

Худяков А. Ю., Чистякова А. В.

СТРАТЕГИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В целях реализации энергетической эффективности и экологической устойчивости в современных архитектурных проектах, в последние десятилетия было предложено множество методов и стратегий. Архитекторы должны учитывать стратегии повышения экологического уровня здания уже на этапе эскизного проектирования, что позволит эффективно снизить конечное потребление энергии и выбросы углерода в процессе эксплуатации здания.

Принятие стратегий экологичного проектирования на этапе концептуального проектирования оказывает существенное влияние на конечные характеристики здания (например, потребление энергии и выбросы углерода). В статье проанализирован потенциал сокращения выбросов углерода в нескольких пассивных и активных стратегиях проектирования, которые тесно связаны между собой. И влияют на результаты архитектурной морфологии на этапе концептуального проектирования.

Цель данного исследования - выяснить потенциал различных стратегий проектирования с низким уровнем выбросов углерода путем моделирования многофункционального офисного здания в России. Полученные результаты могут помочь архитекторам в концептуальном проектировании достичь цели максимального энергосбережения и сокращения выбросов углерода. Следовательно, это будет способствовать интеграции морфологии здания и производительности в будущем архитектурном проекте. Результаты показывают, что естественная вентиляция и освещение являются лучшим выбором пассивного проектирования. А фотоэлектрическая энергия более эффективным видом среди активного.

Статья представлена в качестве первой части научного исследования, в которой раскрыты общие понятия и выводы дедуктивным методом. Все упомянутые аспекты будут подробно рассмотрены и представлены с соответствующими пояснениями.

Дальнейшим исследованием по этой теме является разработка оптимальных вариантов планировочной структуры и объемно-пространственных решений многофункционального офисного комплекса с учетом полученных результатов сравнения потенциала стратегий экологичного архитектурного проектирования в Челябинской области.

Ключевые слова: экологичное проектирование, выбросы углерода, фотоэлектрическая энергия, ветро-энергоустановки, архитектурная морфология.

Khudyakov A. Y., Chistyakova A. V.

STRATEGY OF ECOLOGICAL ARCHITECTURAL DESIGN OF OFFICE BUILDING IN THE CHELYABINSK REGION

In order to implement energy efficiency and environmental sustainability in modern architectural projects, in recent decades, many methods and strategies have been

proposed. Architects must take into account strategies to improve the ecological level of the building at the stage of preliminary design, which will effectively reduce the final energy consumption and carbon emissions during the operation of the building.

The adoption of green design strategies at the conceptual design stage has a significant impact on the final characteristics of the building (e.g. energy consumption and carbon emissions). The article analyzes the potential for reducing carbon emissions in several passive and active design strategies that are closely related. And they influence the results of architectural morphology at the stage of conceptual design.

The purpose of this study is to find out the potential of various design strategies with low carbon emissions by modeling a multifunctional office building in Russia. The results obtained can help architects in conceptual design achieve the goal of maximizing energy conservation and reducing carbon emissions. Consequently, this will facilitate the integration of building morphology and performance in a future architectural project. The results show that natural ventilation and lighting are the best choice for passive design. A photovoltaic energy is a more efficient form among the active.

The article is presented as the first part of a scientific study in which general concepts and conclusions are revealed by the deductive method. All mentioned aspects will be considered in detail and presented with appropriate explanations.

Further research on this topic is the development of optimal options for the planning structure and spatial and spatial solutions of a multifunctional office complex, taking into account the results of comparing the potential of green architectural design strategies in the Chelyabinsk region.

Keywords: *environmental design, carbon emissions, photovoltaic energy, wind power plants, architectural morphology.*

Стратегии низкоуглеродного проектирования можно разделить на два вида: пассивный и активный. Стратегии пассивного проектирования тесно связаны с морфологией архитектуры, включающей естественную вентиляцию, дневное освещение, затенение, пассивное отопление и т.д. И это может снизить потребление энергии или выбросы углерода в процессе эксплуатации, если они используются в полной мере. Активные стратегии проектирования включают технологии солнечной фотоэлектрической и ветровой энергетики, которые могут компенсировать выбросы углерода. Кроме того, зеленые насаждения также учитываются архитекторами, которые могут напрямую поглощать углекислый газ. Подобно пассивному проектированию, применение активных технологий и зеленых насаждений должно учитывать координацию с морфологией архитектуры. В концептуальном проектировании пассивный и активный дизайн должны учитываться вместе, чтобы максимизировать эффективность этих стратегий.

Потенциальный анализ стратегий проектирования является актуальной темой в области архитектурной науки. Существующие исследования международных агентств и исследователей были сосредоточены на индивидуальной стратегии проектирования

[1-4], но сравнение влияния этих стратегий редко упоминается. Хотя некоторые исследования достигли глубоких результатов в области естественной вентиляции [5-7], дневного освещения [8,9], затенения солнца [10,11], производства солнечной энергии [12], но им не хватает сравнения между разными стратегиями. В методе климатического анализа [13,14] применяются метеорологические условия для сравнения активного периода использования пассивного проекта в различных регионах, но в нем отсутствует количественный анализ потребления энергии и потенциала сокращения выбросов углерода, а также аспект активного проектирования.

Офисные здания в большом количестве потребляют много энергии и имеют большой потенциал для энергосбережения и сокращения выбросов. Более того, офисные здания имеют относительно фиксированный функциональный состав по сравнению с другими типами зданий. Это место для сбора, обработки и производства всех видов административной, научной информации и коммерческой информации. С исторической точки зрения, офисное здание прошло шесть этапов и моделей, вызванных реформой промышленного развития [15].

Фабрика клерков, созданная в конце 19-го века: в большой комнате клерки выстроены в

ряды и упорядоченно, а менеджеры контролируют их в отдельной комнате (рис. 1-а).

Сотообразный офис, созданный в начале 20-го века: у каждого сотрудника есть отдельное офисное помещение, и эти комнаты соединены проходом в середине, чтобы улучшить личную конфиденциальность и комфорт, но его коэффициент использования пространства низок (рис. 1-б).

Офис открытой планировки, созданный в 1920-х годах: благодаря разработке системы кондиционирования и освещения глубина офисных помещений больше не ограничивается естественным освещением и вентиляцией, а также режимом, в котором центральная шахта лифта расположена в центре и в открытом офисе. Пространство в окружении становится популярным. Такой режим все еще широко используется сегодня (рис. 1-в).

Офисный ландшафт 1960-х годов: большое количество офисных площадей используется многими сотрудниками (больше, чем открытые помещения). Преимущество заключается в том, что оно нарушает иерархию традиционных офисных помещений и увеличивает общение с сотрудниками и контакты, но при этом им не хватает конфиденциальности и их легко спутать (рис. 1-г).

плотность пространства, так как оно состоит из базовых единиц, которые расположены многократно и пронизывают друг друга или смешиваются друг с другом. Во-вторых, повторяющееся расположение пространства естественным образом приводит к повторению «модуля» и ощущению ритма на фасаде офисного здания.

В целях наглядной демонстрации эффективности каждого исследуемого аспекта возникла необходимость создания условной модели офисного здания. Основываясь на критериях классификации общественного здания [16], в данном исследовании средняя шкала, номер этажа и площадь этажа являются индексами морфологии эталонного здания. Таким образом, имитируемый объект представляет собой офисное здание в Челябинской области (рис. 2), и каждый этаж занимает площадь 900 м.кв., всего двадцать пять этажей, а высота этажа составляет 4 м. Все стороны стены оснащены панорамными наружными окнами, соотношение окон и стен составляет 50%, а подоконник - 1 м в высоту. Внутреннее пространство устроено как открытый офис. Коэффициенты теплопередачи ограждающей конструкции: наружная стена 0,372 Вт / (м.кв. * к), пол 4,730 Вт / (м.кв. * к),

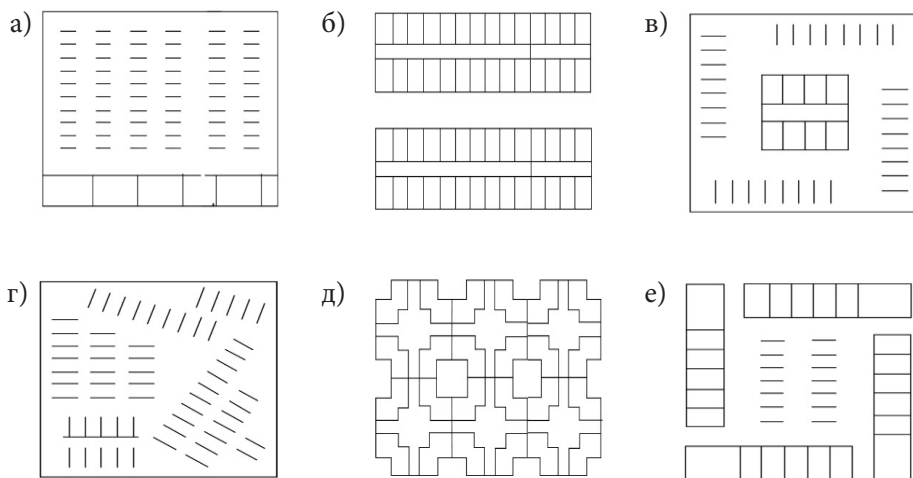


Рис. 1. Планировочные схемы офисного здания

Centraal Beheer, созданный в 1972 году по проекту Centraal Beheer: большое офисное «сообщество» состоит из офисного подразделения из 8–10 сотрудников, поэтому у каждого сотрудника есть чувство принадлежности и, тем временем, возможность максимизировать свои контакты (рис. 1-д).

Комбинированный офис 1970-х годов: это сочетание независимых и открытых офисных помещений (рис. 1-е).

Как правило, есть две основные характеристики офисных зданий. Первая - это регу-

крыша 0,259 Вт / (м.кв. * к) и окно 1,978 Вт / (м.кв. * к).

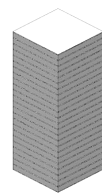


Рис. 2. Условная эталонная модель офисного здания

Плотность персонала составляет 0,11 чел/м.кв. Тепловыделение тела составляет

120 Вт/чел. (Коэффициент = 0,9). Рабочее время устанавливается с 7:00 до 19:00 по будням. Температура помещений офиса составляет 22-24°C.

В ходе проведенного исследования были изучены стратегии пассивного и активного энергосбережения для экологичного архитектурного проектирования. Но в данной статье подробно рассмотрены только стратегии пассивного энергосбережения.

Естественная вентиляция

Из-за возникающих трудностей возрастания скорости ветра с увеличением высоты, так как давление ветра пропорционально квадрату его скорости, регулирование воздуха в высотных зданиях обеспечивается, как правило, современными системами кондиционирования воздуха [18].

Кроме того, были разработаны новые конструктивные решения по использованию естественной вентиляции в результате проведения ряда научно-исследовательских работ. Примерами реализации таких решений являются системы используемые в зданиях «Commerzbank» высотой 259 метров и «MAIN TOWER» высотой 200 метров, возведенных в Германии [17].

По сравнению с обычными системами кондиционирования воздуха обеспечение естественной вентиляции является наиболее предпочтительным методом. Использование естественных методов вентиляции оказывает влияние на субъективное ощущение улучшения качества микроклимата, обеспечивает увеличение времени пребывания в помещениях, а также возможность уменьшения энергозатрат на создание и поддержание микроклимата здания.

Благодаря возможности естественного проветривания путем открытия окон и лучшего естественного освещения большинство служащих (89%) предпочитают здания без системы кондиционирования воздуха, что отмечено в зарубежном исследовании 480 офисов [19]. Люди, находящиеся в помещении с естественной вентиляцией, оказываются более терпимы и воспринимают более широкий диапазон колебаний температуры воздуха в помещениях [20], что позволяет дополнительно снижать энергозатраты на климатизацию зданий.

Возможности более широкого регулирования параметров микроклимата помещения при использовании естественной вентиляции позволяют уменьшить энергозатраты на климатизацию здания, при этом кроме эффекта прямой экономии энергии может быть реализован и эффект косвенной экономии.

Например, в ночное время с целью охлаждения массивных ограждающих конструкций прохладным ночным воздухом, может применяться естественное проветривание здания, что позволяет снизить как пиковые, так и общие нагрузки электроэнергии [21].

Именно благодаря особенностям использования специализированных оконных конструкций естественное проветривание в двух упомянутых выше высотных зданиях («Commerzbank» и «MAIN TOWER») стало реализуемо, при этом использовались совершенно разные подходы: естественное проветривание в здании «Commerzbank» осуществляется посредством двухслойного вентилируемого фасада, а в здании «MAIN TOWER» — посредством окон специальной конструкции с оконными створками, выдвигаемыми параллельно фасаду. Определяющими при выборе той или иной конструкции окон являлись вопросы, связанные с аэродинамикой, однако требовался учет и других факторов, в частности солнцезащиты [22]. В частности, для рассмотрения предлагались следующие варианты.

Двухслойный вентилируемый фасад с вертикальной вентиляционной шахтой шириной 200 мм, проходящей по всей высоте здания или разделенной на несколько отдельных секций. Наружный слой представляет собой одинарное стекло, внутренний — наклонно-поворотный стеклопакет. Проветривание помещений осуществляется при наклонном положении внутреннего стеклопакета или через приточные и вытяжные устройства, расположенные в верхней и нижней части оконной коробки.

Двухслойный вентилируемый фасад со щелевыми отверстиями в верхней и нижней части наружного слоя. Наружный слой выполняет роль ветрозащитного экрана и представляет собой одинарное стекло, внутренний слой — наклонно-поворотный стеклопакет. Проветривание помещений осуществляется при наклонном положении внутреннего стеклопакета.

Заполнение светопроема — двойное остекление. Проветривание помещений осуществляется посредством наклонной фрамуги в верхней части окна.

Остекление стеклопакетами. Проветривание помещений осуществляется при выдвижении параллельно фасаду (на расстояние от 1 до 200 мм) оконных створок. При выдвижении створок по их периметру образуется щелевое отверстие. Каждое из офисных помещений оборудовано по крайней мере одной такой створкой. Выдвижение ство-

рок осуществляется автоматически в зависимости от погодных условий по сигналу от системы автоматического управления инженерным оборудованием здания. Кроме этого, выдвижение створок может регулироваться индивидуально из каждого помещения посредством специального выключателя.

вается на фасаде здания и направляет рассеянный облаками дневной свет неба через перенаправляющие отражающие элементы внутрь офисных помещений на плоскость потолка, покрытого материалами с высокой отражающей способностью [24].

При соотношении окон к стенам в 50%

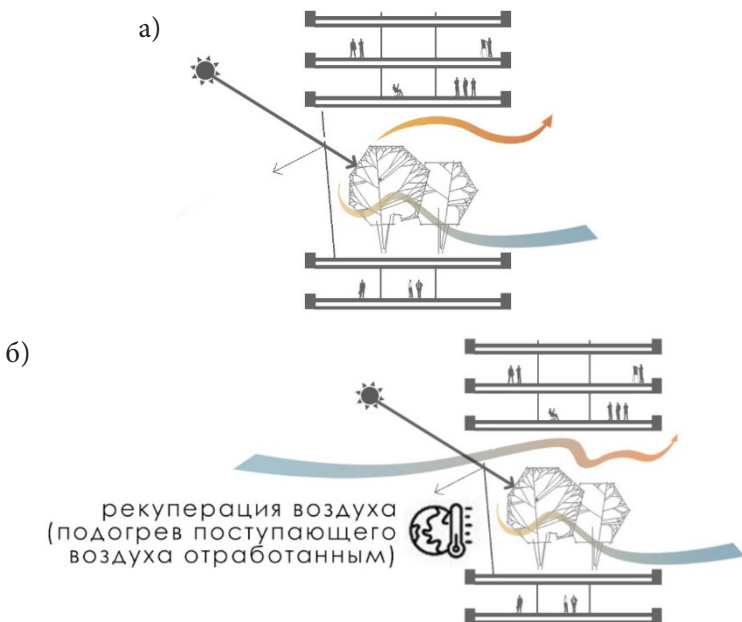


Рис.3. Схема естественной вентиляции в зимний (а) и летний (б) периоды

Естественное освещение

Широкое применение осветительных систем и устройств на базе самых передовых технологий для помещений зданий, расположенных в уплотненной городской застройке, не только компенсирует недостающую освещенность в соответствии с нормативными показателями и создает комфортную для человека световую среду, но и вносит свой вклад в энергосбережение возводимых или уже существующих зданий [23]. Рефлекторная система дневного освещения устанавли-

использование естественного освещения снижает выбросы углерода на 11,6% по сравнению с эталонным зданием. С увеличением отношения окна к стене с 30% до 70% глубина естественного освещения увеличивается с 5,5 м до 9,5 м, а энергопотребление здания значительно снижается на 37,7 МВтч. Однако снижение энергопотребления в этом отношении компенсируется увеличением энергопотребления кондиционирования воздуха, поэтому общий эффект энергосбережения не очень значителен. В течение всего года увели-

Таблица 1

Сравнение энергопотребления естественного освещения и общего энергопотребления с различными соотношениями между окнами

Соотношение окон и стен	30%	40%	50%	60%	70%
Глубина естественного освещения (м)	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
Потребление энергии при естественном освещении (МВтч)	56,9	45,52	35,6	27,8	19,2
Энергопотребление кондиционера (МВтч)	243,6	251,2	258,5	266,3	272,3
Общие выбросы углерода (10 ³ кг)	518,9	515,2	512,3	511,0	508,9

чение соотношения между окнами и стенами вносит небольшой вклад, а выбросы углерода снижаются на 1,9%.

Поэтому, чтобы увеличить соотношение между окнами и стенами для естественного освещения при одновременном контроле за увеличением потребления энергии для кондиционирования воздуха, архитекторам следует обратить внимание на применение солнцезащитного козырька летом для уменьшения теплового излучения через окно и выбрать стекло, способное повысить способность сохранять тепло зимой.

Типы объёмно-планировочной структуры для обеспечения эффективного естественного освещения

Различные модели строительного плана также оказывают различное влияние на естественное освещение. Вот три способа компоновки плана. Открытый план, все сотрудники используют большие офисные помещения. В перегородке предусмотрена перегородка для разделения плана на внутреннее и внешнее освещение, а перегородка находится в 5 метрах от наружной стены. Освещение атриума, освещение атриума устанавливается в середине плана здания, а площадь атриума составляет 10 м × 10 м. Соотношение между окнами и стенами трех типов планов составляет 50%.

Как показано в Таблице 2, план здания с

Основная форма и тепловые параметры моделируемого здания в этом разделе такие же, как указано выше. Настройки затенения солнца изменяются, чтобы влиять на потребление энергии здания. В этом сравнении основные компоненты защиты от солнца: горизонтальный, вертикальный, горизонтальный и вертикальный. Ширина всех горизонтальных и вертикальных компонентов составляет 1 м, а интервал между каждым компонентом составляет 4 м.

Результат сравнения показывает, что затенение может значительно уменьшить тепловое излучение, полученное через окно. Без затенения солнца ежегодные выбросы углерода в здание будут выше, чем у эталонного здания. В трех типах затенения горизонтальное затенение обладает большей способностью уменьшать выбросы, чем вертикальное затенение. Вертикальное затенение не оказывает существенного влияния, поэтому эффект горизонтального + вертикального затенения почти такой же, как эффект только горизонтального затенения. Кроме того, он может обнаружить, что лучший эффект солнцезащитного козырька — это режим радиационного контроля затенения солнца, который может блокировать чрезмерное солнечное излучение летом и не мешать зимнему солнцу.

Таблица 2

Сравнение потребления энергии и выбросов углерода с различными внутренними пространствами

План шаблона	Открытый план	Перегородки	Атриум
Средний коэффициент дневного света (%)	5,8	4,4	12,1
Потребление энергии при дневном освещении (МВтч)	35,6	62,7	0
Энергопотребление кондиционера (МВтч)	258,5	260,2	273,8
Общие выбросы углерода (10 3 кг)	512,3	534,4	442,4

перегородкой уменьшает площадь естественного освещения и значительно увеличивает энергопотребление освещения, что приводит к увеличению выбросов углерода в зданиях. Напротив, здания с освещением в атриуме могут обеспечить естественное освещение в дневное время. Хотя потребление энергии для кондиционирования воздуха возросло, выброс углерода на единицу площади является самым низким среди трех пространственных моделей. В целом, по сравнению с эталонным зданием, при том же отношении окна к стене, если используется естественное освещение Годовая эмиссия углерода в зданиях может быть снижена.

Ориентация здания в пространстве

Для зданий в жаркой летней и холодной зимней зоне России выбор ориентации должен быть сбалансирован с конкретными формами и учитывать влияние солнечного излучения в разные сезоны. Другими словами, он должен уменьшить тепло солнечного излучения летом и увеличить прирост излучения зимой. Изменяя взаимное расположение зданий, их форму и ориентацию по сторонам света, планировку внутреннего пространства, можно существенно корректировать микроклимат открытых и закрытых пространств, отклоняя ветер и раскрывая застройку солнцу.

Результаты взаимодействия архитектурной формы и векторных климатических факторов могут быть смоделированы еще на стадии эскизного проектирования, что позволяет направленно изменять микроклимат закрытых пространств, используя инженерно-технические средства формирования их комфортного микроклимата уже как вспомогательные. В сложной системе инженерных и технических решений пассивного солнечного дома ведущая роль принадлежит его энергоэффективной архитектуре — совокупности композиционных, функциональных и планировочных решений здания и его участка, обеспечивающих комфортную среду обитания для человека и энергоэффективность эксплуатации здания. Расчетные данные показывают, что в условиях высокой контрастности сторон горизонта муссонного климата умеренных широт регулирование векторных климатических факторов только архитектурными средствами позволяет компенсировать от 38 до 57% затрат на отопление здания [25].

Также были исследованы стратегии активного энергосбережения:

- Система солнечного энергообеспечения здания.

- Архитектурная морфология, оптимизированная для сбора солнечной энергии.

- Система ветрового электрогенератора.

В данной статье в качестве объекта исследования используется офисное здание с 25 этажами и площадью 900 кв.м. для анализа и сравнения потенциала 7 видов стратегий архитектурно-экологического проектирования в Челябинской области. Результаты исследования по каждой из перечисленных стратегий активного энергосбережения для экологического архитектурного проектирования и процесс проведения самого исследования с расчетами и поясняющими схемами будут подробно приведены в дальнейших публикациях.

Однако в данной статье стоит отметить обобщенные выводы, учитывая все виды стратегий. Хотя это исследование имеет некоторые ограничения, например, оно не рассматривает, как низкоуглеродный потенциал изменяется при различных условиях морфологии здания, и не учитывает эффекты сочетания, когда эти экологичные стратегии применяются одновременно, оно все же может привести к некоторым полезным результатам.

Заключение

С помощью универсальной программной системы конечно-элементного анализа Ansys, примененной в рамках курса «Суперкомпьютерное моделирование», было установлено, что естественное освещение имеет наибольший потенциал для офисных зданий в Челябинской области (11,6%), за ним следует естественная вентиляция (9,7%). Стратегия пассивного прироста тепла не имеет существенных последствий в Челябинской области, а сочетание оптимизации планировки и комфортного зонирования может эффективно снизить выбросы углерода в эталонном здании, что является значимым показателем экологичности. В аспекте активного проектирования, производство солнечной энергии имеет достаточный потенциал для сокращения выбросов углерода и повышения экологического уровня здания, только в случае точного расчёта и изменения углов наклона фотоэлектрических панелей в зависимости от смены сезона, и если солнечные панели будут уложены на стены и крыши, будет компенсировано не менее 32,2% выбросов углерода моделируемого здания. В целях снижения углеродной нагрузки офисного здания на этапе концептуального проектирования необходимо учитывать естественные освещение и вентиляцию, а также объединять фотоэлектрические технологии для повышения экологического уровня зданий.

Литература

1. Бартенбах К., Бартенбах В. Как правильно осветить рабочее место в офисе // Современная светотехника. – 2010. – № 1. – С. 70-72.
2. Гузеев А.С., Короткин А.И. Анализ некоторых результатов по определению аэродинамических характеристик высотных зданий // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 3(5) – С. 50-52.
3. Дюсьмикеев А.Б. Проектирование строительных конструкций с учетом энергоэффективных инженерных систем. Энергообеспечение инженерных систем и мест общего пользования солнечными фотоэлектрическими панелями // ПРООН/ГЭФ Проект №00077154. – 2016. – С. 20-22.
4. Казанцев П.А. Пассивные солнечные технологии в архитектуре супермаркета Парус // Новые идеи нового века, Материалы Шестнадцатой Международной научной конференции. – Хабаровск, 2016. – Т.2. – С.121-126.
5. Квок Ч. М., Чан Ц. М. Исследования эффективности горизонтальных светово-

- дов для естественного освещения помещений с боковыми окнами // Светотехника. – 2008. – № 5. – 80С.
6. Ретгер Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика – М.: Стройиздат, – 1984. – 294С.
7. Слукин В. М., Смирнов Л. Н. Обеспечение нормированных условий естественного освещения жилых зданий в уплотненной застройке // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – № 4. – С.61-63.
8. Смирнов Л. Н., Слукин В. М. Проектирование световой среды интерьеров жилых и общественных зданий: учеб. пособие. Екатеринбург, – 2008. – 77С.
9. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* Ввод естественного света в недостаточно освещенные зоны помещения с помощью вертикальных полых световодов. – 2017 – 135С.
10. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, – 2003. – С.
11. Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Аэродинамика высотных зданий // АВОК. – 2004. – № 8. – 192С.
12. Шилкин Н. В. Здание высоких технологий //АВОК – 2003.– № 7.– 9С.
13. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition. – 1997. – 986p.
14. B. Floyd David, S. Parker Danny Field Commissioning of A Daylighting-Dimming Lighting System [OE/BL] – 18p.
15. Battle McCarthy Consulting Engineers. Wind Towers — Detail in Building Academy Editions. New York: John Wiley & Sons Ltd. – 1999. – 25p.
16. BRE Natural ventilation in nondomestic buildings Build. Res. Establishment. Garston. Watford. UK – 2000. – 16p.
17. Daniels K. The Technology of Ecological Building. Birkhauser –1997. – 29p.
18. G. S. Brager, R. De Dear. A standard for natural ventilation // ASHRAE Journal. – 2000. – № 10. – 549p.
19. Gertis K. Стекланные двойные фасады. Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов? // АВОК. 2003. № 7, 8; – 2004. – № 1. – 15С.
20. International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Program Annex35 Hybrid Ventilation. Sydney – 2000. – 75p.
21. L.O. Beltran, E.S. Lee, S.E. Selkowitz Advanced optical daylighting system: light shelves and light pipes IESNA Annual Conference – 1997. – 91-106pp.
22. M. D. Ruud, J. W. Mitchell, S. A. Klein. Use of building thermal mass to offset cooling loads. ASHRAE Transactions – 96(2), – 1990. – 90p.
23. Наназашвили И.Х., Наназашвили В.И. Ресурсосбережение в строительстве. М.: АСВ, 2012. – 488 с.
24. Register R. EcoCities: Rebuilding Cities in Balance with Nature. New Society Publishers, 2006. – 368 p.
25. Jodidio P. Green Architecture. Taschen, 2018. – 696 p.

References

1. Bartenbah K., Bartenbah V. Kak pravil'no osvetit' rabochee mesto v ofise // Sovremennaya svetotekhnika. – 2010. – № 1. – S. 70-72.
2. Guzeev A.S., Korotkin A.I. Analiz nekotoryh rezul'tatov po opredeleniyu aerodinamicheskikh harakteristik vysotnyh zdaniy // Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. – 2009 . – № 3(5) – S. 50-52.
3. Dyus'mikeev A.B. Proektirovanie stroitel'nyh konstrukcij s uchetom energoeffektivnyh inzhenernyh sistem. Energoobespechenie inzhenernyh sistem i mest obshchego pol'zovaniya solnechnymi fotoelektricheskimi panelyami // PROON/GEF Proekt №00077154. – 2016. – S. 20-22.
4. Kazancev P.A. Passivnye solnechnye tekhnologii v arhitekture supermarketa Parus// Novye idei novogo veka, Materialy SHeSTnadcatoj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. – Habarovsk, 2016. – T.2. – S.121-126.
5. Kвок СН. М., СHan С. М. Issledovaniya effektivnosti gorizonta'nyh svetovodov dlya estestvennogo osveshcheniya pomeshchenij s bokovymi oknami // Svetotekhnika. – 2008. – № 5. – 80С.

6. Retter E.I. Arhitekturno-stroitel'naya aerodinamika – M.: Strojizdat, – 1984. – 294S.
7. Slukin V. M., Smirnov L. N. Obespechenie normirovannykh uslovij estestvennogo osveshcheniya zhilykh zdaniy v uplotnenoj zastrojke // Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN. – 2011. – № 4. – S.61-63.
8. Smirnov L. N., Slukin V. M. Proektirovanie svetovoj sredy inter'erov zhilykh i obshchestvennykh zdaniy: ucheb. posobie. Ekaterinburg, – 2008. – 77S.
9. SP 52.13330.2016. Estestvennoe i iskusstvennoe osveshchenie. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 23-05-95* Vvod estestvennogo sveta v nedostatochno osveshchennye zony pomeshcheniya s pomoshch'yu vertikal'nykh polykh svetovodov. – 2017 – 135S.
10. Tabunshchikov YU. A., Brodach M. M., SHilkin N. V. Energoeffektivnye zdaniya. M.: AVOK-PRESS, – 2003. – S.
11. Tabunshchikov YU. A., SHilkin N. V. Aerodinamika vysotnykh zdaniy // AVOK. – 2004. – № 8. – 192S.
12. SHilkin N. V. Zdanie vysokih tekhnologij // AVOK. – 2003. – № 7. – S 9.
13. ASHRAE Handbook. Fundamentals. SI Edition. – 1997. – 986p.
14. B. Floyd David, S. Parker Danny Field Commissioning of A Daylighting-Dimming Lighting System [OE/BL] – 18p.
15. Battle McCarthy Consulting Engineers. Wind Towers — Detail in Building Academy Editions. New York: John Wiley & Sons Ltd. – 1999. – 25p.
16. BRE Natural ventilation in nondomestic buildings Build. Res. Establishment. Garston. Watford. UK – 2000. – 16p.
17. Daniels K. The Technology of Ecological Building. Birkhauser, – 1997. – 29p.
18. G. S. Brager, R. De Dear. A standard for natural ventilation // ASHRAE Journal. – 2000. – № 10. – 549p.
19. Gertis K. Steklyannye dvojnye fasady. Imeyut li smysl, s tochki zreniya stroitel'noj fiziki, novye razrabotki fasadov? // AVOK. 2003. № 7, 8; – 2004. – № 1. – S.15.
20. International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Program Annex35 Hybrid Ventilation. Sydney – 2000. – 75p.
21. L.O. Beltran, E.S. Lee, S.E. Selkowitz Advanced optical daylighting system: light shelves and light pipes IESNA Annual Conference – 1997. – 91-106pp.
22. M. D. Ruud, J. W. Mitchell, S. A. Klein. Use of building thermal mass to offset cooling loads. ASHRAE Transactions – 96(2), – 1990. – 90p.
23. Nanazashvili I. Kh., Nanazashvili V. I. Resursosberejenie v stroitelstve [Resource Saving in Construction]. M.: ACB, 2012. – 488 p.
24. Register R. EcoCities: Rebuilding Cities in Balance with Nature. New Society Publishers, 2006. – 368 p.
25. Jodidio P. Green Architecture. Taschen, 2018. – 696 p.

Чистякова А. В.,

Студентка Южно-Уральского государственного университета (национальный исследовательский университет), Челябинск, Россия. E-mail: anny-chi@mail.ru

Худяков А. Ю.,

Старший преподаватель, Южно-Уральский государственный университет, директор ООО «Архиком», Челябинск, Россия. E-mail: hoodojnik@mail.ru

Chistyakova A. V.,

Student of South Ural State University (national research university), Chelyabinsk, Russia. E-mail: anny-chi@mail.ru

Khudyakov A. Yu.,

Lecturer, South Ural State University, Director of «Archicom», Chelyabinsk, Russia. E-mail: hoodojnik@mail.ru

Поступила в редакцию 13.12.2019