

УДК 693.2

**Галимзянова Миляуша Ильсуровна**

инженер II категории

E-mail: [sarvarova.xek@yandex.ru](mailto:sarvarova.xek@yandex.ru)

**МКУ «Управление образования ИКМО г. Казани»**

Адрес организации: 420111, Россия, г. Казань, ул. Б.Красная, д. 1

**Богданов Андрей Николаевич**

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: [BogdanovAN@kgasu.ru](mailto:BogdanovAN@kgasu.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

### **Технико-экономическое сравнение вариантов возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* При строительстве загородных жилых домов наиболее популярным материалом для несущих стен является керамический кирпич. Однако кладка из керамического кирпича трудоемкая и продолжительная. Для уменьшения трудоемкости разработаны сборные кирпичные стены. Цель исследования – выявить наиболее оптимальный вариант возведения ограждающих конструкций стен малоэтажного дома на основе их технико-экономического сравнения.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в анализе трех методов строительства: 1. Традиционная кладка; 2. Сборные кирпичные стены; 3. Железобетонные панели.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в увеличении скорости возведения малоэтажных домов, уменьшения трудоемкости и стоимости возведения малоэтажных домов при применении сборных кирпичных стен.

**Ключевые слова:** технико-экономическое сравнение, ограждающие конструкции стен, малоэтажное кирпичное строительство, новые технологии, сборные кирпичные стены, автоматизированная кирпичная кладка.

#### **Введение**

На сегодняшний день малоэтажное и индивидуальное строительство в России является одним из наиболее быстроразвивающихся направлений [1]. Как отмечалось в исследованиях [2-6] малоэтажное жилищное строительство имеет достаточный потенциал для улучшения жилищных условий граждан. Кирпич используют для возведения дома уже на протяжении более 100 лет. Считается, что именно кирпичные дома являются самыми надежными.

Главным трендом при этом является переход от индивидуального способа возведения зданий к поточному способу, позволяющему возводить частные жилые дома быстро, недорого и с гарантированным качеством [7]. При этом строительная отрасль стремится сократить трудоемкость и уменьшить сроки строительства, а также стоимость строительства [8].

В последнее время на строительном рынке появились новые полностью автоматические установки для производства каменных стен. Эти установки одинаково перерабатывают пористый бетон, кирпич, бетон, а также силикатный кирпич, при этом нет никаких ограничений относительно формата строительного камня. Данные роботы автоматически выкладывают несущую стену за несколько часов [9-10].

Автоматизация строительных процессов подразумевает изготовление укрупненных сборочных единиц зданий в цеху, на заводе, из которых впоследствии на строительной площадке осуществляется сборка «дома под ключ». Укрупненные элементы здания, производимые на одном предприятии, (например, готовая кирпичная кладка с определенными размерами), превращают процесс строительства в строгий набор простых операций по последовательному подъему, переносу и установке в заранее подготовленном месте и в заданном порядке деталей строения.

В сфере строительства представлено достаточно большое количество технологий малоэтажного домостроения. Ориентируясь на исследование и сравнение различных вариантов стен, выбраны три технологии возведения стеновых конструкций:

1. Традиционная кладка стен;
2. Сборные кирпичные стены;
3. Железобетонные панели.

### **История развития сборных кирпичных стен в России**

В 1950 году во Франции, Швейцарии и Дании были предприняты попытки механизации кладки при помощи оборудования. В это же время Структурный Фонд исследования разработал одну из первых сборную кирпичную систему кладки. Упомянутая кладка известна как Building panel. Эта панель использовалась при строительстве нескольких сооружений в районе Чикаго. Производство кирпичных лицевых панелей практиковалась в странах Северной Америки, Австралии и других странах в течение многих лет.

В 1957-1959 годах коллектив ученых и проектировщиков научно-исследовательского института строительной физики и ограждающих конструкций (НИИСФ) Академии строительства и архитектуры СССР под руководством профессора Г.Ф. Кузнецова разработал новые прогрессивные конструкции крупных кирпичных элементов – виброкирпичные панели с эффективным утеплителем размером на комнату.

Вибрация, применяемая при заполнении швов раствором, позволила повысить прочность кирпичной кладки в 1,5-2,5 раза. Повышенная прочность кладки дала возможность сконструировать тонкие кирпичные стены с удовлетворительными прочностными показателями, а применение эффективных утеплителей улучшило теплотехнические свойства тонких кирпичных стен.

Уменьшение толщины и веса кирпичных стен позволило расчленять их не на блоки, а на более крупные элементы – виброкирпичные панели размером на комнату, изготавливаемые в заводских условиях. Этим были созданы новые условия для индустриализации методов возведения зданий из кирпича.

В 1958-1959 годах были построены первые экспериментальные дома из виброкирпичных панелей одноэтажные на Никольском кирпичном заводе и пятиэтажный в квартале № 18 Новых Черемушек (Москва) [11].

Оборудование для промышленного изготовления кирпичных панелей в зависимости от степени автоматизации имеет производительность от 1000 до 5000 шт. кирпича в час. Наиболее распространенными изготовителями оборудования для производства кирпичных панелей являются фирмы «Panelbrick», (Австралия), «Arkansas Technologies», (США) и «С. М. Panel Systems», (Канада). На оборудовании можно произвести прочные лицевые панели длиной до 12 м и шириной до 4,8 м при толщине кирпича от 70 до 150 мм. Размеры и расположение оконных и дверных проемов и общие габариты панелей закладываются в программу автоматической машины, и она сама по заданной конфигурации укладывает кирпич лицевой поверхностью вниз на формовочный стол, покрытый пленкой. В ходе укладки на формовочный стол в отверстия кирпича закладывают арматуру, количество и размеры которой определяют расчетом и областью применения панели. После окончания укладки происходит заливка панели раствором, который должен быть достаточно текучим, для чего в него добавляют различные пластификаторы. Перед заливкой раствора в панель устанавливают закладные детали и узлы, необходимые для крепления панели к каркасу здания, крепления изоляции, соединения панелей и так далее [12].

Тепловая обработка готовых панелей предусматривает нагрев до 50 °С и выдерживание в течение 8-10 ч, после чего формовочный стол из горизонтального положения гидравлическим механизмом приводится в вертикальное положение и кран перемещает панель на склад для выдерживания в течение 3-4 сут. На складе с лицевой поверхности панели снимают пластиковую мембрану, которая легко отслаивается и открывает отличную кирпичную кладку. После выдерживания на складе панель перевозят для монтажа на стройплощадку обычным панелевозом.

### Технико-экономическое сравнение вариантов возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий

Целью исследования является выбор наиболее оптимального варианта возведения ограждающих конструкций стен малоэтажного дома на основе их технико-экономического сравнения.

Объектом исследования является блокированный одноэтажный жилой дом. Блокированные дома – тип малоэтажной жилой застройки, при котором расположенные в ряд однотипные жилые дома блокируются друг с другом боковыми стенами. Каждый из таких домов имеет отдельный вход. Архитектурно-планировочное решение предполагает минимально необходимые помещения, состав и площади которых соответствуют нормам. План 1 этажа представлен на рис.

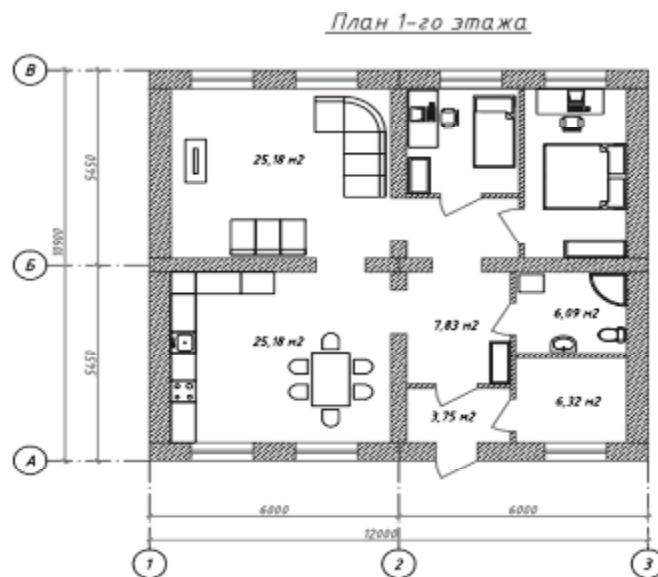


Рис. План 1-го этажа

Первый исследуемый вариант конструкции стены представляет собой традиционную кирпичную кладку из Porotherm 51 Wienerberger марки M100 размерами 510×250×219 мм с использованием цементно-песчаного раствора и армированием блоков через каждые 4 ряда арматурой класса А400 и диаметром 8 мм. По теплотехническому расчету для г. Казани наиболее оптимальной толщиной стены является 510 мм. Технические характеристики керамического камня Porotherm 51 Wienerberger марки M100 представлены в табл. 1. Возведение кирпичных малоэтажных домов регламентируется СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\* (с Изменениями № 1, 2).

Таблица 1

#### Технические характеристики керамического камня Porotherm 51

Размеры	510×250×219
Масса, кг	20
Марка прочности	M100
Расход, шт/м <sup>2</sup>	17,3
Расход раствора, л/м <sup>2</sup>	50
Морозостойкость	F50
Водопоглощение, %	19 % ±2
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·С)	от 0,143
Коэффициент паропроницаемости μ, мг/(м·ч·Па)	0,14

Второй рассматриваемый вариант конструкции стены представлен в виде сборной кирпичной стены (заводского изготовления). В качестве основного материала стены выбран Porotherm 51 Wienerberger марки M100 (без утепления). Данные панели с

определенными размерами изготавливаются на заводе. В соответствии с нормативным документом DIN 1053-4 Mauerwerk – Teil 4: Fertigbauteile и Allgemeine Montageanleitung Ziegelwandelemente – einfach, sicher, wirtschaftlich.

Третий рассматриваемый вариант конструкции стены представлен панельной технологией (панельные конструкции заводского изготовления). Панель состоит из железобетона плотностью 1400-1850 кг/м<sup>3</sup> толщиной 350 мм. В настоящее время развитие технологии бетона и проблемы повышения качества, а также экономичности бетонов решаются путем применения различного рода химических добавок [13, 14]. Данные панели должны соответствовать требованиям ГОСТ 31310-2005 Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия (с Изменениями № 1).

По итогам проделанной работы составлена таблица технико-экономического сравнения вариантов возведения ограждающих конструкций (табл. 2). Также в табл. 3 указаны средний расход материалов и затраты труда на 1 м<sup>2</sup> для кирпичных панелей.

Таблица 2

### Результаты технико-экономического сравнения

Показатели	Варианты технологий		
	Строительство дома при традиционном методе	Строительство дома, используя кирпичные панели	Панельное домостроение
Объем работ, м <sup>2</sup>	159,36	159,36	159,36
Характеристика стены	ручная кладка стены из керамических камней Porotherm 51	автоматизированная кладка стен из керамических камней Porotherm 51	железобетонные стеновые панели, t=0,35 см
Затраты труда на 1 м <sup>2</sup>			
- на стройке, чел-день	4,6	2,52	2,72
Продолжительность строительства, кол-во дней (25 рабочих)	30	16	18
Срок эксплуатации, лет	125	125	100
Уровень заводской готовности, %	10-20	70-75	70-75
Стоимость работ руб/м <sup>2</sup>	5685	5618	5100

Таблица 3

### Средний расход материалов и затраты труда на 1 м<sup>2</sup> кирпичных панелей

Наименование	Ед. изм.	Наружная панель толщиной 510 мм (t=510 мм)	Цена, руб
Керамический камень Porotherm Wienerberger	шт	17,3	140
Теплый раствор, Porotherm TM	кг	32	25
Базальтовая строительная сетка, Porotherm BM	м <sup>2</sup>	1,2	105
Затраты труда	чел.-день	0,25	1100

Продолжительность строительства определена после назначения количества рабочих исполнителей. Можно сделать вывод, что работы по возведению сборных кирпичных стен являются менее трудоемкими и продолжительными по сравнению с другими технологиями.

Также для сравнения по экономическим показателям были выполнены расчеты стоимости строительно-монтажных работ с материалом. Локальный сметный расчет выполнен в ценах 4 квартала 2017 г. Среди трех вариантов ограждающих конструкций самым дорогим является традиционная кирпичная кладка. При этом большую часть в этой стоимости занимает стоимость материала. Следовательно, выбор варианта

ограждающей конструкции выполняется исходя из наименьшей трудоемкости и продолжительности процесса. В результате наиболее выгодным является технология строительства с применением кирпичных панелей.

### **Заключение**

Таким образом, можно сделать вывод о том, что сборные керамические панели являются синтезом железобетонной панели и традиционной кирпичной кладки. Данное конструктивное и технологическое решение имеет ряд преимуществ. При этом сборная керамическая панель имеет такие достоинства как:

1. Изготовление сборных керамических панелей не зависит от погодных условий.
2. Сборные керамические панели являются строительным материалом высокого качества, так как выполнены с помощью высокоточного промышленного робота.
3. Сроки строительства сокращаются при применении сборных керамических панелей.
4. Нет потребности в складирование керамических панелей, так как керамические панели доставляются по соответствующему графику производства работ.
5. Применение керамических панелей позволяет вести строительство домов в стесненных условиях.
6. Отсутствие необходимости в установке наружных лесов.
7. Сборные керамические панели подходят для любых архитектурных форм.

### **Список библиографических ссылок**

1. Ивакин Е. К., Вагин А. В. Анализ динамики жилищного строительства в ростовской области // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/938.html> (дата обращения: 10.04.2018).
2. Сычев С. А. Системный анализ технологий высокоскоростного строительства в России и за рубежом // Перспективы науки. 2015. № 9 (72). С. 126–132.
3. Плешивцев А. А. Доступное и комфортное жилье малообеспеченным гражданам РФ // Градостроительство. 2012. № 2 (18). С. 87–90.
4. Кузьменков А. А., Титова С. А. Техничко-экономическое сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных жилых зданий для северных условий Республики Карелия // Resources and Technology. 2016. № 13 (4). С. 57–70.
5. Девятникова Л. А., Емельянова Е. Г., Кузьменков А. А., Симонова А. А. Исследование технико-экономических параметров при выборе технологий возведения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 4 (149). С. 82–89.
6. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Пасяда Н. И., Денисова И. В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. СПб., 2005. 563 с.
7. Ивакин Е. К., Белевцов С. П. Малоэтажное строительство: девелопмент и логистика // Инженерный вестник Дона. 2011. № 4. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/708.html> (дата обращения: 10.04.2018).
8. Боровских О. Н. Развитие панельного домостроения как путь повышения активизации строительного рынка // Российское предпринимательство. 2016. № 20. С. 2811–2818.
9. Krechting A. Prefabrication in the brickworking industry // Deutsche Bauzeitung. 2002. № 8. P. 70–72.
10. Krechting A. Elementiertes modulares Bauen mit werkseitig vorgefertigten Ziegelementen // Element+Bau. 2003. № 1. P. 32–33.
11. Лагун И. И., Некрасов К. С., Горелик С. А. Виброкирпичные панели в жилищном строительстве. М., 1961. 138 с.
12. Берман Р. З. Кирпичные панели заводского изготовления в современном строительстве // Строительные материалы. 1966. № 6 (498). С. 16–17.

13. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Влияние некоторых гиперпластификаторов на основные свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2010. № 11 С. 14–17.
14. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Влияние новой комплексной добавки на основные свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 63–65.

**Galimzyanova Milyausha IIsurovna**

engineer of the second category

E-mail: [sarvarova.xek@yandex.ru](mailto:sarvarova.xek@yandex.ru)

**MSE «Department of education of the ECMF of the city of Kazan»**

The organization address: 420111, Russia, Kazan, Bolshaya Krasnaya st., 1

**Bogdanov Andrei Nikolayevich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: [BogdanovAN@kgasu.ru](mailto:BogdanovAN@kgasu.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Technical and economic comparison of options of erection of the protecting designs  
of walls of low-rise residential buildings**

**Abstract**

*Problem statement.* During the construction of country houses the most popular material for bearing walls is a ceramic brick. However laying from a ceramic brick labour-consuming and long-lasting. To reduce labor intensity, prefabricated brick walls have been developed. The purpose of the study is to identify the most optimal variant of construction of enclosing constructions of walls of low-rise buildings on the basis of their technical and economic comparison.

*Results.* The main results of the study are the analysis of three methods of construction: 1. Traditional laying; 2. Prefabricated brick walls; 3. Reinforced concrete panels.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry consists in increasing the speed of erecting low-rise buildings, reducing labor intensity and the cost of erecting low-rise buildings using prefabricated brick walls.

**Keywords:** technical and economic comparison, wall enclosing structures, low-rise brick building, new technologies, prefabricated brick walls, automated brickwork.

**References**

1. Ivakin E. K., Vagin A. V. The analysis of dynamics of housing construction in the Rostov region // Inzhenernyy vestnik Dona. 2012. № 3 URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/938.html> (reference date: 10.04.2018).
2. Sychev S. A. System analysis of high-speed construction technologies in Russia and abroad // Prospects of science. 2015. № 9 (72). P. 126–132.
3. Pleshivtsev A. A. Affordable and comfortable housing for low-income citizens of the Russian Federation // Gradostroitel'stvo. 2012. № 2 (18). P. 87–90.
4. Kuzmenkov A. A., Titova S. A. Techno-economic comparison of options for construction of walls of low-rise residential buildings to the North of the Republic of Karelia // Resources and Technology. 2016. № 13 (4). P. 57–70.
5. Devyatnikova L. A., Emelyanova E. G., Kuzmenkov A. A., Simonov, A. A. Study of technical and economic parameters when selecting the technologies for the construction of envelopes of individual residential buildings // Uchenyye zapiski Petrazavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 4 (149). P. 82–89.
6. Asaul A. N., Kazakov Y. N., Pasyada N. I., Denisova I. V. Theory and practice of low-rise housing construction in Russia. SPb., 2005, 563 p.

7. Ivakin E. K., Belevtsov S. P. Low-rise construction: development and logistics // Inzhenernyy vestnik Dona. 2011. № 4 URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/708.html> (reference date: 10.04.2018).
8. Borovskikh O. N. The development of panel housing construction as a way to increase the activation of the construction market // Journal of Russian entrepreneurship. 2016. № 20. P. 2811–2818.
9. Krechting A. Prefabrication in the brickworking industry // Deutsche Bauzeitung. 2002. № 8. P. 70–72.
10. Krechting, A. Elementiertes modulares Bauen mit werkseitig vorgefertigten Ziegelementen // Element+Bau. 2003. № 1. P. 32–33.
11. Lagun I. I., Nekrasov K. S., Gorelik S. A. Vibro panels in residential construction. M., 1961. 138 p.
12. Berman R. Z. Brick panels of factory production in modern construction // Stroitel'nyye materialy. 1966. № 6 (498). P. 16–17.
13. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Influence of some hyperplasticizers on the basic properties of cement compositions // Stroitel'nyye materialy. 2010. № 11. P. 14–17.
14. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Influence of the new complex additive on the basic properties of cement compositions // Stroitel'nyye materialy. 2012. № 6. P. 63–65.