

УДК 728

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ АРХИТЕКТУРА КАК ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Прокопенко К. И., Реутская И. П.

магистр архитектуры, аспирант кафедры «Архитектура жилых и общественных зданий», БНТУ,  
кандидат архитектуры, доцент, БНТУ

*В статье рассматривается место и роль архитектуры в единой энергосистеме жилого здания и степень ее влияния на энергопотребление жилых зданий. Также рассматриваются факторы, влияющие на энергоэффективность жилых зданий и методы ее повышения.*

**Введение.** Проблемы энергосбережения в сфере строительного производства и сокращение потребления ресурсов – в ряду приоритетных государственных задач. Их решение в значительной степени зависит от применения новых высокоэффективных типов зданий, обеспечивающих высокий уровень комфорта и экологическую безопасность при одновременной минимизации потребления энергии. Ввиду постоянного роста цен на импортируемые энергоресурсы, вопрос снижения энергопотребления перетекает из узкоэкономической плоскости в общегосударственную проблему. Экономия энергии имеет также позитивный экологический эффект.

Одним из основных потребителей энергии является жилой фонд, на обслуживание которого приходится 30 - 45% всей тепловой энергии, потребляемой в Беларуси. Существующий жилой фонд в основном был сформирован без учета современных высоких требований к экономии энергии. Результаты проведенных натурных обследований ряда жилых домов Минска, а также анализ проектных материалов свидетельствуют о том, что, зачастую, еще на проектной стадии принимаются непродуманные архитектурные решения. В их числе: устройство одинаковой площади остекления на разноориентированных фасадах, устройство приквартирных пространств нерациональной энергозатратной конструкции, узкие корпуса зданий и т. д. Практически повсеместной является практика игнорирования позитивного влияния солнечных

теплопоступлений в общем тепловом балансе жилых зданий. Это ведет к дополнительным неоправданным расходам финансовых средств и энергоресурсов, негативно сказывается на экологических качествах жилой среды. Вместе с тем, потенциал снижения энергопотребления в современных зданиях, построенных по действующим нормам, составляет 60-80% [1,2,3]. Такое снижение при возведении новых зданий может быть достигнуто без заметного увеличения стоимости строительства за счет применения специальных методов проектирования, системного подхода к зданию как к единой энергетической системе и использования комплекса архитектурных, инженерных и конструктивных решений [1,4].

**Основная часть.** В республике реализуется комплекс мероприятий, направленных на снижение энергопотребления жилых зданий. Одним из основных направлений в решении этой проблемы является переход к строительству энергоэффективных жилых домов [2,3]. Однако стоит отметить, что государственную проблему энергосбережения невозможно решить единичными объектами. Необходимо массовое строительство энергосберегающих зданий и реконструкция существующих с целью повышения их энергоэффективности.

Ведущими в решении проблем энергосбережения и ресурсосбережения жилых зданий сегодня остаются преимущественно фрагментарные инженерные методы, в то время как не реализуется потенциал комплексного использования рациональных архитектурных, конструктивных, инженерных решений [4,5]. Требуется новый подход к проектированию жилого здания как *единой энергетической системы*, основанной на принципах

оптимизации расхода природных ресурсов и экологической безопасности. При проектировании энергоэффективного здания как системы рекомендуется изучать взаимодействие трех подсистем: «внешняя окружающая среда – жилое здание – внутренняя среда жилого здания».

*Подсистема «жилое здание»* с одной стороны конструктивно замкнута, но с другой стороны жизнедеятельность этой системы обеспечивается взаимодействием с окружающей средой. В подсистеме «жилое здание» можно выделить три взаимосвязанные структуры: архитектурные, конструктивные, инженерно-технические решения. Они должны быть основаны на биопозитивном взаимодействии с окружающей средой, обеспечивая минимальное потребление энергии и ресурсов из невозобновляемых источников. Степень влияния этих структур на энергопотребление зданий на примере малоэтажного жилого дома отражена в таблице 1.

	Величина влияния решений в кВт*ч/м <sup>2</sup> отапливаемой площади в год:	
	Тепловая энергия	Электрическая энергия
Архитектурные решения	0-40/50	0-7/8
Инженерные решения	0-50/60	0-45
Конструктивные решения	0-40/50	*
Качество выполнения работ	0-20/30	*

\* Параметр не поддается оценке

Таблица 1 – Степень влияния различных решений на энергопотребление малоэтажного жилого дома отапливаемой площадью около 250м<sup>2</sup>.

*Подсистема «внешняя окружающая среда»* воздействует не только на подсистему внутренней среды, но и на подсистему здания, определяющую комплекс

архитектурных, конструктивных и инженерных особенностей здания. В результате проведения исследования сформирован комплекс факторов, оказывающих влияние на энергоэффективность жилых зданий, включающий природно-климатические условия, особенности градостроительной ситуации, социокультурные и экономические факторы, уровень развития техники и технологий.

*Подсистема «внутренняя среда»* выявляет эколого-гигиенические показатели, обеспечивающие в жилой среде высокий уровень комфорта, отвечающий физиологическим и психологическим потребностям человека, проживающего в жилище. К ним относятся: функциональная целесообразность, гигиеничность среды, микроклимат, экологическая чистота компонентов среды, обеспечение нормативных уровней естественного и искусственного освещения, продолжительность инсоляции, защита от ослепляющего действия прямого света и др.

При оценке отдельных подсистем необходимо учитывать воздействие всего комплекса факторов окружающей среды. Их местное воздействие определяется спецификой реальной градостроительной ситуации. Полную и объективную картину можно получить, лишь, при рассмотрении всей системы в комплексе. Каждая из основных групп факторов подразделяется на ряд взаимодействующих подгрупп. Так, группа природно-климатических - на подгруппы природных и климатических, климатические в свою очередь - на фоновые, местные и локальные. Подгруппы факторов в свою очередь представляется возможным разделить на микрогруппы следующего уровня. Так, среди наиболее значимых климатических факторов, выделены – температурный режим, солнечная радиация, воздействие ветра, влажность воздуха, атмосферные осадки и рельеф.

*Климатизация здания* – это уменьшение негативного и максимальное использование позитивного влияния климата на энергопотребление и микроклимат зда-

ния [6,7]. На основе обобщения информации о климатических условиях на территории республики, натурных обследований и инструментальных замеров получены рекомендации по снижению негативного и использованию позитивного влияния климата на энергопотребление жилых зданий:

- комплексный учет всех климатических факторов, воздействующих на здание одновременно: прямой и рассеянной солнечной радиации, ветра, осадков в конкретной градостроительной ситуации;
- учет влияния на теплопотери и теплопоступления в здания солнечной радиации;
- учет при воздействии радиации на здания затеняющего эффекта от различных объектов;
- размещение оконных проемов на фасадах различной ориентации в соответствии с разработанными рекомендациями по их эффективности;
- использование архитектурных средств: рациональной планировки, обоснованного размещения приквартирных пространств;
- использование приемов ориентированного проектирования для обеспечения путей естественное проветривания помещений без использования систем искусственного кондиционирования воздуха;
- применение рекомендаций по проектированию, полученных в результате анализа и оценки ветрового воздействия на здание;
- применение специальных видов наружных ограждений, экранирования.

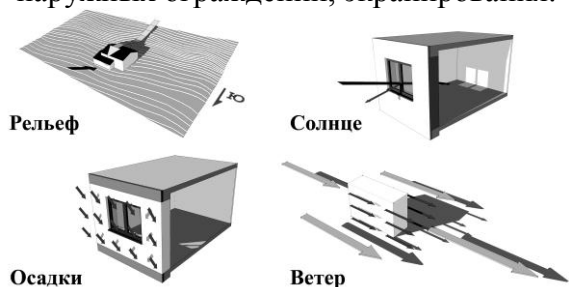


Рис. 1 – Воздействие природно-климатических факторов на энергопотребление жилых зданий

Проведенный анализ воздействия внешних факторов на жилые здания в различных градостроительных ситуациях позволил выявить закономерности, которые были положены в основу разработки рекомендаций по проектированию энергосберегающих жилых зданий. Применение градостроительного приема "замкнутых" дворов для укрытия от ветра приводит к сохранению тепла. И что чрезвычайно важно, необходимо обеспечить максимальное раскрытие фасадов жилых домов для солнечного облучения.

Для выявления влияния принимаемых архитектурных решений на энергопотребление различных типов жилых зданий было проведено исследование при помощи метода моделирования, включающего графическое моделирование, математическое моделирование, оценку энергоэффективности и логический анализ выполненных вариантов моделей. В качестве инструментов исследования были использованы современные двумерные и трехмерные редакторы (САПР), такие как: AutoCAD, Sketch Up и 3D Studio Max. Они обладают большой степенью наглядности и удобны для визуального восприятия и оценки воздействия многих из исследуемых факторов на принятые решения.

Для исходных вариантов при моделировании были отобраны типы отопляемых объемов зданий, способствующие сбережению энергии в климатических условиях Республики Беларусь. Были рассмотрены следующие модели: отдельно стоящий малоэтажный жилой дом; группа малоэтажных жилых домов; здание средней этажности. Также в данный момент ведется анализ более сложных моделей; многоэтажное жилое здание; участок смешанной застройки в городской среде.

Показатели теплопотребления в проведенном эксперименте свидетельствуют о том, что при различных теплозащитных характеристиках и требованиях к энергоэффективности наиболее рациональ-

ными могут являться различные варианты объемно-планировочных решений.

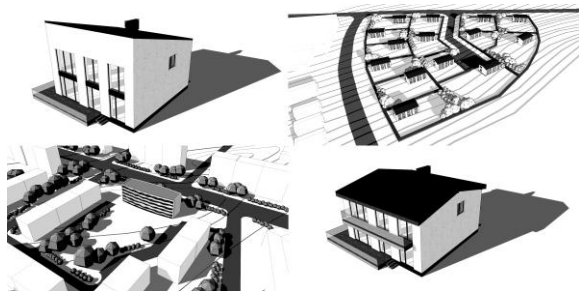


Рис. 2 – Моделирование различных типов жилых зданий

На основании проведенных экспериментов по моделированию энергопотребления жилых зданий различных типов, классов и габаритных характеристик *получены следующие заключения и выводы:*

1. Наиболее значимым факторами, влияющими на величину потребления тепловой энергии жилыми зданиями, являются климатические и градостроительные факторы.

2. Наиболее эффективными инструментами влияния на величину энергопотребления, доступными архитектору при проектировании жилых зданий, являются:

- Увеличение компактности отапливаемого объема здания; допускается некоторое ухудшение компактности здания с целью получения дополнительного солнечного тепла через остекление эркеров, которое может быть эффективным в климатических условиях Беларуси при выполнении определенных требований к их проектированию. Также ухудшение компактности эффективно при увеличении площади южных фасадов беспрепятственно облучаемых солнцем в отопительный период.

- Ориентация здания на площадке строительства с учетом положительного воздействия солнечной радиации,

- Организация свободных от застройки зон перед наиболее выгодными, с точки зрения солнечных теплопоступлений фасадами для обеспечения макси-

мально-возможной освещенности этих фасадов в отопительный период.

- Оптимизация пропорций остекленности различно-ориентированных фасадов. Увеличение площади остекления фасадов южных ориентаций для достижения доли остекления от 30% до 55% от наружной площади этих фасадов, положительно сказывается на энергопотреблении.

- Рациональное функциональное зонирование внутренних пространств здания, исходя из климатических особенностей места строительства.

3. Традиционные методы проектирования малоэтажных жилых домов без учета потенциала пассивного энергосбережения, а также расположение жилых домов данного типа в усадебной застройке без учета затенения в отопительный период, негативно сказываются на конечной величине их энергопотребления. Данное влияние может снижать общее поступление солнечного тепла в жилые здания в различных ситуациях, от 1-2% до 30%. Исключая затенение остекления выгодных южных ориентаций в отопительный период, можно снизить удельное теплопотребление малоэтажного жилого здания в диапазоне от 0.5 до 3 кВт\*ч/м<sup>2</sup> в год, в зависимости от конкретной ситуации.

4. В классах многоэтажных жилых домов и жилых домов средней этажности трансформация традиционных лоджий в гелио-теплицы может обеспечить снижение потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий до 30-40% (10-15 кВт\*ч/м<sup>2</sup> отапливаемой площади в год).

5. Методы пассивного энергосбережения архитектурными средствами при проектировании жилых зданий, как правило, не требуют дополнительных капиталовложений либо не являются дорогостоящими.

6. При максимальном использовании потенциала пассивного энергосбережения архитектурными средствами в климатических условиях Республики Бела-

реть, отопительный период для жилых зданий исследованных классов может быть уменьшен на 0.5-1.5 месяца (апрель, март) в стандартах: “Энергоэффективного здания”, “Трехлитрового дома” и “Пассивного дома”. Таким образом, отопительный период для Минска может быть уменьшен со 198 дней до 160 дней. В указанный отрезок времени бытовые и солнечные теплопоступления, согласно расчетам, превышают суммарные теплотеперь здания.

7. В качестве основных приемов архитектурно-художественного решения энергосберегающего жилого здания можно отметить следующие:

- гармонизация с окружающей средой;
- морфологическая структура жилища как система буферной и контактной зон с разной степенью проницаемости, зависящей от воздействия климатических и экологических факторов в конкретной градостроительной ситуации и требований к внутренней среде жилища;
- приемы трансформации буферных пространств в зависимости от состояния окружающей среды;
- синтез архитектурных и растительных форм: озеленение кровель, зимние сады на крышах, вертикальное озеленение стен;
- выбор приемов светопластического и цветового решения в зависимости от ориентации фасадных поверхностей, условий их естественного освещения и как фактора энергоэффективности принимаемого решения;
- повышение значимости энергоактивных элементов в художественном решении здания;

#### *Заключение.*

1. Успешное решение проблемы повышения энергоэффективности существующих и строящихся жилых зданий в Республике Беларусь заключается в системном подходе к зданию как к единой энергетической системе и экологическому компоненту окружающей среды.

2. Современные жилые здания обладают значительными резервами повышения их тепловой эффективности, однако отсутствуют научно-обоснованные рекомендации по проектированию энергосберегающих жилых зданий.

3. Энергосберегающие архитектурные решения открывают путь массового строительства энергоэффективных жилых зданий. Они смогут обеспечить значительную экономию энергии в масштабах страны.

4. Методы пассивного энергосбережения архитектурными средствами при проектировании жилых зданий, как правило, не требуют дополнительных капиталовложений, либо не являются дорогостоящими.

#### *Литература*

1. *Файст, В. Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст. Пер. с нем. с доп. под ред. А. Е. Елохова – Москва: АСВ, 2008. – 144 с.*
2. *Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики: ТКП 45-2.04-196-2010 – Введ. – 09.01.2010. – Минск: Государственное предприятие “Стройтехнорм” Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010 – С.11.*
3. *Изм. №2 Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006 – Введ. – 07.01.2010. – Минск: Государственное предприятие “Стройтехнорм” Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2010 – С. 2.*
4. *Круглова, А.И. Климат и ограждающие конструкции / А.И. Круглова – Москва: Издательство литературы по строительству, 1970. – 168 с.*
5. *Марков, Д.И. Особенности формирования энергоэффективных жилых зданий средней этажности / Д.И. Марков // Архитектура и современные информационные технологии 2011. – № 3(16). – 14 с.*
6. *Табунчиков, Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А.Табунчиков, М.М. Бородач – Москва: АВОК-ПРЕСС, 2002. – С. 5–6.*
7. *Реутская, И.П. Климатизация многоквартирных жилых зданий/ И.П.Реутская, К.И. Прокопенко // Архитектура и строительные науки 2010. – № 11. – С. 9 – 12.*

**ENERGY-SAVING ARCHITECTURE AS AN ELEMENT OF THE UNIFIED ENERGY SYSTEM OF A RESIDENTIAL BUILDING***Reutskaya I. P., Prokopenko K. I.*

The article discusses the place and role of the architecture in the unified energy system of a residen-

tial building and the extent of its impact on the energy consumption of residential buildings. It also discusses the factors influencing the energy efficiency of residential buildings and methods to improve it.

Поступила в редакцию 1.12.2014 г

**УДК 711.554****ТИПОЛОГИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ****Прокопов Д. Н.**

аспирант кафедры «Архитектура производственных объектов и архитектурные конструкции», БНТУ

*В статье рассмотрены существующие типы территориальных объектов промышленной архитектуры в мировой практике. Предложена новая типология для современных социально-экономических условий.*

*Введение.* В Республике Беларусь одной из приоритетных задач социально-экономического развития является переход на инновационный путь развития [1]. Важная роль в реализации приоритетов устойчивого развития городов принадлежит модернизации промышленности, что влечёт за собой реконструкцию существующих и создание новых территориальных объектов промышленной архитектуры.

В процессе эволюции территориальных объектов промышленной архитектуры изменяются их организационные и пространственные формы – появляются новые типы, изменяются объёмно-планировочные и градостроительные принципы и приёмы их архитектурной организации.

Для выявления перспективных типов территориальных объектов промышленной архитектуры и разработки теоретических основ архитектурной модернизации существующих необходимы научные исследования, которые покажут какие типы будут развиваться, какие исчезнут, необходимо и возможно ли реконструировать существующие типы в новые.

Одним из направлений исследования является разработка современной типологии, которая сможет расширить возможности при создании архитектурно-пространственных и планировочных ре-

шений территориальных объектов промышленной архитектуры.

*Основная часть.* Территориальные объекты промышленной архитектуры представляют собой комплексы зданий и сооружений, расположенных на одной площадке и объединённых функциональными, технологическими, пространственными и другими взаимосвязями. В настоящее время их разделяют на следующие основные типы:

- промышленное предприятие комплекс, состоящий из нескольких производственных зданий и сооружений, расположенных на одной площадке [2];

- промышленный район (промышленный узел) градостроительное образование, сформированное группой предприятий, размещённых на одной площадке при условии их кооперации; также существуют понятия промышленный квартал и промышленная панель [3].

- зоны смешанного использования – обособленные многофункциональные городские территории с расположением на одной площадке производственных объектов, жилых и общественных зданий [3].

Таким образом, существующая типология основана на представлении территориальных объектов промышленной архитектуры как элементов архитектурно-планировочной структуры города и имеет укрупненный характер. В настоящее время производственная функция рассматриваемых объектов распределяется по различным направлениям, появляются достаточно разнообразные модели терри-