

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАКТОРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В АРХИТЕКТУРНО–СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ЭТАЖНОСТИ В РЕГИОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Береговой А.М., Дерина М.А., Сухов Я.И.

*ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия
(440028, Пенза, ул. Г. Титова, 28), e-mail: office@pguas.ru*

При проектировании здания как единой энергетической и экологической системы возникает ряд проблемных вопросов, требующих дальнейшего изучения факторов, воздействующих на эту систему, так же как и выявления возникающих в них противоречий. В статье приведены результаты натурных исследований энергоэффективности зданий и дается анализ некоторых факторов воздействия, в котором особое внимание уделено их принципиальным отличиям применительно к многоэтажным и малоэтажным зданиям. Если для многоэтажного здания традиционного типа уменьшение тепловой потребности непосредственно связано с увеличением его размеров, особенно ширины корпуса, то для здания, использующего тепловую энергию природной среды с помощью энергоактивных конструкций стен и их элементов, эффект подогрева помещений, напротив, увеличивается с уменьшением ширины корпуса, особенно начиная с 12 м. Анализ доли поглощенного тепла солнечной радиации в общей величине тепловой нагрузки зданий показал преимущества использования возобновляемых источников энергии в проектном решении малоэтажного дома. При этом увеличение отношения площади ограждений подземного пространства здания к его объему рассматривается как благоприятный фактор влияния на тепловую эффективность этого пространства в отличие от надземной части здания традиционного типа.

Ключевые слова: архитектурно-строительное проектирование, факторы энергосбережения, многоэтажные здания, малоэтажные здания, энергоактивные конструкции, тепло солнечной радиации.

ANALYSIS OF THE USE OF ENERGY SAVING FACTORS IN ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION DESIGN OF BUILDINGS OF VARYING HEIGHTS IN REGIONAL CONDITIONS

Beregovoy A.M., Derina M.A., Sukhov Y.I.

*Penza State University of Architecture and Construction, Russia, 440028, Penza, 28, Titova St., e-mail:
office@pguas.ru*

In designing of building as an united energy and ecological system there are a number of problematic issues, requiring further study of factors affecting this system, as well as determination of these contradictions. The article presents the investigation results under real circumstances of energy efficiency of building and analysis of some influencing factors, in which special attention is paid to their principal differences in relation to low rise – and multistoried buildings. If for multistoried traditional type of building the reduction of the heat demand is directly related to the increase of the size of a building, especially to its width, then for building, using the energy of natural environment through energy active wall structures and their elements, the effect of room heating, on the contrary, increases with decreasing of building width, especially since 12 m. Analysis of the proportion of absorbed solar radiation heat in total heat load of the building showed the advantages of the use of renewable energy sources in design solution of low rise building. Thus the increase of the square of enclosure structures of underground space to its volume is considered as favorable factor affecting the thermal efficiency of this space in contrast to above – ground part of the building of the traditional type.

Keywords: architecture and construction design, factors of energy saving, low rise buildings, multistoried buildings, energy active structures, solar radiation heat.

В стадии предпроектного анализа тепловых потерь проектировщик обычно соотносит площадь наружных ограждающих конструкций $A_n^{сум}$ с отапливаемым объемом здания $V_{от}$. Коэффициент компактности здания $K_{комп} = A_n^{сум} / V_{от}$ наряду с общим коэффициентом теплопередачи здания $K_{общ}$ непосредственно определяет удельную

теплозащитную характеристику здания [7]. При этом учитывается, что здания равного объема и одинакового конструктивного решения могут иметь разные размеры (пролет, длина, высота), а, следовательно, разное значение $A_n^{сум}$ и неодинаковую величину тепловых потерь.

Цель исследования заключается в анализе факторов энергосбережения, позволяющих создать более полное представление об эффективности и противоречивом характере воздействия параметров объемно-планировочного решения и других оценочных критериев на расход тепловой энергии в зданиях различной этажности и имеющих разную степень энергоактивности.

С точки зрения компактности формы и тепловых потерь многоэтажные здания имеют более выгодный коэффициент $K_{комп}$. Строительство этих зданий в крупных регионах страны идет опережающими темпами. Так, в г. Пензе из 450 тыс. m^2 построенного в 2014 г. жилья 62 % составляют многоэтажные жилые дома [6]. Именно этот тип домов составляет основу любой городской застройки. Проектным организациям вменяется в обязанность проводить обоснование тепловой защиты и использование методик по энергосбережению в специальном разделе «Энергоэффективность» проекта жилого дома.

При этом за основной критерий энергоэффективности здания принимается величина расчетной удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $q_{от}^p$, которая не должна быть больше нормативного значения [7]. В случае невыполнения этого условия специалист может применить целый ряд архитектурно-строительных принципов проектирования, обеспечивающих снижение величины $q_{от}^p$: например, усовершенствование конструктивных решений наружных ограждающих конструкций за счет повышения их приведенного сопротивления теплопередаче, ориентация продольной стены здания с большим количеством окон на светлую, лучше южную, сторону горизонта в том случае, если позволяют градостроительные условия, оптимизация объемно-планировочного решения здания с целью снижения коэффициента $K_{комп}$.

При корректировке объемно-планировочного решения здания следует учитывать, что особенно ощутимо снижаются величина $q_{от}^p$ и приведенные затраты на $1 m^2$ полезной площади здания с увеличением ширины корпуса в пределах 12,3 ... 18 м при неизменном его объеме. Увеличение других размеров здания, как и его объема, также уменьшает расчетную удельную характеристику $q_{от}^p$ (примерно на 10 % при изменении протяженности девятиэтажного жилого дома с 50 до 100 м) [5]. По этой причине многосекционные дома, как более протяженные объекты, более энергоэкономичны, чем односекционные. Последние целесообразно проектировать только в тех случаях, когда необходимость в них диктуется

требованиями градостроительства (например, для улучшения объемно-композиционного решения застройки небольшой этажности или при наличии участка с уклоном поверхности 10 % и более). Из вышесказанного не следует, что с ростом этажности здания пропорционально уменьшаются его теплопотери. С увеличением высоты сооружения все больше проявляется эффект «дымовой трубы», что приводит к росту расхода тепла на нагревание инфильтрующегося и приточного воздуха в системе вентиляции.

При проектировании многоэтажного здания как единой энергетической и экологической системы возникает ряд проблемных вопросов, требующих дальнейшего изучения факторов, воздействующих на эту систему, и устранения возникающих в них противоречий. Так, например, с целью уменьшения тепловых потерь помещений в зимнее время часть жителей этих зданий на длительное время закрывает створки окон (стеклопакетов), блокируя тем самым приток свежего воздуха и в целом работу системы естественной вентиляции. В результате этого формируется микроклимат помещений, не соответствующий критериям энергоэффективного здания. На это указывают результаты исследований различных авторов и натурных обследований зданий, изложенные в [1], в которых даются рекомендации по широкому использованию специальных приточных клапанов в наружных ограждающих конструкциях, а также других инновационных решений по типу «дышащей» стены.

Одним из наиболее перспективных способов повышения класса энергоэффективности здания является использование тепла рассеянных источников энергии природной среды для подогрева помещений с помощью энергоактивных конструкций, их элементов или специальных технических устройств в виде плоских солнечных коллекторов, тепловых насосов, солнечных батарей (фотоэлементов), утилизаторов тепла. Именно с применением этих устройств были удачно спроектированы и построены в нашей стране отдельные энергоактивные многоэтажные здания (например, в микрорайоне Никулино-2, г. Москва). Но широкого распространения проектная концепция этих зданий в строительной практике еще не получила из-за относительной дороговизны энергоактивных устройств и большого срока их окупаемости.

Вместе с тем реализация эффективно действующей пассивной солнечной системы из энергоактивных участков наружных конструкций или их элементов в проекте многоэтажного здания представляет сложную задачу и возможна только при хорошо проработанном технико-экономическом обосновании.

В работе [3] представлены графические зависимости площади энергоактивных наружных ограждений, поглощающих тепло солнечной радиации, от этажности здания, его ширины и высоты этажа. Их анализ подтверждает известное положение, что для здания с

наружной энергоактивной конструкцией в отличие от энергоэкономичного типа здания наблюдается принципиально иная зависимость расхода тепловой энергии от ширины объекта, а именно – с уменьшением последней снижаются энергозатраты на его отопление, особенно при ширине корпуса менее 12 м. Такая узкокорпусная форма здания, позволяющая более эффективно использовать энергию окружающей среды для подогрева внутреннего пространства здания, входит в явное противоречие с требованиями экономии тепла в холодный период года для обычного типа здания, не оснащенного энергоактивными конструкциями или устройствами. Это сильно усложняет решение задачи поиска такой оптимальной формы здания и таких конструктивных решений наружных ограждений, которые бы в полной мере выполняли функции как тепловой защиты, так и восприятия и передачи в помещения тепловой энергии окружающей среды.

Возможности проектирования энергоактивных многоэтажных зданий ограничиваются также таким фактором влияния, как относительно небольшой долей f поглощенного тепла солнечной радиации в общей величине их тепловой нагрузки [8,2]. Отопительная нагрузка здания увеличивается по мере роста его отапливаемого объема значительно быстрее, чем площадь инсоляции энергоактивных конструкций, и соответственно доля тепла от таких рассеянных природных источников, как солнечная радиация или тепло верхних слоев земли. Выполненный для климатических условий Пензенского региона расчет энергоактивной конструкции стены показал существенную разницу доли тепла f , поступающей от нее в процессе солнечной радиации, в общей тепловой нагрузке двух жилых домов с отапливаемыми объемами 400 м³ и 3600 м³. В первом здании с тепловой нагрузкой 67,6 КДж максимальное значение f за отопительный период достигло 15 %, во втором здании с тепловой нагрузкой 1057 КДж – только 3,5 %. Очевидно, что для многоэтажных домов, имеющих намного большую тепловую нагрузку, величина f составит практически неощутимую величину [4].

Малоэтажные здания в последние годы получают все большее распространение ввиду их экологической привлекательности и удобства проживания. Так, в г. Пензе в 2014 г. из всего объема построенного жилья 38 % составляют индивидуальные жилые дома. Тем не менее эти здания имеют более высокое значение $K_{\text{комп}} = A_{\text{н}}^{\text{сум}} / V_{\text{от}}$, что объясняет их значительные тепловые потери и в среднем более чем двукратный рост показателя $q_{\text{от}}^{\text{р}}$ и стоимости отопления по сравнению с многоэтажными домами.

Выполненные натурные обследования жилых зданий с более чем 20-летним сроком эксплуатации в г. Пензе и области показали, что по удельной величине тепловой энергии на отопление $q_{\text{h}}^{\text{des}}$ обследованные здания уступают нормативным требованиям, действующим

с начала 2000-х годов, а малоэтажные дома по сравнению с многоэтажными имеют более низкий класс энергетической эффективности (таблица) [2].

Теплоэнергетические показатели ряда обследованных типовых зданий

Типы обследованных зданий	Потребность в тепловой энергии Q_h^y , МДж	Величина q_h^{des} , кДж/(м ² ·°С·сут)		Классы энергетической эффективности зданий
		фактическая	нормативная	
1-этажный кирпичный дом	99076	355	125	“очень низкий”
2-этажный трехсекционный шлакоблочный дом	973899	160	70	“очень низкий”
9-этажный девятисекционный панельный дом	2588103	120	76	“низкий”

Следует отметить, что низкие классы энергетической эффективности обследованных домов объясняются не только их нерациональной с точки зрения экономии тепла узкокорпусной формой, но и возросшими требованиями к уровню тепловой защиты зданий.

Не все архитектурно-строительные принципы проектирования, обеспечивающие снижение коэффициента $K_{комп}$ для многоэтажного здания, можно эффективно использовать в проекте малоэтажного. Например, сколько-нибудь значительное увеличение размеров одно- или двухсемейного дома часто теряет смысл из-за экономических соображений, тогда как в проекте многоэтажного здания его длина, число секций и количество этажей являются варьируемыми параметрами. Вместе с тем рассмотренный выше результат расчета доли тепла f от энергоактивной конструкции наглядно демонстрирует преимущества использования возобновляемых источников энергии в проектом решении малоэтажного дома. В таком здании показатель f значительно возрастает не только по причине его небольшой тепловой нагрузки, но и за счет того, что при расположении на поверхности крыши энергоактивных элементов количество поступающего от них тепла будет приходиться на относительно небольшой объем внутреннего пространства. Вместе с тем для зданий этого типа увеличиваются возможности использования тепла верхних слоев земли [4].

В отличие от инсолируемых поверхностей надземной части здания, поступление тепла к ограждениям подземной части, имеющим утепляющий слой на глубину промерзания грунта, в определенный момент времени происходит не с одного направления, а со всех сторон земляного массива. Последнее обстоятельство позволяет расценивать увеличение коэффициента $K_{комп}$ подземного пространства здания скорее как благоприятный фактор

влияния на его тепловую эффективность в отличие от надземной части здания традиционного типа. В подземных помещениях зданий нет таких больших теплопотерь, как в надземных, из-за отсутствия инфильтрации холодного воздуха и благодаря большой теплоаккумулирующей способности окружающего грунтового массива, обеспечивающего относительное постоянство температур в подземном пространстве здания. В него может быть перенесен из надземных этажей целый ряд помещений второстепенного назначения с температурой воздуха $t_{в}^{подз}$ заведомо ниже нормативной и обеспечиваемой за счет поступления тепла земли и уходящего теплового потока через цокольное перекрытие.

Результаты натурных обследований нескольких малоэтажных гражданских зданий, проведенных в г. Пензе в январе 2015 г., а также накопленный опыт эксплуатации подвальных помещений показали, что в зависимости от конструктивного решения их ограждающих конструкций величина $t_{в}^{подз}$ может достигать значений 9,5–16 °С, приемлемых для размещения подсобных помещений. В ходе анализа проектных решений двух общественных зданий, построенных в г. Пензе (кассово-инкассаторский центр и предприятие общественного питания), было установлено, что эффект сбережения тепловой энергии составил бы 8 и 12 % соответственно в случае переноса ряда подсобных помещений в подземный этаж этих зданий с учетом действующей в настоящее время стоимости отопления 1 м² общей площади.

Список литературы

1. Береговой А.М., Дерина М.А. Наружные ограждающие конструкции в системе воздухообмена жилого многоэтажного здания // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: [www.science-education.ru /121-17257](http://www.science-education.ru/121-17257) (дата обращения: 04.02.2015).
2. Береговой А.М. Здания с энергосберегающими конструкциями: дисс. ... д-ра техн. наук.– Пенза, 2005. – 308 с.
3. Береговой А.М. Энергосбережение в архитектурно-строительном проектировании /А.М Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой // Жилищное строительство. – 2002. – № 5. – С.4–6.
4. Береговой А.М. Эффективность использования тепла земли подземным пространством здания / А.М. Береговой [и др.] // Жилищное строительство. – 2011. – № 1. – С. 30–31.
5. Любимова М.С. Резервы повышения теплозащиты жилых зданий / М.С. Любимова, Н.Н. Лазарева, В.Г. Завелев // Жилищное строительство. – 1980. – № 9. – С. 5–10.
6. Официальный сайт администрации города Пензы. 22.01.15. – URL:<http://www.penza-gorod.ru/news-1-8912.html> (дата обращения 25.01.15).

7. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23–02–2003. – М.: НИИСФ РААСН, 2012. – 95 с.

8. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М.: Энергоиздат, 1982. – 80 с.

Рецензенты:

Ласьков Н.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительные конструкции», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза;

Аверкин А.Г., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», г. Пенза.