

УДК69.07:691.327.332

А. В. МОРОЗ, В. Б. МАРТЫНОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ НАРУЖНОЙ
СТЕНЫ ЖИЛОГО ДОМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
МОДИФИЦИРОВАННОГО ГАЗОБЕТОНА**

Аннотация. Приведен расчетный сравнительный анализ конструктивных решений наружной стены на уровень энергоэффективности жилого дома. Установлено, что конструктивная схема несущей стены, выполненная из модифицированного газобетона неавтоклавного твердения, для которого применялась зольная сфера в качестве кремнеземистого компонента газобетонной смеси, (вариант 2), алюминиевой теплоотражающей фольги и плиты на основе экструдированного пенополистирола, отвечает современным требованиям строительства по уровню энергоэффективности. Приведенное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции составляет $R_{\Sigma np} = 3,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; коэффициент теплотехнической однородности составляет $r = 1,00$ при толщине наружной стены $\sigma = 0,453 \text{ м}$ жилого дома.

Ключевые слова: модифицированный газобетон, уровень энергоэффективности, сопротивление теплопередачи.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Развитие строительства жилого фонда и удорожание основных энергетических ресурсов привело к применению энергоэффективных материалов в строительстве, характеризующихся низкой теплопроводностью и требуемой прочностью. К таким строительным материалам можно отнести газобетон. Применение газобетона возможно не только в строительстве бескаркасных зданий с малой этажностью [1, 2], но и в высотном строительстве, предусматривающем наличие каркасов. Основными отличительными свойствами газобетона являются [3–6]: низкий коэффициент теплопроводности, средняя плотность, стоимость по сравнению с другими мелкоштучными строительными материалами, чем и обусловлен выбор данного материала для реконструкции и строительства зданий, а также для сбережения энергетических ресурсов, которые направлены на обогрев дома.

Для определения энергоэффективности жилого дома использованы следующие формулы:

$$q_{зд} < E_{\max}, \quad (1)$$

где $q_{зд}$ – удельные теплотери на отопление здания, кВт·год/м²;
 E_{\max} – максимально допустимое значение удельных теплотерей на отопление здания за отопительный период, кВт·год/м²;

$$R_{\Sigma np} \leq R_{q \min}, \quad (2)$$

где $R_{\Sigma np}$ – приведенное сопротивление теплопередачи, м²·К/Вт;
 $R_{q \min}$ – сопротивление теплопередачи, согласно [7] Донецкая область находится в первой температурной зоне, для наружных стен значение равно 3,3 м²·К/Вт.

Для Донецкой области нормативные тепловые потери составляют 40...55 кВт·час/м² для жилых зданий [7]. Класс энергоэффективности здания определяют по разнице в процентах расчетного или фактического значения удельных тепловых затрат, $q_{зд}$, кВт·час/м² от максимально допустимого значения удельных тепловых затрат на отопление здания за отопительный период, E_{\max} , кВт·час/м².

© А. В. Мороз, В. Б. Мартынова, 2019

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Оценить уровень энергоэффективности конструктивных решений наружной стены жилого дома, выполненной из модифицированного газобетона неавтоклавногo твердения.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для исследования применялись три вида модифицированного газобетона: 1 – газобетонные блоки с использованием в качестве заполнителя – нуммулитовый известняк. Физико-механические свойства газобетона – марка по средней плотности D500, предел прочности при сжатии $R_{сж} = 2,4$ МПа после ТВО, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,122$ Вт/м²·К; 2 – газобетонные блоки с использованием в качестве заполнителя – зольная сфера. Физико-механические свойства газобетона D500, $R_{сж} = 2,4$ МПа после ТВО, $\lambda = 0,114$ Вт/м²·К; 3 – газобетонные блоки с использованием в качестве заполнителя – доломитовый известняк. Физико-механические свойства газобетона D500, $R_{сж} = 2,4$ МПа после ТВО, $\lambda = 0,135$ Вт/м²·К.

Конструктивная схема наружной стены жилого дома представлена на рис. 1.

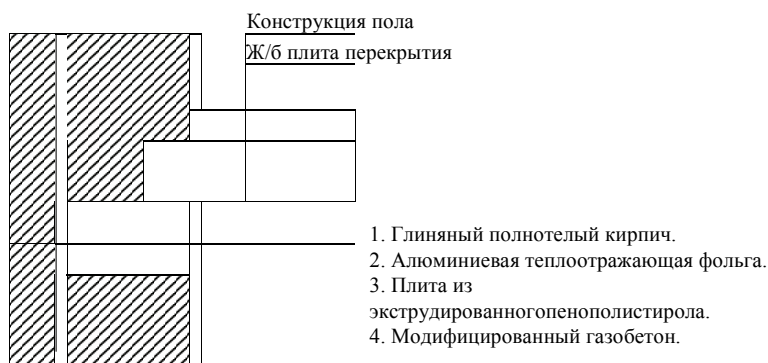


Рисунок 1 – Конструктивная схема наружной стены жилого дома.

С помощью численного моделирования температурных полей (THERM 7.0) для конструктивного решения наружной стены рассчитывалось приведенное сопротивление теплопередачи. Данный метод сечений позволяет учитывать в полной мере влияние всех теплопроводных включений и дополнительных тепловых потерь через участки конструкции, а также трансмиссионные потери теплоты через наружную стену. Результаты теплотехнического расчета наружной стены представлены в таблице.

Таблица – Результаты теплотехнического расчета наружной стены

Вид конструктивной схемы наружной стены	Толщина наружной стены, σ , м	Нормативносопротивление теплопередачи, R_{qmin} , м ² ·К/Вт	Тепловой поток U , Вт/(м ² ·К)	Коэффициент теплотехнической однородности, r	Сопротивление теплопередачи, м ² ·К/Вт	
					по основному полю, R_{Σ}	приведенное, $R_{\Sigma пр}$
1	0,453	3,3	0,277	1,01	3,57	3,61
2		3,3	0,265	1,00	3,75	3,77
3		3,3	0,296	1,01	3,34	3,38

Анализ полученных результатов согласно расчёту показывают, что конструктивная схема наружной стены с использованием газобетонных блоков (вариант 1, 2, 3) в качестве несущего слоя соответствует современным требованиям строительства. Приведенное сопротивление теплопередачи для конструктивной схемы наружной стены (вариант 2) с использованием газобетонных блоков в качестве несущего слоя составляет $R_{\Sigma пр} = 3,77$ м²·К/Вт; коэффициент теплотехнической однородности составляет $r = 1,00$. На рисунке 2 приведено распределение плотности теплового потока в сопряжении железобетонного перекрытия и наружной стены варианта 2.

Температурные поля свидетельствуют о преимуществе утепления с внешней стороны, когда линии равных температур расположены параллельно поверхностям стены. При этом характер распределения теплового потока не одинаков, что связано с использованием разного рода строительных материалов в конструкции наружной стены. Температура поверхности стены в местах сопряжения с плитой перекрытия внутри помещения составляет 16,3 °С.

Температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и приведенной температурой внутренней поверхности конструкции наружной стены, $\Delta t_{пр}$, °С, составляет 3,7 °С, что не

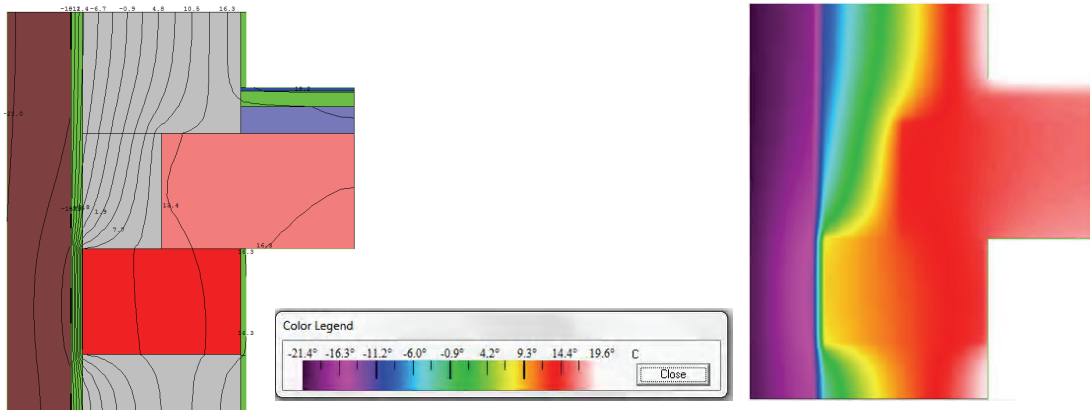


Рисунок 2 – Распределение плотности теплового потока в сопряжении железобетонного перекрытия и наружной стены (вариант 2).

превышает допустимого значения $\Delta t_{cz}, ^\circ\text{C} = 4 ^\circ\text{C}$ [7], а значит обеспечивает энергоэффективность и, соответственно, внутренний климатический комфорт помещений жилого дома.

ВЫВОДЫ

Расчётным методом определён уровень энергоэффективности конструктивных решений наружной стены жилого дома, возведённой из модифицированного газобетона марки по средней плотности D500 на разных заполнителях неавтоклавного твердения (вариант 1, 2, 3). Установлено, что конструктивная схема наружной стены варианта 2 с применением алюминиевой теплоотражающей фольги и плиты на основе экструдированного пенополистирола приведенное сопротивление теплопередачи составляет $R_{\Sigma\text{пр}} = 3,77 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; коэффициент теплотехнической однородности $r = 1,00$ при толщине наружной стены $\sigma = 0,453 \text{ м}$, что удовлетворяет современным требованиям строительства, согласно [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стерлягов, А. Н. Теплотехнические особенности наружных стен малоэтажных зданий [Текст] / А. Н. Стерлягов, М. И. Низовцев // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий : сборник научных трудов всероссийской научной конференции с международным участием (Новосибирск, 24–26 марта 2015 г.). – Новосибирск : СОП РАН, 2015. – С. 114–123.
2. Thermal resistance and accumulation of heat by the wall construction [Текст] / D. Zaborova, T. Musorina, A. Selezneva, A. Butyrin. – DOI: 10.1007/978-3-319-70987-1_50 // International scientific conference energy management of municipal transportation facilities and transport emmft 2017 : conference proceedings. Серия: Advances in Intelligent Systems and Computing, Cham, 10–13 апреля 2017 г. – Том 692. – Cham : Springer, 2018. – P. 473–481. – EDN: XXMTKX.
3. Романенко, Е. Ю. Инновационные процессы в строительстве [Текст] / Е. Ю. Романенко, С. А. Рябиченко // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2018. – № 2 – С. 172–179.
4. Невский, В. А. История развития газобетона [Электронный ресурс] / В. А. Невский, М. И. Оглоблин // Инженерный вестник Дона. – 2013, № 4. – Режим доступа : <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2099>.
5. Substantiation of the physical and mathematical model of heat and moisture transfer in the outer walls of aerated concrete [Text] / A. Zhukov, N. Tsvetkov, Khutornoy, A. Kuznetsova // Investments, construction, real estate as a material basis for modernization and innovative development of the economy : proc. of the VII International Scientific and Practical Conference. 2017. – P. 483–497.
6. Churilka, A. The «Теплок» company and experience in using high-quality aerated concrete [Text] / A. Churilka // Concrete technology. – 2012, Vol. 9. – P. 35–38.
7. ДБН В.2.7-31:2006 Теплова ізоляція будівель [Текст]. – На заміну СНиП II-3-79 ; надано чинності 2006-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 73 с.

Получено 22.04.2019

А. В. МОРОЗ, В. Б. МАРТИНОВА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО
ГАЗОБЕТОНУ
ДОНУ ВПО «ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»

Анотація. Наведено порівняльний розрахунковий аналіз конструктивних рішень зовнішньої стіни на рівень енергоефективності житлового будинку. Встановлено, що конструктивна схема несучої стіни, виконаної з модифікованого газобетону неавтоклавної твердіння, для якого використовувалась зольна сфера як кремнеземистий компонент газобетонної суміші (варіант 2), алюмінієвої тепловідбивної фольги та плити з екструдованого пінополістиролу, відповідає сучасним вимогам будівництва на рівень енергоефективності. Приведений опір теплопередачі складає $R_{\Sigma np} = 3,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$; коефіцієнт тепло-технічної однорідності $r = 1,00$ при товщині зовнішньої стіни $\sigma = 0,453 \text{ м}$ житлового будинку.

Ключові слова: модифікований газобетон, рівень енергоефективності, опір теплопередачі.

ANASTASIA MOROZ, VITA MARTYNOVA
THE ENERGY EFFICIENT CONSTRUCTIVE DECISIONS OF EXTERIOR WALL
OF A RESIDENTIAL BUILDING USING MODIFIED AERATED CONCRETE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. A calculated comparative analysis of the constructive decisions of exterior wall to the energy efficiency level of residential building is given. It was established that the structural scheme of the bearing wall, made of modified aerated concrete non-autoclave hardening, for which the ash sphere was used as a silica component of gas-concrete mix (option 2), and an aluminum heat-reflecting foil, a plate based on extruded polystyrene foam, meets modern construction requirements in terms of energy efficiency. The given heat transfer resistance of enclosing structure is $R_{\Sigma np} = 3,77 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$; the coefficient of heat engineering uniformity is $r = 1,00$ with external wall thickness $\sigma = 0,453 \text{ m}$ of residential building.

Key words: modified aerated concrete, energy efficiency level, heat transfer resistance.

Мороз Анастасія Владимировна – магістрант кафедри проектування збудованих і будівельної фізики ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: розвиток загальної методики оцінки тепло-вологісного стану будівельних конструкцій.

Мартынова Вита Борисовна – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування збудованих і будівельної фізики ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: ячеисті бетони з підвищеними фізичними і механічними властивостями.

Мороз Анастасія Володимирівна – магістрант кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДОНУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток загальної методики оцінки тепло-вологісного стану будівельних конструкцій.

Мартынова Вита Борисівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДОНУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: ніздрюваті бетони з підвищеними фізичними та механічними властивостями.

Moroz Anastasia – master's student, Engineering Buildings and Building Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: include the development of a common methodology for heat and dry condition of building structures.

Martynova Vita – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Buildings and Building Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concrete with increased physical and mechanical properties.