

Галюжин Сергей Данилович

Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь, (212030, Могилев, пр-т Мира, 43), кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность и промышленный дизайн», e-mail: olg.lobikova@yandex.ru

Лобикова Ольга Михайловна

Белорусско-Российский университет, Могилев, Республика Беларусь (212030, Могилев, пр-т Мира, 43), старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство», e-mail: olg.lobikova@yandex.ru

**ЭНЕРГОМОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ
ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ**

Аннотация. Обусловлена необходимость совместного применения BIM и BEM технологий в строительстве. Определены основные проблемы широкого внедрения BEM моделирования. Обоснована необходимость разработки и использования отечественных программ для решения локальных проблем. Разработана методика автоматизированного расчета системы удаления конденсата из вентиляционной установки с рекуператором тепла удаляемого воздуха энергоэффективного здания.

Ключевые слова: энергоэффективность; энергомоделирование; конденсат; строительство; BIM-технологии; BEM-технологии.

Galyuzhin Sergey Danilovich

Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus (212030, Mogilev, Mira Ave., 43), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Industrial Design, e-mail: olg.lobikova@yandex.ru

Lobikova Olga Mikhailovna

Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus (212030,

ENERGY MODELING OF BUILDINGS IN CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION

Abstract. The necessity of the joint application of BIM and BEM technologies in construction is determined. The main problems of the widespread introduction of BEM modeling are identified. The necessity of developing and using domestic programs for solving local problems has been substantiated. A06 technique has been developed for the automated calculation of a system for removing condensate from a ventilation unit with a heat recuperator for exhaust air in an energy-efficient building.

Keywords: energy efficiency; energy modeling; condensate; construction; BIM technologies; BEM technologies.

При проектировании зданий и сооружений в настоящее время широко применяются различные программные комплексы, которые позволяют сократить сроки выполнения проектных работ и повысить их качество, сократить затраты на используемые в процессе строительства материальные и энергетические ресурсы. Решение задач эффективной организации информационного процесса для проектирования, строительства и эксплуатации объектов выполняют BIM-технологии. BIM - Building Information Modeling - информационная модель здания содержит полную и достоверную информацию об объекте строительства, позволяет визуализировать ее в 3-D виде, демонстрировать заказчику, заинтересованным службам, оптимизировать процессы проектирования и возведения здания [1]. Еще одно преимущество BIM технологий при моделировании здания - это прозрачность и точность определения расходов денежных средств на строительство, возможность внесения корректировок при изменении отдельных элементов в автоматическом режиме [2]. В результате заказчик может быть уверен в отсутствии превышения средств, связанных с недобросовестностью или некомпетентностью проектных и подрядных организаций.

С учетом того факта, что деятельность эксплуатационных служб напрямую зависит от их информированности и способности оперативно эффективно использовать информацию существует также необходимость внедрения BIM-технологий в сферу эксплуатации зданий. Когда проектирование объекта ведется с использованием GREEN BIM – совместное использование экологичного строительства и информационного моделирования – расходы на используемые в процессе эксплуатации энергетические ресурсы и системы обеспечения микроклимата также минимизируются.

Наряду с BIM моделированием используется BEM – Building Energy Modeling – моделирование энергетического баланса объекта. Несмотря на существование большого количества программных комплексов, в проектных, строительных и эксплуатационных организациях Беларуси и России BEM претерпевает сложности при использовании в комплексе с BIM. Связано это в первую очередь с проблемами импорта информации между программами и наличия достоверной исходной информации для проектирования. Используемое наиболее часто решение с использованием методов «упрощения начальной модели» или «создания модели с нуля» приводит к ошибкам проектирования и, как результат, к проблемам в последующей эксплуатации объекта.

Существуют также кадровые проблемы – наличие специалистов, владеющих всем комплексом программ. Связанно это в первую очередь с консервативностью отрасли строительство, отсутствием конкуренции, а также высоким уровнем затрат в начальный период перехода на BIM-моделирование на приобретение необходимой техники и программного обеспечения. Большинство имеющихся на рынке программных комплексов для энергомоделирования зданий, такие как Open Studio, IES VE, Autodesk Ecotect, Design Builder, кроме всего, основаны на европейских строительных нормах, не учитывают требования ТНПА Беларуси и России [3]. Поэтому существует насущная необходимость в разработке и продвижении отечественных программных комплексов, небольших программ, которые позволяют решить отдельные локальные проблемы.

Сегодня применяются различные способы повышения энергоэффективности многоэтажных жилых зданий в Беларуси с целью оценки и выбора наиболее перспективных. В частности, воз-

веденный в Могилеве энергоэффективный многоквартирный жилой дом оборудован параллельно функционирующими системами сбора бесплатного тепла: водяными гелиоколлекторами, системами рекуперации тепла сточных вод и вытяжного воздуха.

Из-за недостатков при проектировании и строительстве возникли ряд проблем при эксплуатации здания. Наиболее существенной является проблема обмерзания вентиляционной установки с рекуператором из-за образования и скапливания конденсата на выходе вытяжного воздуховода. В результате в зимнее время года энергоэффективная вентиляционная система не выполняет заявленные функции.

При проектировании для построения модели энергопотребления, чтобы осуществить корректный перенос данных из одной программы в другую, ряд информации упрощается. Данный метод неизбежно влечет накопление ошибок, влияющих на точность последующих расчетов. При этом необходимы отечественные программные комплексы для учета местных климатических условий. Существующие программы не учитывают условия Беларуси. Для решения проблемы и совершенствования конструкции установки прежде всего необходимы точные исходные данные и небольшие программы, учитывающие условия эксплуатации в конкретных климатических условиях.

В рамках настоящего исследования были собраны и использованы при разработке данные о конкретных метеорологических условиях для территории г. Могилева, Беларусь за последние десять лет. Разработана методика автоматизированного расчета объема образующегося конденсата и программа для автоматизированного расчета системы удаления конденсата из вентиляционной установки с рекуператором тепла удаляемого воздуха энергоэффективного здания, позволяющая снизить объем образования конденсата и наледи.

Конденсат образуется в рекуператоре в результате прохождения через него удаляемого воздуха, температура которого выше температуры поступающего воздуха. Объем образующегося конденсата зависит от подачи, температуры и относительной влажности удаляемого из помещения воздуха, а также от температуры удаляемого воздуха на выходе рекуператора. Для расчетов объема конденсата рациональ-

но использовать уравнение Клапейрона с применением поправочного коэффициента Ван-дер-Ваальса, усредненное значение которого принимают $k_{\text{вв}} = 1,012$ [4]. Организовать воздушные потоки приточного и удаляемого воздуха в рекуператоре нужно с учетом того, что поток удаляемого воздуха будет нисходящим (точка входа находится выше точки выхода), чтобы образующийся конденсат стекал в установленный поддон. Результаты расчетов аппроксимированы. На основе экспериментальных и нормативных данных построены графики зависимости объема конденсата от температуры при различных значениях относительной влажности (рисунок 1) [5].

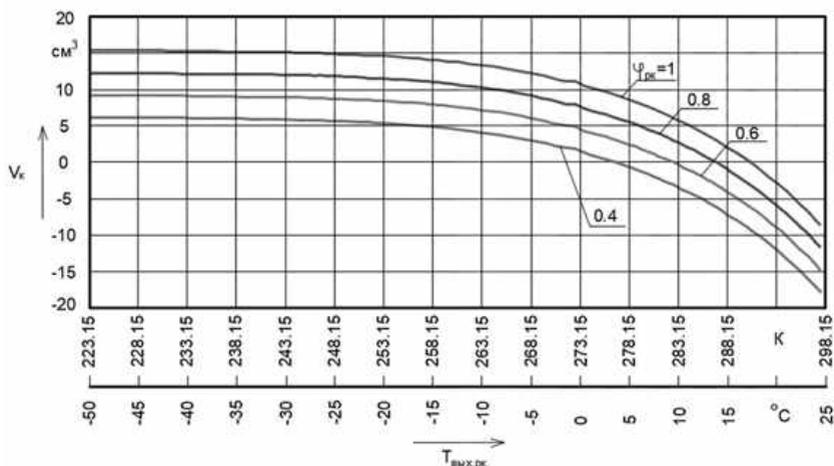


Рисунок 1 – Зависимость объема конденсата V_k образующегося при прохождении 1 м^3 воздуха через рекуператор, от температуры удаляемого воздуха $T_{\text{вых,рк}}$ при различных значениях относительной влажности $\phi_{\text{вх}}$.

В отличие от применяемого традиционного метода данный метод определения объема конденсата является более точным, зависит от конкретных параметров эксплуатации оборудования. Разработанная на его основе программа позволяет получить достоверные результаты для проектирования инженерного оборудования обеспечения микроклимата, избежать ошибок проектирования из-за недостоверной исходной информации.

Список литературы

1. Талапов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК-пресс, 2015. 410 с.
2. Лобикова О.М., Лобикова Н.В. Проблемы перехода к BIM-проектированию в строительстве // Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных подходов: Сборник трудов по материалам XII Международной научно-практической конференции. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2018 г. С. 295–296.
3. Чельшков П.Д. Гроссман Я.Э., Хроменкова А.А. Анализ программных комплексов для энергомоделирования // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 7. С. 79–84.
4. Галюжин С.Д., Лобикова Н.В., Лобикова О.М., Галюжин А.С. Методика определения объема конденсата, образующегося при прохождении удаляемого воздуха через рекуператор вентиляционной установки // Вестник Брестского государственного технического университета. 2019. № 2. С. 97–100.
5. Галюжин С.Д., Лобикова О.М. Методология комплексного подхода при проектировании вентиляционной установки с рекуператором тепла для предприятий машиностроительной отрасли // Вестник Брянского государственного технического университета. 2021. № 5. (102). С. 4–14.