

УДК 692.4

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ЗЕЛЕНАЯ КРОВЛЯ»

В.М. Саматова¹, О.С. Гамаюнова²

^{1,2} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. В настоящее время с увеличением интенсивности застройки и недостатка зеленых насаждений в городах значительно ухудшилась экологическая ситуация. Экологическая проблема, вызванная увеличением концентрации возводимых зданий и сооружений, стала предпосылкой для применения озеленения в строительстве и восполнения плотности зеленых насаждений. В статье рассмотрена технология «зеленая кровля», приведено описание характерных особенностей основных слоев, составляющих «зеленое» кровельное покрытие. Приведен обзор двух типов «зеленых кровель» и указания по их применению. Экстенсивную кровлю следует применять для зданий с малым воспринимаемым весом или для реставраций зданий с заменой обычного покрытия на зелено (при предварительном расчете допустимой нагрузки). Интенсивное озеленение следует применять при новом строительстве для создания дополнительных общественных пространств и мест отдыха. В статье проанализированы достоинства и недостатки озеленения кровельных покрытий. Изучена актуальность применения технологии «зеленая кровля» в России на примерах уже существующих зданий и сооружений. В статье значительное внимание уделено изменениям энергоэффективности зданий с применением технологии «зеленая кровля» путем анализа уже существующих научных работ. В заключении сделаны выводы о пользе и энергетической эффективности «зеленой кровли».

Ключевые слова: кровля, кровельное покрытие, зеленая кровля, зеленые крыши, экстенсивное озеленение, интенсивное озеленение, энергоэффективность, строительство, экология.

Ссылка для цитирования: Саматова В.М., Гамаюнова О.С. Энергетическая эффективность зданий с применением технологии «зеленая кровля» // Инженерные исследования. - 2021. - № 4(4). - С. 24-32. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/24-32.pdf>

ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS USING GREEN ROOF TECHNOLOGY

V.M. Samatova¹, O.S. Gamayunova²

^{1,2} Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. At present, with an increase in the intensity of development and a lack of green spaces in cities, the ecological situation has significantly deteriorated. An environmental problem caused by an increase in the concentration of buildings and structures under construction has become a prerequisite for the use of landscaping in construction and replenishment of the density of green spaces. The article discusses the technology "green roof", provides a description of the characteristic features of the main layers that make up the "green" roofing. An overview of two types of "green roofs" and instructions for their use are given. Extensive roofing should be used for buildings with low perceived weight or for building refurbishments with a green substitute for conventional roofing (with a preliminary calculation of the permissible load). Intensive landscaping should be used in new construction to create additional public spaces and recreational areas. The article analyzes the advantages and disadvantages of roofing greening. The relevance of the application of the "green roof" technology in Russia has been studied on the examples of already existing buildings and structures. The article focuses on changes in the energy efficiency of buildings with the use of green roof technology by analyzing already existing scientific works. In conclusion, conclusions are drawn about the benefits and energy efficiency of the "green roof".

Keywords: roof, roof covering, green roof, green roofs, extensive landscaping, intensive landscaping, energy efficiency, construction, ecology.

For citation: Samatova V.M., Gamayunova O.S. Energy efficiency of buildings using green roof technology // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. - 2021. - No. 4(4). - Pp. 24-32. – URL: <http://eng-res.ru/archive/2021/4/24-32.pdf>

ВВЕДЕНИЕ

В погоне за модернизацией и новыми технологиями возведения зданий не стоит забывать о негативном влиянии стремительного строительства на окружающую среду. В настоящее время с увеличением интенсивности застройки и недостатка зеленых насаждений в городах значительно ухудшилась экологическая ситуация. Экологическая проблема, вызванная увеличением концентрации возводимых зданий и сооружений, стала предпосылкой для применения озеленения в строительстве и восполнения плотности зеленых насаждений.

Применение технологии «зеленая кровля» является одним из способов снизить агрессивное влияние строительства на окружающую среду и обеспечить комфортные условия для жизни и деятельности человека. Зеленые насаждения выделением кислорода помогают отфильтровывать вредные загрязнения воздуха, в том числе взвешенные частицы, которые негативно влияют на здоровье человека [1].

Устройство зеленых кровельных покрытий привлекает все большее внимание застройщиков, ведь данная технология позволяет сократить пагубное воздействие на экологическую ситуацию наряду с увеличением энергоэффективности и сроков эксплуатации элементов кровли возводимого здания. А для архитекторов и градостроителей зеленая кровля выступает дополнительным пространством для организации открытых общественных зон с декоративным ландшафтным озеленением в условиях стесненной городской застройки [2].

Помимо экологических и тепло-энергоэффективных качеств зеленые кровли повышают качество жизни людей и сохраняют эстетику зеленого облика в городской среде. А для офисных, административных и общественных зданий зеленая кровля является не только средством, понижающим затраты на энергоэффективность, но и способом привлечения клиентов [1-6].

ТИПЫ «ЗЕЛЕННЫХ КРОВЕЛЬ» И ИХ КОНСТРУКЦИИ

Технология озеленения кровли появилась около 600 г. до н.э. – всем известное одно из семи чудес света «Висячие сады Семирамиды». В Европе к середине XIX века, благодаря возникновению новых строительных материалов – металлической плетеной сетки «рабица» технология «зеленых кровель» получила второе рождение [3, 7]. На сегодняшний день озеленение кровель продолжает набирать обороты, так как в дизайне последнего десятилетия наблюдается склонность к экостилю.

Основной особенностью «зеленой кровли» является рациональное использование площади крыши для расположения на ней слоя грунта с различными видами растений. Технологию «зеленая кровля» можно применять практически в любом климате, главное грамотно подобрать растения пригодные для данной местности [8].

В зависимости от вида покрытия, желаемого результата и допустимой воспринимаемой нагрузкой зеленая кровля подразделяется на два основных типа: экстенсивная и интенсивная. Примеры использования экстенсивной и интенсивной кровли представлены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1. Экстенсивная кровля в кампусе университета Сбербанка¹

Fig. 1. Extensive roofing on campus Sberbank University



Рис. 2. Интенсивная кровля подземного паркинга ЖК «Only» г. Москва²

Fig. 2. Intensive roofing of underground parking LCD "Only" Moscow

¹ Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. Университет Сбербанка [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/korporativnyj-universitet-sberbanka-mo/> (дата обращения: 08.11.2021)

² Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. ЖК «Only» [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/oselenenie-parkinga-only/> (дата обращения: 08.11.2021)

Экстенсивная кровля предполагает применение травянистых и засухоустойчивых растений на тонком слое почвы. Данный тип кровли имеет малый вес от 60 до 300 кг/м². В то время как вес интенсивной кровли может достигать 700 кг/м² и более. Экстенсивная кровля не требует тщательного ухода за растениями, полива и значительных инвестиционных ресурсов. Экстенсивное озеленение кровель подходит для применения на уже существующих постройках при условии выполнения допустимой воспринимаемой нагрузки на строительные конструкции. Стоит отметить, что при минимальных требованиях по обслуживанию экстенсивной кровли, рекомендуется, проводить очистку от сорняков и травы водостоков своевременно [1, 7].

Интенсивная кровля – сочетает применение низкорослых растений, кустарников, деревьев и малых архитектурных форм. Кровли, созданные таким образом, имеют оригинальный и впечатляющий внешний вид и предполагают постоянное пребывание людей. Растения, применяемые для интенсивной кровли, могут достигать 4 м в высоту при условии, что слой грунта более 1 м, а дренажный слой более 0,2 м. Из-за значительного слоя грунта, большого количества растений и малых архитектурных форм, интенсивные кровли имеют значительный вес, поэтому еще на этапе проектирования необходимо учитывать нагрузки от кровли и восприятие их конструкциями. В интенсивной кровле слой грунта позволяет сохранять тепло и предотвращать перегрев внутренних пространств. Но стоит отметить, что данный вид озеленения требует высокого уровня организационного, технического обслуживания, а также значительных инвестиционных ресурсов [1, 7, 8].

Система зеленой кровли обладает множеством слоев (рис. 3), которые могут меняться в зависимости от типа озеленения.

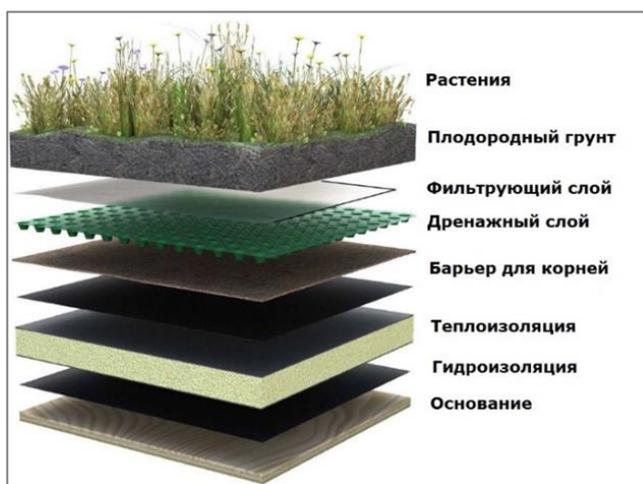


Рис. 3. Схематическое изображение состава зеленой кровли [9]
Fig. 3. Schematic representation of the composition of the green roof

Рассмотрим основные составляющие покрытия «зеленой кровли» [1, 7-10]:

1. основание – несущие элементы конструкции кровли (железобетонные плиты, металлические обрешётки и др.);

2. гидроизоляционный слой – служит разделяющей прослойкой между грунтом и кровлей, защищает материалы основания кровли от попадания влаги. В качестве гидроизоляции используются ПВХ-мембраны, ТПО-мембраны, полимерно-битумные рулонные материалы. Нарушение технологии укладки мембраны или ее неправильный подбор является основной причиной возникновения проблем в процессе эксплуатации всей системы;

3. теплоизоляция – слой кровли, уменьшающий теплопередачу путем изолирования теплопроводящего тела (в нашем случае основания). Данный слой выполняется из плит утеплителя (экструдированный пенополистирол или полиуретан в виде пены, минераловатные плиты и т.д);

4. барьер для корней (противокорневая мембрана) – защищает основание от механических повреждений, которые могут нанести корни растений;

5. дренажный слой – слой, частично задерживающий воду для поддержания жизненного цикла растений;

6. фильтрационный слой – слой, задерживающий частицы субстрата и ненужные осадки для предотвращения засорения дренажа. В качестве фильтрационного слоя как правило используют геотекстиль;

7. плодородный грунт – субстрат, аналог почвы имеющий малый вес, высокую пористость и влагоемкость. Толщина почвенного субстрата определяется в зависимости от типа кровли и вида применяемых растений;

8. растения - высадка зеленых насаждений начинается после укладки всех основных слоев.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ «ЗЕЛЕННЫХ КРОВЕЛЬ»

Применение технологии «зеленая кровля» привлекает все большее внимание архитекторов для ее использования в крупных городах, где в серых каменных джунглях порой совсем не остается места для зеленых зон. Данная технология позволяет улучшить эстетическое качество городской среды и восполнить плотность зеленых насаждений.

Зеленое покрытие обладает значительным числом положительных факторов, среди которых [2, 8-13]:

– снижение эффекта «теплового острова» - в летний период в условиях плотной застройки плоские кровли значительно нагреваются от воздействия солнечных лучей и по закону теплообмена начинают выделять тепло, тем самым значительно увеличивая температуру окружающей среды. Растения и слой грунта не позволяют перегреваться кровле и нейтрализуют это явление;

– решение проблем кондиционирования и аккумуляции тепла помещений (энергоэффективность) - зеленые насаждения уменьшают температурные колебания поверхностей здания, что приводит к значительно меньшим затратам на обогрев и охлаждение;

– дополнительная шумоизоляция – благодаря озеленению кровли можно добиться снижения шума в пределах от 2 до 10 децибел;

– увеличение сроков эксплуатации кровли – растения задерживают ультрафиолетовые лучи и защищают от механических воздействий, в связи с чем долговечность конструкции кровли повышается на 60%;

– снижение объемов ливневых стоков – применения дренажа в кровельном «пироге» и постепенное поглощением воды растерями удерживает 70-90% выпадающих осадков летом, и 25-40% зимой, тем самым значительно снижая нагрузку на коммунальные системы;

– повышение пожарной безопасности - очаг возгорания на крыше с зелеными растениями (включая их период покоя, без вегетации) будет распространяться по зеленой кровле значительно медленнее, чем по обычной;

– создание дополнительных пространств отдыха и развлечений – при использовании интенсивного озеленения с применением малых архитектурных форм добавляются альтернативные элементы благоустройства на крышах;

– улучшение экологической ситуации – зеленые растения являются источником кислорода и уменьшают количество пыли и вредных веществ в воздухе практически на 20%. А грунтовый слой и абсорбирующие возможности зеленых насаждений способствует поддержанию влажности воздуха путем планомерного испарения воды из почвы и листьев.

Помимо всего вышперечисленного, озеленение кровли приносит разнообразие в городскую застройку, является способом привлечения внимания и влияет на психологическое состояния жителей, путем погружения людей в живую атмосферу природы.

Все перечисленные факторы, являются неоспоримыми достоинствами применения данного типа кровель, но стоит отметить, что «зелёная кровля» имеет и свой ряд недостатков [7, 12-15]:

– значительный вес кровли, который создает дополнительные нагрузки и требует применения высокопрочных строительных конструкций;

– при реконструкции зданий, далеко не для всех применима замена типовой кровли на зеленую, как уже говорилось ранее из-за ее большого веса;

– возникновение микроорганизмов и химических веществ в грунте, которые пагубно воздействуют на гидроизоляционные материалы;

– высокий уровень влажности для поддержания комфортных условий зеленых насаждений, может пагубно влиять на основание кровли при неверной технологии возведения зеленого покрытия;

– высокая начальная стоимость устройства кровли, а также в случае проведение ремонтных работ затраты будут иметь значительных характер;

– повышенная сложность при монтаже;

– невозможность контроля состояния гидроизоляционного слоя;

- потребность в уходе за кровлей;
- необходимость в организации своевременной прочистки водостоков от частиц почвы и растений.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ В РОССИИ ПРОЕКТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ЗЕЛеноЙ КРОВЛИ»

Впервые применение озеленения кровли в России было в XVII веке, его установили над погребями и складами Московского Кремля, но данная технология не получила массового распространения в архитектуре, а лишь явилась демонстрацией роскоши. В XVIII веке технология зеленой кровли была использована при обустройстве Зимнего дворца, садика в Малом Эрмитаже и Царского Села [3, 7, 10]. На сегодняшний день, актуальность технологии «зеленая кровля» и число поклонников данного способа преобразования пространства растет из года в год. В крупных городах России применение озеленения кровли в коммерческих и жилых строительстве уже не кажется чем-то недоступным. Примеры использования зеленых покрытий есть не только в мегаполисах, но и в менее крупных городах, таких как Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Калининград, Пермь, Ижевск [3].

Ярким примером обращения зеленой кровли является гостинично-деловой комплекс «Crowne Plaza» в г. Санкт-Петербург (рис. 4). Реализация данного проекта была выполнена системами экстенсивной кровли компании Bauder в 2011 году. И на сегодняшний день кровля не потеряла своих эстетических качеств, так как при возведении здания сотрудниками Горного института и Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской Академии Наук были квалифицированно проведены работы по подбору подходящих видов и форм растений в зависимости от климата Санкт-Петербурга. Зеленая кровля занимает более 60% площади крыши, что в свою очередь составляет более 2000 м³ [7, 16, 17].

Ландшафтная компания «Фрея» также занимается озеленением кровель. Помимо установки зеленого покрытия ЛК «Фрея» подбирает растения пригодные для места строительства и выращивает рассады. Одним из проектов данной компании является обустройство беседки в г. Пермь (рис. 5). Основная особенность беседки – скатная кровля, для которой был применен тип экстенсивного озеленения из рулонного газона. Общая площадь зеленой кровли составила 35 м² [2].



Рис. 4. Экстенсивная кровля гостиницы Crowne Plaza, г. Санкт-Петербург³

Fig. 4. Extensive roof of the Crowne Plaza hotel, St. Petersburg



Рис. 5. Беседка со скатной кровлей, г. Пермь⁴

Fig. 5. Gazebo with pitched roof, Perm

³ Новая зеленая кровля в Санкт-Петербурге [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.bauder.ru/ru/kompanija/novosti/novosti/details/backto/novosti-2/article/novaja-zelenaja-krovlja-v-sankt-peterburge.html> (дата обращения: 08.12.2021)

⁴ Пермь, крафтовая беседка от "Шалаше" [Электронный ресурс]. - URL <http://bioroof.ru/galereya/album/perm-kraftovaya-besedka-ot-shalashе> (дата обращения: 08.11.2021)

В настоящее время существует ряд компаний, которые занимаются озеленением кровли. Компания ZinCO является одной из ведущих в данной области. ZinCO был реализован проект по обустройству стилобатной части паркинга ЖК «Дом Газпрома» в г. Москва (рис. 6). На эксплуатируемой кровле площадью 1500 м² была применена система «Сад на крыше». На сегодняшний день, кровля подтвердила высокие сроки эксплуатации и является общественным пространством для рекреации и нужд населения. Помимо данного проекта компания осуществила обустройство станции метро «ЦСКА» (г. Москва), стилобата подземного паркинга ЖК Вавилова (г. Москва), учувствовала в озеленение крыши «Городской Площади» в Москва-Сити [17].



Рис. 6. Обустройство кровли паркинга ЖК «Дом Газпрома», г. Москва⁵
Fig. 6. Arrangement of the roof of the parking lot of the residential complex "Gazprom House", Moscow

Приведенные выше примеры подтверждают развитие и использование технологии «зеленая кровля» в России. Строительные компании идут в ногу со временем, заботятся об окружающей среде и рационально используют территории, отданные под застройку, за счет применения озеленения кровель. Хотя данный тип конструкций еще не достиг массового распространения из-за существенных затрат и сложности возведения, отечественные компании уже сделали заметный шаг в этом направлении.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗДАНИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЮ «ЗЕЛЕНАЯ КРОВЛЯ»

В зависимости от климатических условий местности, на которой планируется использование технологии «зеленая кровля», изменяется состав слоев кровельного «пирога». Для корректного и экономически выгодного использования озеленения покрытий, необходимо производить теплотехнические расчеты [19].

В работе [20] проведен теплотехнический расчет и дана оценка влияния зеленой кровли на энергоэффективность здания. В своей работе А.И. Копылова, А.К. Богомолова, Д.В. Немова проводили теплотехнический расчет для жилого здания и здания школы с различным соотношением площади покрытия к площади ограждающих конструкций и с различными кровельными покрытиями. У школы площадь кровли больше площади ограждающих конструкций. По результатам расчетов количества теплотеперь через оболочку зданий, авторами была составлена таблица с сравнением годовых затрат тепловой энергии на отопление (табл. 1). А также представлена диаграмма экономического сопоставления затрат на отопление (рис. 7).

Таблица 1. Годовые затраты тепловой энергии на отопление здания [20]
Table 1. Annual costs of thermal energy for heating the building

№	Наружные ограждающие конструкции здания	Годовой расход тепловой энергии	Затраты тепловой энергии на отопление здания
		Гкал/год	Руб./год
1	Жилого дома с применением обычной кровли	533,2	690590
2	Жилого дома с применением технологии «зеленая кровля»	519,3	672587
3	Школа с применением обычной кровли	837,6	1084843

⁵ Эксплуатируемые крыши и кровельное озеленение по технологии ZinCo. Портфолио [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.zinco.ru/portfolio/page/2/> (дата обращения: 08.12.2021)

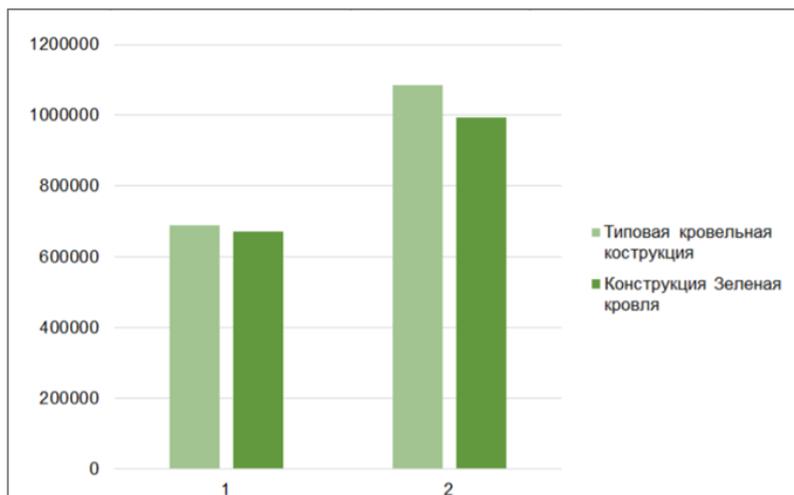


Рис. 7. Экономическое сопоставление затрат на отопление в руб/год [20]
Fig. 7. Economic comparison of heating costs in rubles/year

На основании полученных в статье [7] данных, можно сделать вывод, что зеленая кровля сокращает годовой расход тепловой энергии для здания, следовательно, увеличивает его энергоэффективность и сокращает расходы на отопление. На рисунке 4.1 статьи [7] видно, что годовые затраты на отопление значительно меньше при большей площади кровли по отношению к ограждающим конструкциям.

В статье [21] по теплотехническим расчетам оценивалось влияние сезонных температур шести различных климатических районов (Ростов-на-Дону - ПВ, Москва - ПВ, Санкт-Петербург - ИД, Астрахань - IVГ, Сочи – ИБ и Ханты-Мансийск - ИВ) для двух покрытий: зеленая кровля «ГН-Кровля Грин» от компании Технониколь и «традиционного» кровельного покрытия. После проведения теплотехнического расчета, по полученным данным Е.В. Сысоева, И.В. Морозов составили сравнительную диаграмму энергоэффективности устройства «зеленой кровли» в каждом из шести климатических районов (рис. 8).

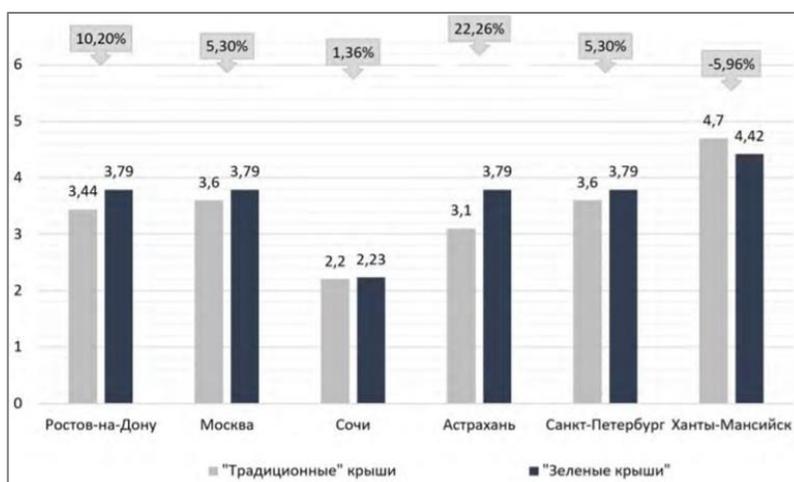


Рис. 8. Диаграмма энергоэффективности устройства «зеленой крыши» в 6 разных климатических районах России [21]

Fig. 8. Diagram of the energy efficiency of the "green roof" device in 6 different climatic regions of Russia

По приведённой диаграмме, можно сделать вывод, что не во всех климатических районах, замена «традиционной» кровли на «зеленую» дала положительный результат. Для Ханты-Мансийска с климатическим районом ИВ изменение типа кровли на экстенсивное озеленение не обеспечило улучшение теплопередачи. Однако, для остальных городов реорганизация кровли продемонстрировала положительное изменение энергоэффективности от 1,36% до 22,26%, и как следствие приведет к уменьшению экономических затрат. Максимальное увеличение энергоэффективности до 22,26% от применения технологии «зеленая кровля» можно получить в городах с климатическим районом IVГ (Астрахань).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного анализа, можно сделать вывод о том, что «зеленая кровля» обладает целым рядом преимуществ, но ключевыми и более значимыми являются энергоэффективность и экологичность. Зеленое строительство применимо практически во всех климатических районах России, оно способно улучшить экологическую обстановку, восстановить плотность зеленых насаждений и увеличить количество паркового-садовых зон в центральных частях мегаполисов и крупных городов. А за счет толщины и теплотехнических показателей «пирога» кровли, «зеленая кровля» сокращает затраты на охлаждение и отопление помещений, увеличивает энергоэффективность зданий путем снижения теплопотерь через внешние покрытия.

Технология «зеленая кровля» по типу покрытий подразделяется на экстенсивную и интенсивную. Экстенсивную кровлю следует применять для зданий с малым воспринимаемым весом или для реставраций зданий с заменой обычного покрытия на зелено (при предварительном расчете допустимой нагрузки). Интенсивное озеленение следует применять при новом строительстве для создания дополнительных общественных пространств и мест отдыха. При использовании технологии «зеленая кровля» необходимо еще на этапе проектирования учитывать дополнительные нагрузки, вызванные значительным весом данной кровли.

На сегодняшний день, технология «зеленая кровля» еще не получила значительного распространения, но тема озеленения покрытий актуальна и представляет собой практическое значение, а развитие науки и появление заинтересованных строительных компаний, способствует массовому распространению технологии «зеленая кровля».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклушина И.В., Бойкова А.В., Усова А.В. Зеленая кровля и ее актуальность // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 62-3. – С. 42-45. – DOI 10.18411/lj-06-2020-58
2. Лелекова Е.В., Зыкин А.Е. Зеленые кровли: востребованная необходимость // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров: Вятский государственный университет, 2021. С. 289-293.
3. Хуснутдинова А.И., Александрова О.П., Новик А.Н. Технология вертикального озеленения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 12 (51). С. 20-32.
4. Корниенко С.В., Гончаров С.В. Строительство зеленых крыш: проблемы теплозащиты // Социология города. 2020. № 3. С. 62-70.
5. Корниенко С.В., Гончаров С.В. Оценка теплового воздействия зеленых крыш на окружающую среду // В сборнике: Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции. Сборник докладов VIII Всероссийской научно-технической конференции, посвященной столетию МИСИ-МГСУ. Москва, 2020. С. 19-25.
6. Корниенко С.В. Теплозащита зеленых крыш ГОСТ введен - проблемы остаются // Энергосбережение. 2020. № 6. С. 52-57.
7. Луговая К.В., Денисенко Ю.С., Смехота Л.А. Зеленые кровли жилых зданий // Молодой исследователь Дона. 2018. № 3(12). С. 72-75.
8. Мальцева Е.А., Егорова Д.А. Зеленая кровля. Ее применение в климатических условиях Санкт-Петербурга // Синергия наук. 2018. № 21. С. 478-505.
9. Жукова А.О. Системы озеленения современных высотных зданий // Фундаментальные и прикладные научные исследования: вопросы и перспективы развития. Социальное и экономическое развитие в XXI веке. особенности развития современной науки: актуальные вопросы, открытия и перспективы. Томск: ИП Шелистов Денис Александрович (Издательский центр "Quantum"), 2019. С. 102-107.
10. Косова И.Я., Полякова А.А. Эксплуатируемые "зеленые" крыши // Проектирование и строительство: сборник научных трудов 3-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров / Юго-Западный государственный университет, Московский государственный машиностроительный университет. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 244-246.
11. Помыканова А.А., Кирина А.В. Зеленая кровля: преимущества и перспективы применения // Технические науки на службе создания и прогресса: сборник статей Международной научно-практической конференции. Самара: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2017. С. 123-125.
12. Кононова О.Ю., Лукашова Н.В. Перспективы развития проекта "зеленые крыши" в России // Российская наука: направления, идеи, результаты: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Екатеринбург: Общество с ограниченной ответственностью "Научное партнерство "Апекс", 2018. С. 98-101.
13. Бутузова М.А., Кравцова Е.О. Озеленение крыш: достоинства и недостатки, виды, устройство // Вопросы технических наук в свете современных исследований: Сборник статей по материалам I международной научно-практической конференции. Новосибирск: Ассоциация научных сотрудников "Сибирская академическая книга", 2017. С. 27-32.

14. Копылова А.И. Экономическая целесообразность применения зеленых кровель при реконструкции зданий // AlfaBuild. 2017. № 2(2). С. 18-22.
15. Бунина А.А. Зеленые кровли в условиях плотной застройки зеленого город // Юность и знания - гарантия успеха -2021: Сборник научных трудов 8-й Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Курск, 16–17 сентября 2021. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. С. 174-177.
16. Евтушенко И.И., Тютин А.Д., Нуриев В.Э., Согомонян С.А. Технология проектирования эксплуатируемых кровель в условиях плотной городской застройки // Инженерный вестник Дона. 2019. № 5(56). С. 50.
17. Сахновский В.А., Полоз М.С. Реализация зеленых кровель в условиях Санкт-Петербурга // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тихоокеанский государственный университет", 2017. Т. 3. С. 134-139.
18. Осетрина Д.А., Демидова А.С. Зеленые кровли в контексте Российской Федерации // Colloquium-journal. 2020. №. 13-1. С. 8-11.
19. Лаушкина Е.И., Городишенина А.Ю., Кузьминых А.Р. Калькулятор Green Zoom // В сборнике: Неделя науки СПбПУ. материалы научной конференции с международным участием, Инженерно-строительный институт. В 3 ч.. отв. ред. Н. Д. Беляев, В. В. Елистратов. 2019. С. 222-225.
20. 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.
21. Сысоева Е. В., Морозов И.В. Оценка энергоэффективности «зеленых крыш» в разных климатических зонах России в летний и зимний сезоны // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: Сборник докладов Первой Национальной конференции. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. С. 572-578.

ОБ АВТОРАХ

Валерия Маратовна Саматова – студентка бакалавриата. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: lera.samatova.20@gmail.com

Ольга Сергеевна Гамаюнова – к.т.н., доцент Высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru

ABOUT THE AUTHORS

Valeria M. Samatova – bachelor's student. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: lera.samatova.20@gmail.com

Olga S. Gamayunova – Ph.D., Associate Professor of the Higher School of Industrial, Civil and Road Construction. Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: gamayunova_os@spbstu.ru