

отраслях. Увеличение производительности, снижение затрат и повышение безопасности могут укрепить позиции предприятий в отрасли.

Список использованных источников

1. Поворотные платформы: Центр автоматизированных парковочных технологий «МультиПаркинг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://multiparking.ru/povorotnyye-platformy>. – Дата доступа: 10.12.2023.
2. Круговое депо: Узнай Москву. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://um.mos.ru/houses/krugovoe_depо/. – Дата доступа: 10.12.2023.
3. Историческая площадка «Паровозное депо «Подмосковная»: Московская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mzd.rzd.ru/ru/11454?ysclid=ltkla7mfjt788224576>. – Дата доступа: 10.12.2023.
4. Поворотная платформа ORION: PANDA® LIFT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pandalift.ru/catalog/parkovochnoe-oborudovanie/povorotnaya-platforma-orion/>. – Дата доступа: 10.12.2023.

4.7 Теплоэнергетика

УДК 697.1

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ В AUTODESK REVIT

*Волкова Е.Э., студ., Ермак К.И., студ., Игнатьев С.А., асп., ст. преп.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Autodesk Revit позволяет проектировать различные инженерные системы, в частности производить расчет тепловых потерь и гидравлический расчет системы отопления на основании информационной модели в автоматическом режиме.

Ключевые слова: BIM-технологии, информационная модель здания, Autodesk REVIT, программный комплекс, BIM-моделирование, методика расчета теплотерь.

На сегодняшний день наиболее удобной в использовании для построения инженерных систем в комплексе с архитектурой и конструкциями здания является Autodesk REVIT – программа, позволяющая построить информационную модель в среде многомерного проектирования и дающая возможность совместной работы инженерам из различных разделов [1, 2].

Методика данного расчета основана на построении информационной модели одноэтажного здания, включающей в себя все составные части конструкции, а также учитывающей разделение одного этажа здания на 3 помещения разного размера для чистоты эксперимента (рис. 1). Методика расчета основана на автоматическом расчете отопительной нагрузки программного комплекса Revit [3].

Теплотехнический расчет сводится к вычислению коэффициентов теплопередачи наружных ограждающих конструкций жилого здания: стен, чердачного перекрытия (без чердачного перекрытия для здания с плоской кровлей), остекления и входной двери в здание. Материалы и их свойства приняты общими для ручного и автоматического расчетов (табл. 1). Программный комплекс Revit автоматически рассчитывает сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций (R) и указывает их в таблице с данными [4].

Для определения необходимого количества тепла теплотехнический расчет выполняется по методике, приведенной в источнике [3], на основании характеристик ограждающих конструкций, указанных выше. Результат расчета представлен в таблице 2.

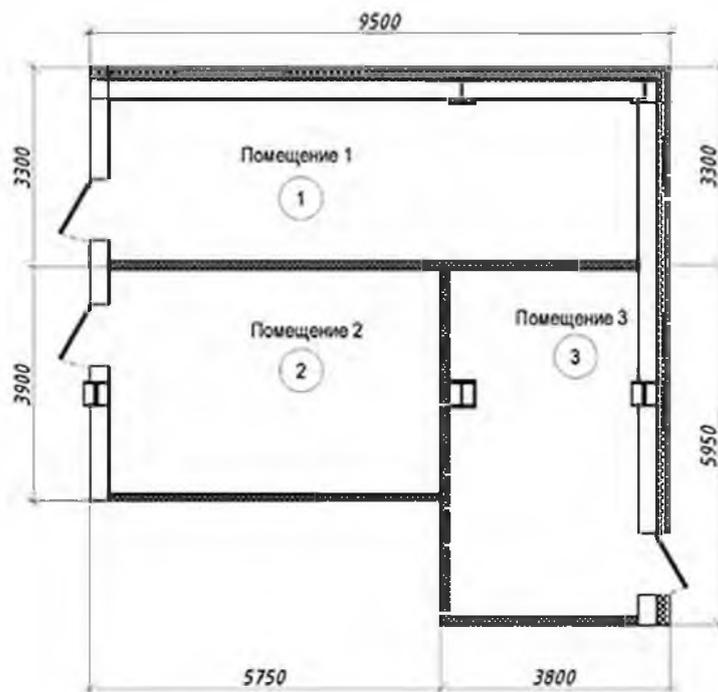


Рисунок 1 – Двумерный план здания

Таблица 1 – Характеристики ограждающих конструкций

Категория	Аналитическая конструкция
Крыши	Легкий бетон – 4 дюйма ($R = 1,2750 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Наружные стены	Блок из легкого бетона – 8 дюймов ($R = 0,8108 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Внутренние стены	Каркасная перегородка, гипсокартон – 3/4 дюйма ($R = 1,4733 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Потолки	Легкий бетон – 8 дюймов ($R = 1,3610 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Перекрытия	Со сплошным основанием без изоляции ($R = 0,7059 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Двери	Металл ($R = 3,7021 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)
Наружные окна	Большие окна с двойным остеклением (зеркальное покрытие) ($R = 2,9214 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$)

Таблица 2 – Результат расчета теплотерь здания

Наименование помещения	Наименование ограждения	Площадь, м ²	Теплопотери через ограждение, Вт	Суммарные теплопотери, Вт
Помещение 1	Наружная стена 1	31,9	604	1668
	Наружная стена 2	11,6	190	
	Подвальное перекрытие	24,9	585	
	Чердачное перекрытие	24,9	288	
Помещение 2	Подвальное перекрытие	18,0	206	414
	Чердачное перекрытие	18,0	208	
Помещение 3	Наружная стена 1	18,3	348	1136
	Наружная дверь	2,4	169	
	Подвальное перекрытие	18,6	406	
	Чердачное перекрытие	18,6	214	

Общие потери теплоты в данном расчете учитывают инфильтрационные потери и бытовые тепlopоступления. Для расчета в программном комплексе необходимо задать состав элементов информационной модели, включающий элементы ограждающих и светоотражающих конструкций и дверей, влияющие на расчет (рис. 2).

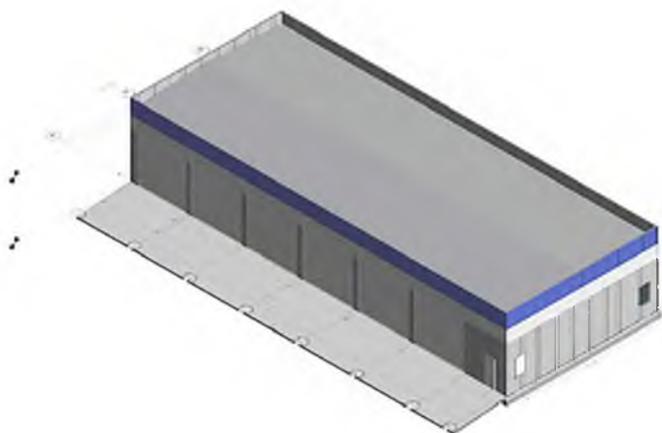


Рисунок 2 – Объемная модель здания

После этого появляется возможность расчета данной модели в автоматическом режиме. Для этого необходимо уточнить в программе месторасположение данного здания. Далее программа предлагает скорректировать температуру наиболее холодной пятидневки в соответствии с [5].

Также необходимо указать внутреннюю температуру помещений, и можно вывести расчет отопительных и холодильных нагрузок, в котором пиковая отопительная нагрузка соответствует расчетным значениям тепlopотерь помещений.

В таблице 3 приведен отчет расчета в том виде, в котором его выдает программа.

Таблица 3 – Отчет расчета отопительных нагрузок в программном комплексе Revit

Пространство	Площадь	Объем, м ³	Пиковая холодильная нагрузка, Вт	Расход воздуха при охлаждении, м ³ /ч	Пиковая отопительная нагрузка, Вт	Расход воздуха при отоплении, м ³ /ч
Помещение 1	24,9	184,8	354	285	1210	284,8
Помещение 2	18,0	125,3	289	117	450	175,0
Помещение 3	18,6	132,4	398	138	950	198,2

Результаты выполненных расчетов, ручного и основанного на методике построения информационной модели, позволяют сделать вывод о возможности их применения для дальнейшего проектирования системы отопления жилого здания. Расхождения между полученными величинами тепловых потерь здания составили в среднем 100–150 Вт, и это показывает, что программный комплекс незначительно завышает тепlopотери для данного здания.

Автоматизированный метод расчета в программном комплексе Revit подходит для укрупненного расчета тепlopотерь здания и нагрузки на систему отопления, но не может являться основанием для дальнейшего проектирования системы.

Список использованных источников

1. Киевский, И. Л., Крутяков, А. Ю., Иванова, О. А., Читаев, А. Ю., Мыкытив, И. П. Опыт использования отечественных и импортных BIM-продуктов при проектировании жилых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 11. – С. 42–48.
2. Борисов, М. П., Вавин, А. А., Уткина, В. Н. Современные автоматизированные системы Revit и Renga для информационного моделирования зданий [Электронный ресурс] // Огарёв-Online. 2020. № 3 (140). С. 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyeavtomatizirovannyesistemy-revit-i-renga-lyainformatsionnogomodelirovaniya-zdaniy>. – Дата доступа: 20.01.2022.
3. Суханова, И. И., Гнедых, В. С., Демшина, Д. А. Анализ гидравлического и аэродинамического расчетов систем отопления и вентиляции на основе BIM-моделирования // Инженерный вестник Дона. 2019. № 9 (60). – С. 6.

4. Girginkaya, A. S., Maqsood, U. A roadmap for BIM adoption and implementation in developing countries: the Pakistan case // International Journal of Architectural Research Archnet-IJAR. 2020. Vol. 14 (1). P. 112-132.
5. Строительная климатология: Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000. – Введ. 01.07.2007. – Минск: Минстройархитектуры, 2007. – 35 с.
6. Heating, ventilating, and air-conditioning applications / Ashrae. Atlanta, 2001. – 857 p.

УДК 614.895.5

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – ЗАЩИТНАЯ ОДЕЖДА – ВНЕШНЯЯ СРЕДА»

*Игнатъев С.А., асп., ст. преп., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье изложены сценарии воздействия окружающей среды на тепловой комфорт человека с учетом свойств специальной защитной одежды и функционирования системы терморегуляции человека. Дано понятие о тепловом комфорте и системе терморегуляции организма человека. Математическая модель должна учитывать сложное протекание теплофизических процессов в системе «человек–одежда–окружающая среда». Модель используется для прогнозирования реакции одетого человека на различные изменения условий окружающей среды.

Ключевые слова: одежда специальная защитная, компартмент, терморегуляция, тепловой комфорт, температура, тепловлагодперенос.

Цель исследования: на основе построения модели тепловлагодпереноса в системе «человек – защитная одежда – внешняя среда» сформировать физико-математическую модель теплового баланса человеческого тела.

Баланс теплопродукции и теплоотдачи не означает достижение некоторого устойчивого состояния с неизменностью и стационарностью температуры, а в силу присутствия активного управления тепловлагодпереносом наблюдается динамический баланс для поддержания постоянной температуры внутренних органов организма [1]. Поэтому уравнение теплового баланса может быть представлено в различных видах [2], но концептуально в них включаются три типа процессов – теплопродукция ($M - W$), теплоотдача ($K + C + R + E$) h , накопление/дефицит тепла в организме S

$$M - W = K + C + R + E + S \quad (1)$$

Скорость обмена веществ (метаболизм) M обеспечивает тело энергией, позволяющей выполнять механическую работу W за счет физической активности, а остальная часть высвобождается в виде тепла ($M - W$). Передача высвободившегося тепла в окружающую среду осуществляется проводимостью K , конвекцией C , излучением R и испарением E , интенсивность которых обычно зависит от условий окружающей среды [3].

Применение компартментного подхода для построения виртуальной модели тела человека с целью описания тепловых процессов в организме.

Как физическое, так и математическое моделирование тепловых процессов в системе «человек – одежда – окружающая среда» связано не только с установлением понимания функциональности защитной одежды с точки зрения ее теплоизоляционных свойств, но и, как указано выше, с изучением реакции организма человека с учетом его анатомических, физиологических, теплофизических особенностей на изменение внешней эксплуатации рассматриваемого типа одежды. При этом тело человека условно разбивается на N элементарных компонентов в виде простых геометрических фигур (сфера, цилиндр, пластина) называемых компартментами, тогда как тепловые процессы описываются через последовательность математических зависимостей, основанных на физических законах