Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 8 (47). 2016. 17-30

Construction of Unique Buildings and Structures

journal homepage: www.unistroy.spb.ru

Повышение теплозащиты стеновых конструкций зданий из объемных блоков

С.В. Корниенко[1]

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 400074, Россия, Волгоград, ул. Академическая, 1

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 699.86	Подана в редакцию 26 марта 2016	объемно-блочное домостроение; ограждающая конструкция; теплоизоляция; тепловизионный контроль; математическое моделирование; теплопередача; теплопотери;

АННОТАЦИЯ

В данной статье приведены результаты научного исследования теплозащитных свойств современных конструкций наружных стен объемно-блочных зданий. На основе тепловизионного контроля качества теплоизоляции наружных стен выявлены температурные аномалии в краевых зонах ограждающих конструкций. Используя результаты термографирования объекта, выделены наиболее значимые теплотехнически неоднородные участки стеновых ограждающих конструкций. Ухудшение теплового режима конструкций обусловлено значительным влиянием сквозных теплопроводных включений большой протяженности, принятых в проекте. С целью определения уровня теплозащиты выполнено математическое моделирование теплопередачи в стеновых ограждающих конструкциях. Наиболее точно добавочные потери теплоты, обусловленные влиянием краевых зон, могут быть определены по температурным полям. Приведенное сопротивление теплопередаче стеновых ограждающих конструкций находится в интервале допустимых значений СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» и близко к экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче. Однако, крайне низкое значение коэффициента теплотехнической однородности наружных стен (0,49) обусловлено неэффективным проектным решением теплозащиты. Совершенствование конструктивного решения панелей наружных стен применением вместо ребер шпонок снижает добавочные теплопотери и повышает теплозащитные свойства конструкций. Более высокое значение коэффициента теплотехнической однородности в предлагаемом варианте (0,64) свидетельствует о повышении эффективности теплозащиты наружных стен. Применение шпоночных соединений выравнивает температурное поле и улучшает тепловой режим стены.

Содержание

1. Введение 18
2. Методы 20
3. Результаты и обсуждение 21
4. Заключение 26
5. Благодарности 26

Контактный автор:
1. +7(988)4912459, svkorn2009@yandex.ru (Корниенко Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент)

1. Введение

Объемно-блочная строительная система была разработана и внедрена в экспериментальное строительство в конце 50-х годов прошлого века. В 70-е годы были отработаны технологические приемы производства объемных блоков различных конструктивных решений и методы их монтажа. В это время заводы объемно-блочного домостроения вышли на проектную мощность, а новые конструкции получили внедрение в массовое жилищное строительство [1].

Объемно-блочные здания возводят из укрупненных объемно-пространственных железобетонных элементов массой до 25 т. Объемный блок представляет собой пространственную конструкцию, изготовленную в заводских условиях, обладающую необходимой прочностью, жесткостью, устойчивостью. Такие элементы могут включать жилую комнату, лестничную клетку и другие фрагменты здания. В процессе строительства объемные блоки устанавливают друг на друга, как правило, «столбами», без перевязки швов. Конструкции объемных блоков разнообразны, что отражается в их классификации по массе, статической функции и материалу.

По сравнению с панельным объемно-блочное домостроение обеспечивает снижение суммарных трудозатрат на 12…15%, создавая прогрессивную структуру этих затрат. Объемно-блочную строительную систему применяют, главным образом, в массовом жилищном домостроении. Наибольший экономический эффект объемно-блочное домостроение обеспечивает при высокой концентрации строительства, необходимости его осуществления в сжатые сроки и при дефиците рабочей силы. Объемно-блочное домостроение реализует прогрессивные принципы [2—6] возведения качественного, социально-ориентированного, эстетически привлекательного, долговечного и технологичного жилья.

Ряд вопросов, посвященных повышению механической безопасности крупнопанельных и объемно-блочных зданий, рассмотрен в статьях [7, 8]. Вопросы повышения теплозащитных свойств зданий с применением различных фасадных систем, как в отечественной, так и зарубежной практике строительства, рассмотрены в статьях [9—27]. Решение проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности зданий совершенствованием архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерно-технических решений, в том числе зданий из крупноразмерных элементов индустриального изготовления, отражено в научных изданиях [9—12]. Технико-экономическое обоснование теплоизоляции фасадных конструкций при реновации жилых зданий первых массовых серий приведено в статье [13]. В статьях [14, 15] указывается на необходимость комплексной и многофакторной оценки теплового режима, теплозащитных свойств и энергоэффективности зданий. Проблеме повышения теплозащиты и энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через теплотехнически неоднородные участки ограждающих конструкций (краевые зоны) посвящены статьи [16—20]. В статье [21] предложена инженерная методика расчета минимальной температуры на внутренней поверхности трехслойной стеновой панели со шпоночным соединением, позволяющая выполнить оперативную оценку теплового режима конструкции без проведения сложных и трудоемких расчетов температурных полей. Вопросы стандартизации тепловой защиты жилых зданий в различных климатических зонах строительства отражены в статье [22]. Сравнительная оценка теплофизических свойств теплоизоляционных материалов и конструкций в границах жизненного цикла зданий различного функционального назначения приведена в статьях [23—27].

Несмотря на широкое практическое применение современных стеновых ограждающих конструкций зданий из объемных блоков теплотехнические свойства этих конструкций в настоящее время изучены недостаточно полно. Этим определяется **актуальность** данной работы.

Проведенный обзор литературы позволил сформулировать цель и задачи исследования.

Целью данной работы является повышение теплозащитных свойств стеновых ограждающих конструкций объемно-блочных зданий.

Из поставленной цели вытекают следующие **задачи**:

– выполнить тепловизионный контроль качества теплоизоляции наружных стен для выявления краевых зон ограждающих конструкций;

– провести математическое моделирование теплопередачи в стеновых ограждающих конструкциях для определения расчетного уровня их теплозащиты;

– на основе математического моделирования теплопередачи разработать предложения по совершенствованию конструктивного решения панелей наружных стен.

Объектом исследования является многоквартирное жилое здание, расположенное на территории Волгоградской области (Россия, 48° с.ш.). Количество этажей — 10, количество секций — 4. Здание построено из железобетонных объемных блоков типа «колпак» с толщиной стенок 70 мм (рис. 1).

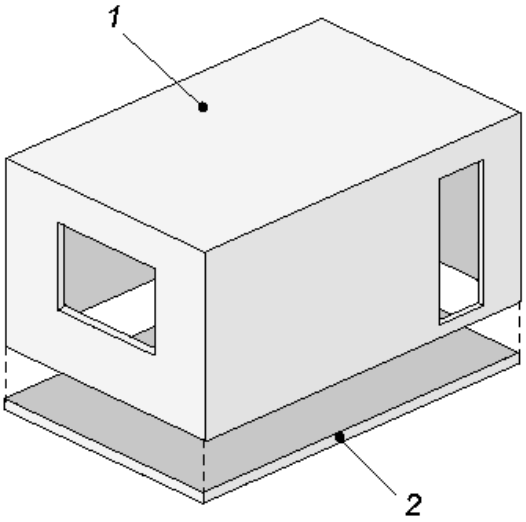

Рисунок 1. Схема объемного блока «колпак» (с присоединенной конструкцией пола): 1 — пространственный элемент блока; 2 — плита пола

Для утепления наружных стен объемных блоков использованы двухслойные навесные панели, состоящие из наружного защитно-отделочного керамзитобетонного слоя толщиной 70 мм и эффективного утеплителя из пенополистирольных плит толщиной 190 мм (рис. 2, 3).

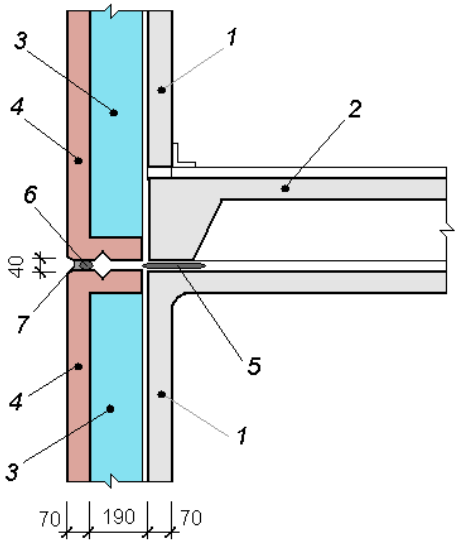

Рисунок 2. Схема горизонтального стыка наружных стен объемных блоков: 1 — стенка блока; 2 — плита пола; 3 — теплоизоляция; 4 — наружный защитно-отделочный слой; 5 — упругая прокладка; 6 — уплотняющая прокладка; 7 — герметизирующая мастика

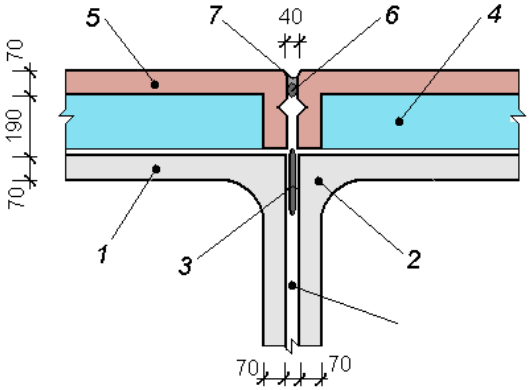

Рисунок 3. Схема вертикального стыка наружных стен объемных блоков: 1 — стенка блока; 2 — утолщение стенки блока («вут») для передачи вертикальной нагрузки от блока к блоку; 3 — упругая прокладка; 4 — теплоизоляция; 5 — наружный защитно-отделочный слой; 6 — уплотняющая прокладка; 7 — герметизирующая мастика

Расчетные геометрические и теплотехнические показатели материалов наружных стен приведены в табл.1.

Таблица 1. Расчетные показатели материалов наружных стен

Материал слоя	Толщина, м	Плотность в сухом состоянии, кг/м^3	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Железобетон	0,07	2500	1,92
Плиты из пенополистирола	0,19	35…38	0,04
Керамзитобетон на керамзитовом песке	0,07	1200	0,44

Для крепления панели к объемному блоку по контуру панели предусмотрены ребра из керамзитобетона средней толщиной 70 мм, образующие сквозные теплопроводные включения. Проектное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с учетом теплопроводных включений R_o^{des} = 2,92 м^2·К/Вт, что соответствует поэлементным требованиям СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий». Заполнение световых проемов окон и балконных дверей — стеклопакетами в пластиковых переплетах. Крыша здания выполнена с холодным чердаком, кровля плоская с рулонным гидроизоляционным покрытием.

Здание эксплуатируется в условиях умеренно-континентального климата России. Расчетное значение градусо-суток отопительного периода HDD 20/8 = 3925 К·сут/год.

Источником централизованного теплоснабжения здания является районная котельная. Здание имеет естественную вентиляцию. Приток воздуха обеспечивается через регулируемые створки окон в помещениях жилых комнат и кухонь, удаление воздуха — через вытяжные вентиляционные каналы в кухнях и санузлах. Для снижения затрат энергии в техническом подполье здания предусмотрены индивидуальные тепловые пункты. Инженерные системы здания оснащены приборами учета тепловой энергии, холодной и горячей воды, электроэнергии и газа.

Рассматриваемое здание построено по типовому проекту, предназначенному для многократного применения.

2. Методы

2.1. Тепловизионный контроль качества теплоизоляции наружных стен

Тепловизионный контроль качества теплоизоляции наружных стен указанного объекта проведен на основе экологически безопасного метода неразрушающего контроля [19] в холодный период года в дневное время при разности температур внутреннего и наружного воздуха около 20 К и режиме теплопередачи, близком к стационарному. Обследование производилось при отсутствии ветра, атмосферных осадков, тумана и задымленности. В процессе измерений обследуемые наружные поверхности стен не подвергались воздействию прямого и отраженного солнечного облучения. Тепловизионное обследование выполнено совместно с ООО «Промстройэкспертиза» тепловизором марки IR 928 в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

Тепловизионные измерения выполнены по квадратам. Разбивка на квадраты произведена с захватом в обзорное поле тепловизора краевых зон ограждающих конструкций: вертикальных и горизонтальных стыков панелей, узлов примыканий оконных блоков к стеновым проемам, других теплопроводных включений. Внутри каждого квадрата выделены базовые участки, т.е. зоны без температурных аномалий. На базовых участках проводят контактные измерения температуры и настраивают тепловизор.

Результатом тепловизионного обследования является совокупность откалиброванных термограмм ограждающих конструкций, полученная термографированием, расшифровкой и расчетом термоизображений. Термограмма представляет собой температурное поле, рассчитанное с шагом 0,1…0,2 °С по поверхности.

2.2. Математическое моделирование теплопередачи в наружных стенах

Расчетная оценка уровня теплозащиты зданий наиболее точно может быть выполнена на основе определения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по результатам расчета дву- и трехмерных температурных полей [14, 15].

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_o^{red}, м²·К/Вт, при установившихся условиях теплопередачи в наиболее общем виде определяется по формуле

$$R_o^{red} = \frac{(t_{int} - t_{ext})A}{\int\limits_{\Omega} qdA}, \quad (1)$$

где t_{int} — расчетная температура внутреннего воздуха здания; t_{ext} — расчетная температура наружного воздуха в холодный период года; A — площадь ограждающей конструкции (или ее фрагмента); q — плотность теплового потока в границах выделенной конструкции (или ее фрагмента); Ω — выделенный фрагмент ограждающей конструкции.

Точное вычисление R_o^{red} по формуле (1) возможно только для простейших конструктивных решений. При инженерной оценке теплозащитных свойств неоднородных ограждающих конструкций приведенное сопротивление теплопередаче конструкции можно определить по формуле [20]:

$$R_o^{red} = \frac{(t_{int} - t_{ext})A}{Q_{bas} + \sum_{i=1}^{m} Q_i^{ad}}, \quad (2)$$

где Q_{bas} — основной тепловой поток через ограждающую конструкцию при расчетных условиях; m — число краевых зон в ограждающей конструкции; Q_i^{ad} — добавочный тепловой поток через i-ю краевую зону, определяемый по температурному полю.

Расчетная оценка теплового режима ограждающих конструкций выполнена на основании математического моделирования теплопередачи с применением программно-вычислительного комплекса «Энергоэффективность и тепловая защита зданий (ЭНТЕЗА)» [14]. Программно-вычислительный комплекс «ЭНТЕЗА» позволяет на основе расчета трехмерных температурных полей выполнить оценку влияния краевых зон на теплозащитные свойства ограждающих конструкций и наметить пути совершенствования элементов оболочки зданий.

3. Результаты и обсуждение

Полученные в процессе тепловизионного контроля термограммы позволили весьма наглядно выявить температурные аномалии в краевых зонах ограждающих конструкций обследованного здания (рис. 4—7).

Рисунок 4. Общий вид фрагмента дворового фасада здания

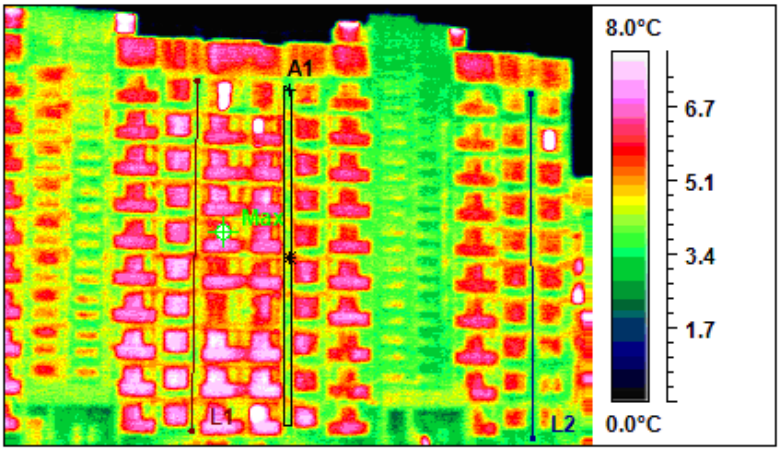

Рисунок 5. Обзорная термограмма фрагмента дворового фасада здания

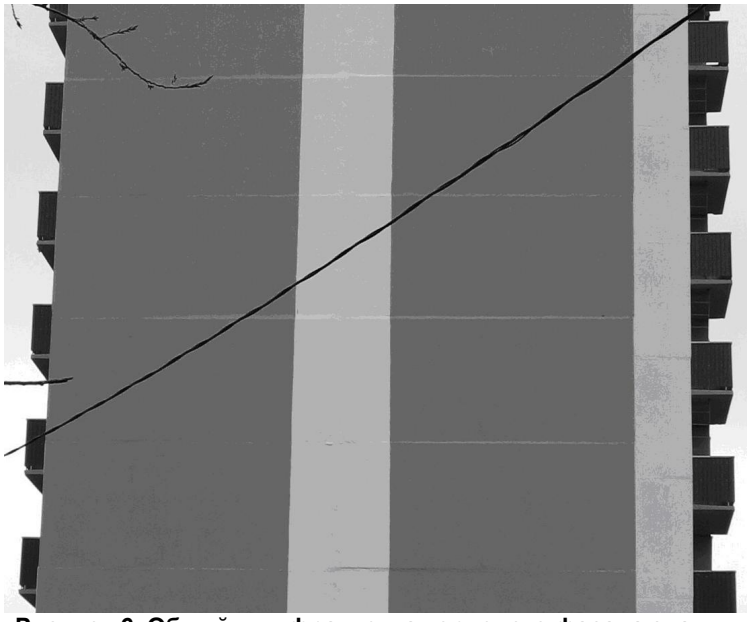

Рисунок 6. Общий вид фрагмента торцевого фасада здания

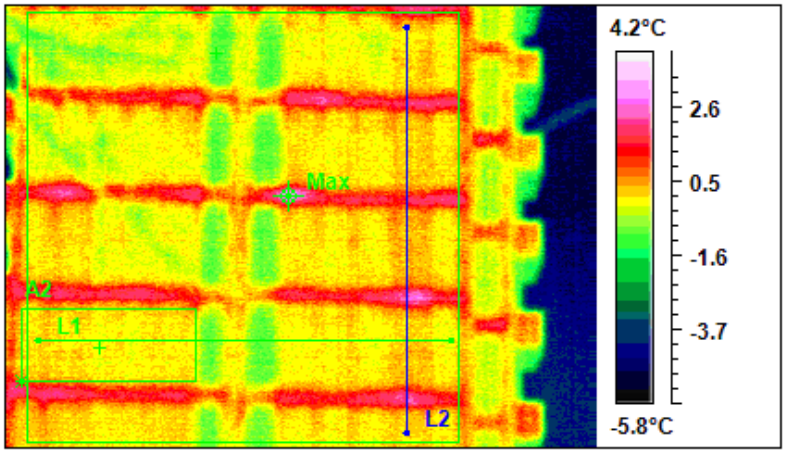

Рисунок 7. Детальная термограмма фрагмента торцевого фасада здания

На рис. 4, 5 представлены общий вид и обзорная термограмма фрагмента дворового фасада здания. Приведенная термограмма позволяет выявить участки, в которых нарушается однородность температурного поля: в зонах окон и балконных дверей, на стыках панелей наружных стен, в ограждениях цокольного этажа и чердака.

На рис. 6, 7 представлены общий вид и детальная термограмма фрагмента торцевого фасада здания, включающего стыки панелей наружных стен. Представленная термограмма конкретизирует температурное поле для указанного фрагмента. Как видно по термограмме, в зоне горизонтальных стыков панелей нарушается однородность температурного поля. Максимальная температура наружной поверхности в указанной краевой зоне 2,6 °С, что выше температуры по глади стены.

Результаты тепловизионного контроля следует использовать как качественную основу для идентификации краевых зон оболочки здания.

На основе результатов термографирования объекта (рис. 5, 7) выделены наиболее значимые краевые зоны стеновых ограждающих конструкций:

- горизонтальные стыки панелей;
- вертикальные стыки панелей;
- узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам.

Ввиду незначительной протяженности примыканий стен к фундаменту и чердачному перекрытию, а также стыки с другими видами стеновых конструкций при оценке теплозащитных свойств наружных стен не учитывались. При заполнении стеновых проемов толщина рамы оконных блоков принята равной 60 мм.

Анализ результатов расчета, выполненного на основе проектных данных для указанных краевых зон, показывает, что наибольшая локализация температуры отмечается в зоне горизонтального стыка стеновых панелей (рис. 8). Вдали от стыка панелей изотермы проходят параллельно поверхностям стены. По мере приближения к стыку изотермы изгибаются к внутренней и наружной поверхностям стены, что указывает на более интенсивный тепловой поток по керамзитобетонным ребрам панелей.

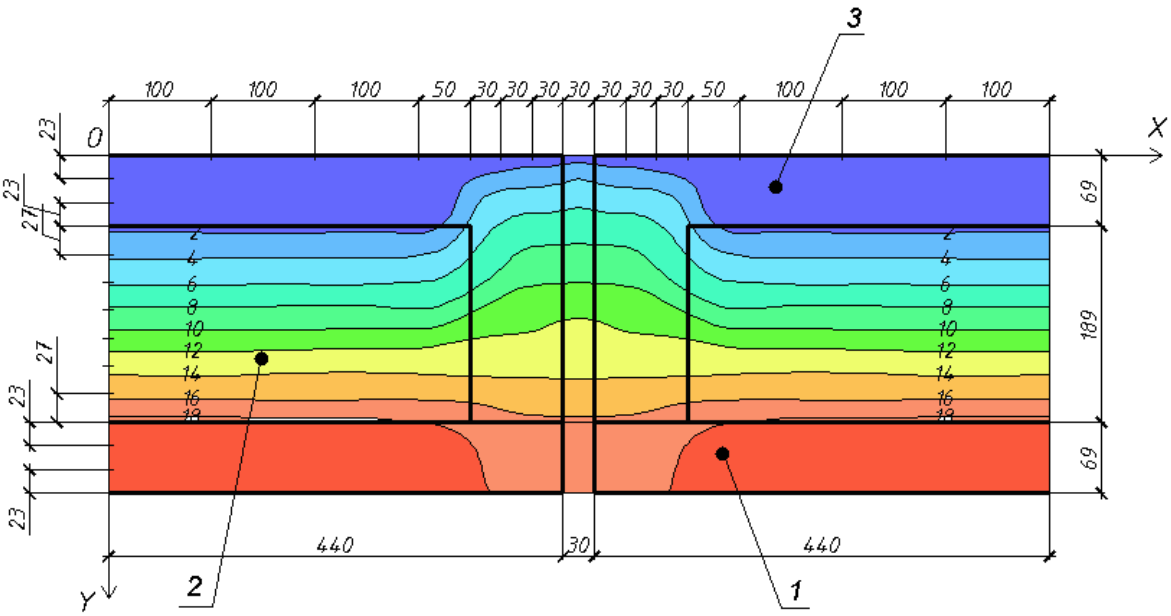

Рисунок 8. Температурное поле *t*(*x*, *y*) в зоне горизонтального стыка панелей наружных стен: 1 — внутренний железобетонный слой; 2 — теплоизоляция; 3 — наружный керамзитобетонный слой (заделка устья стыка условно не показана)

Результаты расчета теплового режима стеновых конструкций приведены в таблице 2. Представленные в этой таблице тепловые потоки отнесены к единице площади наружных стен.

Таблица 2. Результаты расчета теплового режима наружных стен на основе проектного решения

Показатель	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя
Основной удельный тепловой поток (по «глади»)	q_{bas}, Вт/(м²·К)	0,196
Добавочный удельный тепловой поток через краевые зоны, в том числе через:	q_{ad}, Вт/(м²·К)	0,204
горизонтальные стыки панелей	q_1^{ad}, Вт/(м²·К)	0,086
вертикальные стыки панелей	q_2^{ad}, Вт/(м²·К)	0,065
узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам	q_3^{ad}, Вт/(м²·К)	0,053
Суммарный тепловой поток	q_{sum}, Вт/(м²·К)	0,4

Используя данные табл. 2, определена структура удельных потерь теплоты через наружные стены (рис. 9).

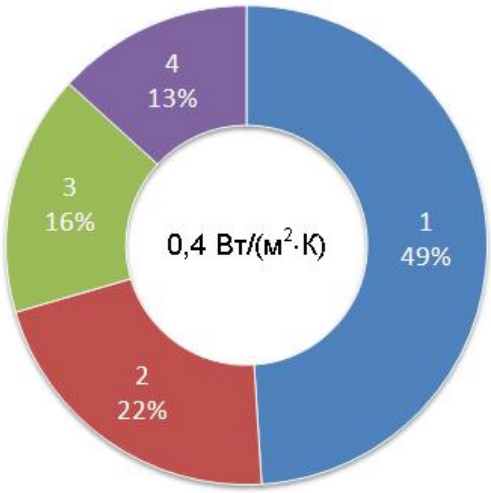

Рисунок 9. Структура удельных потерь теплоты через наружные стены (проектное решение): 1 — основные; 2 — горизонтальные стыки панелей; 3 — вертикальные стыки панелей; 4 — узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам

Анализ структуры теплопотерь показывает (рис. 9), что добавочные потери теплоты через краевые зоны превышают основные. Максимальные добавочные теплопотери (22%) отмечаются через горизонтальные стыки панелей, что качественно согласуется с результатами тепловизионного обследования дома (рис. 7). Теплопотери через вертикальные стыки панелей меньше, чем через горизонтальные, и составляют 16% общих потерь теплоты. Значительный «вес» добавочных теплопотерь через горизонтальные и вертикальные стыки панелей (38%) обусловлен наличием сквозных теплопроводных включений в виде ребер, расположенных по контуру панели. Минимальные добавочные теплопотери (13%) отмечаются через узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен R_{o1}^{red} = 2,5 м²·К/Вт. Это значение находится в интервале допустимых значений согласно п. 5.2 СП 50.13330.2012 и близко к экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче. Значение R_{o1}^{red} ниже проектного значения на 14,4%. Отклонение расчетного значения сопротивления теплопередаче от проектного объясняется погрешностью расчета в проекте, без определения температурных полей.

Крайне низкое значение коэффициента теплотехнической однородности наружных стен (r_1 = 0,49) обусловлено неэффективным проектным решением теплозащиты. Низкие значения коэффициента теплотехнической однородности характерны для сквозных линейных теплопроводных включений большой протяженности [20]. Конструкции панелей наружных стен с ребрами практически не имеют потенциала теплозащиты и энергосбережения.

С целью повышения теплозащитных свойств необходимо совершенствование конструктивного решения наружных стен здания.

В качестве предлагаемого варианта принято конструктивное решение наружных стен с применением дискретных керамзитобетонных связей — шпонок (рис. 10).

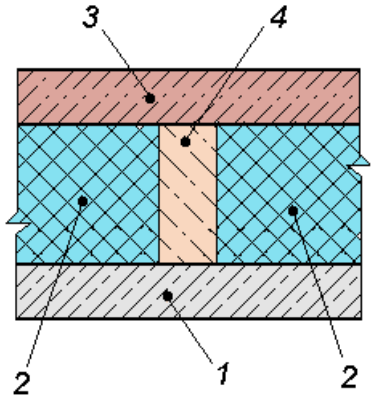

Рисунок 10. Схема конструктивного решения панелей наружных стен со шпоночным соединением: 1 — стенка блока; 2 — теплоизоляция; 3 — наружный защитно-отделочный слой; 4 — шпонка

Результаты расчета теплового режима стеновых конструкций по предлагаемому варианту приведены в таблице 3. Так же как и ранее, представленные в этой таблице тепловые потоки отнесены к единице площади наружных стен.

Таблица 3. Результаты расчета теплового режима наружных стен (предлагаемый вариант)

Показатель	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя
Основной удельный тепловой поток (по «глади»)	q_{bas}, Вт/(м^2·К)	0,196
Добавочный удельный тепловой поток через краевые зоны, в том числе через:	q_{ad}, Вт/(м^2·К)	0,11
горизонтальные стыки панелей	q_1^{ad}, Вт/(м^2·К)	0,038
вертикальные стыки панелей	q_2^{ad}, Вт/(м^2·К)	0,028
узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам	q_3^{ad}, Вт/(м^2·К)	0,044
Суммарный тепловой поток	q_{sum}, Вт/(м^2·К)	0,306

На основе данных табл. 3 определена структура удельных потерь теплоты через наружные стены согласно предлагаемому варианту (рис. 11).

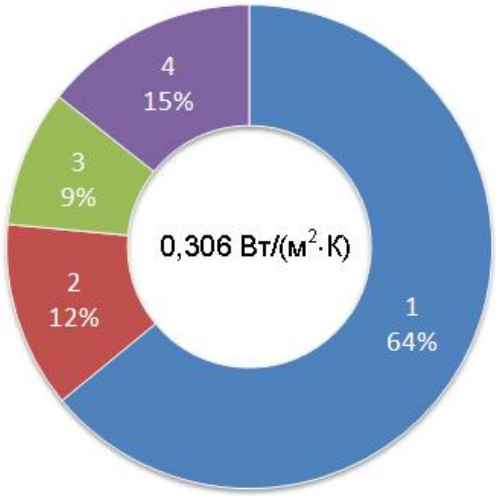

Рисунок 11. Структура удельных потерь теплоты через наружные стены (предлагаемый вариант): 1 — основные; 2 — горизонтальные стыки панелей; 3 — вертикальные стыки панелей; 4 — узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам

Анализ результатов расчета показывает, что совершенствование конструктивного решения панелей снижает добавочные теплопотери и повышает теплозащитные свойства наружных стен (рис. 11). Приведенное сопротивление теплопередаче по предлагаемому варианту R_{o2}^{red} = 3,27 м^2·К/Вт, что выше требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций согласно табл. 3 СП 50.13330.2012 ($R_{o,bas}^{req}$ = 2,77 м^2·К/Вт). Более высокое значение коэффициента теплотехнической однородности в предлагаемом варианте (r_2 = 0,64) свидетельствует о повышении эффективности теплозащиты наружных стен. Это достигается, прежде всего, за счет применения точечных теплопроводных включений — шпонок, имеющих значительно меньшую протяженность по сравнению с ребрами. Согласно результатам приближенного расчета [21] минимальная температура внутренней поверхности конструкции в зоне шпонки при температуре по «глади» стены 19,1 °С. Применение шпоночных соединений выравнивает температурное поле и улучшает тепловой режим стены. По сравнению с проектным решением в предлагаемом варианте приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен повышается на 30%. Конструкции панелей наружных стен со шпоночными соединениями имеют высокий потенциал теплозащиты и энергосбережения.

Сравнение результатов расчета теплотехнических свойств наружных стен согласно рассматриваемым вариантам приведено в табл. 4.

Таблица 4. Теплотехнические свойства наружных стен

Наименование показателя	Обозначение, ед. изм.	Значение показателя по вариантам	
		проектный	предлагаемый
Приведенное сопротивление теплопередаче	R_o^{red}, м²·К/Вт	2,5	3,27
Условное сопротивление теплопередаче	R_o^{con}, м²·К/Вт	5,1	5,1
Коэффициент теплотехнической однородности	r	0,49	0,64

Таким образом, применение программно-вычислительного комплекса «ЭНТЕЗА» для математического моделирования теплового режима зданий повышает точность результатов оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций и способствует повышению качества проектных работ в современном строительстве.

4. Заключение

По результатам исследования теплотехнических свойств наружных стен объемно-блочных зданий сделаны следующие **выводы**:

1. На основе тепловизионного контроля качества теплоизоляции наружных стен выявлены температурные аномалии в краевых зонах ограждающих конструкций. Используя результаты термографирования объекта, выделены наиболее значимые теплотехнически неоднородные участки стеновых ограждающих конструкций: горизонтальные и вертикальные стыки панелей, узлы примыканий оконных блоков к стеновым проемам. Ухудшение теплового режима конструкций обусловлено значительным влиянием сквозных теплопроводных включений большой протяженности, принятых в проекте. Результаты тепловизионного контроля использованы как качественная основа для идентификации краевых зон оболочки здания.

2. С целью определения уровня теплозащиты выполнено математическое моделирование теплопередачи в стеновых ограждающих конструкциях. Наиболее точно добавочные потери теплоты, обусловленные влиянием краевых зон, могут быть определены по температурным полям. Приведенное сопротивление теплопередаче стеновых ограждающих конструкций находится в интервале допустимых значений СП 50.13330.2012 и близко к экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче. Однако, крайне низкое значение коэффициента теплотехнической однородности наружных стен (r_1 = 0,49) обусловлено неэффективным проектным решением теплозащиты.

3. Совершенствование конструктивного решения панелей наружных стен применением вместо ребер шпонок снижает добавочные теплопотери и повышает теплозащитные свойства конструкций. Более высокое значение коэффициента теплотехнической однородности в предлагаемом варианте (r_2 = 0,64) свидетельствует о повышении эффективности теплозащиты наружных стен. Применение шпоночных соединений выравнивает температурное поле и улучшает тепловой режим стены.

5. Благодарности

Автор статьи считает своим долгом выразить благодарность профессору Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, д.т.н. Николаю Ивановичу Ватину за плодотворное сотрудничество в рамках работы по проекту Erasmus+ 561890-EPP-1-2015-1-IT_EPPKA2-CBHE-JP.

Литература

[1]. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М. Конструкции гражданских зданий. М.: АСВ, 2000. 280 с.

[2]. Николаев С.В. Возрождение домостроительных комбинатов на отечественном оборудовании // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 4–8.

[3]. Белозерский А.М. Объемно-блочное домостроение в России // Наука и техника транспорта. 2012. № 3. С. 55–59.

[4]. Тешев И.Д., Коростелева Г.К., Попова М.А. Объемно-блочное домостроение // Жилищное строительство. 2016. № 3. С. 26–33.

[5]. Тешев И.Д., Коростелева Г.К., Попова М.А., Щедрин Ю.Н. Модернизация заводов объемно-блочного домостроения // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 10–13.

[6]. Тихомиров Б.И., Коршунов А.Н. Инновационная универсальная система крупнопанельного домостроения в узком шаге // Жилищное строительство. 2015. № 5. С. 32–40.

[7]. Румянцев А.А., Сергеевцев Е.Ю. Вибрационные испытания 16-этажного жилого дома объемно-блочной конструкции // Вестник МГСУ. 2012. № 5. С. 98–103.

[8]. Тамов М.М. Контрольные испытания нагружением объемных блоков новой серии // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 6. С. 83–93.

[9]. Матросов Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения. М.: НИИСФ, 2008. 496 с.

[10]. Беляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А. Энергоэффективность и теплозащита зданий. М.: АСВ, 2012. 400с.

[11]. Беляев В.С. Методики расчетов теплотехнических характеристик энергоэкономичных зданий. М.: АСВ, 2014. 272 с.

[12]. Булгаков С.Н., Виноградов А.И., Леонтьев В.В. Энергоэкономичные ширококорпусные жилые дома XXI века. М.: АСВ, 2006. 296 с.

[13]. Цейтин Д.Н., Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Технико-экономическое обоснование утепления фасадов при реновации жилых зданий первых массовых серий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1. С. 20–31.

[14]. Корниенко С.В. Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8 (52). С. 25–37.

[15]. Корниенко С.В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 33–48.

[16]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V., Staritcyna A.A., Tarasova D.S. (2014). The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades. Advanced Materials Research. 2014. No. 941–944. pp. 905–920.

[17]. Vatin N.I., Nazmeeva T., Guslinscky R. (2014). Problems of cold-bent notched C-shaped profile members. Advanced Materials Research. 2014. No. 941–944. pp. 1871–1875.

[18]. Vatin N.I., Pestryakov I.I., Kiski S.S., Teplova Z.S. (2014). Influence of the geometrical values of hollowness on the physicotechnical characteristics of the concrete vibropressed wall stones. Applied Mechanics and Materials. 2014. No. 584–586. pp. 1381–1387.

[19]. Korniyenko S. (2015). Evaluation of thermal performance of residential building envelope. Procedia Engineering. 2015. No. 117. pp. 191–196.

[20]. Корниенко С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 348–351.

[21]. Корниенко С.В. Температурный режим трехслойной стеновой панели // Жилищное строительство. 2001. №9. С. 20–21.

[22]. Feng Y. (2004). Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer / cold winter zones. Energy and Buildings. 2004. No. 36 (12). pp. 1309–1312.

[23]. Ficco G., Iannetta F., Ianniello E., d'Ambrosio Alfano F.R., Dell'Isola M. (2015). U-value in situ measurement for energy diagnosis of existing buildings. Energy and Buildings. 2015. No. 104. pp. 108–121.

[24]. Pargana N., Pinheiro M.D., Silvestre J.D., de Brito J. (2014). Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings. Energy and Buildings. 2014. No. 82. pp. 466–481.

[25]. Yun T.S., Jeong Y.J., Han T.–S., Youm K.–S. (2013). Evaluation of thermal conductivity for thermally insulated concretes. Energy and Buildings. 2013. No. 61. pp. 125–132.

[26]. Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. (2014). Increase of energy efficiency of the building of kindergarten. Advanced Materials Research. 2014. No. 953–954. pp. 1537–1544.

[27]. Pasztory Z., Peralta P.N., Peszlen I. (2011). Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings. Energy and Buildings. 2011. No. 43 (2–3). pp. 713–717.

Increase of thermal insulation of external walls in box-shaped modules

S.V. Korniyenko[1]

Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering,1 Akademicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russia

ARTICLE INFO	**Articlehistory**	**Keywords**
scientific article **doi:**	Received 01.08.2016	space block house prefabrication; enclosure structure; thermal insulation; heat monitoring; mathematic simulation; heat transmission; heat-losses;

ABSTRACT

Results of scientific research of heat-shielding properties of modern designs of external walls in box-shaped modules are given in this article. On the basis of thermovision quality control of thermal insulation of external walls temperature anomalies in the edge zones of enclosing structures are revealed. Using results of thermal monitoring of the object, the most significant heterogeneous fragments of external wall are allocated. Deterioration in the thermal mode of designs is caused by considerable influence of the end-to-end heat-conducting inclusions of big extent accepted in the project. For the purpose of determination of a heat-shielding level mathematical modeling of heat transfer in external walls is executed. The most precisely additional heat-losses caused by influence of edge zones can be determined by temperature fields. The specified resistance to heat transfer (R-value) of the wall is in interval of admissible values according to Russian Norms (SP 50.13330.2012) and is close to economically reasonable resistance to heat transfer. However, extremely low value of heat transfer performance uniformity factor for external walls (0.49) is caused by the inefficient design solution of a heat-shielding. Enhancement of the constructive solution of panels of external walls application instead of edges of connectors reduces additional heat-losses and increases heat-shielding properties of designs. Higher value of heat transfer performance uniformity factor in the offered option (0.64) demonstrates increase of heat-shielding of external walls. Application the connector in a wall levels the temperature field and improves the thermal mode of a wall.

Corresponding author:
1. +79884912459, svkorn2009@yandex.ru (Sergey Valerjevich Korniyenko, PhD, Associate Professor)

References

[1]. Maklakova T.G., Nanasova S.M. Konstruktsii grazhdanskikh zdaniy [Designs of civil buildings]. Moscow: ASV, 2000. 280 p. (rus)

[2]. Nikolayev S.V. Vozrozhdeniye domostroitelnykh kombinatov na otechestvennom oborudovanii [Revival of house building factories on the basis of domestic equipment]. Zhilishchnoye stroitelstvo. 2015. No. 5. pp. 4–8. (rus)

[3]. Belozerskiy A.M. Obyemno-blochnoye domostroyeniye v Rossii [Space block house prefabrication in Russia]. Nauka i tekhnika transporta. 2012. No. 3. pp. 55–59. (rus)

[4]. Teshev I.D., Korosteleva G.K., Popova M.A. Obyemno-blochnoye domostroyeniye [Space block house prefabrication]. Zhilishchnoye stroitelstvo. 2016. No. 3. pp. 26–33. (rus)

[5]. Teshev I.D., Korosteleva G.K., Popova M.A., Shchedrin Yu.N. Modernizatsiya zavodov obyemno-blochnogo domostroyeniya [Modernization of housing module prefabrication plants]. Stroitelnyye materialy. 2016. No. 3. pp. 10–13. (rus)

[6]. Tikhomirov B.I., Korshunov A.N. Innovatsionnaya universalnaya sistema krupnopanelnogo domostroyeniya v uzkom shage [Innovative universal system of large-panel house building with a narrow spacing]. Zhilishchnoye stroitelstvo. 2015. No. 5. pp. 32–40. (rus)

[7]. Rumyantsev A.A., Sergeyevtsev Ye.Yu. Vibratsionnyye ispytaniya 16-etazhnogo zhilogo doma obyemno-blochnoy konstruktsii [Vibration testing of a sixteen-storied building that has a precast concrete box structure]. Vestnik MGSU. 2012. No. 5. pp. 98–103. (rus)

[8]. Tamov M.M. Kontrolnyye ispytaniya nagruzheniyem obyemnykh blokov novoy serii [Control tests by loading of volume blocks of a new series]. Nauchnyye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016. No. 6. pp. 83–93. (rus)

[9]. Matrosov Yu.A. Energosberezheniye v zdaniyakh. Problema i puti yeye resheniya [Energy conservation in buildings. Problem and the ways of her solution]. Moscow: NIISF, 2008. 496 p. (rus)

[10]. Belyayev V.S., Granik Yu.G., Matrosov Yu.A. Energoeffektivnost i teplozashchita zdaniy [Energy efficiency and heat-shielding of buildings]. Moscow: ASV, 2012. 400 p. (rus)

[11]. Belyayev V.S. Metodiki raschetov teplotekhnicheskikh kharakteristik energoekonomichnykh zdaniy [Techniques of calculations of thermotechnical parameters of energy-efficient buildings]. Moscow: ASV, 2014. 272 p. (rus)

[12]. Bulgakov S.N., Vinogradov A.I., Leontyev V.V. Energoekonomichnyye shirokokorpusnyye zhilyye doma XXI veka [Energy-efficient houses with the wide case of the 21st century]. Moscow: ASV, 2006. 296 p. (rus)

[13]. Tseytin D.N., Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye utepleniya fasadov pri renovatsii zhilykh zdaniy pervykh massovykh seriy [Feasibility study for renovation of facades heat insulation of residential buildings of the first mass series]. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2016. No. 1. pp. 20–31. (rus)

[14]. Korniyenko S.V. Mnogofaktornaya otsenka teplovogo rezhima v elementakh obolochki zdaniya [Multifactorial forecast of thermal behavior in building envelope elements]. Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. No. 8 (52). pp. 25–37. (rus)

[15]. Korniyenko S.V. Kompleksnaya otsenka energoeffektivnosti i teplovoy zashchity zdaniy [Complex assessment of energy efficiency and thermal performance for buildings]. Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. No. 11 (26). pp. 33–48. (rus)

[16]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V., Staritcyna A.A., Tarasova D.S. (2014). The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades. Advanced Materials Research. 2014. No. 941–944. pp. 905–920.

[17]. Vatin N.I., Nazmeeva T., Guslinscky R. (2014). Problems of cold-bent notched C-shaped profile members. Advanced Materials Research. 2014. No. 941–944. pp. 1871–1875.

[18]. Vatin N.I., Pestryakov I.I., Kiski S.S., Teplova Z.S. (2014). Influence of the geometrical values of hollowness on the physicotechnical characteristics of the concrete vibropressed wall stones. Applied Mechanics and Materials. 2014. No. 584–586. pp. 1381–1387.

[19]. Korniyenko S. (2015). Evaluation of thermal performance of residential building envelope. Procedia Engineering. 2015. No. 117. pp. 191–196.

[20]. Korniyenko S.V. Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy za schet snizheniya teplopoter cherez krayevyye zony ograzhdayushchikh konstruktsiy [Increase of buildings energy efficiency due to decrease in heatlosses through edge zones of enclosing structures]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo. 2010. No. 3. pp. 348–351. (rus)

[21]. Korniyenko S.V. Temperaturnyy rezhim trekhsloynoy stenovoy paneli [Temperature condition of the three-layer wall panel]. Zhilishchnoye stroitelstvo. 2001. No. 9. pp. 20–21. (rus)

[22]. Feng Y. (2004). Thermal design standards for energy efficiency of residential buildings in hot summer / cold winter zones. Energy and Buildings. 2004. No. 36 (12). pp. 1309–1312.

[23]. Ficco G., Iannetta F., Ianniello E., d'Ambrosio Alfano F.R., Dell'Isola M. (2015). U-value in situ measurement for energy diagnosis of existing buildings. Energy and Buildings. 2015. No. 104. pp. 108–121.

[24]. Pargana N., Pinheiro M.D., Silvestre J.D., de Brito J. (2014). Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings. Energy and Buildings. 2014. No. 82. pp. 466–481.

[25]. Yun T.S., Jeong Y.J., Han T.–S., Youm K.–S. (2013). Evaluation of thermal conductivity for thermally insulated concretes. Energy and Buildings. 2013. No. 61. pp. 125–132.

[26]. Vatin N.I., Nemova D.V., Kazimirova A.S., Gureev K.N. (2014). Increase of energy efficiency of the building of kindergarten. Advanced Materials Research. 2014. No. 953–954. pp. 1537–1544.

[27]. Pasztory Z., Peralta P.N., Peszlen I. (2011). Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings. Energy and Buildings. 2011. No. 43 (2–3). pp. 713–717.

Корниенко С.В., Повышение теплозащиты стеновых конструкций зданий из объемных блоков // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №8 (47). С. 17-30

Korniyenko S.V., Increase of thermal insulation of external walls in box-shaped modules. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 8 (47), Pp. 17-30. (rus)