

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ



УДК 692.232

DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.2

Ю. С. ВЫТЧИКОВ
М. Е. САПАРЁВ
В. А. ГОЛИКОВ

ПРИМЕНЕНИЕ МОНОЛИТНОГО ПЕНОБЕТОНА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ПЕРЕМЕННЫМ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ

USE OF MONOLITHIC FOAM CONCRETE IN ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS AND
STRUCTURES WITH VARIABLE THERMAL CONDITIONS

Рассматриваются особенности применения монолитного пенобетона в качестве теплоизоляционного слоя в строительных ограждающих конструкциях зданий, эксплуатируемых в условиях прерывистого отопления. Для оценки эффективности применения монолитного пенобетона в строительных ограждающих конструкциях был проведен теплотехнический расчет наружной стены, утепленной с использованием монолитного пенобетона. На основании проведенных расчетов получены графики зависимости времени нагрева многослойных ограждающих конструкций от толщины теплоизоляционного слоя и приведенного сопротивления теплопередаче конструкции. Предложен оптимальный диапазон толщин и плотностей монолитного пенобетона для утепления наружных стен зданий, эксплуатируемых в условиях прерывистого отопления. Данный расчет также показал, что применение пенобетона в качестве утеплителя с внутренней стороны наружной стены позволяет снизить нагрузку на фундамент здания.

This article considers the features of the use of monolithic foam concrete as a heat-insulating layer in the building enveloping structures of buildings operated under intermittent heating conditions. To assess the effectiveness of the use of monolithic foam concrete in building enveloping structures, a thermal engineering calculation of the outer wall, insulated with the use of monolithic foam concrete, was carried out. Based on the calculations carried out by the authors, graphs of the dependence of the heating time of multilayered enclosing structures on the thickness of the heat-insulating layer and the reduced resistance to heat transfer of the structure were obtained. The optimum range of thicknesses and densities of monolithic foam concrete for thermal insulation of external walls of buildings, operated in conditions of intermittent heating, is offered. This calculation also showed that the use of foam concrete as a heater from the inside of the outer wall can reduce the load on the foundation of the building.

Ключевые слова: монолитный пенобетон, ограждающая конструкция, удельные энергозатраты, теплопередача, время нагрева

Keywords: monolithic foam concrete, enclosing structure, specific energy consumption, heat transfer, heating time

Возможности строительства в наши дни зависят от современных экономических условий. Кризисные явления последних лет диктуют новые условия в промышленном и гражданском строительстве. Рост цен на строительные материалы заставляет заказчиков и исполнителей проектов искать материалы, отвечающие главным условиям экономической целесообразности: окупаемости и экологичности.

Устаревшие технологии строительства и использование строительных материалов, соответ-

ствующие ГОСТам и стандартам СССР, ведут к удорожанию проектов, а развитие современного строительства подразумевает переход от однослойных конструкций к многослойным, где на конструктивные слои разделяются их теплозащитные и несущие функции. Иными словами, для строительства зданий индивидуальной застройки необходим универсальный материал, отвечающий критериям долговечности, высокой теплоизоляционной способности, пожаробезопасности и прочности.

С 30-х гг. XX в. в нашей стране начинается рост производства ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения. Большая распространенность различных видов ячеистых бетонов открыла большой спектр использования этого материала. Рассмотрев модельный ряд, можно выделить наиболее эффективного представителя ячеистых бетонов – монолитный пенобетон.

Монолитный пенобетон представляет собой смесь с равномерно распределенными и скрепленными между собой замкнутыми пузырьками, что обеспечивает снижение плотности бетона. Благодаря варьированию его плотности от 200 до 1600 кг/м³, монолитный пенобетон может использоваться не только как конструктивный, но и тепловозвукоизоляционный материал [1]. Коэффициент его теплопроводности колеблется в пределах от 0,065 до 0,27 Вт/(м·°С) в зависимости от плотности, а звукоизолирующая способность в 1,5–2 раза выше, чем в кирпичных стенах. Кроме того, монолитный пенобетон обладает довольно низкой водопоглощательной способностью.

Следует также упомянуть об экологических характеристиках данного материала. Монолитный пенобетон обладает I степенью огнестойкости и надежно защищает от распространения пожара [2, 3].

Малая плотность и легкость этого бетона позволяет сократить время транспортировки и кладки. Использование менее энергозатратной безавтоклавной технологии позволяет производить пенобетон как в стационарных условиях, так и непосредственно на строительной площадке, что позволяет исключить затраты на бой, разгрузку-погрузку и транспортировку.

Диапазон применения монолитного пенобетона обширен, что делает его прекрасным материалом для строительства зданий и сооружений, где необходимы быстрая скорость возведения и небольшая толщина ограждающей конструкции [4]. Наибольший интерес данный материал представляет для сооружений, в которых присутствует прерывистая подача тепла [5–7]. К таким зданиям относятся загородные коттеджи, лыжные базы, прорабские будки и т. д.

Методика теплотехнического расчета

Тепловой режим таких объектов нестационарен, так как основная тепловая нагрузка приходится на поддержание санитарно-гигиенических норм. Пик тепловой нагрузки приходится на выходные или праздничные дни, когда температуру необходимо поддерживать в пределах 18–26 °С в зависимости от региона строительства.

В работах [8, 9] представлены результаты исследования теплового режима помещений, отапливаемых периодически. Методика определения времени нагрева строительных конструкций описана в работе [10].

Следует отметить, что конструкции для таких зданий должны отвечать двум важным критериям:

$$R_0^{np} > R_0^{tr}, \quad (1)$$

где R_0^{np} – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°С)/Вт; R_0^{tr} – требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий, (м²·°С)/Вт;

$$\tau_n > \tau_{tr}, \quad (2)$$

где τ_n – время нагрева наружной стены, с; τ_{tr} – требуемое время нагрева ограждающей конструкции, с.

Методика расчета многослойных конструкций представлена в работе [9].

Результаты теплотехнического расчета фрагмента наружной стены

В качестве примера выполним теплофизический расчет наружной стены утепленным монолитным пенобетоном. Ограждающая конструкция выполнена в виде кладки из силикатного кирпича толщиной $\delta = 120$ мм, плотностью $\rho = 1800$ кг/м³; монолитного пенобетона, характеристики которого варьируются в зависимости от плотности; гипсокартона толщиной $\delta = 12,5$ мм, плотностью $\rho = 800$ кг/м³. Подробная схема ограждающей конструкции представлена на рис. 1.

Результаты расчеты были сведены в сводную таблицу. В результате расчетов были получены зависимости, показывающие минимальные и максимальные величины толщины ограждающей конструкции в зависимости от плотности теплоизоляции (рис. 2–4).

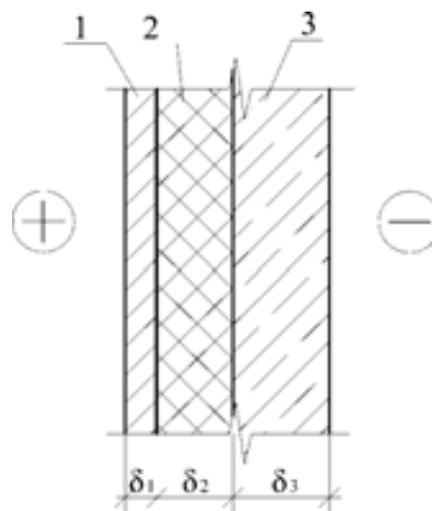


Рис. 1. Конструкция кирпичной кладки, утепленной изнутри монолитным пенобетоном:

1 – гипсокартон; $\delta_1 = 0,0125$ м; $\rho_1 = 800$ кг/м³; $\lambda_1 = 0,19$ Вт/(м·°С); $c_1 = 0,84$ кДж/(кг·°С);
2 – теплоизоляционный слой из монолитного пенобетона;
3 – кладка из силикатного кирпича $\delta_3 = 0,12$ м; $\rho_3 = 1800$ кг/м³; $\lambda_3 = 0,76$ Вт/(м·°С); $c_3 = 0,8$ кДж/(кг·°С)

Таблица 1

Результаты теплотехнического расчета ограждающей конструкции

Плотность ρ , кг/м ³	Толщина изоляционного слоя, м		Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{np} , (м ² ·°С)/Вт
	минимальная δ_{min}	максимальная δ_{max}	
100	0,082	0,160	1,5
150	0,085	0,160	1,5
200	0,087	0,160	1,5
300	0,105	0,180	1,5
400	0,130	0,210	1,5
500	0,195	0,270	1,5
600	0,214	0,290	1,5
700	0,245	0,320	1,5
800	0,256	0,330	1,5
1000	0,278	0,350	1,5

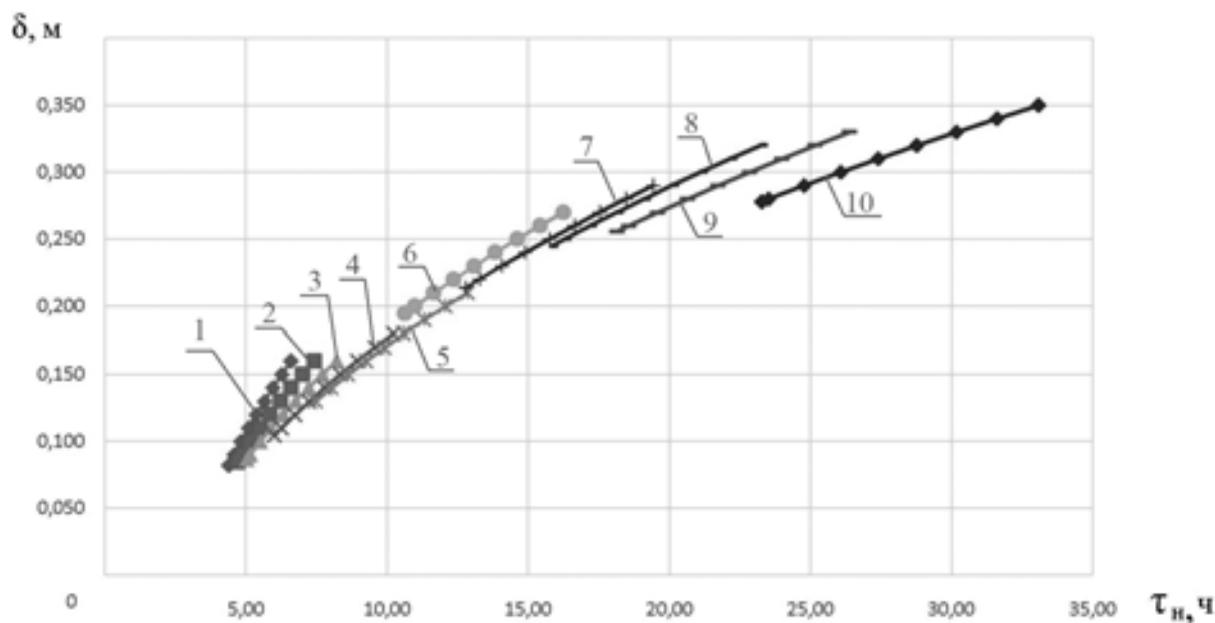


Рис. 2. Зависимость времени нагрева ограждающей конструкции от толщины теплоизоляции при плотностях пенобетона, кг/м³:
1 – 100; 2 – 150; 3 – 200; 4 – 300; 5 – 400; 6 – 500; 7 – 600; 8 – 700; 9 – 800; 10 – 1000

Расчеты показали, что монолитный пенобетон плотностью от 100 до 300 кг/м³ обладает наименьшим временем нагрева ограждающей конструкции. Кроме того, применение пенобетона с такой плотностью из-за небольшой теплопроводности материала позволяет уменьшить толщину конструкции и удельные энергзатраты на ее прогрев.

Однако полностью отказаться от применения кирпича в качестве материала для возведения подобных ограждающих конструкций не представляется возможным из-за сравнительно небольшой механической прочности пенобетона. Применение такого материала в качестве эффективной теплоизоляции наиболее целесообразно в совокупности

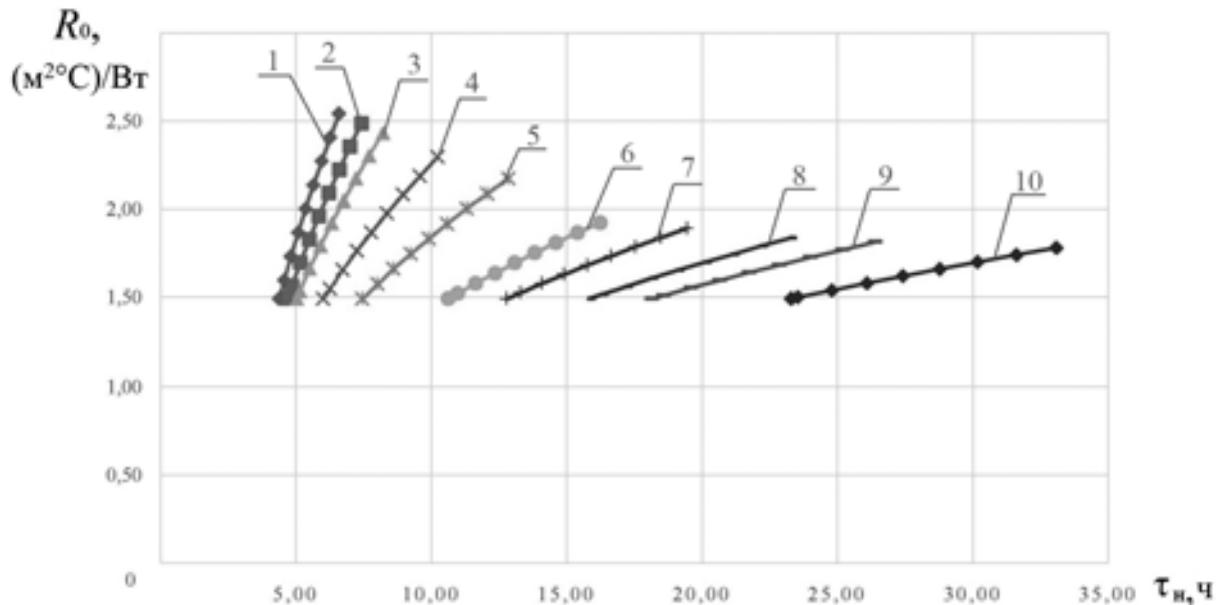


Рис. 3. Зависимость времени нагрева ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередачи при плотностях пенобетона, кг/м³: 1 – 100; 2 – 150; 3 – 200; 4 – 300; 5 – 400; 6 – 500; 7 – 600; 8 – 700; 9 – 800; 10 – 1000

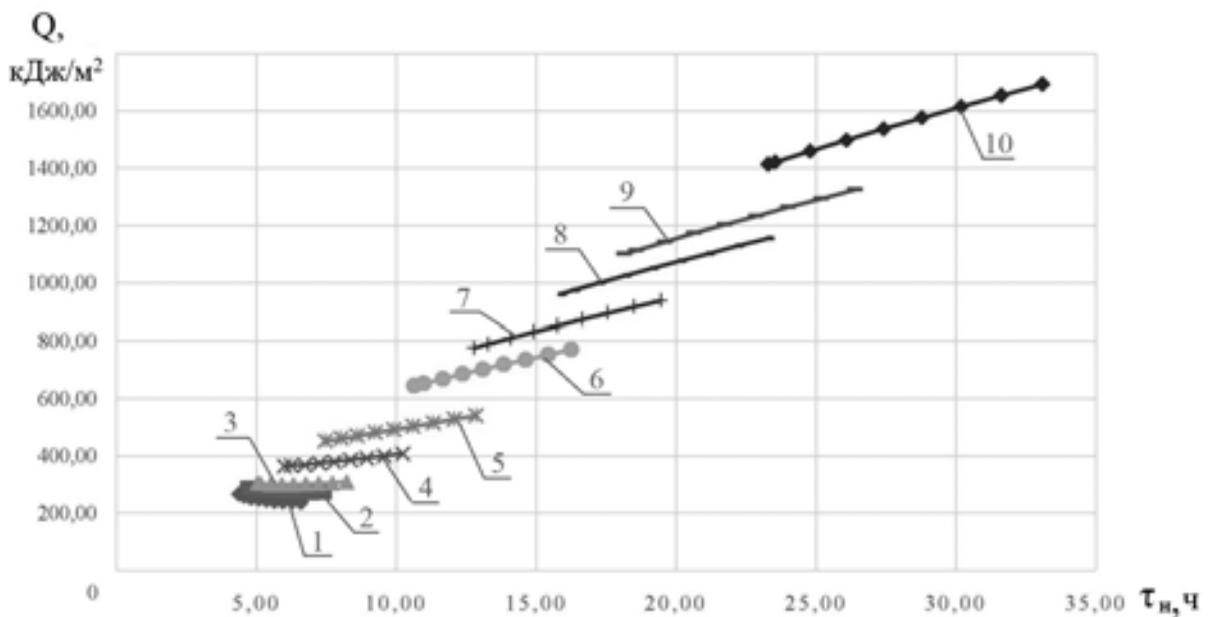


Рис. 4. Зависимость удельных энергозатрат от времени нагрева ограждающей конструкции при плотностях пенобетона, кг/м³: 1 – 100; 2 – 150; 3 – 200; 4 – 300; 5 – 400; 6 – 500; 7 – 600; 8 – 700; 9 – 800; 10 – 1000

с прочными конструкционными строительными материалами.

Выводы. Выполненный теплотехнический расчет различных вариантов исполнений наружных стен, утепленных с помощью монолитного пенобетона, позволил выделить наиболее полезный диапа-

зон плотностей (от 100 до 300 кг/м³) этого материала с точки зрения энергосбережения. Данный расчет также показал целесообразность применения пенобетона в качестве утеплителя с внутренней стороны наружной стены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Валевиц Д.М., Римшин В.И., Курбатов В.Л. Применение пенобетона при строительстве и реконструкции зданий и сооружений // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей IX Международной научно-практической конференции. М., 2017. С. 50–54.

2. Савенков А.И., Горбач П.С., Шербин С.А. Монолитные дома из пенобетона // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2008. Т. 1, № 1. С. 30–36.

3. Сергеев А.С., Сухоробров Д.Г., Пириева С.Ю. Применение пенобетона в малоэтажном строительстве // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород, 2015. С. 2513–2517.

4. Гайдуков А.А. Целесообразность применения пенобетона в России // Аллея науки. 2017. Т. 4, № 10. С. 438–446.

5. Панферов В.И., Анисимова Е.Ю. Анализ возможности экономии тепловой энергии при прерывистом режиме отопления // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2008. № 12 (112). С. 30–37.

6. Анисимова Е.Ю. Энергоэффективность теплового режима здания при использовании оптимального режима прерывистого отопления // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2012. № 38 (297). С. 55–59.

7. Малявина Е.Г., Асатов Р.Р. Влияние теплового режима наружных ограждающих конструкций на нагрузку системы отопления при прерывистой подаче теплоты // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 324–327.

8. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Saparev M.Ye., Investigation of the thermal effect of building envelopes of individual building under intermittent heating // Procedia Engineering. 2016. Vol. 153. Pp. 856–861.

9. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Чулков А.А. Оптимизация выбора уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий, эксплуатируемых в условиях прерывистого отопления // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 3. С. 90–93.

10. Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г., Сапарев М.Е. Математическое моделирование процесса нестационарной теплопередачи через строительные ограждающие конструкции в условиях прерывистого отопления // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6 (48). С. 42–48.

Об авторах:

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: git.2008@mail.ru

VYTCHIKOV Yury S.

PhD in Engineering Science, Professor of the General and Applied Physics and Chemistry Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: git.2008@mail.ru

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: msx072007@yandex.ru

SAPAREV Mikhail Ye.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: msx072007@yandex.ru

ГОЛИКОВ Владислав Андреевич

аспирант кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: vladislavgol@rambler.ru

GOLIKOV Vladislav A.

Postgraduate Student of the General and Applied Physics and Chemistry Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: vladislavgol@rambler.ru

Для цитирования: Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е., Голиков В.А. Применение монолитного пенобетона в ограждающих конструкциях зданий и сооружений с переменным тепловым режимом // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 10–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.2.

For citation: Vytchikov Yu.S., Saparev M.Ye., Golikov V.A. The Use of Monolithic Foam Concrete in Enclosing Structures of Buildings and Structures with Variable Thermal Conditions // Urban Construction and Architecture. 2018. V. 8, 4. Pp. 10–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.2.