



АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

О. С. Песчанская, Д. В. Суярко¹

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹sd0958253983@gmail.com

Получена 05 сентября 2018; принята 21 сентября 2018.

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам энергоэффективности основных типов архитектурно-планировочных решений многоэтажных жилых зданий, выявлению трудностей выбора оптимального решения. Проанализированы основные типы многоэтажных жилых зданий, степень энергоэффективности с учетом таких факторов, как ориентация зданий, уровень инсоляции, температурный режим, рациональность использования полезной площади, экономичность строительства. Приведены положительные и отрицательные аспекты каждого из типов с учетом высоких требований энергоэффективности и особенностей, возникающих в процессе эксплуатации здания. При сравнении учтены климатические условия Донецкого региона, а также вероятность наличия сложного рельефа. Рассмотрены вопросы возникновения теплопотерь в здании в зависимости от размещения вертикальных и горизонтальных коммуникаций. Изложены основные выводы и рекомендации, которых необходимо придерживаться при проектировании энергоэффективных зданий.

Ключевые слова: архитектурно-планировочное решение, энергоэффективность, энергоэффективные многоэтажные жилые здания, ориентация, инсоляция, теплопотери, горизонтальные коммуникации, вертикальные коммуникации, температурный режим здания.

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСНОВНИХ ТИПІВ АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

О. С. Песчанська, Д. В. Суярко¹

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹sd0958253983@gmail.com

Отримана 05 вересня 2018; прийнята 21 вересня 2018.

Анотація. Дана стаття присвячена питанням енергоефективності основних типів архітектурно-планувальних рішень багатоповерхових житлових будинків, виявленню труднощів вибору оптимального рішення. Проаналізовано основні типи багатоповерхових житлових будинків, ступінь енергоефективності з урахуванням таких факторів, як орієнтація будівель, рівень інсоляції, температурний режим, раціональність використання корисної площі, економічність будівництва. Наведено позитивні та негативні аспекти кожного з типів з урахуванням високих вимог енергоефективності та особливостей, що виникають в процесі експлуатації будівлі. При порівнянні враховані кліматичні умови Донецького регіону, а також вірогідність наявності складного рельєфу. Розглянуто питання виникнення тепловтрат в будівлі залежно від розміщення вертикальних і горизонтальних комунікацій. Викладено основні висновки і рекомендації, яких необхідно дотримуватися при проектуванні енергоефективних будівель.

Ключові слова: архітектурно-планувальне рішення, енергоефективність, енергоефективні багатоповерхові житлові будинки, орієнтація, інсоляція, тепловтрати, горизонтальні комунікації, вертикальні комунікації, температурний режим будівлі.

ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF THE MAIN TYPES OF ARCHITECTURAL AND PLANNING SOLUTIONS FOR HIGHRISE RESIDENTIAL BUILDINGS

Olga Peschanskaya, Daniil Suiarko¹

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.
E-mail: ¹sd0958253983@gmail.com*

Received 05 September 2018; accepted 21 September 2018.

Abstract. This article is devoted to the energy efficiency of the main types of architectural and planning solutions for multi-storey residential buildings, identifying the difficulties in choosing the optimal solution. Analyzed the main types of multi-storey residential buildings, the degree of energy efficiency taking into account such factors as the orientation of buildings, the level of insolation, the temperature regime, the rationality of using the useful area, and the economical construction. The positive and negative aspects of each type are presented in view of the high energy efficiency requirements and the peculiarities arising during the operation of the building. When comparing, the climatic conditions of the Donetsk region are taken into account, as well as the probability of having a complex relief. The problems of heat loss in the building are considered, depending on the placement of vertical and horizontal communications. The main conclusions and recommendations that should be adhered to when designing energy efficient buildings are outlined.

Keywords: architectural and planning solution, energy efficiency, energy-efficient multi-storey residential buildings, orientation, insolation, heat loss, horizontal communications, vertical communications, temperature conditions of the building.

Постановка проблемы, ее связь с важными социальными и научными задачами

На сегодняшний день в мире актуален вопрос сохранения экологии, природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития человечества. В значительной степени положительно повлиять на экологическое состояние планеты может строительство энергоэффективных жилых зданий, реконструкция и санация уже существующей жилой застройки. Проектирование многоэтажных жилых зданий, которые будут учитывать современные нормы энергоэффективности, следует начинать с выбора типа архитектурно-планировочной организации, что значительно влияет на зонирование, тепловые процессы и функционирование всех инженерных систем.

Анализ последних научных исследований по теме энергоэффективности архитектурно-планировочных решений

Изучению проблемы энергоэффективности в России и в Украине посвящено большое количество трудов и исследовательских работ. Оте-

чественные исследования вопросов энергоэффективного жилья связаны с разработками таких архитекторов и инженеров, как К. А. Абакумова [1], Г. М. Бадьин [2], М. М. Бродач [3, 8], Н. В. Шилкин [3, 8], Ю. Г. Граник [4], А. А. Магай [4].

Климатические условия Донецкого региона достаточно различны в летний и зимний период, что значительно усложняет создание энергоэффективного жилья. Обеспечение людей комфортными условиями проживания, исключение больших эксплуатационных затрат и снижение выбросов углекислого газа в атмосферу – это те задачи, которые стоят перед архитекторами сегодня.

Зарубежные исследования архитектурно-планировочных решений жилых зданий, в том числе энергоэффективных, связаны с трудами Г. Финч [10], Е. Барнет [10], В. Ноулес [10], Т. Хемсат [11] и др.

Касаемо зарубежной теории и практики, следует отметить, что в Европе и США вопрос энергоэффективности стоит на одном из первых мест при проектировании зданий не только жилых, но и общественных.

Секционный тип жилых зданий

Секционные многоэтажные дома (рис. 1) являются наиболее распространенным типом жилых зданий. Такой тип подходит для большинства климатических районов, применим для сложного рельефа, а также является достаточно быстро возводимым [9].

Достоинства:

- секционный тип жилых зданий является достаточно эффективным и быстро возводимым;
- планировочная организация позволяет расположить жилые помещения оптимально для обеспечения каждого помещения необходимым уровнем инсоляции;
- возможен вариант сквозного проветривания при двойной ориентации квартиры;
- лестничную клетку и лифтовые шахты возможно отделить от общего объема на северной стороне здания, соответственно теплопотери этой зоны не будут значительно влиять на температурный режим жилых помещений;
- в каждой секции возможен индивидуальный контроль инженерного оборудования;
- в условиях сложного рельефа деление большого по длине здания на секции (с разными отметками пола первого этажа) является выгодным и простым решением.

Недостатки:

- при блокировке секций в деформационных швах возможны теплопотери;

- использование площади ограждающих конструкций на блокировку приводит к снижению количества световых проемов с выгодной ориентацией, что приводит к снижению уровня инсоляции;
- для обеспечения оптимального уровня инсоляции в жилых помещениях приходится уменьшать ширину секции, что приводит к снижению уровня энергоэффективности [1];
- угловые блокировки секций могут привести к нежелательному самозатенению частей здания;
- секционный тип имеет большую длину здания по сравнению с шириной, что приводит к неравномерному температурному режиму в угловых секциях.

Учитывая все достоинства данного типа зданий, можно отметить, что строительство секционных зданий является выгодным, достаточно быстро возводимым, комфортным и энергоэффективным. Однако необходимо решать проблемы в таких зданиях путем повышения уровня теплоизоляции материалов и устранением мостиков холода.

Коридорный тип жилых зданий

Жилые здания коридорного типа получили широкое распространение благодаря своим экономическим преимуществам и эффективности использования вертикальных коммуникаций. Коридорная структура способствует созданию



Рисунок 1. Схема плана секционного типа жилых многоэтажных зданий. Общий вид архитектурно-планировочного решения.

экономичных планировочных решений за счет увеличения количества квартир, которые приходятся на вертикальные коммуникации. Как и у секционных зданий, коридорный тип имеет ограниченную меридиональную ориентацию (рис. 2).

Достоинства:

- эффективное использование вертикальных коммуникаций (лестниц, лифтов);
- снижение эксплуатационных затрат в связи с увеличением ширины здания и снижением теплопотерь;
- возможность проектирования лестнично-лифтовых узлов встроенными в объем здания или выносными. Обособленность вертикальных коммуникаций позитивно отражается на энергоэффективности здания.



Рисунок 2. Схема плана коридорного типа жилых многоэтажных зданий. Общий вид архитектурно-планировочного решения.

Недостатки:

- при меридиональной ориентации здания южный фасад здания обладает малой площадью и является неэффективным для инсоляции и использования солнечной энергии альтернативными источниками;
- при широтной ориентации здания южный фасад используется эффективно, однако квартиры на северном фасаде будут нести теплопотери и не получать нужное количество солнечной энергии.

Использование коридорного типа многоэтажных зданий связано с большим количеством проблем как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации из-за неэффективного использования солнечной энергии и сложностями с ориентацией здания, что приведет к увеличению эксплуатационных расходов.

Галерейный тип жилых зданий

Галерейный тип эффективен тем, что квартиры такого здания имеют высокий уровень инсоляции (рис. 3). Область применения галерейных зданий – это зона умеренного климата, где преимущества двухсторонней ориентации могут быть использованы для сквозного проветривания. В районах с более холодным климатом строительство жилых зданий такого типа имеет ряд трудностей из-за незащищенности от низких температур и осадков в зимнее время.

Строительство таких зданий не является экономичным. На каждую квартиру приходится в 2 раза больше площади горизонтальных и вертикальных коммуникаций, чем в коридорном типе. Удельная стоимость лестниц и лифтов, по сравнению с коридорным типом, рассчитывается на вдвое меньшее количество квартир. Для того, чтобы обеспечить жильем такое же количество людей, что и в коридорном доме, необходимо увеличить количество этажей в 2 раза, что отрицательно повлияет на энергоэффективность здания.

Достоинства:

- галереи обычно располагаются с теневой стороны здания, солнечные стороны максимально используются;
- галереи обеспечивают достаточный уровень кондиционирования и инсоляции всего здания;

- галерея дает прохладу зданию в летний период;
- возможность отделения вертикальных коммуникаций от общего объема здания и снижение теплопотерь в жилых помещениях.

Недостатки:

- галерейный тип применяют при строительстве в теплых и жарких климатических районах;
- строительство таких зданий не является экономичным;
- удельная стоимость вертикальных коммуникаций по сравнению с коридорным типом рассчитывается на вдвое меньшее количество квартир;
- ширина здания по сравнению с длиной является недостаточной для энергоэффективных требований;
- увеличение ширины здания приводит к увеличению глубины помещений и снижению уровня инсоляции;
- галерея здания в зимний период является незащищенной к низким температурам, что отрицательно влияет на температурный режим жилых помещений.

Галерейные многоэтажные жилые здания малоприменимы для умеренно-континентального климата. Строительство таких зданий не всегда рентабельно и имеет много трудностей, связанных с ориентацией здания и поддержанием необходимого уровня энергоэффективности.

Односекционные дома башенного типа

Одной из самых важных положительных особенностей односекционного здания является возможность организации ориентации помещений на четыре стороны света. Односекционная структура этажа таких зданий чаще всего центрическая (близка к квадрату) [3]. Квартиры размещаются со всех сторон от вертикальных коммуникаций (рис. 4).

Эффективность использования площади в односекционных зданиях башенного типа считается максимальной при 15 % площади, которая будет отведена для вертикальных и горизонтальных коммуникаций. Данный параметр будет определять предельные габариты плана односекционного дома. В вопросе этажности таких зданий необходимо выбирать оптимальные решения, которые значительно влияют на уровень энергоэффективности здания.

Достоинства:

- благоприятные санитарно-гигиенические условия квартир (угловое проветривание, высокий уровень инсоляции);
- градостроительная маневренность по сравнению с протяженными секционными зданиями;
- удобство в проектировании в реконструируемых районах;
- ориентация помещений на четыре стороны света;
- возможность увеличения ширины здания, создания плана этажа, близкому к квадрату, что

ГАЛЕРЕЙНЫЙ ТИП МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

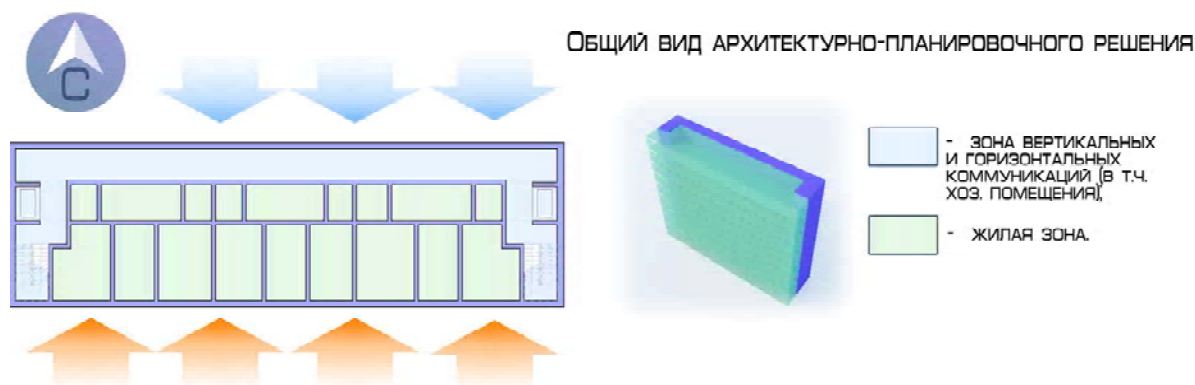


Рисунок 3. Схема плана галерейного типа жилых многоэтажных зданий. Общий вид архитектурно-планировочного решения.

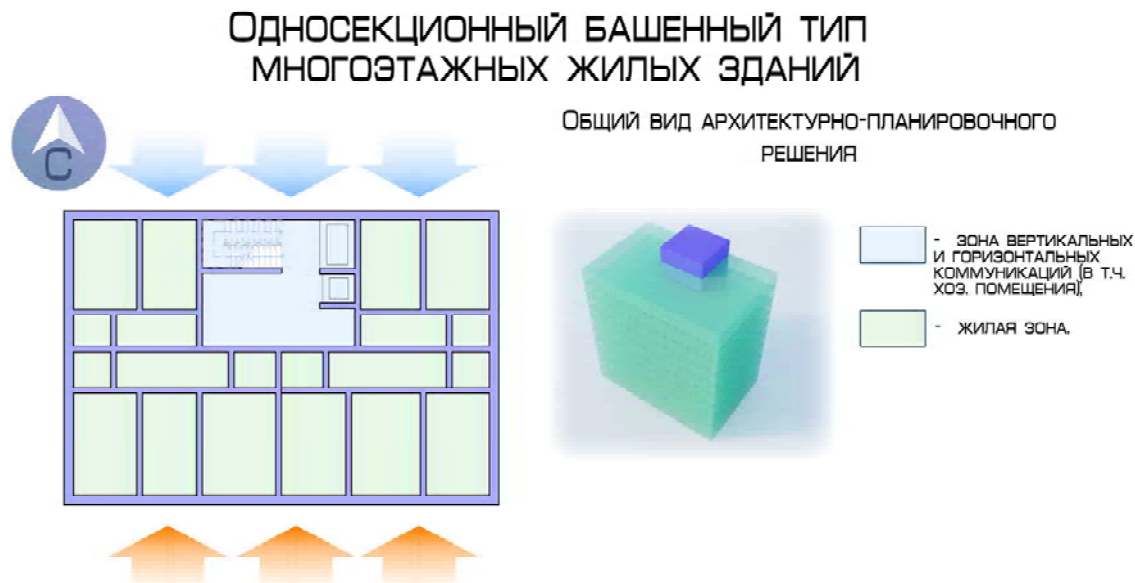


Рисунок 4. Схема плана односекционного башенного типа многоэтажных жилых зданий. Общий вид архитектурно-планировочного решения.

обеспечит высокий уровень энергоэффективности;

- сосредоточение вертикальных и горизонтальных коммуникаций в центре или на северной стороне здания;
- максимально эффективное использование южного фасада жилыми помещениями.

Недостатки:

- при чрезмерной высоте здания по сравнению с площадью этажа возможны теплопотери и перепады температур на этажах;
- недостаточная площадь кровли для использования солнечных накопителей.

Данный тип архитектурно-планировочной организации имеет большое количество достоинств и предоставляет свободу в планировках. Однако нерациональное размещение горизонтальных и вертикальных коммуникаций может существенно снизить потенциальный уровень энергоэффективности данных зданий.

Атриумный тип жилых зданий

Атриумный тип представляет собой такую архитектурно-планировочную структуру, в которой здание рассматривается не только как расчлененный на секции квартир объем (рис. 5). Использование атриума способствует улучшению микроклимата здания, улучшает уровень инсоляции,

а также формирует общественные пространства внутри зданий [2].

Достоинства:

- формирование общественной зоны в глубине здания;
- возможность расположения вертикальных коммуникаций и технических помещений на северной стороне здания;
- возможность ориентации жилых помещений по всем четырем сторонам света;
- большое количество солнечного света в центре здания;
- атриум образует вестибюль и коммуникационное пространство, обеспечивающие доступ ко всем частям здания;
- улучшение микроклимата здания;
- равномерное распределение тепла в здании по этажам.

Недостатки:

- потери полезной площади;
- большой процент площади для горизонтальных коммуникаций (коридоров, внутренних галерей);
- увеличение площади здания в плане.

Атриумный тип многоэтажных жилых зданий является энергоэффективным при условии выбора оптимальной формы здания и этажности. Тем не менее большая площадь горизонтальных коммуникаций и общественной зоны не во всех

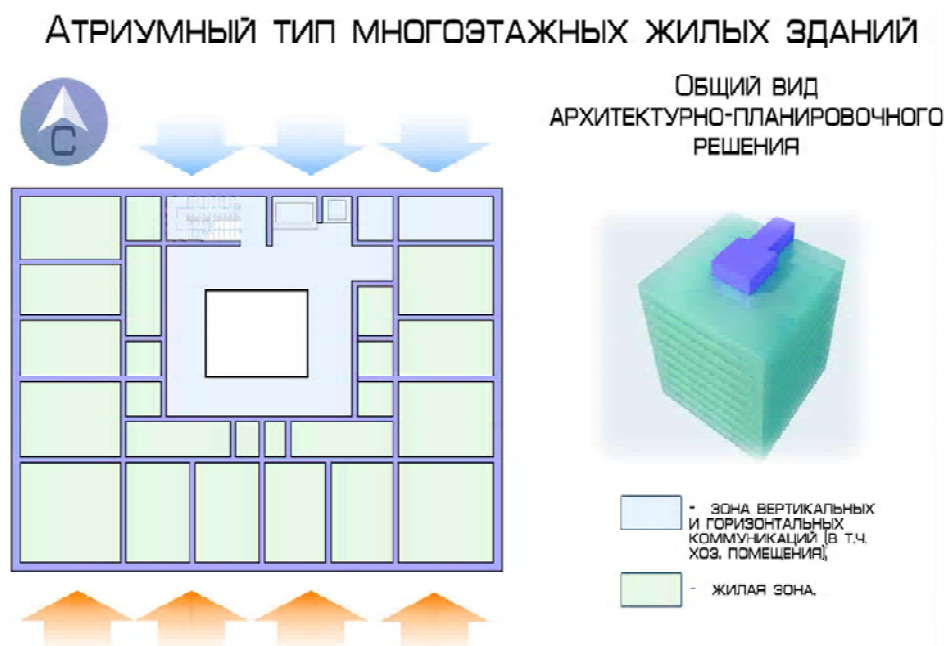


Рисунок 5. Схема плана атриумного типа жилых многоэтажных зданий. Общий вид архитектурно-планировочного решения.

условиях рентабельна при строительстве жилых зданий.

Оценка энергетической эффективности жилых зданий различных архитектурно-планировочных типов

Оценка энергетической эффективности выполнена в программном комплексе Graphisoft ArchiCAD с помощью расширения EcoDesigner.

Graphisoft EcoDesigner – это инструмент, интегрированный в ArchiCAD, графический программный пакет архитектурно-строительного проектирования. Компанией Graphisoft приложение EcoDesigner позиционируется как инструмент, ориентированный на архитекторов, с возможностью проведения энергетических расчетов на начальной стадии проектирования зданий любого размера. Контрольный отчет содержит информацию о ежегодном потреблении энергии, ежемесячном энергетическом балансе и углеродном следе. EcoDesigner использует технологические возможности BIM-проектирования, позволяющей в динамическом режиме произвести анализ компьютерной модели здания, учитывая конструкционные особенности, функциональное назначение проектируемого объекта, параметры окружающей среды (расположение проекти-

руемого здания, климатические данные, защита от ветра, данные по грунту и т. д.). Программа построена на алгоритме расчета VIPCore, разработанного шведской компанией Strusoft AB [17].

В рамках расчета были смоделированы здания (рис. 6), относящиеся к вышеописанным типам архитектурно-планировочных организаций, которые имеют одинаковую площадь типового этажа (500 м^2) и этажность (9 этажей, высота этажа 3 м). Такие конструктивные решения, как габариты оконных проемов и их теплопроводные качества, характеристики ограждающих конструкций, были приняты идентичными для всех типов зданий. Стеновое заполнение – монолитный железобетон. Расчет производился с учетом климатических особенностей и теплового режима места застройки в городе Донецк. Секционный тип рассматривается на примере 3 секций, каждая из которых имеет площадь 500 м^2 . Важным для расчета являлись особенности режима эксплуатации каждой из тепловых зон: транзитная и жилая зоны.

Результаты оценки энергетической эффективности жилых зданий приведены в таблице.

Затраты теплоносителей анализировались, исходя из распределения на жилые зоны здания, так как при одинаковой площади этажа зданий процентное соотношение жилой и транзитной

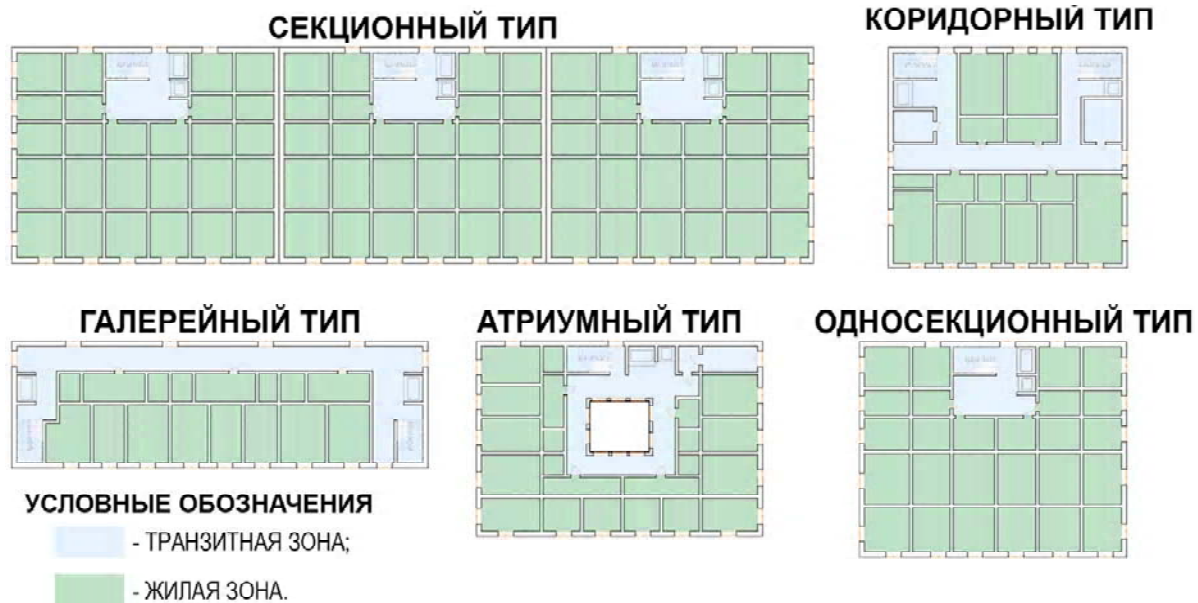


Рисунок 6. Расчетные схемы зданий и тепловых зон.

Таблица. Показатели энергетической эффективности основных типов архитектурно-планировочных организаций

| Тип архитектурно-планировочной организации здания | Общая площадь этажа, м ² | Жилая площадь этажа, м ² | Затраты энергии, кВт·ч/год | Выделение CO ₂ , кг/год | Отношение энергопотребления к жилой площади, кВт·ч/год·м ² |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Секционный | 1 500 | 1 438 | 460 821 | 3 872 | 320,39 |
| Коридорный | 500 | 305,54 | 131 552 | 1 491 | 430,56 |
| Галерейный | 500 | 287,65 | 125 855 | 1 473 | 437,53 |
| Односекционный | 500 | 479,44 | 160 707 | 1 462 | 335,20 |
| Атриумный | 500 | 350,28 | 138 369 | 1 435 | 395,02 |

зоны отличается. Режим эксплуатации в жилой зоне является более энергоёмким, чем в зонах коридоров и холлов. Исходя из этого вводится расчет отношения энергопотребления и жилой площади (столбец 6), который учитывает затраты энергии на 1 м².

Полученные данные отражают высокий уровень энергоэффективности секционных и односекционных жилых зданий. Так секционный тип является более энергоэффективным на 23–36 %, а односекционный на 18–30 %, чем другие типы архитектурно-планировочной организации.

Основные обобщения и выводы

1. Анализируя типы архитектурно-планировочных решений многоэтажных жилых зданий по степени энергоэффективности, было выявлено, что секционный и односекционный типы являются наиболее энергоэффективными с точки зрения энергопотребления на 1 м² жилой площади, возможностей ориентации, уровня инсоляции и климатических условий, формы здания.
2. Выбор планировочных решений жилых зданий на начальном этапе проектирования

имеет большое значение для дальнейшей эксплуатации. Оценка энергетической эффективности, выполненная в программном комплексе Graphisoft EcoDesigner, выявила высокий уровень энергоэффективности секционного ($320,39 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \cdot \text{м}^2$ жилой площади) и односекционного ($335,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \cdot \text{м}^2$ жилой площади) типа жилых зданий. Наиболее неэнергоэффективным является галерейный тип с показателем ($437,53 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \cdot \text{м}^2$ жилой площади). Данный расчет

учитывал климатические особенности места застройки и особенности тепловых зон здания.

3. Учитывая принципы солнечной архитектуры и аспекты влияния природно-климатических особенностей, можно создать энергоэффективное многоэтажное жилое здание, которое будет обеспечивать жильцов комфортными условиями проживания, использовать природную энергию рационально, не причиняя вреда окружающей среде.

Литература

1. Абакумова, К. А. Влияние геометрии здания на его энергоэффективность / К. А. Абакумова, В. С. Подковырин // Конференция «Молодёжь и наука». 2014. №10. С. 235–239.
2. Бадыйн, Г. М. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий / Г. М. Бадыйн, С.А. Сычев, Г. Д. Макаридзе. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – С. 46–52.
3. Бродач, М. М. Многоэтажное энергоэффективное жилое здание в Нью-Йорке / М. М. Бродач, Н. В. Шилкин // АВОК. 2003. №4. С. 25–38.
4. Граник, Ю. Г. Объемно-планировочные решения при формировании новых типов энергоэффективных жилых зданий / Ю. Г. Граник, А. А. Магай В. С. Беляев // Энергосбережение. 2003. №4. С. 36–49.
5. Рекомендации по расчету светопрозрачных конструкций с учетом светотехнических, теплотехнических, звукоизоляционных качеств и технико-экономических показателей. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 45–48.
6. Савин, В. К. Два способа увеличения жилищного фонда страны при неизменных энергетических затратах на строительство и эксплуатацию зданий / В. К. Савин, Н. В. Савина // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С. 10–12.
7. Савин, В. К. Строительная физика. Энергоэкономика / В. К. Савин. – М.: Лазурь, 2011. – С. 221–225
8. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕС, 2003. – С. 125–134.
9. Хихлуха, Л. В. Основы архитектурной типологии и градостроительные факторы арендного жилья в структуре жилищного строительства / Л. В. Хихлуха, О. В. Королева // Фундаментальные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2014 году: сборник научных трудов РААСН. – Курск: Деловая полиграфия, 2015. – С. 85–90.

Reference

1. Abakumova, K. A.; Podkovyryn, V. S. The influence of building geometry on its energy efficiency. In: *Conference «Youth and science»*, 2014, No. 10, pp. 235–239.
2. Bad'in, G. M.; Sychev, S. A.; Macarize, G. D. Technology of construction and reconstruction of energy efficient buildings. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2017, pp. 46–52.
3. Brodach, M. M.; Shilkin, N. V. Energy-efficient multi-storey residential building in New York. In: *ABOK*, 2003, No. 4, pp. 25–38.
4. Granik, Yu. G.; Magay, A. A.; Belyaev, V. S. Space-planning solutions in the formation of new types of energy-efficient residential buildings. In: *Energosberezheniye*, 2003, Issue 4, pp. 79–81.
5. Guidelines for the calculation of translucent structures with consideration of lighting, heating, sound isolation qualities and technical-economic indicators. Moscow: Stroyizdat, 1986, pp. 45–48.
6. Savin, V. K.; Savina N. The two ways of increasing the country's housing stock at constant energy costs for the construction and operation of buildings. In: *Academia. Architecture and construction*, 2009, Issue 5, pp. 10–12.
7. Savin, V. K. Building physics. Energyeconomy Moscow: Lazur, 2001. 418 p.
8. Tabunshchikov, Yu. A.; Brodach, M. M.; Shilkin, N. V. Energy efficient buildings. Moscow: ABOK-PRESS, 2003. 200 p.
9. Hihluha, L. V.; Koroleva, O. V. Fundamentals of architectural typology and urban planning factors rental housing in the structure of housing construction. In: *Fundamental research Russian Academy of architecture and construction Sciences research on the development of architecture, urban planning and construction industry of the Russian Federation in 2014: proceedings*, Kursk: Delovaya polygrafiya, 2015, pp. 85–90.
10. Finch, G.; Burnett, E.; Knowles, W. Energy Consumption and Conservation in Mid- and High-Rise Residential Buildings in British Columbia. In: *BEST2 – Energy Efficiency – Session EE3-1*, 2012, pp. 121–137.

10. Finch, G. Energy Consumption and Conservation in Mid- and High-Rise Residential Buildings in British Columbia / G. Finch, E. Burnett, W. Knowles // BEST2 – Energy Efficiency – Session EE3-1. 2012. P. 121–137.
11. Hemsath, T. Conceptual Energy Modeling for Architecture, Planning and Design: Impact of Using Building Performance Simulation / T. Hemsath // 13th Conference of International Building Performance Simulation Association. IBPSA. 2013. P. 376–384.
12. Ge, H. Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study / H. Ge, V. R. McClung, S. Zhang // Energy and Buildings. 2013. Vol. 60. P. 163–173.
13. De Wilde, P. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation / P. de Wilde // Automation in Construction. 2014. Vol. 41. P. 40–49.
14. Kemp, S. Impact of Architectural Form on the Potential Energy Performance of Multi-Unit Residential Buildings / S. Kemp // Canada Mortgage and Housing Corporation. Research Highlight. Technical Series. 2014. P. 14–103.
15. Sung, Y. S. Parametric Models of Facade Designs of High-Rise / Y. S. Sung, Y. Tseng // IACSIT International Journal of Engineering and Technology. 2016. Vol. 8, No. 4. P. 241–248.
16. Ozkan, A. The influence of passive measures on building energy demands for space heating and cooling in multi-unit residential buildings / A. Ozkan, T. Kesik, W. O'Brien // eSIM 2016 Conference. 2016. P. 864–876.
17. VIP-Core Dynamic Simulation Engine [Электронный ресурс] // Strusoft. – Электрон. дан. – М., 2014. – Режим доступа: <http://strusoft.com/products/vip-energy>.
11. Hemsath, T. Conceptual Energy Modeling for Architecture, Planning and Design: Impact of Using Building Performance Simulation. In: *13th Conference of International Building Performance Simulation Association*. IBPSA, 2013, pp. 376–384.
12. Ge, H. McClung, V. R.; Zhan, S. Impact of balcony thermal bridges on the overall thermal performance of multi-unit residential buildings: A case study. In: *Energy and Buildings*, 2013, Vol. 60, pp. 163–173.
13. De Wilde, P. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. In: *Automation in Construction*, 2014, Vol. 41, pp. 40–49.
14. Kemp, S. Impact of Architectural Form on the Potential Energy Performance of Multi-Unit Residential Buildings. In: *Canada Mortgage and Housing Corporation. Research Highlight. Technical Series*, 2014, pp. 14–103.
15. Sung, Y. S.; Tseng Y. Parametric Models of Facade Designs of High-Rise. In: *IACSIT International Journal of Engineering and Technology*, 2016, Vol. 8, No. 4, pp. 241–248.
16. Ozkan, A.; Kesik, T.; O'Brien, W. The influence of passive measures on building energy demands for space heating and cooling in multi-unit residential buildings. In: *eSIM 2016 Conference*, 2016, pp. 864–876.
17. VIP-Core Dynamic Simulation Engine. Strusoft. Moscow: 2014. Mode of access: <http://strusoft.com/products/vip-energy>.

Песчанская Ольга Сергеевна – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: социальное и энергоэффективное строительство.

Суярко Даниил Владиславович – магистрант кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: эксплуатационная надежность зданий.

Песчанська Ольга Сергіївна – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: соціальне і енергоефективне будівництво.

Суярко Даниїл Владиславович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експлуатаційна надійність будівельних конструкцій.

Peschanskaya Olga – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: social and energy-efficient construction.

Suiarko Daniil – Master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: operational reliability of building structures.