tangl space, CADLib, Larix, Interridge, Navisworks и Solibri). В качестве методики оценки была выбрана классификация по критически важному функционалу. На основании экспертного опроса были разработаны критерии, согласно нуждам конкретной проектной организации:

- условия установки и пользования ПО;
- производительность;
- время для открытия одной модели;
- поддержка работы с форматами данных;
- наличие средств автоматизации.

Информация для анализа была получена из докладов разработчиков СОД-решений, других СОД-содержащих исследований, результатов глубинного интервью пользователей и разработчиков и живых показов некоторых решений [4, 6, 7, 9]. В результате анализа, пять из семи решений поддерживают автоматизацию и имеют необходимые для скрипта параметры. Таким образом, процесс TO BE (как должно) для полученных решений сократиться за счет упрощения процессов.

Импорт данных, экспорт и сборка сводных моделей будет полностью выполняться разработанным скриптом (рисунок 2).

Кроме того, существуют скрипты, не отличающиеся по функциональности в данной задаче и не требующие покупки дополнительного лицензионного программного обеспечения: PowerShell, bat. Для создания, редактирования и запуска скриптов требуются программы, уже встроенные в операционную систему Windows. Выбор конкретного инструмента зависит от потребностей пользователя скрипта.

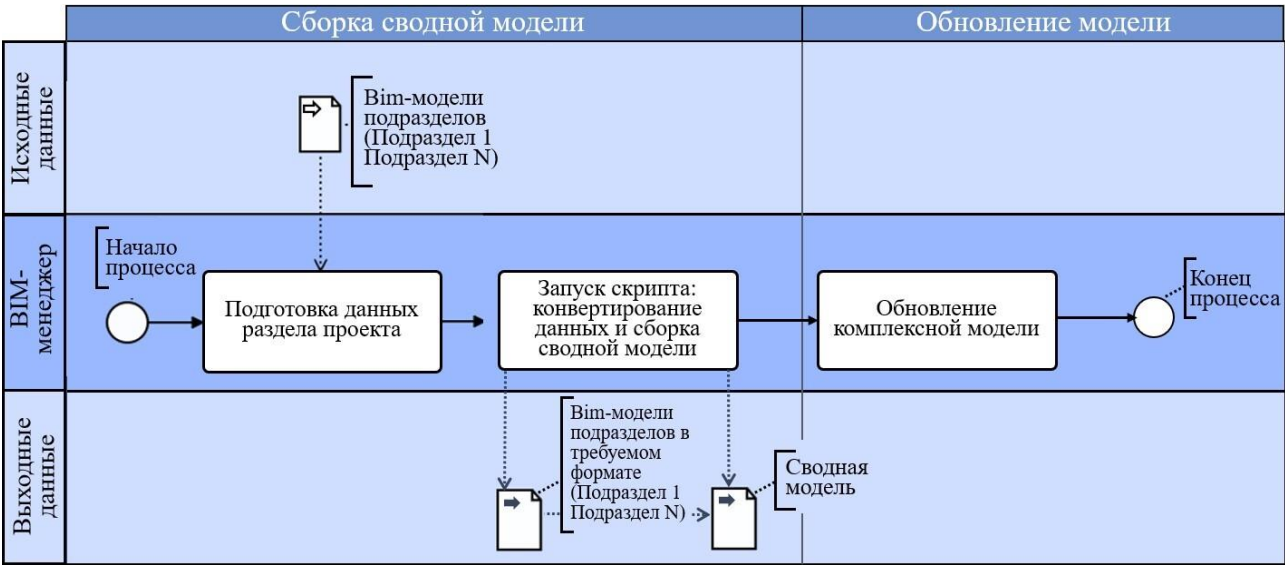


Рисунок 2 – Процесс ТО ВЕ конвертации и сборки сводной модели
Источник: составлено авторами на основании процессов реальной организации, осуществляющей ВМ-моделирование

Для создания bat-скрипта воспользуемся программой «Блокнот». При этом сценарий создания включает:

- 1) Сбор исходных данных для конвертирования и сборки.
- 2) Отбор команд для скрипта и их функциональность.
- 3) Получение данных о параметрах командной строки понятных СОД.

В качестве исходных данных возьмем рассмотренный ранее пример. Опишем список использованных команд и их функциональность (Таблица 1).

Таблица 1

Функционал команд для скрипта

Источник: составлено авторами на основе практического опыта написания скриптов и [4]

Шаг	Функционал	Используемые команды и модификаторы	Пример записи
1	Старт процесса и разгрузка командной строки	1. @echo off 2. setlocal EnableDelayedExpansion	1. @echo off 2. setlocal EnableDelayedExpansion
2	Ввод переменных для циклов/алгебраических выражений	1. set (переменная) = 2. set /A (переменная) += (подсчет суммы)	1. set cnt=0 set num=1 set ext=*.nwd, *.nwc set WorkDir="C:\Mod\ 2. set /A cnt += 1
3	Поиск и сбор в общий массив всех файлов в директории с указанным форматом данных	for/R %(переменная пути рабочей директории) %%% (любая переменная 1 буквой) in (*, %(переменная для форматов)%) do (действия)	for /R %WorkDir% %%N in (*.%ext%) do set /A cnt += 1
4	Поочередное конвертирование файлов из массива	Цикл for/R + 1. Echo (выводит текст); 2. !num! (порядок файла); 3. %%~fI (выводит путь до текущего файла); 4. %%~dpnF (вводит полный путь до текущего файла); 5. «{Параметры командной строки}»	for /R %WorkDir% %%I in (*.%ext%) do (echo обработка файла !num! из %cnt%: %%~fI %exe% "[open("%%~fI")] [save ("%%~dpnI. nwc")] [exit]" set /A num += 1)

Продолжение таблицы 1

Шаг	Функционал	Используемые команды и модификаторы	Пример записи
5	Поочередное добавление файлов в новом формате в сводную модель	for % (переменная пути рабочей директории) % %% (любая переменная 1 буквой) in (*, % (переменная для форматов) %) do (действия) + 1. goto (команда без очереди); Цикл for + 2. %%~dpnF (вводит полный путь до текущего файла); 3. «[Параметры командной строки]»	for %WorkDir% %%F in (*.nwc) do (%exe% [open('%%~dpnF.nwc')] goto: insert files) for %WorkDir% %%F in (*.nwc) do (%exe% [insert('%%~dpnF.nwc')] %exe%"[save ('result. nwc')]] [exit]"
6	Комментирование шагов (для наглядности)	Echo (выводит текст)	Echo Процесс завершен

Параметры командной строки были получены для СОД «Interbridge». Полная запись скрипта осуществляется путем последовательного прохождения по шести указанным в таблице шагам. Кроме того, необходимо учитывать следующие требования:

- на шаге 2 необходимо ввести переменные для пути до СОД, пути до директории с обрабатываемыми данными, форматов данных для дальнейшей конвертации и дополнительные переменные для циклов;

- в шаге 4 и 5 используется ввод параметров командной строки понятные для СОД «Interbridge». При работе с другой СОД необходимо использовать параметры понятные конкретной СОД;

- шаг 6 необязателен и используется для понимания происходящих процессов при запуске файла (может использоваться дополнительно перед шагами 2–5).

Для запуска команд необходимо сохранить написанный скрипт в формате bat с помощью функции «Сохранить как». Двойным нажатием на готовый файл запускается командная строка (встроенная в ОС Windows) и автоматически обрабатывает записанные команды. Для повторного использования bat файла необходимо заменить в скрипте данные о пути до рабочей директории.

Таким образом, использование скриптов позволяет снять часть рутинных задач с BIM-

менеджеров, сокращая процесс обработки и обновления данных. Разработанный сценарий написания скрипта может использоваться не только на проекте из примера. Для адаптации скрипта под другие проекты необходимо заменить часть данных: параметры командной строки (в случае использования другой СОД), форматы обрабатываемых данных, а также пути до новых папок с новыми данными.

Для расчета временного эффекта использования скриптов обратимся к сводной модели из рассмотренного ранее примера. Модель блочной насосной станции состоит из 150 площадок (АС, ЭС, ТХ), каждая из которых включает 3–4 подмодели (файла). Время открытия подмоделей в СОД и сохранения их в требуемом формате напрямую зависит от функциональных возможностей конкретной СОД. Время открытия одной модели в СОД «Interbridge», согласно анализу СОД, составляет одну минуту. В таком случае представим в таблице расчеты временных затрат на самостоятельное осуществление процессов BIM-менеджерами в таблице (Таблица 2).

Согласно разработанному bat скрипту, время полной обработки (конвертирования файлов) составляет 5 сек на 1 подмодель. При подсчете времени на сборку сводной модели учитывается время открытия программы и время на сохранение итоговой модели. Таким образом, представим время на процесс с использованием скриптов (Таблица 3).

Таблица 2

Время на обновление данных сводной модели ТО ВЕ

Источник: составлено авторами на основании информации, предоставленной организацией, осуществляющей BIM- моделирование

Процесс	Временные затраты
Время конвертации данных проекта «вручную», мин	525, 00
Время сборки сводной модели «вручную», мин	25,17
Время обновления данных модели «вручную», мин	550, 17

Согласно разработанному bat скрипту, время полной обработки (конвертирования файлов) составляет 5 сек на 1 подмодель. При подсчете времени на сборку сводной модели учитывается время открытия программы и время на сохранение итоговой модели. Таким образом, представим время на процесс с использованием скриптов (Таблица 3).

Таблица 3

Время на обновление данных сводной модели AS IS.

Источник: составлено авторами на основании информации, предоставленной организацией, осуществляющей BIM- моделирование

Процесс	Временные затраты
Время конвертации данных проекта, мин	43,75
Время сборки сводной модели, мин	2,52
Время обновления данных модели, мин	46,27

Из расчетов можно заметить, что время осуществления процесса обновления данных информационной модели сократилось примерно в 11 раз. Это доказывает прямую зависимость скорости обработки данных от использования скриптов в качестве средства автоматизации процесса.

Для полного обновления данных комплексной модели менеджерам необходимо делать периодический запуск скрипта и реструктуризатора (плагина используемой среды общих данных). Использование реструктуризатора помогает автоматизировать создание правильной структуры данных в комплексных моделях (дерева объектов), которая призвана упрощать дальнейшее взаимодействие с моделью.

В дальнейшем планируется доработка bat-файла для полной оптимизации процессов при помощи автоматического запуска реструктуризатора и запуска скриптов для обработки и сборки по установленному расписанию (планировщиком задач в ОС «Windows»). Это позволит полностью переложить задачу обновления данных комплексной модели с BIM менеджера на компьютер и откроет

возможность перераспределять рабочую нагрузку кадров на поддержание большего числа проектов.

Выводы. Оптимизация процессов обновления данных комплексной BIM модели, а именно, автоматизация процесса конвертации данных сводной модели и процесса сборки сводной модели, позволила существенно сократить временные затраты. Предложенный метод оценки не является исчерпывающим, однако позволяет наглядно оценить эффект от внедрения технологии на примере проекта блочной насосной станции нефтедобывающего объекта. Авторы пришли к выводу, что скорость обновления данных в сводных моделях находится в прямой зависимости от использования bat-файлов в качестве средств автоматизации процесса: при использовании одного разработанного bat-файла время сборки сводной модели сократилось в 11 раз.

Предложения для написания скрипта могут использоваться при работе с любой СОД, поддерживающей автоматизацию и имеющей параметры командной строки. Кроме того, в статье были предложены условия для

адаптации скрипта под использование в других проектах (на иных объектах капитального строительства).

Исходя из вышесказанного, использование bat-файлов в качестве средств автоматизации процесса, позволяет решить небольшую, но важную проблему необходимости

актуализации входящих в сводные модели данных.

Разработка и оценка процессов TO BE и AS IS в нотации BPMN, а также предложение средства автоматизации СОД позволили сформулировать план по их дальнейшему развитию.

Список источников

1. Гулик В. Ю. Перспективы внедрения BIM-технологий // Архитектура, строительство, транспорт. 2021. № 2 (96). С. 58–63.
2. Ильинова В. В., Мицевич В. Д. Международный опыт использования BIM-технологии в строительстве // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 6. С. 79–93.
3. Ямалтдинова Э. И. Информационное моделирование зданий // Достижения науки и образования. 2021. № 1. С. 15–16.
4. Global BIM and Digital Twin for Built Environment Growth Opportunities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/aec/bim-and-digital-twin-report-executive-summary-en.pdf> (In Eng.).
5. Чернявский И. А., Ларин Н. С. Цифровизация процессов на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства // Инженерный вестник Дона. 2023. № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-protseessov-na-vseh-etapah-zhiznennogo-tsikla-obekta-kapitalnogo-stroitelstva/viewer>
6. Сравнительная таблица возможностей решений Autodesk Navisworks и Solibri Model Checker [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pssbim.ru/news/PSS_Solibri_vs_Navisworks.html
7. Темкин А. С. Среда общих данных для крупных проектов. 2023 // Строительный эксперт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/24884>
8. Колчин В. Н. Использование технологии обработки больших данных в строительстве // с. 2023. № 4. С. 285–288.
9. InterBridge – Конвертер инженерных моделей из разных BIM/САПР форматов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.neolant-srv.ru/product/interbridge/>
10. Исупов Н. С. Возможности управления жизненным циклом объекта строительства с применением ТИМ // Вестник ЮУрГУ. 2023. № 1. С. 48–56.

References

1. Gulik V. U. Prospects for the Introduction of BIM Technologies. *Arhitektura, stroitel'stvo, transport*. 2021. No. 2 (96). pp. 58–63. (In Russ.).
2. Ilinova V. V., Mitseвич V. D. International Experience in Using BIM Technology in Construction. *Rossiiskij vneshneekonomicheskij vestnik*. 2021. No. 6. pp. 79–93. (In Russ.).
3. Yamaltdinova E. I. Prospects for the Introduction of BIM Technologies. *Dostizheniya nauki i obrazovaniya*. 2021. No 1. pp. 15–16. (In Russ.).
4. Global BIM and Digital Twin for Built Environment Growth Opportunities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/aec/bim-and-digital-twin-report-executive-summary-en.pdf>
5. Chernyavskiy I. A., Larin N. S. Digitalization of Processes at All Stages of the Life Cycle of a Capital Construction Facility. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2023. No. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-protseessov-na-vseh-etapah-zhiznennogo-tsikla-obekta-kapitalnogo-stroitelstva/viewer> (In Russ.).
6. Comparative Table of Capabilities of Autodesk Navisworks and Solibri Model Checker Solutions. Available at: https://pssbim.ru/news/PSS_Solibri_vs_Navisworks.html (In Russ.).
7. Temkin.A. S. Shared Data Environment for Large Projects. *Stroitel'nyj ekspert*. 2023. Available at: <https://ardexpert.ru/article/24884> (In Russ.).
8. Kolchin V. N. Using Big Data Processing Technology in Construction. *Innovacii i investicii*. 2023. No. 4. pp. 285–288. (In Russ.).
9. InterBridge – Converter of Engineering Models from Different BIM/CAD Formats. Available at: <https://www.neolant-srv.ru/product/interbridge/> (In Russ.).
10. Isupov N. S. Possibilities of Managing the Life Cycle of a Construction Project Using TIM. *Vestnik of SUSU*. 2023. No. 1. pp. 48–56. (In Russ.).