

Автоматизация процесса проектирования вентиляции объекта строительства жилого назначения: пример выбора работ

Ю.Д. Кременецкая¹, С.В. Придвижкин¹, О.М. Зверева¹, А.М. Павлов²

¹ *Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*
² *Компания «Брусника» ОП «Проектирование»*

Аннотация: В работе приведены результаты исследования, целью которого была автоматизация процесса проектирования вентиляции объекта строительства жилого назначения. Система вентиляции является одной из наиболее сложных систем жизнеобеспечения здания, которая оказывает значительное влияние на уровень комфорта жильцов. Автоматизация проектирования такой системы позволит снизить количество ошибок, сократить время и трудозатраты, необходимые для проектирования. В ходе исследования процесс проектирования был рассмотрен, как бизнес-процесс, состоящий из отдельных работ. При моделировании этого процесса в нотации «Как есть» была учтена связь системы вентиляции с другими инженерными системами и ряд других важных факторов. В модели процесса были выделены наиболее длительные и, в то же время, алгоритмизуемые работы. В дальнейшем эти работы были автоматизированы с помощью кода, созданного в среде Visual Studio на языке C#. Это позволило уменьшить количество ошибок и снизить время, затрачиваемое на создание проекта системы вентиляции.

Ключевые слова: Автоматизация, проектирование, система вентиляции, бизнес-процесс, среда Visual Studio.

По мнению экспертов, система вентиляции является одной из наиболее сложных систем жизнеобеспечения здания. От того, насколько корректно она рассчитана и спроектирована, зависит уровень комфорта жильцов. Сложность самой системы не могла не отразиться на сложности процесса проектирования этой системы. Известно, что чем сложнее процесс, тем более высока вероятность возникновения ошибок и появления «узких мест», которые приводят к увеличению его длительности и к дополнительным трудозатратам по их устранению. Поэтому тема автоматизации процесса проектирования вентиляции актуальна и естественно, что была поставлена задача автоматизации такого процесса.

В начале исследования были рассмотрены существующие примеры автоматизации инженерных систем [1-3].

Первым этапом автоматизации является детальное изучение и документирование процесса, т.е. построение его модели.

При моделировании процесса учитывались факторы, отражающие особенности процесса. Следует учитывать, что система вентиляции является частью комплексной системы жизнеобеспечения здания [4], которая включает в себя такие системы, как систему отопления, водоснабжения, канализации, пожаротушения и электроснабжения. Например, система вентиляции может влиять на эффективность работы системы отопления, создавая определенный микроклимат помещения и определяя энергоэффективность здания в целом [5-8]. Это приводит к необходимости согласований с проектировщиками других систем.

При проектировании раздел вентиляции должен быть согласован с такими разделами как: архитектура, электрика, отопление и кондиционирование воздуха. Пример связей раздела «Вентиляция» с другими разделами, такими как «Отопление» и «Слаботочные сети», показан на рисунке 1.

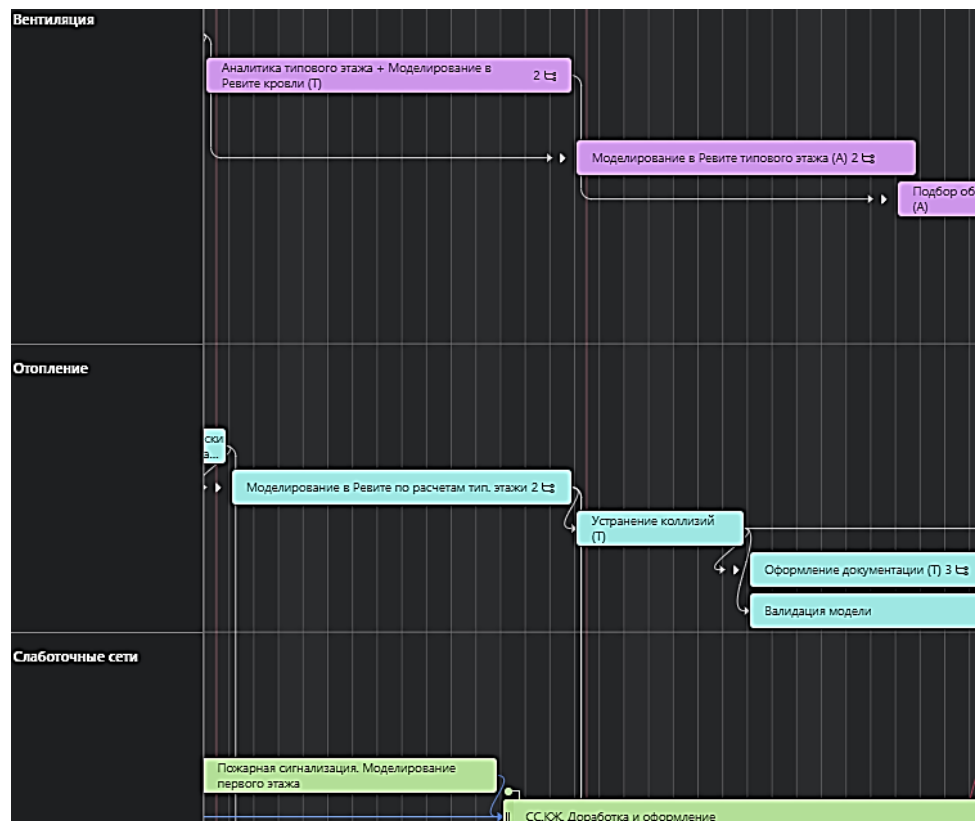


Рисунок 1 – Пример взаимосвязи разделов

Обычно выделяют следующие работы в проектировании вентиляции:

1. расчет воздухообмена,
2. расчет противодымной вентиляции,
3. моделирование систем по подвалу,
4. анализ кровельной части и моделирование систем на чердаке,
5. моделирование систем вентиляции на типовых этажах,
6. подбор оборудования,
7. устранение коллизий,
8. оформление чертежей.

| Вентиляция | | | |
|------------|--|---------------------------------|------------|
| 1 | Расчет воздухообмена (А) | 4 дек 2023 г. – 12 дек 2023 г. | Вентиля... |
| 2 | Расчет противодымной вентиляции (А) 3 | 19 дек 2023 г. – 19 дек 2023 г. | Вентиля... |
| 3 | Моделирование в Revite систем по подвалу 2 | 20 дек 2023 г. – 2 янв 2024 г. | Вентиля... |
| 4 | Аналитика типового этажа + Моделирование в Revite кровли (Т) 2 | 3 – 17 янв | Вентиля... |
| 5 | Моделирование в Revite типового этажа (А) 2 | 18 – 31 янв | Вентиля... |
| 6 | Подбор оборудования (А) 2 | 31 янв – 7 фев | Вентиля... |
| 7 | Устранение коллизий (Т) | 9 – 15 фев | Вентиля... |
| 8 | Оформление чертежей (А) | 16 – 28 фев | Слабото... |
| 9 | Валидация модели | 16 фев – 12 мар | Вентиля... |
| 10 | Оформление чертежей (Т) 4 | 16 фев – 12 мар | Вентиля... |

Рисунок 2 – Работы процесса проектирования вентиляции зданий жилого назначения

Кроме этого, следует учитывать то, что проектная документация, которая является результатом рассматриваемого процесса, должна соответствовать требованиям заказчика. Необходимо учесть его требования в отношении комфорта, энергоэффективности, безопасности и стоимости решения.

Также необходимо соблюдать нормативные требования к проектированию зданий жилого назначения. Они определяются различными стандартами и нормами, которые устанавливают минимальные требования к качеству воздуха, уровню шума, энергоэффективности и другим параметрам (ГОСТ 30494-2011, СП 7.13130.2013).

Из вышеприведенного следует, что команда проектировщиков системы вентиляции должна постоянно взаимодействовать с командами проектировщиков других систем. Для поддержки проекта была использована система Asana – информационная платформа по управлению проектами, которая помогает командам эффективно работать вместе [9]. Эта система была создана в 2008 году, и с тех пор стала одной из самых популярных платформ по управлению проектами [10].

На платформе был создан проект и назначены исполнители. Система Asana позволяла представить полную картину по созданию проектной документации для всего объекта строительства.

Был смоделирован комплексный процесс проектирования здания жилого назначения, в котором выделены подпроцессы моделирования различных систем, в том числе, системы вентиляции, при этом учитывались все связи между системами. На основе созданных моделей были построены диаграммы Ганта. Примеры этих диаграмм показаны на рисунке 3.

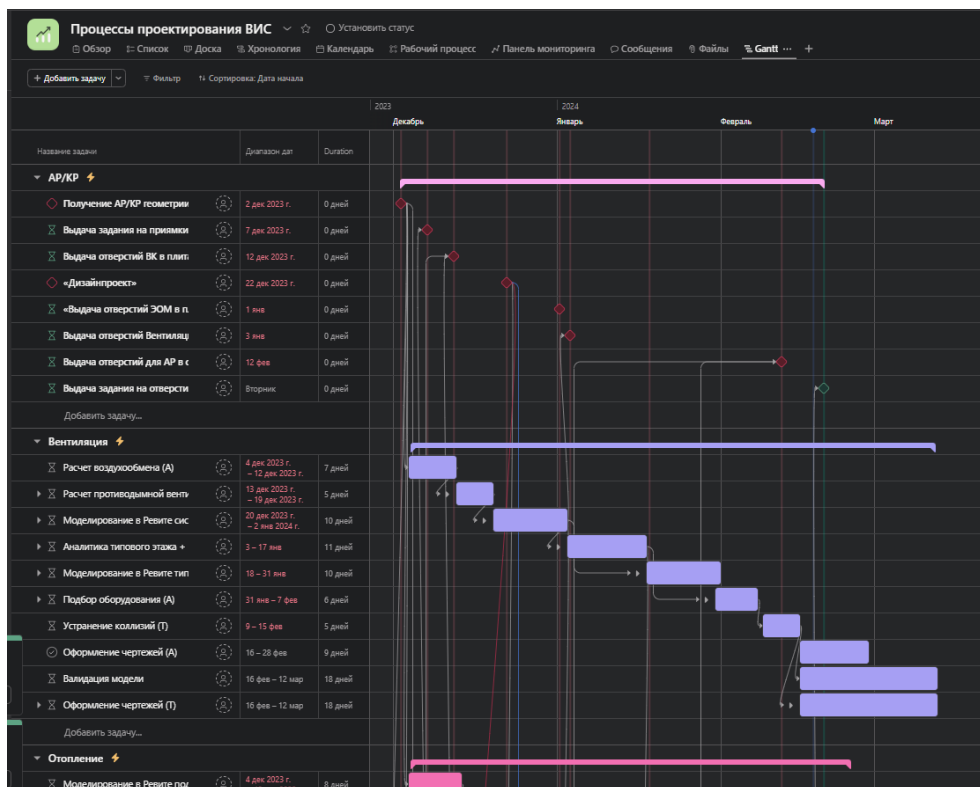


Рисунок 3 – Общий процесс проектирования жилого здания в нотации диаграмм Ганта

После установления связей между работами и определения сроков выполнения работ были выявлены те работы, которые являлись «узкими местами» процесса. Именно эти работы рассматривались как кандидаты для автоматизации.

Все работы в процессе проектирования систем вентиляции были разделены на три группы, в процессе проектирования, в соответствии с этим были выделены следующие этапы:

- расчеты,
- моделирование,
- оформление.

В группу «расчеты» входят те работы, которые включают в себя получение исходных данных и расчет параметров системы вентиляции.

Данный этап длится по наблюдениям в компании занимает в среднем 320 часов, включая в себя такие работы, как:

- 1) расчет воздухообмена – в среднем, 240 часов,
- 2) расчет противодымной вентиляции – в среднем, 40 часов,
- 3) подбор оборудования – в среднем, 40 часов.

В моделирование включены следующие работы:

- 1) моделирование систем по подвалу в ПО Revit [11] – в среднем, 40 часов,
- 2) анализ кровельной части и моделирование систем на кровле – в среднем, 40 часов,
- 3) моделирование вентиляционных систем на типовых этажах – в среднем, 40 часов,
- 4) устранение коллизий за счет согласования работ по проектированию других систем проводится при выполнении работ 1-3 (удлиняет сами работы), поэтому время, затраченное на них, отдельно не учитывается.

Общее время, занимаемое моделированием, в среднем равно 120 часов.

Оформление, как показывает практика, занимает в среднем 480 часов, при этом могут появиться изменения в расчетах, тогда сроки оформления могут быть увеличены до 720 часов.

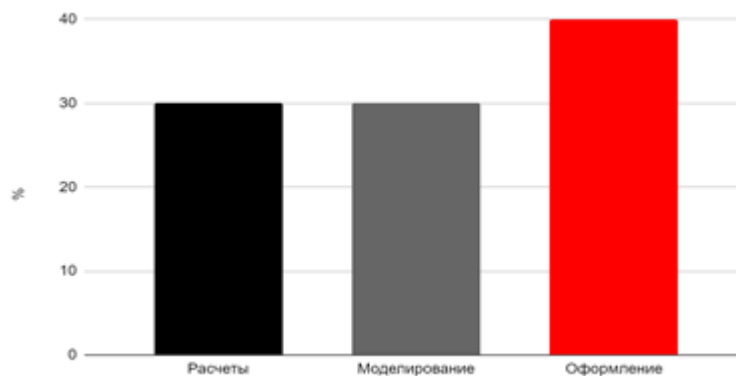


Рисунок 4 – Диаграмма распределения времени процесса проектирования по группам работ

Графически распределение длительности выполнения работ по группам (этапам) показано на рисунке 4.

Из диаграммы очевиден вывод, что больше всего времени в процессе проектирования уходит на выполнение работ из группы «оформление», поэтому именно они должны быть автоматизированы.

Следует отметить, что автоматизировать возможно только алгоритмизуемые работы. Под алгоритмизуемой понимается работа, которая может быть описана в виде алгоритма.

Этап оформления состоит из следующих работ:

- 1) оформление пояснительной записки (далее – ПЗ),
- 2) оформление планов,
- 3) оформление схем аксонометрии,
- 4) оформление спецификаций.

Не все работы в этом списке могут быть выполнены компьютером без участия человека, часть работ требуют непосредственного участия проектировщика, такие работы относят к творческим. В них нет определенного алгоритма, который возможно закодировать. К таким работам можно отнести оформление ПЗ и оформление планов, т.к. нет единого шаблона составления аннотаций, схем расположения марок. Это все требует интеллекта человека, по крайней мере, на современном этапе.

Работы по оформлению спецификаций и оформлению схем аксонометрии являются алгоритмизуемыми, т.к. существуют алгоритмы деления списка спецификаций на листы, может быть выполнено автоматическое заполнение штампа.

В результате, для автоматизации в процессе проектирования системы вентиляции были выбраны работы по оформлению схем аксонометрии и

спецификаций как самые длительные и относящиеся к типу алгоритмизуемых.

Заключение

В ходе данного исследования было выполнено моделирование процесса проектирования здания жилого назначения в нотации «Как есть». Целью этого моделирования являлось детальное изучение подпроцесса проектирования системы вентиляции, как одной из наиболее сложных систем жизнеобеспечения здания. В ходе моделирования были определены основные работы, составляющие данный процесс, произведен хронометраж их длительности. Среди работ были выявлены самые длительные и автоматизированы те из них, в которых не требуется непосредственное участие проектировщиков. Автоматизация была выполнена в среде Visual Studio с использованием языка программирования C#. Данное решение сократило длительность процесса проектирования вентиляции на 13%.

Литература

1. Абдельхади Мохамед Махмуд Набиль, Придвижкин С.В., Карманова М.Н., Печеркина Е.А. Автоматизация формирования спецификаций с помощью скрипта, разработанного в среде Дупано // Журнал ВАК: Перспективы науки, № 5(152), 2022, с. 82-87.
2. Чикмарев Е.С., Придвижкин С.В., Зверева О.М. Реализация комплексного подхода к проектированию инженерных систем с применением BIM-технологий: автоматизация средствами DYNAMO // Журнал ВАК: Наука и бизнес: пути развития. 2023. № 5 (143). С. 70-74.
3. Ермакова В.А., Саламатина А.С. BIM-моделирование в системах вентиляции. URL: cyberleninka.ru/article/n/bim-modelirovanie-v-sistemah-ventilyatsii/viewer (Дата обращения: 23.02.2024).

4. Комиссарова М.В. Основы организации строительства систем вентиляции. URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovy-organizatsii-stroitelstva-sistem-ventilyatsii (Дата обращения: 15.02.2024).

5. Новикова К.Е. Микроклимат – основное потребительское качество здания. URL: cyberleninka.ru/article/n/mikroklimat-osnovnoe-potrebitelskoe-kachestvo-zdaniya (Дата обращения: 23.02.2024).

6. Аламиди Шаймаа Ганим Хаким. Роль BIM - технологии в анализе альтернатив и выборе наилучшего варианта энергопотребления зданий. Инженерный вестник Дона, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8548 (Дата обращения: 23.02.2024).

7. Аламиди Шаймаа Ганим Хаким. Роль BIM - технологии в обеспечении качества строительства и энергетическом анализе зданий. Инженерный вестник Дона, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8423 (Дата обращения: 23.02.2024).

8. Зайцева М. И., Кошелев С. Н., Кузьменков А. А. Роль BIM - технологии в обеспечении качества строительства и энергетическом анализе зданий. URL: cyberleninka.ru/article/n/o-kompleksnom-podhode-pri-stroitelstve-zdaniy-s-ponizhennym-potrebleniem-energii-na-otoplenie (Дата обращения 20.03.2024).

9. ASANA GUIDE. URL: asana.com/ru/guide/help/fundamentals/desktop-app (Дата обращения: 23.02.2024).

10. Ахмадуллин Д.Ф. Системы управления проектами: анализ существующих программных решений. URL: cyberleninka.ru/article/n/sistemy-upravleniya-proektami-analiz-suschestvuyuschih-programmnyh-resheniy/viewer (Дата обращения: 23.02.2024).

11. Autodesk Revit. URL: autodesk.com/products/revit/overview (Дата обращения: 23.02.2024).

References

1. Abdel`xadi Moxamed Maxmud Nabil`, Pridvizhkin S.V., Karmanova M.N., Pecherkina E.A. Zhurnal VAK: Perspektivy` nauki, № 5(152), 2022, pp. 82-87.
 2. Chikmarev E.S., Pridvizhkin S.V., Zvereva O.M. Zhurnal VAK: Nauka i biznes: puti razvitiya. 2023. № 5 (143). pp. 70-74.
 3. Ermakova V.A., Salamatina A.S. BIM-modelirovanie v sistemax ventilyacii. [BIM modeling in ventilation systems]. URL: cyberleninka.ru/article/n/bim-modelirovanie-v-sistemah-ventilyatsii/viewer (Date accessed 23.02.2024).
 4. Komissarova M.V. Osnovy` organizacii stroitel`stva sistem ventilyacii. [Fundamentals of organizing the construction of ventilation systems]. URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovy-organizatsii-stroitelstva-sistem-ventilyatsii (Date accessed 15.02.2024).
 5. Novikova K.E. Mikroklimat – osnovnoe potrebitel`skoe kachestvo zdaniya. [Microclimate is the main consumer quality of a building]. URL: cyberleninka.ru/article/n/mikroklimat-osnovnoe-potrebitelskoe-kachestvo-zdaniya. (Date accessed 23.02.2024).
 6. Alamidi Shajmaa Ganim Xakim. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8548 (Date accessed: 23.02.2024).
 7. Alamidi Shajmaa Ganim Xakim. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8423 (Date accessed: 23.02.2024).
 8. Zajceva M. I., Koshelev S. N., Kuz`menkov A. A. O kompleksnom podhode pri stroitel`stve zdaniy s ponizhenny`m potrebleniem e`nergii na otoplenie. [The role of BIM technology in ensuring construction quality and energy analysis of buildings]. URL: cyberleninka.ru/article/n/o-kompleksnom-podhode-pri-stroitelstve-zdaniy-s-ponizhennym-potrebleniem-energii-na-otoplenie (Date accessed 20.03.2024).
 9. ASANA GUIDE. URL: asana.com/ru/guide/help/fundament-tals/desktop-app (Date accessed 23.02.2024).
-



10. Axmadullin D.F. Sistemy` upravleniya proektami: analiz sushhestvuyushhix programmny`x reshenij. [The role of BIM technology in ensuring construction quality and energy analysis of buildings]. URL: cyberleninka.ru/article/n/sistemy-upravleniya-proektami-analiz-suschestvuyuschih-programmnyh-resheniy/viewer (Date accessed: 23.02.2024).

11. Autodesk Revit URL: autodesk.com/products/revit/overview (Date accessed: 23.02.2024).

Дата поступления: 29.02.2024

Дата публикации : 8.04.2024