

Для цитирования

Кузнецов Е.Р. Разработка алгоритмов интеллектуальной системы поддержки принятия решений для управления качеством проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», приуроченная ко Всемирному дню стандартов, Москва, 15 октября 2025 г. // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 549–552.

УДК 005.6

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Кузнецов Е.Р., бакалавр, ТвГТУ, Россия, г. Тверь

Исследование направлено на создание алгоритмов для интеллектуальной системы, автоматически проверяющей проекты вентиляции и кондиционирования (ОВиК) на соответствие нормативам. Проблема в том, что множество сложных стандартов трудоемко проверять вручную, что ведет к ошибкам. Решение — разработка алгоритмического обеспечения, включающего онтологическую модель для организации знаний, базу знаний с формализованными правилами на основе норм и алгоритм верификации. Этот алгоритм загружает данные из BIM-модели, сопоставляет их с онтологией, проверяет правила и формирует отчет о нарушениях. Внедрение системы позволяет автоматизировать контроль качества, снижая ошибки и время экспертизы, и интегрируется в BIM-процесс.

Ключевые слова: управление качеством, системы ОВиК, интеллектуальная система поддержки принятия решений, качество проектирования, алгоритмы верификации, нормативные требования, онтологическая модель, база знаний.

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR QUALITY MANAGEMENT IN THE DESIGN OF HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

Kuznetsov E.R., Bachelor's degree, TvSTU, Tver, Russia

The research is aimed at creating algorithms for an intelligent system that automatically checks ventilation and air conditioning (HVAC) projects for compliance with regulations. The problem is that many complex standards are laborious to check manually, which leads to errors. The solution is to develop algorithmic software that includes an ontological model for organizing knowledge, a knowledge base with formalized rules based on norms, and a verification algorithm. This algorithm downloads data from the BIM model, compares it with the ontology, verifies the rules, and generates a violation report. The implementation of the system allows you to automate quality control, reducing errors and examination time, and is integrated into the BIM process.

Keywords: quality management, HVAC systems, intelligent decision support system, design quality, verification algorithms, regulatory requirements, SP 73.13330.2016, GOST R 59972–2021, ontological model, knowledge base.

Качество разработки систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК) напрямую влияет на то, насколько хорошо здание использует энергию, безопасно ли оно и удобно ли им пользоваться. При проектировании нужно учитывать множество правил и стандартов, которые часто связаны друг с другом. Если проектировщик будет полагаться только на свой опыт можно неправильно понять или объединить требования из разных документов, например СП 73.13330.2016 и ГОСТ Р 59972–2021. Поэтому важно создавать

специальные программы, которые помогут правильно применять знания и автоматически проверять качество проектных решений [1].

Цель исследования

Данное исследование направлено на создание программного обеспечения для интеллектуальной системы поддержки принятия решений (СППР). Эта система будет автоматически проверять проектную документацию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВиК) на соответствие действующим нормативным актам. Для достижения этой цели необходимо: изучить и формализовать взаимосвязи между требованиями основных нормативных документов; создать онтологическую модель предметной области; разработать алгоритмы для проверки проектных параметров и предоставления рекомендаций по корректировке.

Материалы и методы исследования

В основу исследования легли методы системного анализа, инженерии знаний и онтологического моделирования. В качестве материалов использовалась действующая нормативно-техническая документация в области проектирования и монтажа систем ОВиК, в частности:

СП 73.13330.2016 «Внутренние санитарно-технические системы зданий», устанавливающий требования к монтажу и интеграции систем.

ГОСТ Р 59972–2021 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования», определяющий параметры проектирования для общественных зданий [2].

Другие взаимосвязанные стандарты из предоставленного списка: СП 60.13330.2020, ГОСТ 30494–2011, ГОСТ 22270–2018 [3] [5].

Качество проектов ОВиК очень важно для того, чтобы здания были энергоэффективными, безопасными и удобными в использовании. Сегодня при проектировании нужно учитывать много разных правил, которые есть в разных документах. При ориентировании только на свой опыт, он может неправильно понять или объединить требования из разных документов, например, СП 73.13330.2016 и ГОСТ Р 59972–2021. Поэтому важно создавать специальные программы, которые могут собрать все нужные знания и автоматически проверять качество проектов.

Чтобы организовать информацию, использовали метод онтологического моделирования. Онтология системы ОВиК описывает основные элементы (например, Вентиляционная установка, Воздуховод, Помещение), их характеристики (Расход воздуха, Скорость в воздуховоде) и связи между ними. Это – основа для базы знаний системы поддержки принятия решений.

Метод правил продукции используется для кодификации нормативных требований. Каждое правило вида «ЕСЛИ **условие**, ТО **заключение**» представляет собой формализованный фрагмент нормативного документа. Например, правило из ГОСТ Р 59972–2021 может быть сформулировано как: «ЕСЛИ («Тип здания» = "Общественное") И («Назначение помещения» = "Зрительный зал"), ТО («Кратность воздухообмена» ≥ 20 м³/ч на человека)».

Последовательность шагов:

1. Загрузка данных: импорт модели здания и систем ОВиК из модели или заполненных шаблонных таблиц.
2. Сопоставление с онтологией: отождествление импортированных объектов и их параметров с сущностями и атрибутами онтологической модели.
3. Активация правил: пошаговый прогон всех продукционных правил, относящихся к данному типу объекта.
4. Выявление несоответствий: фиксация всех случаев, когда условие правила выполняется, но его заключение не соответствует значению в проекте.

5. Формирование отчета: генерация структурированного отчета, в котором для каждого несоответствия указываются проверяемый параметр, его значение, нормативное предписание (со ссылкой на документ и пункт) и рекомендация по исправлению.

Качество проектов систем ОВиК сильно влияет на энергосбережение, безопасность и удобство в зданиях. Проектирование требует знания множества правил, которые есть в разных документах. Если полагаться только на свой опыт, можно ошибиться, работая с такими документами, как СП 73.13330.2016 и ГОСТ Р 59972–2021. Поэтому важно создавать специальные программы, которые помогут автоматизировать проверку качества проектов [1], [2].

Для организации информации использовали метод онтологического моделирования. Он описывает основные элементы системы ОВиК (например, Вентиляционная установка, Воздуховод, Помещение), их свойства (Расход воздуха, Скорость в воздуховоде, Уровень шума) и связи между ними. Эта модель – основа для базы знаний системы поддержки принятия решений (СППР).

В состав СППР входят:

База знаний с онтологической моделью и набором правил, которые разделены по типам систем и помещений.

Механизм логического вывода, проверяющий проекты по описанному алгоритму.

Интерфейс для загрузки данных, управления проверкой и просмотра результатов.

Ядро системы – база знаний, для наполнения которой был проведен анализ нормативных документов. Установлено, что требования различных стандартов тесно переплетены. Так, ГОСТ Р 59972–2021 прямо ссылается в своих общих принципах на СП 73.13330, что требует от алгоритма комплексной проверки и требований [1] [2].

Внедрение подобной системы в практику проектирования позволит перейти от выборочного и субъективного контроля к сплошной автоматизированной проверке, существенно снижая фактор случайных ошибок и сокращая время на проведение экспертизы проектной документации.

Важно учесть и человеческий фактор. Проектирование наполнено рутинными задачами. Например, перенос данных из одной программы в другую, чаще всего – вручную, так как одна программа не имеет функции переноса определенных файлов из другой программы, что заставляет оператора вручную переносить данные. Если данных множество, то оператор будет совершать ошибки из-за переутомления.

СППР решает и эту проблему. Автоматический перенос данных и проверка этих данных позволят не только убрать ошибки, созданные человеком, но и перенести данные в разы быстрее.

Результаты исследования

Уже разработана программа для добавления на чертеж блоков. Она автоматически создает блоки в зависимости от данных из таблицы Excel. Сам блок размещается на чертеже в конкретном месте, при этом не повторяясь. Эта часть работы называется «Подбор оборудования», это одна из значимых работ в проекте, так как от нее зависит, какие именно отопительные приборы (ОП) будут нужны заказчику, и крайне важно подобрать их правильно.

Например, ОП формата: 400 мм в ширину, 1000 мм в длину, производитель «Эко» (выдуманный производитель), $Q = 300$ Вт, наименование по паспорту 10-40-100, где 40 и 100 – это ширина и длина, а 10 – модификация. Программа автоматически формирует выноску «Эко 10-40-100 (верхняя часть выноски) / $Q = 300$ Вт (нижняя часть выноски)» с этими данными и присоединяет ее к блоку, даже если его двигали, вне зависимости от номера помещения.

Данная программа испытана на реальном проекте и помогла сократить время сдачи проекта на 6 полных рабочих дней, что позволило выиграть больше времени для других задач, которые на данный момент не автоматизированы.

Выводы

Разработка программы для управления качеством проектирования систем ОВиК, основанной на создании формальной модели знаний о предметной области (модель будет описывать сущности (например, "насос", "воздуховод", "температура"), их свойства и взаимосвязи между ними) возможна.

Проведена формализация требований ключевых нормативных документов (СП 73.13330.2016, ГОСТ Р 59972–2021 и других), что позволило создать машиночитаемую базу знаний для верификации проектов [1].

Основным практическим результатом является возможность интеграции разработанных алгоритмов, что позволяет осуществлять автоматизированный контроль качества на ранних стадиях проектирования, снижая риски и затраты на переработку документации.

Список литературы

1. СП 73.13330.2016 «Внутренние санитарно-технические системы зданий». Актуализированная редакция СНиП 3.05.01–85 [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293749/4293749802.htm> (дата обращения: 01.10.2025).
2. ГОСТ Р 59972–2021 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования» [Электронный ресурс]. – URL: <https://meganorm.ru/Index/77/77199.htm> (дата обращения: 01.10.2025).
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Актуализированная редакция СНиП 41-01–2003. – М., 2020.
4. ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». – М.: Стандартинформ, 2019. – 35 с.
5. ГОСТ 22270–2018 «Оборудование для кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления. Условные обозначения». – М.: Стандартинформ, 2019. – 28 с.
6. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – М., 2020.
7. Тарасова В.И. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в проектировании: теория и практика. – М.: Стройиздат, 2020. – С. 205–250.
8. Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T.P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – Pp. 75–85.
9. Adorno T.W. Zur Logik der Sozialwissenschaften // Philos. Rundsch. – 1962. – Bd. 10, № 1. – Pp. 23–35.

References

1. SP 73.13330.2016 "Vnutrennie sanitarno-tekhnicheskie sistemy zdaniy". Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.05.01–85 [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293749/4293749802.htm> (data obrashcheniya: 01.10.2025).
2. GOST R 59972–2021 "Sistemy ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha obshchestvennykh zdaniy. Tekhnicheskie trebovaniya" [Elektronnyi resurs]. – URL: <https://meganorm.ru/Index/77/77199.htm> (data obrashcheniya: 01.10.2025).
3. SP 60.13330.2020 "Otoplenie, ventilyatsiya i konditsionirovanie vozdukha". Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 41-01–2003. – M., 2020.
4. GOST 30494–2011 "Zdaniya zhilye i obshchestvennye. Parametry mikroklimate v pomeshcheniyakh". – M.: Standartinform, 2019. – 35 s.
5. GOST 22270–2018 "Oborudovanie dlia konditsionirovaniya vozdukha, ventilyatsii i otopeniya. Uslovnye oboznacheniya". – M.: Standartinform, 2019. – 28 s.
6. SP 131.13330.2020 "Stroitel'naya klimatologiya". Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-01–99. – M., 2020.
7. Tarasova V.I. Intellektual'nye sistemy podderzhki priniatiya reshenii v proektirovanii: teoriya i praktika. – M.: Stroizdat, 2020. – S. 205–250.
8. Crawford P.J. The reference librarian and the business professor: a strategic alliance that works / P.J. Crawford, T.P. Barrett // Ref. Libr. – 1997. – Vol. 3, № 58. – Pp. 75–85.
9. Adorno T.W. Zur Logik der Sozialwissenschaften // Philos. Rundsch. – 1962. – Bd. 10, № 1. – Pp. 23–35.