

УДК 69.001.5

ЗЕЛЕНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАХТА ЦЕНТРА

В.А. Пашкевич

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)*

Аннотация. В настоящее время в России требования по использованию зеленых технологий носят исключительно рекомендательный характер. Зеленые технологии приводят к удорожанию проекта, на стадии строительства, однако за счет экономии в процессе эксплуатации здания подобные вложения могут себя окупить. Возведение и эксплуатация зданий с применением новейших технологий позволит значительно снизить потребление энергии, электричества, водных ресурсов, а также негативное влияние на окружающую природную среду. В статье рассмотрены уровни экологической сертификации по международному стандарту LEED, а также приведены наиболее успешные примеры российского опыта сертификации по данному стандарту. На сегодняшний день уже целых три здания в России сертифицированы по системе LEED Platinum (наивысший уровень): башня Лахта Центра и бизнес-центр «Renaissance Business Park» в Санкт-Петербурге, а также новая часть завода L'Oréal на территории индустриального парка «Ворсино» в Калужской области. На примере башни Лахта Центра рассмотрена технология зеленого строительства и мероприятия по повышению энергоэффективности, за счет которых экономия энергоресурсов здания составляет порядка 40%, что является весьма значительной суммой в денежном выражении. Отдельное внимание уделено инженерно-техническим решениям Лахта Центра, в частности, интеллектуальным фасадам. Данная технология заключается в том, что между слоями остекления предусмотрено воздушное пространство, которое обеспечивает одновременно теплоизоляцию и естественную вентиляцию, а также позволяет снизить затраты на отопление и кондиционирование.

Ключевые слова: экологический стандарт, зеленое строительство, сертификации LEED, Лахта Центр, энергоэффективность, высотные здания, интеллектуальный фасад, экотехнологии.

Ссылка для цитирования: Пашкевич В.А. Зеленое строительство и энергоэффективность Лахта Центра // Инженерные исследования. 2021. № 1 (1). С. 12-19. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/1/12-19.pdf>

GREEN CONSTRUCTION AND ENERGY EFFICIENCY OF LAKHTA CENTER

V.A. Pashkevich

Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. At present, in Russia, the requirements for the use of green technologies are purely advisory in nature. Green technologies lead to a rise in the cost of the project, at the construction stage, however, due to savings in the process of building operation, such investments can pay off. The construction and operation of buildings using the latest technologies will significantly reduce the consumption of energy, electricity, water resources, as well as the negative impact on the environment. The article discusses the levels of environmental certification according to the international LEED standard, as well as the most successful examples of the Russian experience of certification according to this standard. To date, as many as three buildings in Russia are certified according to the LEED Platinum system (the highest level): the Lakhta Center tower and the Renaissance Business Park business center in St. Petersburg, as well as a new part of the L'Oréal plant on the territory of the Vorsino industrial park »In the Kaluga region. Using the example of the Lakhta Center tower, the technology of green construction and measures to improve energy efficiency are considered, due to which the energy savings of the building are about 40%, which is a very significant amount in monetary terms. Special attention is paid to the engineering and technical solutions of the Lakhta Center, in particular, intelligent facades. This technology consists in the fact that an air space will be provided between the layers of glazing, which will simultaneously provide thermal insulation and natural ventilation, as well as reduce the cost of heating and air conditioning.

Keywords: environmental standard, green building, LEED certification, Lakhta Center, energy efficiency, high-rise buildings, smart facade, eco-technologies.

For citation: Pashkevich V.A. Green construction and energy efficiency of Lakhta Center // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2021. No. 1 (1). Pp. 12-19. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/1/12-19.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

Зелёное строительство - это вид строительства и эксплуатации зданий, воздействие которых на окружающую среду минимально. Его целью является снижение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов на протяжении всего срока эксплуатации здания. Другой целью зелёного строительства является сохранение или повышение качества зданий и комфорта их внутренней среды [1-5].

Башня Лахта Центра – один из наиболее масштабных российских проектов, где удалось реализовать требования международных зеленых стандартов на максимальном уровне. Лахта Центр - современный комплекс площадью более 420 тыс. м² - строится в г. Санкт-Петербурге, на берегу Финского залива. Офисные пространства комплекса займут компания «Газпром», порядка трети площадей отведено под общественные пространства: открытый амфитеатр, пешеходная набережная, обзорная площадка, концертный зал-трансформер, детский научно-образовательный центр с планетарием, панорамные рестораны и галереи.

Об эффективности используемых при строительстве небоскреба зеленых технологий свидетельствует пройденная в декабре 2018 года экологическая сертификация по международному стандарту LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design). Для стандарта LEED разработана 100-балльная система оценки по пяти главным категориям: экологичность площадки строительства; эффективное потребление воды; энергия и окружающая среда; материалы и ресурсы; качество окружающей среды в помещениях; плюс дополнительные баллы за инновационность и дизайн, а также за региональную приоритетность. Каждая из рассмотренных экспертами категорий предусматривает собственную систему баллов и оценивает степень реализации принципов зеленого строительства по соответствующему направлению. По сумме баллов объекту присуждается один из четырех уровней сертификата: «Сертифицированный» - 40-49 баллов, «Серебряный» - 50-59, «Золотой» - 60-79 и «Платиновый» - 80 и более баллов [6-8]. В ходе сертификации башне Лахта Центра было присвоено 82 балла из 100, что соответствует сертификату наивысшего уровня - «платиновому». Кроме Лахта Центра в России только два проекта сертифицированы по LEED Platinum: бизнес-центр Renaissance Business Park в Санкт-Петербурге (площадь 25 625 м²) и новая часть завода L'Oréal (13 700 м²) на территории индустриального парка «Ворсино» в Калужской области.

ЗЕЛЕНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Еще в начале строительства общественно-делового комплекса в Лахте планировалось реализовать концепцию энергоэффективного района «с нуля», т.е. предложить комплексный проект, в котором лучшие технологии энергосбережения будут изначально заложены в проектные решения зданий, оборудования и инженерных коммуникаций (рис.1, рис.2).



Рис. 1. Лахта Центр: зеленые технологии¹
Fig. 1. Lakhta Center: green technologies

¹ Лахта Центр. Инфографика [Электронный ресурс]. - URL: <http://lakhta.center/ru/press/gallery/presentation/?id=445> (дата обращения: 13.05.2021)

В период эксплуатации благодаря применению инновационных технологий «зеленого строительства», потребление энергии на нужды делового комплекса будет снижено до 40 % за счет следующих технологий²:

- Фасадные конструкции с высокими теплоизоляционными свойствами
- Светодиодное освещение
- Абсорбционные системы отопления и охлаждения
- Естественная вентиляция, механическая вентиляция с утилизацией теплоты
- Естественное дневное освещение, панорамное остекление, автоматическое управление светом
- Затеняющие конструкции на фасадах
- Датчики присутствия
- Учет потребления тепловой и электрической энергии по функциональным зонам
- Энергосберегающее освещение лифтовой кабины, а также выключение освещения и вентиляции, приглушение подсветки индикации, переход в режим ожидания при отсутствии пассажиров
- Лифты с системой регенерации энергии
- Льдохранилище для систем вентиляции и кондиционирования.



Рис. 2. Лакhta Центр: экотехнологии³
Fig. 2. Lakhta Center: environmental technologies

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ФАСАД

Стекланный фасад Лакhta Центра состоит из более чем 16 500 фрагментов разной формы (рис.3). Общая площадь фасада составит 72 500 м². Элементы остекления состоят из гнутых параллелограммов, каждый стеклопакет достигает в высоту 4,2 метров (высота одного этажа). Вес одного стеклопакета составляет почти 800 кг. При этом 70% фрагментов отличаются друг от друга по геометрии и величине угла, что обусловлено непростой формой небоскреба.

Для обеспечения необходимой прочности стекла, оно изготавливается по технологии холодного гнутого стекла. Суть данной технологии заключается в том, что ламинированный стеклопакет укладывают в горизонтально лежащую раму, и стекло деформируется под собственным весом. В результате материал не теряет в прочности и сохраняет структурную целостность [9].

Кроме того, данная технология позволяет реализовать в небоскребе принцип «интеллектуального фасада», который заключается в том, что между слоями остекления предусмотрено воздушное пространство, которое обеспечивает одновременно теплоизоляцию и естественную вентиляцию, а также позволит снизить затраты на отопление и кондиционирование.

² Зеленое строительство и энергоэффективность [Электронный ресурс]. - URL: <https://lakhta.center/ru/about/energy> (дата обращения: 13.05.2021)

³ Лакhta Центр. Инфографика [Электронный ресурс]. - URL: <http://lakhta.center/ru/press/gallery/presentation/?id=445> (дата обращения: 13.05.2021)

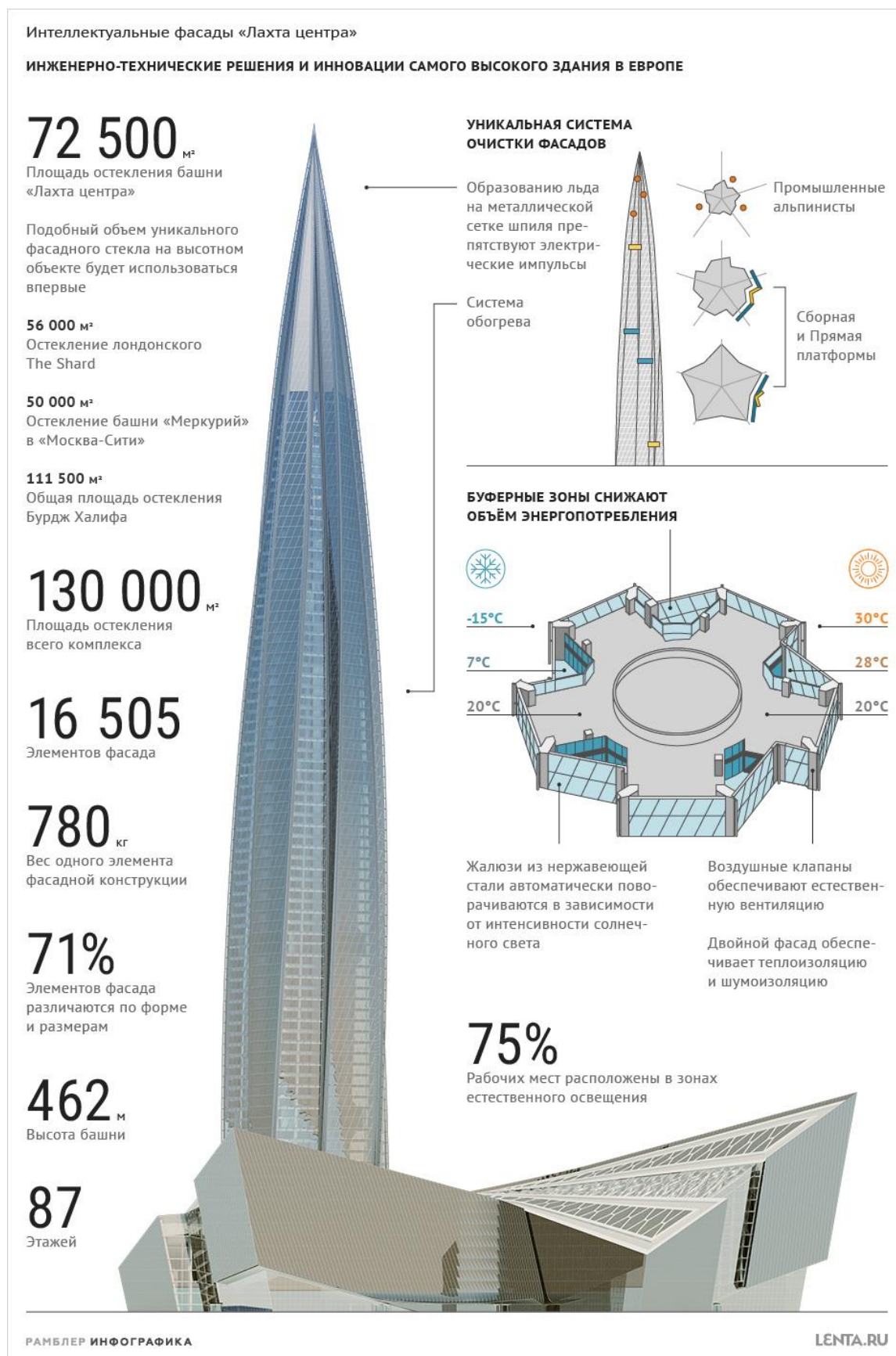


Рис. 3. Интеллектуальные фасады Лахта Центра⁴
Fig. 3. Intelligent facades of the Lakhta Center

⁴ Хрустальные дворцы. Почему небоскребы строят из стекла [Электронный ресурс]. - URL: <https://lenta.ru/articles/2016/06/29/zamki> (дата обращения: 13.05.2021)

МИКРОКЛИМАТ И ВЕНТИЛЯЦИЯ

Микроклимат в Лахта Центре поддерживается за счет предусмотренной механической приточно-вытяжной вентиляции с системой удаления тепла. Забор и выброс воздуха происходит через решетки в углах фасада небоскреба.

Вентиляция здания объединена в единую систему с центральным кондиционером.

При механической вентиляции воздухообмен происходит за счёт разности давления, создаваемой вентилятором или эжектором. Этот способ вентиляции наиболее эффективен, так как воздух предварительно может быть очищен от пыли и доведён до требуемой температуры и влажности.

Приточной системой вентиляции называется система, подающая в помещение определенное количество воздуха, который может подогреваться в зимний период и охлаждаться в летний. Вытяжная вентиляция служит для удаления из помещений отработанного воздуха.

По способу организации воздухообмена вентиляцию в Лахта Центре можно разделить на:

1. Местную вентиляцию, при которой воздух подают в определённые места, а загрязнённый воздух удаляют только от необходимых мест (местная вытяжная вентиляция). Местная приточная вентиляция может обеспечивать приток чистого воздуха к определённым местам, и наоборот, местная вытяжная вентиляция удаляет воздух от определённых мест с наибольшей концентрацией вредных примесей в воздухе.

2. Общеобменную систему вентиляции, которая предусматривается для создания одинаковых условий и параметров воздушной среды (температуры, влажности и подвижности воздуха) во всём объёме помещения, главным образом в его рабочей зоне, когда вредные вещества распространяются по всему объёму помещения и нет возможности (или нет необходимости) их уловить в месте образования.

3. Противодымная система вентиляции служит для обеспечения эвакуации людей. С помощью этой системы подаётся необходимое количество воздуха, препятствующего распространению дыма в помещении. Система работает в начальной стадии пожара.

Воздух в помещениях специально увлажняется – для улучшения дыхания людей применяются сотовые камеры орошения. Камеры орошения производят адиабатическое увлажнение воздуха, без использования внешнего источника нагрева. Сама по себе, камера орошения представляет собой теплооблагодотворительное устройство, в котором воздух обрабатывается распыленной водой. В корпусе камеры имеются: оросительная система с рядами распылительных форсунок, воздухораспределитель на входе воздуха, каплеуловитель на выходе воздуха, поддон с автоматическим подпиточным клапаном, переливным устройством и фильтром для очистки циркулирующей воды. С помощью насоса вода из поддона по трубопроводам подается к форсункам и распыляется ими. Неиспарившаяся вода стекает обратно в поддон.

В целях поддержания в здании оптимальной температуры воздуха используются установки фанкойл - система контроля микроклимата, которая состоит из теплообменника и вентилятора. Фанкойл забирает воздух из помещения с помощью вентилятора и подает его на теплообменник, где охлаждает или подогревает его до оптимальных температур.

Пять установок систем кондиционирования для офисных этажей спроектированы с учетом архитектурных особенностей небоскреба – у здания пять граней. Установки кондиционирования размещаются на технических этажах с верхним и нижним расположением к обслуживаемым этажам.

Кроме того, в Лахта Центре используются, так называемые, «охлаждающие балки», которые обычно устанавливаются в районе потолка или внутри него и представляют собой разновидность радиаторов, охлаждаемых при помощи внешнего источника. Балка охлаждает пространство под собой за счет охлаждения поднимающегося естественным образом теплого воздуха. После этого, охлажденный воздух опускается обратно к полу, и цикл повторяется. Охлаждающие балки уменьшают потребность в занимающих много места воздуховодах и экономят энергию за счет использования естественной циркуляции.

Помимо этого, в высотном здании предусмотрено естественное проветривание, которое стало возможным благодаря использованию двойных фасадов в определенных участках здания.

ТЕХНОЛОГИИ ШУМОИЗОЛЯЦИИ

Для снижения шума от работы вентиляции и прочих систем, размещенных в здании, используется оборудование с пониженным уровнем шума, глушители шума, оборудование размещено в отдельных помещениях со звукоизоляционными ограждающими конструкциями, в том числе, «плавающие полы».

«Плавающие полы» предназначены для снижения вибрации при работе оборудования. «Плавающим» считают пол, устроенный на слое звукопоглощающего материала, не имеющего жестких связей с плитой перекрытия, стенами, коммуникациями и другими конструкциями здания.

Процесс оборудования «плавающего пола» является высокотехнологичным, но предельно простым. Так, корпуса виброизоляторов устанавливаются на размеченное основание у стен, в качестве опалубки устанавливают рейки из пенополистирола. Далее производится армирование и бетонирование плавающей плиты. После отвердевания бетона в корпуса устанавливаются перенапряжённые пружинные элементы, которые затем последовательно освобождают. Благодаря этому происходит подъем плиты плавающего пола. Завершающим этапом работы является регулировка зазора под плавающей плитой.

Также, для снижения шума используют виброизолированные вентиляторы, соединенные с воздуховодами гибкими вставками. Гибкие вставки выполняют функцию погашения вибраций и предназначены для поглощения механических колебаний и предотвращения распространения вибрационного шума отдельных элементов работающего оборудования (вентиляторов) по воздуховодам на всю вентиляционную систему, а также для частичной компенсации температурной деформации в воздуховоде.

УМНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

Для утилизации отходов здания на минус первом этаже Лахта Центра располагается станция измельчения мусора - вакуумные гидравлические измельчители с масляными станциями. Сюда доставляется весь мусор, производимый в здании в течении дня. После измельчения мусор с помощью подземного вакуумного металлического трубопровода транспортируется к месту накопления, и уже там попадает под пресс. Отходы уплотняются в 4-9 раз и утрамбовываются в контейнер. По заполнению мусорный контейнер вывозится. Воздух из системы утилизации мусора очищается и выпускается наружу. Каждый вид отходов направляется на переработку в предприятия по обращению именно с этим видом отходов. Общее количество отходов многофункционального комплекса Лахта Центр - 3 433 т/год.

Отдельно стоит рассказать про используемую в Лахта Центре вакуумную систему удаления мусора (Vacuum waste disposal systems). Данное устройство - это современная пневматическая система сбора и транспортировки отходов. Благодаря ей повышается гигиеничность, сокращаются выбросы CO₂, сортируются отходы, что является одним из основополагающих принципов зеленого строительства. Кроме того, благодаря этой системе необходимость в выводе мусора сокращается в 20 раз по сравнению с обычными методами утилизации отходов.

АККУМУЛЯТОРЫ ХОЛОДА

Аккумуляторы холода позволяют накапливать энергию в часы внепиковой нагрузки (периоды минимального тарифа на электроэнергию) и использовать ее в часы пиковых нагрузок. Это позволяет снизить нагрузки на сеть электропитания в дневное время, а также значительно уменьшить эксплуатационные расходы. Так, ночью при минимальном тарифе, когда оборудование работает не на полную мощность, избыточная холодопроизводительность расходуется на аккумулялирование холода в виде льда. Днём, когда электроэнергия наиболее дорогая, лед используется для охлаждения циркулирующего в здании воздуха.

В результате данных мер потребление электроэнергии в часы пиковых нагрузок сокращается – экономия до 15%. Кроме того, эта технология уменьшает отрицательное воздействие на окружающую среду, снижает выделение CO₂.

ОСВЕЩЕНИЕ

В Лахта Центре для освещения помещений используется как естественное освещение, реализованное за счет панорамного остекления и автоматического управления светом, так и искусственное освещение, основанное на использовании светодиодов.

Для того, чтобы интенсивность естественного света не превышала комфортного для глаза уровня, в здании используются стекла с затемнением, а также затеняющие конструкции на фасадах. В случае с искусственным освещением в сооружении используется светодиодное освещение. Светодиоды при правильной эксплуатации имеют в 4-16 раз больший срок службы, чем люминесцентные лампы, они потребляют значительно меньше электроэнергии, имеют высокий КПД, в светодиодах отсутствуют вредные компоненты, а также отсутствует мерцания, что положительно влияет на здоровье глаз человека.

В здании Лахта Центра установлено большое количество датчиков присутствия, которые, при необходимости, обеспечивают искусственное освещение в помещениях, в которых находятся люди, и отключают его в помещениях, которыми в настоящее время никто не пользуется. Кроме того, благодаря этим датчикам организуется эффективное использование вентиляционных систем и лифтов, которые переходят в «спящий режим» при отсутствии пассажиров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в России не существует требований по использованию зеленых технологий, все они носят исключительно рекомендательный характер, и их применение, обычно, ограничивается мерами по обеспечению энергоэффективности [10-15]. Зеленые технологии приводят к удорожанию проекта, на стадии строительства, однако за счет экономии в процессе эксплуатации здания подобные вложения могут себя окупить.

Однако, возможно, на примере Лахта Центра зеленые технологии получают большую популярность в нашей стране и приведут к подвижкам в сфере зеленого строительства.

Стоит еще раз отметить, что проектировщиками небоскреба Лахта Центра предусмотрено множество систем, обеспечивающих комфортное нахождение людей на территории здания, рациональное использование ресурсов и энергоэффективность, а также сводящих к минимуму вред окружающей среде. Так, за счет перечисленных технологий экономия энергоресурсов здания составляет порядка 40%, что является весьма значительной суммой, в пересчете на денежные средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаевская З.А., Лазарева Ю.С., Лазарев А.Н. Проблемы внедрения системы "зеленых" стандартов // Молодой ученый. 2015. №16 (96). С. 145-152.
2. Астафьева Н.С., Лагута И.В., Кукарина Е.Е., Емельянова Я.О. Тенденции "зеленого" строительства в мире и современной России // Градостроительство и архитектура. 2019. Т. 9. № 4 (37). С. 109-117.
3. Михайлова М.К., Семашкина Д.О., Советников Д.О. Основные требования, предъявляемые международными и национальным стандартами к зданиям в зеленом строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. №6 (33). С. 7-18.
4. Зверева Т.И., Акбалина З.Ф., Белан Л.Н., Лаздина О.Н. «Зелёные» стандарты в России // Башкирский экологический вестник. 2013. № 1 (34). С. 31-35.
5. Круглова И.А., Плотников В.А. «Зеленое» строительство как направление обеспечения глобальной экономической безопасности // Ученые записки Международного банковского института. 2018. № 1 (23). С. 18-31.
6. Бекова А.В. Сертификация "зеленых" зданий по стандарту LEED // Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. 2019. № 12 (24). С. 6-8.
7. Гамаюнова О.С., Алексеев Д.М., Заворуев Д.Я., Кутдусов И.Р. Здания и сооружения, сертифицированные по рейтинговой системе LEED // Строительство: новые технологии - новое оборудование. 2021. № 1. С. 32-37.
8. Вилинская А.О., Немова Д.В., Давыдова Е.И., Гнам П.А. Повышение класса энергоэффективности общественного здания // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 9 (36). С. 7-17.
9. Торшилов Р.А., Гамаюнова О.С. Smart-остекление в гражданском строительстве // AlfaBuild. 2020. № 1 (13). С. 13-20. DOI: 10.34910/ALF.13.3
10. Чакин Е.Ю., Гамаюнова О.С. Современные тенденции повышения энергоэффективности зданий // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 212-215.
11. Чиркова Ю.Э., Бабаев М.В., Птухина И.С. Преимущества применения энергоэффективных технологий в зданиях // В сборнике: Неделя науки ИСИ. Материалы всероссийской конференции в 3-х частях. Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Санкт-Петербург, 2021. С. 220-223.
12. Копылова А.И., Богомолова А.К., Немова Д.В. Энергетическая эффективность здания с применением технологии «зеленая кровля» // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 10 (49). С. 20-34.
13. Жорник М.А., Гамаюнова О.С. Высокоскоростное строительство высотных зданий // Высокие технологии в строительном комплексе. 2021. № 1. С. 115-123.
14. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // Vestnik MGSU. 2018. Т. 13. № 8 (119). С. 935-943. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.8.935-943
15. Жигирь А.А. Управление инновационными проектами энергосбережения жилья // В сб.: Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия. Сб. ст. XIX Международной научно-практической конференции. 2020. С. 90-93.

REFERENCES

1. Gaevskaya Z.A., Lazareva Yu.S., Lazarev A.N. Problems of introducing a system of "green" standards // Molodoy uchenyy [Young Scientist]. 2015. No. 16 (96). Pp. 145-152.
2. Astafyeva N.S., Laguta I.V., Kukarina E.E., Emelyanova Ya.O. Trends in "green" construction in the world and modern Russia // Gradostroitel'stvo i arkhitektura [Urban planning and architecture]. 2019. Vol. 9. No. 4 (37). Pp. 109-117.
3. Mikhailova M.K., Semashkina D.O., Sovetnikov D.O. Basic requirements for buildings in green construction by international and national standards // Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 6 (33). Pp. 7-18.
4. Zvereva T.I., Akbalina ZF, Belan L.N., Lazdina O.N. "Green" standards in Russia // Bashkirskiy ekologicheskiy vestnik [Bashkir ecological bulletin]. 2013. No. 1 (34). Pp. 31-35.
5. Kruglova I.A., Plotnikov V.A. "Green" construction as a direction of ensuring global economic security // Uchenyye zapiski Mezhdunarodnogo bankovskogo instituta [Scientific notes of the International Banking Institute]. 2018. No. 1 (23). Pp. 18-31.
6. Bekova A.V. LEED Certification of Green Buildings // Nauka i obrazovaniye: problemy, idei, innovatsii [Science and Education: Problems, Ideas, Innovations]. 2019. No. 12 (24). Pp. 6-8.
7. Gamayunova O.S., Alekseev D.M., Zavoruev D.Ya., Kutdusov I.R. Buildings and structures certified according to the LEED rating system // Stroitel'stvo: novyye tekhnologii - novoye oborudovaniye [Construction: new technologies - new equipment]. 2021. No. 1. Pp. 32-37.
8. Vilinskaya A.O., Nemova D.V., Davydova E.I., Gnam P.A. Improving the energy efficiency class of a public building // Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 9 (36). Pp. 7-17.
9. Torshilov R.A., Gamayunova O.S. Smart glazing in civil construction // AlfaBuild. 2020. No. 1 (13). Pp. 13-20. DOI: 10.34910/ALF.13.3

10. Chakin E.Yu., Gamayunova O.S. Modern trends in improving the energy efficiency of buildings // In: Science Week of ICE. Materials of the All-Russian conference in 3 parts. Institute of Civil Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. St. Petersburg, 2021. Pp. 212-215.

11. Chirkova Yu.E., Babaev M.V., Ptukhina I.S. Advantages of using energy efficient technologies in buildings // In: Science Week of ICE. Materials of the All-Russian conference in 3 parts. Institute of Civil Engineering of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. St. Petersburg, 2021. Pp. 220-223.

12. Kopylova A.I., Bogomolova A.K., Nemova D.V. Energy efficiency of a building using green roof technology // Construction of unique buildings and structures. 2016. No. 10 (49). Pp. 20-34.

13. Zhornik M.A., Gamayunova O.S. High-speed construction of high-rise buildings // Vysokiye tekhnologii v stroitel'nom komplekse [High technologies in the construction complex]. 2021. No. 1. Pp. 115-123.

14. Musorina T.A., Gamayunova O.S., Petrichenko M.R. Thermal regime of enclosing structures in high-rise buildings // Vestnik MGSU. 2018. Vol. 13. No. 8 (119). Pp. 935-943. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.8.935-943

15. Zhigir A.A. Management of innovative projects for energy saving in housing // In: Experience and problems of reforming the management system at a modern enterprise: tactics and strategy. Sat. Art. XIX International Scientific and Practical Conference. 2020. Pp. 90-93.

ОБ АВТОРАХ

Всеволод Александрович Пашкевич – студент. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: vsd.pash@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

Vsevolod A. Pashkevich – student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: vsd.pash@gmail.com