

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Шкатуло Денис Александрович, студент*

*Юнчиц Дмитрий Александрович, студент*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*(Научный руководитель – Шандрак Ю.И., ассистент)*

Многие страны Европы, Азии и Америки в последние десятилетие активно работали в направлении развития энергоэффективных технологий. Движение по этому пути способствует снижению расхода энергии для производства единицы продукта и рациональному использованию энергетических ресурсов в целом.

Первыми острою необходимость в экономии энергии осознали западноевропейские страны в момент первого энергетического кризиса в 1968 г. Чтобы сократить затраты энергии ими были сделаны шаги в направлении экономии тепловой энергии в ходе эксплуатации зданий, что привело к появлению энергоэффективных строений. На практике энергоэффективность обычно обеспечивалась бессистемным использованием альтернативных источников энергии (солнечной, энергии ветра, геотермальной). Осознанный подход к проектированию зданий с предельно низким уровнем тепловых потерь впервые был реализован при разработке проекта «Пассивный дом», с последующим возведением здания в Германии в 1991 г.

Дальнейшее развитие энергоэффективного направления в строительной отрасли показало, что около трети всего объёма потребляемой европейскими странами энергии тратится на жилищный сектор. И уже в 2002 году была принята Директива Европейского Союза, которая обозначила обязательные требования к энергетическим показателям энергоэффективных зданий. С тех пор требования Директивы уже дважды пересматривались и стали еще более жесткими. Принятые изменения должны стимулировать разработку новых строительных технологий, материалов и архитектурных решений.

В 2005 году Республика Беларусь присоединилась к Киотскому протоколу. Это обязало нашу страну к работе по обеспечению потребностей будущих поколений, снижению влияния на окружающую среду антропогенных факторов и уменьшению расхода энергетических и природных ресурсов. Для населения это должно привести к значительному сокращению коммунальных платежей, для

страны – к экономии ресурсов, повышению производительности промышленности и конкурентоспособности, для экологии – к ограничению выброса парниковых газов в атмосферу.

Одной из главных задач развития Республики Беларусь на 2016 – 2020 год стало повышение конкурентоспособности экономики, обеспечение энергетической безопасности и энергетической независимости за счет повышения энергоэффективности и увеличения использования собственных топливно-энергетических ресурсов, в том числе из возобновляемых источников энергии.

Для реализации этой задачи в 2016 году был разработан проект Технического регламента Республики Беларусь «Энергоэффективность зданий». Требования, которые задает регламент, должны обеспечить:

- рациональное и экономичное использование первичной энергии;
- сокращение потребления первичной энергии и увеличение доли использования возобновляемых источников энергии в зданиях;
- уменьшение и ограничение выброса эмиссии газов, вызывающих парниковый эффект;
- экономическое стимулирование строительства энергоэффективных зданий.

Требования Технического регламента будут распространяться на отапливаемые жилые и общественные здания, административные и бытовые здания промышленных предприятий независимо от формы собственности и ведомственной принадлежности. Таким образом, все жилые и общественные здания, которые будут строиться на территории страны, должны стать энергоэффективными. Это требование относится и к многоквартирным жилым домам, что может создать определенные трудности при реализации требования регламента застройщиками.

Исходя из теории проектирования и практики строительства энергоэффективных зданий, можно говорить о том, что необходимый нормируемого показателя суммарного удельного годового расхода тепловой энергии здания можно обеспечить лишь с учетом ряда критериев.

В здании рекомендуется применять автоматизированные инженерные сети и оборудование. Обязательным условием является применение системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла. Положительную роль в энергобалансе здания могут сыграть и примененные в нем системы горячего водоснабжения с использованием геотермального насоса и система канализации с рекуперацией тепла сточных вод. В системе отопления следует применять ультразвуковые счетчики учета тепла, а также терморегуляторы на каждом из радиаторов. Для электрификации помещений следует применять ветряные

станций и солнечных коллектора как минимум в качестве источника резервного питания.

Важную роль в обеспечении энергоэффективности здания в процессе эксплуатации играет выбор его объемно-планировочного решения и ориентации по сторонам света. Основные помещения должны быть обращены на запад, восток и юг, по холодной северной стороне следует располагать подсобные помещения. Такое расположение помещений в пространстве здания является наиболее рациональным и поможет значительно сократить расход энергоресурсов в процессе эксплуатации здания.

Выбор геометрической формы здания в большей степени зависит от доступных для его строительства материалов и изделий. Стоит отметить, что самым эффективным является здание, имеющее в плане форму окружности. Чем сильнее здание в плане изрезано выступами, чем больше оно имеет углов, тем больше будут его теплопотери. Таким образом сложные изрезанные формы здания приведут к увеличению расхода тепловой энергии, используемой в здании на его отопление.

Для того, чтобы охарактеризовать выбор конфигурации здания на практике используется расчетный показатель компактности здания  $K_e^{des}$ . Он отражает зависимость стоимости строительства и эксплуатации (размера эксплуатационных затрат на вентиляцию, отопление, горячее водоснабжение, ремонт фасадов и кровли) от принятой конфигурации здания. Лучшие расчетные значения имеют дома, близкие в плане к квадрату, или с полукругами стен.

Для того, чтобы сделать вывод о соответствии традиционно применяемых в строительстве многоквартирных жилых зданий конструктивных решений требованиям нового Технического регламента, был запроектирован условный жилой дом. Фасад здания, его план и разрез изображены на рисунке 1, 2 и 3 соответственно.

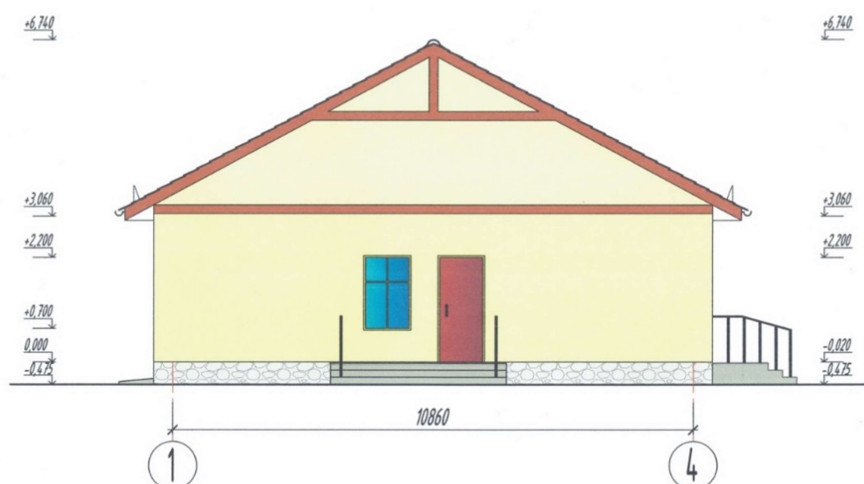


Рисунок 1 – Фасад здания многоквартирного жилого дома в осях 1-4

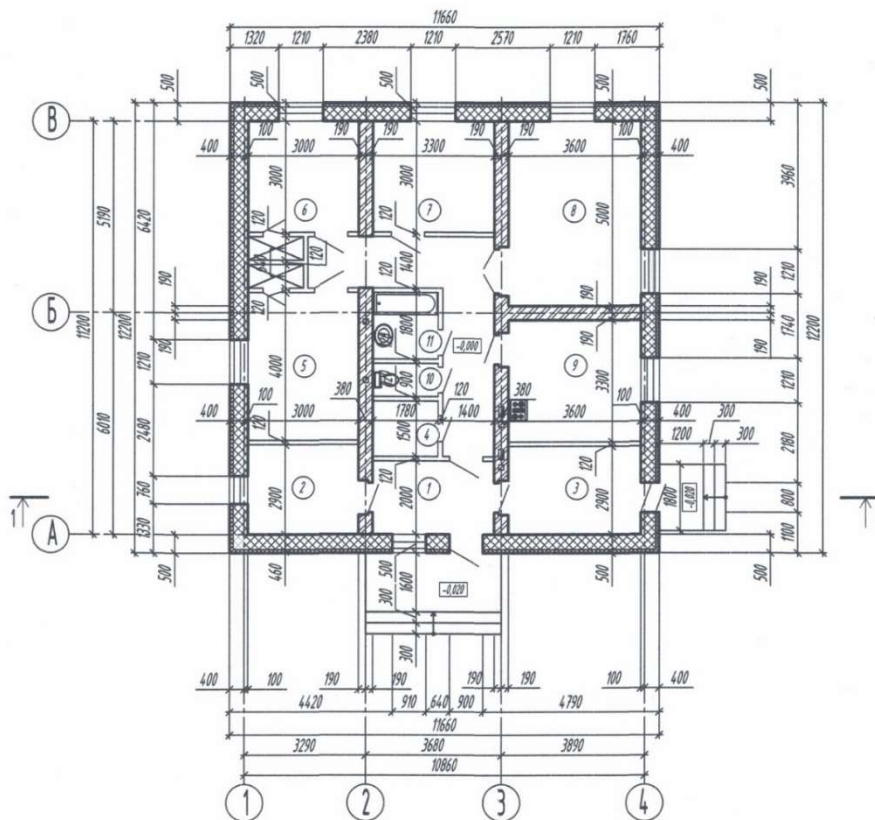


Рисунок 2 – План этажа одноквартирного жилого дома на отм. 0,000

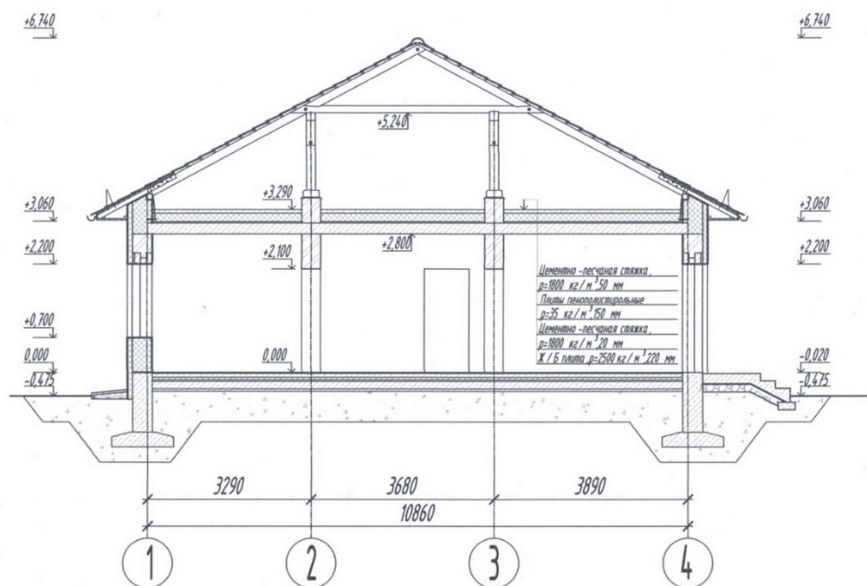


Рисунок 3 – Разрез 1-1

В соответствии с ТКП 45-3.02-230-2010\*(02250) «Дома жилые одноквартирные и блокированные» принята площадь и ширина помещений для жилого дома повышенной комфортности. Наглядно запроектированные и нормативные значения этих помещений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Экспликация помещений

Номер помещения	Наименование	Запроект ированная площадь, м <sup>2</sup>	Площадь нормативная, м <sup>2</sup>	Запроект ированная ширина, м	Ширина нормативная, м
1	Тамбур	6,60	3,96	3,3	2,2
2	Помещение для хозяйственных работ	8,70	-	2,9	-
3	Топочная	10,44	-	2,9	-
4	Гардеробная	2,67	-	1,5	-
5	Спальня	12,0	12,0	3,0	2,7
6	Спальня	9,0	9,0	3,0	2,6
7	Спальня	9,90	9,0	3,3	2,6
8	Жилая (общая) комната	18,0	18,0	3,6	3,6
9	Кухня	11,88	9,0	3,3	2,6
10	Уборная	1,6	1,1	0,9	0,9
11	Ванная комната	3,2	3,2	1,8	1,7

Расчетный показатель компактности жилых зданий  $K_e^{des}$  для одноэтажных жилых домов рекомендуется принимать не выше 1,1. На примере рассматриваемого жилого дома, получили, что расчетный показатель компактности составил  $K_e^{des}=1,08$ ; значение меньше максимально допустимого  $K_e^{des} = 1,1$ .

Конструктивные решения принимались исходя из практического опыта проектных организаций города Гомеля, занятых непосредственно проектированием многоквартирных жилых домов. Для исследования здание было запроектировано из наиболее часто используемых строительных материалов и конструкций. Здание одноэтажное бесподвальное с неотапливаемым чердаком. Фундамент здания – ленточный монолитный, глубиной заложения 1,3 метра. Несущие ограждающие конструкции выполнены из газосиликатных блоков с толщиной 400 мм и утеплением пенополистирольными плитами толщиной 100 мм, закрепляемыми на дюбель для теплоизоляционных материалов. Внутренние несущие стены выполнены из кирпича керамического, толщина внутренних несущих стен – 380 мм. Перегородки выполнены из кирпича керамического, толщиной – 120 мм. Пол здания выполнен по грунту. Перекрытие сборное из железобетонных плит перекрытия толщиной 220 мм с утеплением пенополистирольными плитами толщиной 150 мм. В качестве кровельного материала использована металлочерепица.

Для принятых непрозрачных ограждающих конструкций было рассчитано значение сопротивления теплопередаче R, учитывающее свойства и качество использованных материалов. Расчет был произведен по методике, изложенной в

ТКП 45-2.04-43-2006\* (02250) «Строительная теплотехника». В результате рассчитанные значения составили:  $R_{стен} = 3,84 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ ,  $R_{покр} = 3,37 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ . Нормативное значение сопротивления теплопередаче составляет  $R_{т.норм} = 3,2 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ . Следовательно, принятая конструкция наружных соответствует нормативным требованиям. В свою очередь полученное значение для перекрытия меньше нормативного, равного  $6 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ . Следовательно, необходимо проводить мероприятия по увеличению значения расчетного сопротивления теплопередаче путем увеличения толщины утеплителя.

В связи с тем, что на практике в течении 2016 года появилась тенденция к экономии заказчиками личных финансовых средств путем уменьшения толщины несущих ограждающих конструкций и толщины слоя теплоизоляционного материала, то был произведен расчет с толщиной блока 300 мм, а также толщиной утеплителя (маты минераловатные прошивные) 50 мм. Полученное значение составило  $2,46 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ , что также не соответствует нормативным требованиям, предъявляемым к ограждающим конструкциям жилых зданий.

Упрощенная методика определения сопротивления теплопередаче приводит к значительным ошибкам. С точки зрения действительного значения сопротивления теплопередаче  $R$ , не учтен ряд факторов, влияющих на реальные теплотери здания. Детальная методика расчета, предполагает выделение в рассчитываемой ограждающей конструкции характерных участков, среди которых: углы, простенки, примыкание к дверным и оконным проемам, примыкание перекрытий и стен лоджий, участки стен из материалов с различной теплопроводностью (например, железобетонные перемычки, контактирующие с кладкой стен из газосиликатных блоков).

В рекомендациях Р 1.04.115-2013 по расчету приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и расчету потерь теплоты помещений через ограждения изложена методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, позволяющая на стадии проектирования учесть перечисленные выше участки и их влияние на теплозащиту здания. Методика разработана таким образом, чтобы при ее использовании была возможность:

- учесть наиболее значимые элементы ограждающих конструкций, влияющие на значение сопротивления теплопередаче;
- обеспечить достаточный для практической значимости уровень точности результатов расчета;
- оценить возможность образования зон конденсации влаги на всех внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

Стоит отметить, что приведенное сопротивление теплопередаче характеризует теплозащитные качества наружных стен, покрытий, полов, и на прямую влияет на обеспечение требуемых параметров микроклимата помещений, состояние внутренних поверхностей ограждений, работу и долговечность ограждающих конструкций в целом. Повышение нормативного значения сопротивления теплопередаче привело к использованию эффективных теплоизоляционных материалов. Однако при углубленном изучении вопроса индивидуального домостроения, оказалось, что большинство застройщиков, используя возможность строительства хозяйственным способом и допускаемый для этого упрощенный порядок разработки и согласования проектной документации, не производят необходимых теплотехнических расчетов. Следствием этого становится повышение энергопотребления здания в процессе его эксплуатации.

Новая методика расчета позволяет учесть множество участков, благодаря которым возможно получить картину работы конструкции приближенную к реальным условиям. Но с ее применением существует ряд проблем, связанных в первую очередь со сложностью расчетов температурных полей. Для определения сопротивления теплопередаче отдельных выделенных фрагментов конструкций необходимо выполнить решение двумерной и трёхмерной задачи переноса теплоты. Для этого требуется решить дифференциальное уравнение стационарной теплопроводности с граничными условиями третьего рода. Наиболее распространенной методикой служит их численное решение в конечных разностях. Обусловлено это прежде всего простотой аппроксимации производных в дифференциальных уравнениях. Однако методу конечных разностей присущи и определённые недостатки, к которым относится сложность аппроксимации граничных условий при наличии угловых точек на контуре исследуемой области, сложность учета неоднородности материалов и сложных геометрических форм. Из этого можно сделать вывод, что расчет весьма трудоемок и невозможен, требует наличия сертифицированных программных комплексов. Однако лицензированных и рекомендованных к применению программных комплексов на данный момент не существует, а доступные программы зарубежного производства могут быть основаны на методике, отличной от изложенной в отечественных нормах.

Таким образом, можно говорить о том, что исследование необходимо продолжить, чтобы определить возможности модернизации типовых решений, применяемых застройщиками в традиционном возведении многоквартирных жилых домов хозяйственным способом. Однако, для корректного анализа результатов следует проанализировать и выбрать программный комплекс для

расчета температурных полей, который будет максимально отвечать требованиям отечественных нормативных документов.

#### Литература:

1. ТКП 45-2.04-196-2010 (02250) . Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 23 с.
2. ТКП 45-3.02-230-2010\*(02250). Дома жилые многоквартирные и блокированные. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 30 с.
3. ТКП 45-2.04-43-2006\* (02250). Строительная теплотехника. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 23 с.
4. Р1.04.115-2013. Рекомендации по расчету приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и расчету потерь теплоты помещений через ограждения. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – 61 с.
5. В. Файст, Основные положения по проектированию пассивных домов. – М: Издательство Ассоциации строительных вузов. – 144 с.