

УДК 69.003.13

DOI: 10.31675/1607-1859-2018-20-3-71-85

*Н.В. ГУСАКОВА, К.Э. ФИЛЮШИНА,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ*

Проведено исследование по применению методики оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий.

Целью исследования является использование разработанной системы критериев, влияющих на оптимальность выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий и сооружений, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных условий для населения с учётом климатического районирования местности строительства.

Данные разработки могут быть применены при реализации инвестиционно-строительных проектов малоэтажной застройки различного типа территорий на основе местной базы строительных материалов.

Разработанная методика позволяет интенсифицировать процессы развития малоэтажного строительства для различного типа территорий с учетом климатического районирования местности строительства.

Развитие процессов малоэтажного строительства должно основываться на системе научно обоснованных подходов, что позволяет на практике повысить энергоэффективность, комфорт, безопасность и экономическую эффективность малоэтажных зданий в течение всего жизненного цикла здания.

Ключевые слова: оптимальный выбор; энергоэффективность; комфорт; безопасность; эффективность капитальных вложений; объемно-планировочные и конструктивные решения; малоэтажное строительство.

Для цитирования: Гусакова Н.В., Филюшина К.Э. Применение методики оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 3. С. 71–85.

*N.V. GUSAKOVA, K.E. FILUSHINA,
Tomsk State University of Architecture and Building*

OPTIMUM SELECTION OF SPACE-PLANNING AND DESIGN CONCEPTS OF LOW-RISE CONSTRUCTION

Purpose: The aim of this paper is the use of proposed system of criteria influencing the optimum choice of space-planning and design concepts of low-rise construction. These criteria should increase the efficiency of investments, energy and resource saving, and convenience taking into account climatic zoning of the construction site. **Methodology/approach:**

* Статья выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2273.2018.6 «Разработка и технико-экономическое обоснование выбора объемно-планировочных и конструктивных решений в малоэтажном жилищном строительстве в аспекте повышения энергетической эффективности и ресурсосбережения».

The optimum selection methodology is used in relation to space-planning and design concepts of low-rise construction. **Research findings:** The proposed methodology allows intensifying the development of low-rise construction on different type territories taking into account the climatic zoning of the construction site. **Practical implications:** These developments can be used for the implementation of investment and construction projects on low-rise construction on different type territories using a local storage of building materials. **Value:** The development of low-rise construction should be based on a system of scientific approaches which allow enhancing the energy efficiency, convenience, safety and economical effectiveness of low-rise construction.

Keywords: optimum selection; energy efficiency; convenience; safety; capital investment; space-planning and design concept; low-rise construction.

For citation: Gusakova N.V., Filushina K.E. Primenenie metodiki optimal'nogo vybora ob'emno-planirovochnykh i konstruktivnykh reshenii maloetazhnykh zdaniy [Optimum selection of space-planning and design concepts of low-rise construction]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2018. V. 20. No. 3. Pp. 71–85. (rus)

Введение

Стратегической целью государственной жилищной политики является формирование рынка доступного жилья экономического класса с внедрением энергоресурсов, сберегающих технологий, современных материалов, обеспечением комфортных условий проживания граждан. В связи с этим утверждён ряд федеральных программ, направленных на комплексное освоение территорий, повышение результативности развития жилищного строительства, позволяющие создать комфортные условия жизнедеятельности [1].

Особое место в этом процессе должно занять малоэтажное многоквартирное строительство, как один из наиболее оптимальных форматов развития на вновь осваиваемых территориях, где отсутствует проблема наличия свободных земельных участков и наблюдается высокая обеспеченность природными энергоносителями (углеводороды, биотопливо и т. д.).

Для увеличения темпов роста комплексной малоэтажной застройки, развития социальной и транспортной инфраструктуры (стимулирование социально-экономических процессов) необходимо на стадии проектирования разрабатывать оптимальные объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий в зависимости от их географического местоположения.

Следует отметить, что в России имеется огромный потенциал в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии. Однако низкая эффективность применения энергосберегающих технологий при строительстве является причиной высоких цен на услуги ЖКХ при эксплуатации зданий. Такое положение свидетельствует о необходимости рационального использования автономных источников теплоснабжения в проектах малоэтажных жилых зданий с учетом климатического районирования [2].

Комплексный подход оптимального выбора объёмно-планировочных и конструктивных решений будет способствовать увеличению объёмов ввода жилья экономического класса, снижению его стоимости, соответствию требованиям комфорта, безопасности и энергетической эффективности зданий, увеличению количества граждан, способных самостоятельно улучшить свои

жилищные условия. Это позволит, с одной стороны, решить проблему дефицита энергетических мощностей при строительстве, а с другой – сэкономить значительные средства собственников жилья [3].

Зарубежный опыт строительства зданий в основном фокусируется на защите окружающей среды, речь идет об экономичных и доходных мерах по сокращению эмиссий. Домостроение в большинстве государств рассматривается как единая система, которая позволяет привести к совершенствованию новых проектов. Основными направлениями системного подхода являются: 1) отопление и охлаждение помещения, 2) горячая вода, 3) бытовые приборы, 4) освещение, 5) холодильники и морозильники [4]. Всё большее количество стран переходят от нефти и газа к возобновляемым источникам энергии, которые позволяют по предварительным расчетам снизить потребление энергии в здании на 60–80 %. В рамках проекта CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) построено жилье по стандарту пассивного дома с научной точки зрения. Для уменьшения энергии на отопление были реализованы следующие меры: хорошая теплоизоляция, пассивное использование солнечной энергии, суперзастекление, активная вентиляция [5].

На сегодняшний день малоэтажное строительство в России является одним из важных резервов развития строительного комплекса, который позволит увеличить темп роста строительства в условиях кризиса. Однако здесь необходима не только помощь государства, но и четкие требования законодательной базы. Достаточно большое количество исследований посвящено проблемам нормирования, повышения требований теплозащиты зданий и энергосбережения [6–8]. Авторы затрагивают историю развития нормативных требований к тепловой защите зданий, проблемы энергосбережения при строительстве, требования энергетической эффективности зданий. Данные исследования направлены на регулирование нерационального расхода энергетических ресурсов, поддержание необходимых параметров микроклимата в зданиях. Были проведены исследования развития малоэтажного строительства в России, сделан общий прогноз развития малоэтажного строительства, к которым отнесено: энергоэффективность, экономичность и экологический девелопмент малоэтажного жилищного строительства [9]. Также разработаны достаточно полная типология малоэтажных зданий и проблемы развития малоэтажного жилищного строительства на территории России [10]. Изложены принципы формирования объемно-планировочных решений для малоэтажных зданий и комфортного проживания [11]. Предложена типология зданий по уровню энергоэффективности [12]. Разработана методология оценки эффективности применения энергосберегающих мероприятий в зданиях [13]. В исследовании [14] приводится полный учет всех энергетических затрат и первичное энергоресурсопотребление, однако не решены вопросы затрат на эксплуатацию.

Весь комплекс научных исследований по энергоэффективным зданиям и их конструкциям опирается на солидный фундамент знаний [15–17]. Однако, несмотря на многочисленные исследования в области энергоэффективности и энергосбережения в строительстве, они отличаются разрозненностью и не в полной мере систематизированы в рамках имеющейся специфики региональных условий. Публикуемые нормативные документы по энергосбереже-

нию отчасти охватывают весь спектр полученных результатов исследований только конкретного региона.

Особо важно уделить внимание разработке новых объемно-планировочных решений, поиску оптимальных конструктивных решений с приоритетным использованием местных строительных материалов, отвечающих требованиям энергоэффективности, эффективности капитальных вложений, комфорту и безопасности, а также использованию возобновляемых источников энергии для инженерных систем в течение полного жизненного цикла здания.

Анализ классификации малоэтажных жилых зданий позволил сформулировать ряд выводов и предложений по формированию типологии малоэтажного жилого дома с учетом требований (критериев) для оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажной жилой застройки. Для этого был разработан классификационный и критериальный аппарат малоэтажных зданий.

Учет данных рекомендаций в практике современного жилищного строительства может послужить основой создания новых прогрессивных тенденций в архитектуре комплексной малоэтажной жилой застройки как в объемно-планировочном, так и в конструктивном решении малоэтажных жилых зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности [18].

Методология

Результаты систематизации объектов малоэтажного строительства, необходимые для разработки классификационного аппарата, позволили выявить критерии для оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий. Этими критериями являются:

- 1) безопасность;
- 2) комфорт проживания;
- 3) энергоэффективность;
- 4) экономическая эффективность.

На основе предложенного классификационного и критериального аппарата выявлены факторы, формирующие методологическую и методическую среду выбора оптимальных объемно-планировочных и конструктивных решений для малоэтажных зданий (рис. 1).

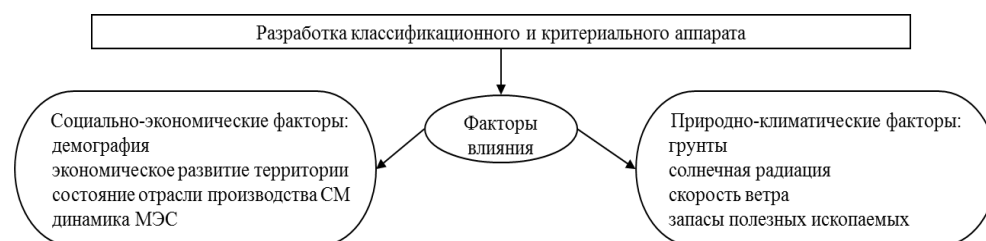


Рис. 1. Факторы для выявления оптимального выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий

Предлагаемая методика позволяет уйти от традиционных схем выбора объемно-планировочных и конструктивных решений для малоэтажных зданий

и дает возможность совершить оптимальный выбор с помощью выявленных критериев. Результатом является разработанная матрица (табл. 1).

Первым критерием является безопасность проживания. Для его разработки типологизируем материал стен по следующим признакам: степень огнестойкости, конструктивное решение здания, толщина стен, степень износа (для уже построенных зданий). Это позволяет нам на начальном этапе сформировать внешнюю оболочку здания.

Следующим критерием является комфорт проживания. Заданный критерий классифицируется по типу территории проживания: городские, пригородные, сельские, удаленные. В зависимости от типа территории типологический признак целесообразно классифицировать по соотношению площади земельного участка к общей площади здания. Для малоэтажных зданий экономического класса определены требования к площади земельных участков. Площадь придомового земельного участка зависит от типа территории проживания. Количество этажей типологизируется до трех этажей включительно.

Следующим критерием является типология здания по энергоэффективности, который включает в себя энергоэффективность конструктивных элементов малоэтажного здания и тип энергообеспечения. Для оценки теплозащитных свойств ограждающих конструкций необходимо определить климатические условия места строительства. Выделяются строительно-климатические зоны для выявления оптимальных строительных и архитектурно-планировочных решений городской малоэтажной жилой застройки для каждой зоны.

Все жилые помещения, относящиеся к жилью экономического класса, должны соответствовать требованиям, влияющим на энергетическую эффективность зданий, их соответствия установленным нормам энергосбережения и энергоэффективности по оборудованию системами учета потребляемых энергоресурсов. Классы энергетической эффективности устанавливаются в соответствии с действующими нормативными документами.

Помимо ограждающих конструкций, являющихся главным резервом энергосбережения, необходимо рациональное взаимное размещение энергоисточников и энергопотребителей (электричество, тепло, газ), уменьшающее расходы на транспортировку. Выбор и обоснование применения централизованных, локально-децентрализованных и локальных систем инженерного оборудования зависит от типа территории проживания. Выбор автономных источников энергоснабжения и невозобновляемых источников энергии зависит от возможности выдачи технических условий на подключение к городским сетям.

Заключительным этапом является критерий эффективности капитальных вложений. Он формируется из стоимости строительства, стоимости инженерных систем зданий, суммы затрат на эксплуатацию здания в течение всего жизненного цикла.

Сумма затрат на строительство и эксплуатацию здания позволит методом сравнения с традиционными системами определить эффективность капитальных вложений в расчете на 1 м^2 . В результате расчета получим стоимость строительства малоэтажного здания и стоимость квадратного метра в течение всего жизненного цикла здания [19].

Таблица 1
Типология малоэтажных зданий при оптимальном выборе объемно-планировочных и конструктивных решений по критериям безопасности, комфорта проживания, экономической эффективности капитальных вложений

Типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение		Типология малоэтажных зданий по критерию энергоэффективности										
		Заданные условия – климатические районы строительства										
		IA	IB	IC	IIA	IIB	IIC	IIIA	IIIB	IIIC	IIIV	
Конструктивные элементы	Наружные стены	однослойные	Типология малоэтажных зданий по критерию безопасности									
		двухслойные	Заданные условия – материал стен									
	Утеплитель	многослойные	Типология малоэтажных зданий по критерию безопасности									
		на органической основе	Стеновой материал (кирпич, древесина, легкие бетоны, ячеистые бетоны)									
		неорганического типа	Типология малоэтажных зданий по критерию комфорта проживания									
	Фасадная отделка	смешанного типа	Типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение									
		отражающего типа	Заданные условия – тип территории проживания									
	Светопрозрачные констр.	Выбор осуществляется только	Городские									
		Выбор осуществляется только	Пригородные									
	Фундамент	сплошной	Сельские									
ленточный		Удаленные										
Кровля	отдельно стоящий	Типология малоэтажных зданий по критерию экономической эффективности капитальных вложений										
	скатная	Заданные условия – тип здания										
	плоская	Типологический признак, лимитированное значение/расчётное значение										
		Уровень благоустройства, %										
		50 %										

Окончание табл. 1

Типология малоэтажных зданий по критерию энергоэффективности																							
Типологический признак, лимитированное значение/ расчётное значение		Заданные условия – климатические районы строительства																					
		IA	IB	IC	IIA	IIB	IIC	IIIA	IIIB	IIIC	IIIV	IVB	IVC										
Класс энергоэффективности здания	A++	Объемно-блочные	75 %	Стоимость 1 м ²	до 3 МРОТ																		
	A+													100 %	от 3 до 5 МРОТ								
	A															до 50	от 5 до 7 МРОТ						
	B+																	свыше 7 МРОТ					
	B																		до 0,2 % средней ЗП по региону				
	C+																			от 0,2–0,6 % средней ЗП по региону			
	C																				Эксплуатационные затраты на 1 м ² в месяц		
	C–																					до 30	
	D																						30–45
	E																						
По типу энергообеспечения	Централизованное	Уровень шума в жилых помещениях, дБА	Уровень освещения, лк	Изнас, %	до 30	свыше 60																	
	Локально-централизованное						30–60																
	Локальное						свыше 60																

Следующий раздел посвящен применению предлагаемой методики, способствующей повышению энергоэффективности, безопасности, комфорту проживания и экономической эффективности малоэтажных зданий.

Область наших исследований представляет территория континентального климата умеренного пояса, в которой наиболее востребованы малоэтажные здания с точки зрения социально-экономического развития вновь осваиваемых территорий.

По предлагаемой методике принят малоэтажный дом блокированного типа. Малоэтажный многоквартирный жилой дом (блок) представляет собой двухэтажное здание с размерами в плане в крайних осях $9,6 \times 8,0$ м, со встроенным гаражом. Количество блоков зависит от социальной необходимости и объемом выделяемых средств из бюджета. Планировочные решения обеспечивают нормативную инсоляцию всех помещений для длительного пребывания людей.

По предлагаемой методике принят малоэтажный дом блокированного типа (рис. 2). Малоэтажный многоквартирный жилой дом (блок) представляет собой двухэтажное здание с размерами в плане в крайних осях $9,6 \times 8,0$ м со встроенным гаражом. Количество блоков зависит от социальной необходимости и объемов выделяемых средств из бюджета. Планировочные решения обеспечивают нормативную инсоляцию всех помещений для длительного пребывания людей.

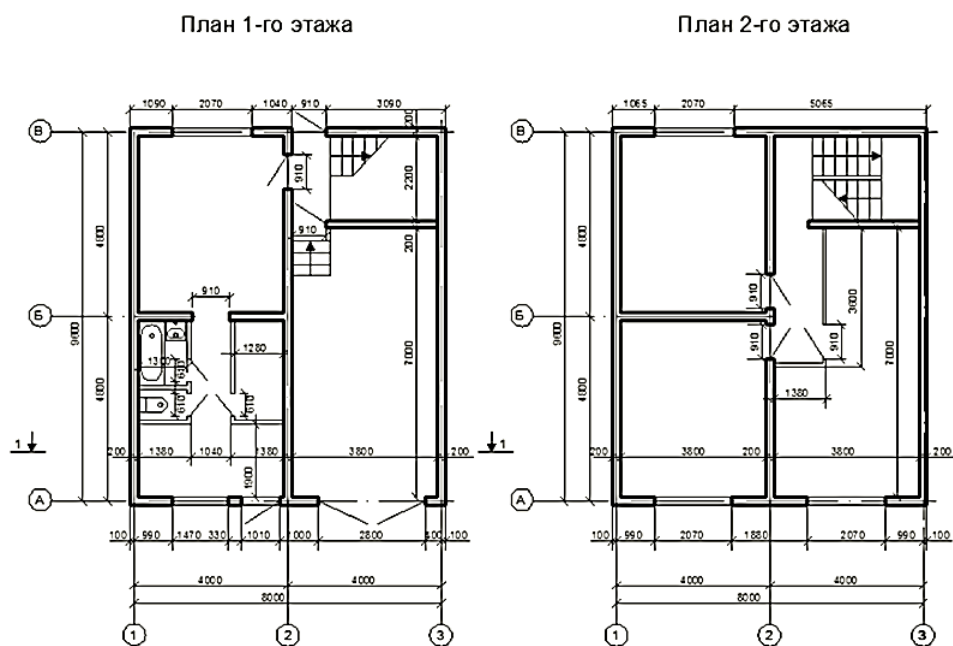


Рис. 2. Объемно-планировочные решения малоэтажного блокированного жилого дома

При проектировании оснований и фундаментов учитывались наиболее характерные грунты выбранного региона строительства, а также имеющийся

опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Для блокированных малоэтажных зданий, возводимых в умеренной зоне континентального климата, в большинстве случаев целесообразно применять 2 варианта устройства фундамента:

- 1) малозаглубленные фундаменты (ленточные монолитные);
- 2) винтовые металлические или буронабивные.

Теплотехнический расчет наружной ограждающей конструкции выполнен по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003» и СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Наружное ограждение рассчитываем как плоскую стенку, разделяющую воздушные среды с различной температурой и влажностью, ограниченную параллельными поверхностями и перпендикулярную тепловому потоку. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, отвечающее санитарно-гигиеническим и комфортным условиям, рассчитывается по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003». В качестве несущего слоя ограждающей стены приняты следующие варианты: керамический кирпич, газобетонные блоки, брус (сосна), стеновая панель из керамзитобетона [20].

В проектируемом здании могут использоваться 2 типа кровель: скатная и плоская. Рассмотренные строительные материалы надежны и долговечны, соответствуют климатическим условиям. Вариативность выбора обуславливается минимальной стоимостью материала.

Методом многовариантного проектирования энергосберегающего оборудования для малоэтажных зданий обоснованы оптимальные технические решения с пониженным уровнем энергопотребления. Комплексное использование энергосберегающих ограждающих конструкций и возобновляемых источников позволяет полностью решить проблему энергообеспечения с позиции требований энергоэффективности, экономической целесообразности и комфорта проживания в процессе эксплуатации здания. В частности, обоснованы схемы энергообеспечения зданий (централизованная, локальная и разработана локально-централизованная).

Расчетным путем составлен тепловой баланс здания, тепловые потери на нагрев инфильтрующего воздуха. Выполнен расчет тепловых потерь ограждающими конструкциями. Определены расходы горячей воды и теплоты. По результатам расчета принято решение об использовании комбинированной системы теплоснабжения. Основная система – тепловой насос, солнечные коллекторы обеспечивают необходимое покрытие расходов на ГВС. Ветрогенераторы не могут быть использованы на выбранной территории жилой застройки в связи с ограничениями шумовых воздействий.

Из условия максимального энергосбережения для малоэтажных зданий блокированного типа принята горизонтальная система отопления с размещением теплового насоса в техническом помещении. Для пиковых нагрузок в периоды стояния низких наружных температур условия комфорта в помещениях не снижаются за счет использования дизельного генератора, установленного в каждом гараже квартиры. Для покрытия нагрузки на ГВС на одну

блок-секцию необходимо установить 13 солнечных коллекторов общей площадью 26 м².

Система вентиляции естественная. Сбор данных по энерго- и ресурсопотреблению предусмотрен автоматически через диспетчерскую систему.

При проектировании малоэтажного здания особое внимание уделялось не только финансовой эффективности строительства, но и эксплуатационной. Таким образом, показатель эффективности является многокомпонентным, потому как в данном проекте рассматривается эффективность как при строительстве, так и при дальнейшей эксплуатации зданий. Экономия при строительстве достигается за счет внедрения оптимальных конструктивных решений, позволяющих увеличить теплозащиту ограждающих конструкций, а также за счет оборудования (при его отсутствии для отопления малоэтажного здания потребовалось бы строительство котельной, что привело бы к дополнительным затратам). Эксплуатационный эффект получаем за счет экономии на коммунальных услугах, в частности на отоплении и горячем водоснабжении [21].

При расчете эффективности капитальных вложений малоэтажных зданий блокированного типа за расчетный период учитывается стоимость материалов, строительно-монтажных работ, стоимость замены или ремонта, срок службы, стоимость за 1 год эксплуатации. Произведены расчеты предстоящих результатов и затрат в пределах расчетного периода (горизонт расчета), в качестве которого принимаем период 30 лет. Шаг расчета принимался равный одному году [22].

За основу взяты результаты теплотехнического расчета ограждающей конструкции, остекление и двери, покрытие и пол. Энергетические системы: система отопления, система горячего водоснабжения для бытовых нужд, система водоотведения. Результаты сравнения начальных капитальных затрат и годовых расходов на конструкции здания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение стоимости материалов малоэтажного здания

Материал ограждающей конструкции	Капитальные затраты на конструкции здания, руб./м ²	
	Общая стоимость здания	Стоимость за 1 год эксплуатации с учетом замены или ремонта
1. Кирпич	15 487	310
2. Газобетон	19 624	392
3. Брус	13 929	279
4. Керамзитобетон	20 189	404

Проведен сравнительный анализ центральной, локально-централизованной и локальной системы отопления малоэтажного блокированного дома. Сравнение стоимости тепловой энергии от различных источников представлено в табл. 3.

Тариф, по которому ОАО ТГК-11 продает тепло, в 8,1 раза превышает стоимость тепла от теплового насоса и в 6,48 раза от газового котла. Таким образом, видно, что использование тепловых насосов выгоднее с точки зрения коммунальных затрат. Использование локально-централизованной системы теплоснабжения позволяет за счет экономии стоимости единицы тепловой энергии снизить затраты на отопление.

Таблица 3

Сравнение стоимости тепловой энергии от различных источников

Показатели	Значение
Стоимость 1 кВт электроэнергии, руб.	3,1
Стоимость 1 кВт тепловой энергии, получаемой от теплового насоса, руб.	0,4
Стоимость 1 кВт тепловой энергии, получаемой от газового котла, руб.	0,5
Стоимость 1 кВт тепловой энергии по тарифу ТГК-11, руб.	3,24

Рассчитаны расходы на коммунальные платежи в зависимости от типа энергообеспечения (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение коммунальных платежей при различном типе энергообеспечения в год

Показатели, руб.	Тип энергообеспечения		
	Централизованное	Локально-централизованное	Локальное
Годовые затраты на отопление	548	58	72,5
Годовые затраты на ГВС	267,47	Учтено в отоплении	37,9
Эксплуатационные затраты в год	20	Не требуется	Не требуется
Обслуживание и сезонные работы в год	0	0	33
Итого	835,47	58	143,4

Результаты расчетов показали, что стоимость отопления 1 м² площади при использовании центральной системы теплоснабжения в 14,4 раза больше аналогичного показателя при локально-централизованной системе теплоснабжения с использованием тепловых насосов и в 5,8 раза выше при использовании газового котла.

В результате расчета экономической эффективности малоэтажного здания блокированного типа наименьшие затраты на конструкции здания составляет дом из бруса. Капитальные затраты на компоненты конструкций здания в деревянном исполнении с учетом замены или ремонта составляют 13 929 руб./м² на 1 блок-секцию. Стоимость здания за 1 год эксплуатации – 279 руб./м² на 1 блок-секцию.

Суммарный годовой экономический эффект достигается за счет использования локально-централизованного типа энергообеспечения по сравнению с централизованным и локальным типом в расчете на 1 блок-секцию. Стоимость коммунальных услуг (ГВС + теплоснабжение) при локально-централизованном типе энергообеспечения в год составляет 58 руб./м².

Разработана система критериев, влияющих на оптимальность выбора объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий, отвечающих требованиям энергоэффективности, комфорта и безопасности, экономической эффективности. В результате их обоснования по предлагаемой методике был принят вариант блокированного типа. За счет повышения теплозащиты ограждающих конструкций получена экономия энергоресурсов при эксплуатации здания.

Обоснованы оптимальные технические решения энергообеспечения малоэтажных зданий блокированного типа. При комплексной застройке малоэтажных зданий блокированного типа на вновь осваиваемых территориях, не имеющих доступа к тепловым сетям, оптимальным решением является использование локального типа энергообеспечения. Повышение уровня применяемых технических решений приводит к увеличению капитальных затрат на строительство, однако эффект достигается за счет экономии топливно-энергетических ресурсов и социальной защиты населения.

Методика оценки эффективности капитальных вложений малоэтажных зданий блокированного типа позволила определить стоимость эксплуатации на 1 м²/год. В результате расчетов предстоящих затрат и результатов в пределах расчетного периода самым экономичным принят вариант жилого дома блокированного типа в деревянном исполнении. Расчеты показывают, что за счет экономии тепла повышение единовременных затрат окупится за 5 лет.

В результате комплекса решенных задач обоснована техническая возможность и экономическая целесообразность создания малоэтажных энергоэффективных зданий экономического класса. Максимальный эффект энергосбережения может быть достигнут при комплексном рассмотрении объемно-планировочных и конструктивных решений, а также применения возобновляемых источников энергии при строительстве инженерных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Постановление Правительства РФ от 17.12.2010 № 1050 (ред. от 25.08.2015) «О федеральной целевой программе “Жилище” на 2015 – 2020 годы».*
2. *Zharova E.A., Minaev N.N., Filushina K.E., Gusakov A.M., Gusakova N.V. Formation of a regional process management model for energy efficiency of low-rise residential construction // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. V. 6. № 3. P. 155–160.*
3. *Минаев Н.Н., Филюшина К.Э., Гусаков А.М., Гусакова Н.В., Жарова Е.А. Формирование региональной модели управления процессами повышения энергоэффективности малоэтажного жилищного строительства // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 46 (421). С. 34–41.*
4. *Ernst von Weissacker, Karlson Hargroves, Michael H. Smith. Factor Five // The formula for sustainable growth: a report to the Roman Club. М.: AST-PRESS BOOK, 2013. 368 p.*
5. *Electricity Heat in World in 2006 // COUNTRY CODE 29&Submit Submit (International Energy Agency), Zugriff 23. Februar 2009. URL: www.iea.org/Textbase/stats/electricityda-ta.asp?*

6. Васильев Г.П. Одна из главных проблем энергоэффективности – отсутствие контроля качества строительства... // Энергосбережение. 2014. № 6. С. 10–12.
7. Корниенко С.В. Комплексная оценка энергоэффективности и тепловой защиты зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 33–48.
8. Табунчиков Ю.А., Бродач М.М. Системный анализ проектирования энергоэффективных зданий // Architecture and Modern Information Technologies. 2015. № Special. С. 14.
9. Казейкин В.С., Баронин С.А., Черных А.Г., Андросов А.Н. Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства России / под общ. ред. В.С. Казейкина, С.А. Баронина. М: ИНФРА-М, 2011. 278 с.
10. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Пасяда Н.И., Денисова И.В. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. А.Н. Асаула. СПб.: Гуманистика, 2005. 563 с.
11. Козачун Г.У., Смык О.Г. Принципы формирования объемно-планировочных решений жилых усадебных домов с обслуживанием // Жилищное строительство. 2008. № 7. С. 35–37.
12. Баишаков И.А. Типология и сертификация российских зданий по уровню энергоэффективности // АВОК Энергосбережение. 2015. № 8.
13. Васильев Г.П., Личман В.А., Песков Н.В. Методика инструментального определения энергопотребления вводимых в эксплуатацию зданий // Жилищное строительство. 2014. № 12. С. 32–36.
14. Шеина С.Г., Миненко Е.Н. Разработка оптимизационной модели выбора энергоэффективных решений в малоэтажном строительстве. Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013. 118 с.
15. Береговой А.М., Прошин А.П., Береговой В.А. Энергосбережение в архитектурно-строительном проектировании // Жилищное строительство. 2002. № 5. С. 4–6.
16. Бутовский И.Н., Матросов Ю.А., Шмаров Н.А. Новая методика оценки энергопотребления зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2008. № 3. С. 66–69.
17. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания // АВОК. 2010. № 4. С. 52–60.
18. Minaev N., Filushina K., Jarova E. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2015. 71. 012050.
19. Gusakova N., Minaev N., Filushina K., Gusakov A. Approaches to Optimum Selection of Space-Planning and Structural Solutions of Low-Rise Buildings // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1800.
20. Gusakova N.V., Gusakov A.M. Feasibility study of building envelopes selection for low-rise construction // TSUAB2014 IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2015. V. 71.
21. Филошина К.Э., Гусакова Н.В., Гусаков А.М., Минаев Н.Н., Добрынина О.И. Разработка подходов к оптимальному выбору объемно-планировочных и конструктивных решений малоэтажных зданий // Экономика и предпринимательство. 2016. № 10-3 (75-3). С. 423–426.
22. Прокофьева Г.И., Гусакова Н.В. Экономическое обоснование использования технологий энергосбережения в строительстве малоэтажной жилой и социальной инфраструктуры // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 1 (42). С. 181–189.

REFERENCES

1. *Postanovlenie Pravitel'stva RF* ot 17.12.2010 N 1050 (red. ot 25.08.2015) 'O federal'noi tselevoi programme "Zhilishche" na 2015 – 2020 gody' [RF Government Resolution N 1050 of 17.12.2010 'Federal targeted program on dwelling for the years of 2015 – 2020' (rus)]
2. Zharova E.A., Minaev N.N., Filushina K.E., Gusakov A.M., Gusakova N.V. Formation of a regional process management model for energy efficiency of low-rise residential construction. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. V. 6. No. 3. Pp. 155–160.
3. Minaev N.N., Filyushina K.E., Gusakov A.M., Gusakova N.V., Zharova E.A. Formirovanie regional'noi modeli upravleniya protsessami povysheniya energoeffektivnosti maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva [Formation of regional governance model of enhancing energy efficiency of low-rise construction]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika*. 2015. No. 46 (421). Pp. 34–41. (rus)

4. Ernst von Weissacker, Karlson Hargroves, Michael H. Smith. Factor Five. The formula for sustainable growth: a report to the Roman Club. Moscow: AST-Press Book, 2013 368 p.
5. *Electricity heat in world in 2006*. Available: www.iea.org/Textbase/stats/electricityda-ta.asp?
6. Vasil'ev G.P. Odná iz glavnykh problem energoéffektivnosti – otsutstvie kontrolya kachestva stroitel'stva [Problem of energy efficiency in lack of construction quality control]. *Energoberezhenie*. 2014. No. 6. Pp. 10–12. (rus)
7. Kornienko S.V. Kompleksnaya otsenka energoéffektivnosti i teplovoi zashchity zdanií [Comprehensive assessment of energy efficiency and heat protection of buildings]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdanií i sooruzhenii*. 2014. No. 11 (26). Pp. 33–48. (rus)
8. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M. Sistemnyi analiz proektirovaniya energoéffektivnykh zdanií [System analysis of energy efficiency of buildings]. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2015. No. Sp. P. 14. (rus)
9. Kazeikin V.S., Baronin S.A. (Eds), Chernikh A.G., Androsov A.N. Problemye aspekty razvitiya maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva Rossii [Low-rise construction development in Russia]. Moscow: INFRA-M Publ., 2011. 278 p. (rus)
10. Asaul A.N., Kazakov I.N., Pasiada N.I., Denisova I.V. Teoriya i praktika maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii [Theory and practice of low-rise construction]. A.N. Asaul, Ed. St-Petersburg: Gumanistika Publ., 2005. 563 p. (rus)
11. Kozachun G.U., Smyk O.G. Printsipy formirovaniya ob"emno-planirovochnykh reshenii zhi-lykh usadebnykh domov s obsluzhivaniem [Spatial concepts of manors houses]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2008. No. 7. Pp. 35–37. (rus)
12. Bashmakov I.A. Tipologiya i sertifikatsiya Rossiiskikh zdanií po urovnyu energoéffektivnosti [Typology and certification of Russian buildings]. *Energoberezhenie*. 2015. No. 8. (rus)
13. Vasil'ev G.P., Lichman V.A., Peskov N.V. Metodika instrumental'nogo opredeleniya energopotrebleniya vvodimyykh v ekspluatatsiyu zdanií [Instrumental detection of energy consumption of buildings]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2014. No. 12. Pp. 32–36. (rus)
14. Sheina S.G., Minenko E.N. Razrabotka optimizatsionnoi modeli vybora energoéffektivnykh reshenii v maloetazhnom stroitel'stve [Optimized model of energy efficient solutions in low-rise construction]. Rostov-on-Don, 2013. 118 p. (rus)
15. Beregovoi A.M., Proshin A.P., Beregovoi V.A. Energoberezhenie v arkhitekturno-stroitel'nom proektirovanii [Energy saving in architecture and construction design]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2002. No. 5. Pp. 4–6. (rus)
16. Butovskii I.N., Matrosov Yu.A., Shmarov N.A. Novaya metodika otsenki energopotrebleniya zdanií [New methods of energy consumption estimation]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo*. 2008. No. 3. Pp. 66–69. (rus)
17. Gagarin V.G., Kozlov V.V. O kompleksnom pokazatele teplovoi zashchity obolochki zdaniya [Het protection of buildings]. *AVOK*. 2010. No. 4. Pp. 52–60. (rus)
18. Minaev N., Filushina K., Jarova E. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2015. V. 71, P. 012050.
19. Gusakova N., Minaev N., Filushina K., Gusakov A. Approaches to Optimum Selection of Space-Planning and Structural Solutions of Low-Rise Buildings. *AIP Conference Proceedings*. 2017. V. 1800.
20. Gusakova N.V., Gusakov A.M. Feasibility study of building envelopes selection for low-rise construction. *Proc. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2015. V. 71.
21. Filyushina K.E., Gusakova N.V., Gusakov A.M., Minaev N.N., Dobrynina O.I. Razrabotka podkhodov k optimal'nomu vyboru ob"emno-planirovochnykh i konstruktivnykh reshenii maloetazhnykh zdanií [Development of approaches to optimum selection of space-planning concepts of low-rise construction]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2016. No. 10-3 (75-3). Pp. 423–426. (rus)
22. Prokofeva G.I., Gusakova N.V. Ekonomicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya tekhnologii energoberezheniya v stroitel'stve maloetazhnoi zhiloi i sotsial'noi infrastruktury [Economic justification of energy-saving technologies in low-rise construction]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2014. No. 1 (42). Pp. 181–189. (rus)

Сведения об авторах

Гусакова Наталья Васильевна, ст. преподаватель, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gusakovanata@mail.ru

Филушина Кристина Эдуардовна, канд. экон. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, kri1617@yandex.ru

Authors Details

Natalia V. Gusakova, Senior Lecturer, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gusakovanata@mail.ru

Kristina E. Filushina, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, kri1617@yandex.ru