

УДК 692.231.2

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т.А. Голова

Описываются вопросы проектирования с многослойной конструкцией «Сельская стена» для строительства малоэтажных жилых зданий с высокой степенью энергоэффективности. Приведены преимущества и основные характеристики данного конструктивного решения.

Ключевые слова: многослойная конструкция «Сельская стена»; торкрет-бетон; органический утеплитель на основе местных материалов; малоэтажный жилой дом.

BASES OF DESIGNING OF THE ENERGY-EFFICIENT RESIDENTIAL BUILDINGS BY USING THE LOCAL BUILDING MATERIALS

Т.А. Golova

The article is concerned with the designing issues of using the sandwich structure «Rural wall» for the construction of the low-rise residential buildings with a high degree of energy efficiency. In this paper the advantages of this design decision and the characteristics of the new constructive solutions are given.

Keywords: sandwich structure «Rural wall»; shotcrete; organic insulation based on local materials; low-rise residential building.

Современные тенденции в проектировании жилых зданий направлены на реализацию новых требований нормативных документов [1, 2], которые учитывают не только конструктивные особенности, но и комфортные условия проживания (рисунок 1). В России, как и в других странах, инновационное строительство направлено на обеспечение экологических и энергоэффективных требований.

Сегодня Россия переживает экологический и энергетический кризис, в результате из-за плохой экологии, наличия вредных веществ в воде, продуктах питания и в воздухе превышены значения их ПДК. В жилых помещениях это вызвано накоплением испарений от чрезмерного количества вредных веществ в мебели, обоях, красках лаках, линолеуме, пластиковых трубах и окнах. При этом цены

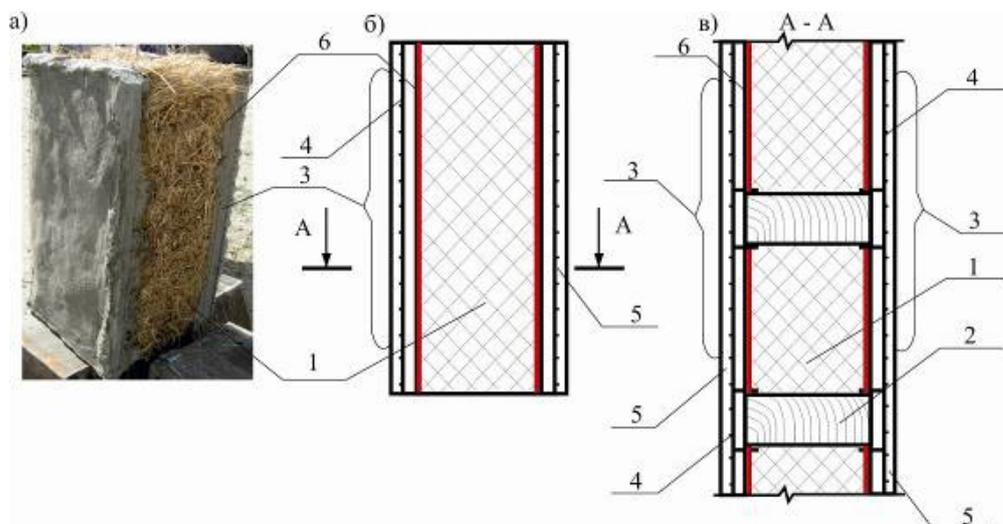


Рисунок 1 – Требования СНиП к жилым зданиям

Таблица 1 – Результаты испытаний фрагмента несущей стены на сжатие

Вид нагрузки при $h_{30} = 600$ мм	Расчетная нагрузка, $N_{расч}$, кН	Разрушающая нагрузка, $N_{раз}^{экс}$, кН при толщине несущего слоя			$N_{раз}^{экс} / N_{расч}$		
		30 мм	50 мм	80 мм	30 мм	50 мм	80 мм
Горизонтальная	13,5	79	280	332	5,85	20,7	24,6
Вертикальная	18,5	56	200	238	3,0	10,8	12,7



Рисунок 2 – Многослойная конструкция “Сельская стена”:

- а – экспериментальный образец;
- б – конструктивное решение;
- 1 – слой утеплителя; 2 – вертикальные связи;
- 3 – несущий слой; 4 – арматурная сетка;
- 5 – торкрет-бетон; 6 – контактный слой

на жилье неоправданно высокие и подавляющие большинство населения не состоянии его купить без привлечения дорогостоящих кредитов. Чтобы жилье стало доступным, а также отвечало современным требованиям необходимо не только снизить его стоимость, но и применять при его строительстве соответствующие материалы. Использование дорогих и энергоемких материалов, таких как кирпич, монолитный и сборный железобетон обеспечивают несущую способность, пожарную безопасность, долговечность, но не соответствуют современным требованиям теплозащиты зданий, к тому же являются экономически невыгодными. Наиболее экономичными и энергоэффективными для массового строительства жилья сегодня являются многослойные конструкции стен. В качестве теплоизоляционного материала в основном используются волокнистые утеплители и пенополистирол. Достоинством данных конструкций являются быстрота возведения здания и обеспечение требуемого сопротивления теплопередачи. Однако данные конструктивные решения зачастую не соответствуют требованиям пожаробезопасности и долговечности. Кроме того, современные многослойные конструкции стен не учитывают возможность применения местных материалов.

Учитывая демографическую, экономическую и экологическую ситуацию и для максимального снижения энергозатрат и стоимости строительства жилых зданий, предложена многослойная конструкция стены “Сельская стена” [3].

Конструкция “Сельская стена” симметрична относительно продольной оси и состоит из пяти слоев (рисунок 2, а) [3]: утеплителя из органического материала; двух контактных слоев из соломобетона; двух несущих слоев из торкрет-бетона.

Для утеплителя предложено использовать местный органический материал – пшеничную или ржаную солому в виде прессованных блоков. Органический утеплитель относится к экологически чистым, ежегодно возобновляемым местным материалам. Наиболее известными изделиями из соломы являются прессованные соломенные блоки или ленты, изготавливаемые обычным или рулонным пресс-подборщиком. Кроме того, существуют различные плиты из соломы, изготовленные в заводских условиях. Толщина утеплителя варьируется в зависимости от вида изделий и требований теплозащиты зданий.

Несущие слои “Сельской стены” выполнены из армированного торкрет-бетона [4]. Использование в несущих слоях армированного торкрет-бетона имеет ряд преимуществ.

Во-первых, внешние слои из торкрет-бетона полностью обеспечивают прочность стен и малоэтажного дома в целом, можно отказаться от деревянного каркаса. Анализ результатов проведенных испытаний по прочности на горизонтальную и вертикальную нагрузку образцов “Сельская стена” с различной толщиной несущих слоев показал высокую несущую способность конструкции (таблица 1). Между собой внешние несущие слои соединены стеклопластиковыми связями и конструкция работает как составной стержень. Такое конструктивное решение с использованием внешних слоев из армированного торкрет-бетона, обеспечивает необходимую несущую способность зданию.

Во-вторых, при торкретировании несущих слоев бетон проникает в органический утеплитель с образованием, так называемых контактных слоев в виде соломобетона, толщиной 15–20 мм, обладающего свойствами, как утеплителя, так

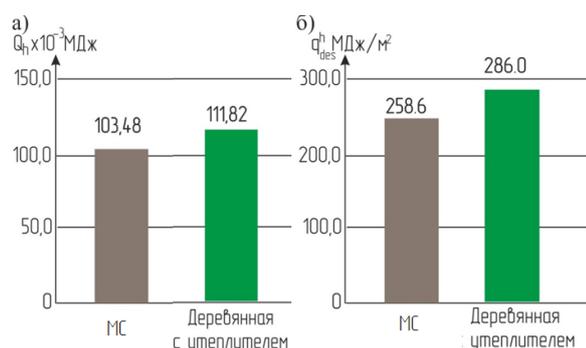


Рисунок 3 – Оценка энергоэффективности конструктивных решений стен малоэтажных зданий:
а – общие теплопотери здания за отопительный период, МДж; б – расчетный удельный расход за отопительный период, МДж/м²

и несущего слоя из торкрет-бетона. Эти слои, как показали экспериментальные и теоретические исследования, обеспечивают более плавное изменение жесткости слоев многослойной стены, а также выполняют функции слоя пароизоляции, как с внешней, так и внутренней сторон утеплителя [5]. В стенах с конструкционным слоем из торкрет-бетона возможна конденсация пара на внутренней поверхности этого слоя и частично на поверхности контактного слоя, который выполняет функции пароизоляции и препятствует прониканию влаги в слой утеплителя. Необходимо отметить, что солома, как и древесина, имеет трубчатую структуру, пустотелые стебли которой могут выдерживать огромные перепады температур без нарушения влажностного режима, а торкрет-бетон надежно защищает конструкцию стены от проникновения атмосферной влаги.

В-третьих, торкрет-бетон способен выдержать 90 мин открытого огня. Экспериментальные испытания по огнестойкости с переменной толщиной торкрет-бетонных слоев показали, что достаточной толщиной для строительства реальных конструкций является толщина несущего слоя 50 мм с RE150/I45; по степени огнестойкости его можно отнести ко II-му классу. Применение торкрет-бетона в несущих слоях позволило на 20 % повысить пожаробезопасность.

В-четвертых, применение торкрет-бетона позволило повысить долговечность конструкции стены. Долговечность МС была проверена двумя путями. Вначале для прогнозирования долговечности “Сельской стены” была проведена оценка характеристики климатической активности г. Саратова с учетом марки по морозостойкости торкрет-бетона. Ожидаемый срок службы стены был при-

нят в 45 лет, что соответствует III-му классу долговечности. Во втором случае оценка долговечности была проведена с помощью метода механического разрушения бетона и учитывала структурные изменения бетона во времени, характеризующиеся трещиностойкостью несущих слоев. Ожидаемый срок службы “Сельской стены” по трещиностойкости составил 85 лет, что соответствует II-му классу долговечности [6].

Одним из главных требований в проектировании жилых зданий является энергосбережение. Энергосбережение в жилищном строительстве рассматривается как комплекс мероприятий, направленных на снижение потребляемой тепловой энергии. Поэтому для оценки энергоэффективности была проведена сравнительная оценка теплопотерь на 1 м² стен с различными конструктивными решениями (рисунок 3). В качестве примера приведены данные природных условий Саратовской области [1]. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета теплопотерь на 1 м² стены за отопительный период

Конструкция стены	$D_{ар}$, °C·сут.	R_i , м²·°C/Вт	$Q_{тр}^y$, кВт·ч
“Сельская стена”	5034,7	7,12	11,91
Деревянные с утеплителем из стекловаты		3,904	30,9

Результаты сравнения показали, что прессованные соломенные блоки можно использовать в качестве альтернативы современным теплоизоляционным материалам. При этом применение органического утеплителя будет способствовать повышению энергоэффективности здания в течение года на 30 %, в течение жизненного цикла здания – на 60 % [5]. При этом использование в качестве утеплителя прессованных соломенных блоков обеспечивает необходимые параметры микроклимата: внутренняя температура воздуха в зимний период составляет 23,4 °C, относительная влажность воздуха внутри помещения 24 % [6].

Таким образом, использование в малоэтажных зданиях конструкции “Сельская стена” вместо трехслойной конструкции стен с деревянным каркасом и утеплителем приведет к сокращению теплопотерь через стены до 50 %, общих теплопотерь здания за отопительный период до 9 %, и снижению удельного расхода тепловой энергии за отопительный период до 12 %.

Таблица 3 – Характеристики многослойной конструкции “Сельская стена”

Характеристика	Размерность	Величина
<i>Несущий слой</i>		
Класс торкрет-бетона, В		22,5
Модуль упругости торкрет-бетона, E_1	МПа	27800
Средняя порочность при сжатии, R_{b1}	МПа	13,5
Толщина внешнего несущего слоя торкрет-бетона, t_1	м	0,05–0,08
Коэффициент теплопроводности слоя торкрет-бетона, λ_1	Вт/(м×°С)	0,438
<i>Теплоизоляционный слой</i>		
Средняя порочность при сжатии, R_{b3}	МПа	0,164
Модуль упругости соломы, E_3	МПа	6,1
Толщина утеплителя, t_3	м	0,37–0,40
Коэффициент теплопроводности органического материала, λ_3	Вт/(м×°С)	0,059
<i>Контактный слой</i>		
Прочность на отрыв утеплителя, $R_c^{отр}$	МПа	1,38
Толщина контактного слоя, t_2	м	0,015–0,02
<i>Эксплуатационные характеристики стены</i>		
Огнестойкость	Класс	II RE150/I45
Долговечность	Класс	II, III
Класс энергоэффективности	Класс	B+

В результате, для проектирования энергоэффективных жилых зданий с многослойной конструкцией “Сельская стена” были приняты основные параметры новой конструкции многослойной стены здания (таблица 3).

Литература

1. СНиП 23–02–2003. Тепловая защита зданий (действующая редакция).
2. СНиП 31–02–2001. Дома жилые одноквартирные (действующая редакция).
3. Пат. РФ № 98441. Многослойный строительный элемент / Т.А. Емельянова, А.П. Денисова // БИ. 2010. №29.
4. Голова Т.А. Энергоэффективность многослойной конструкции “Сельская стена” при проектировании малоэтажных зданий / Т.А. Голова, А.П. Денисова // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 8. С. 9–19.
5. Денисова А.П. Многослойная стена малоэтажного здания / А.П. Денисова, Т.А. Емельянова // Наука: 21 век. 2012. № 1(17). С. 53–59.
6. Емельянова Т.А. Новый “старый” торкрет-бетон / Т.А. Емельянова А.П. Денисова // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 9. С. 55–57.
7. Емельянова Т.А. Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий / Т.А. Емельянова, А.П. Денисова // Молодой ученый. 2012. № 12. С. 61–63.