

Исследование сопротивления теплопередачи при устройстве «зеленой кровли» в сравнении с традиционной кровлей

В.В.Балагуров, Е.В.Комова, А.Е. Безроднов, П.Г. Гравдина, П.А. Паньков

Сибирский федеральный университет, Красноярск

Аннотация: Реорганизация существующих покрытий зданий общественного назначения в покрытие по технологии «зеленая кровля» возможна в случаях генерирования экстенсивного типа зеленой кровельной системы и крайне редко – интенсивного типа. В уточнение к вышесказанному, нагрузка от зеленой кровли экстенсивного типа в водонасыщенном состоянии на несущую часть конструктивной системы здания составляет 80...100 кг/м² при толщине субстрата не более 0,07...0,15 м. Следовательно, в большинстве случаев внедрение данного типа зеленого покрытия в здания общественного назначения сложившейся застройки осуществимо.

Ключевые слова: зеленая кровля, термическое сопротивление, прочность частей конструкции, функциональная зона, предельные состояния, строительство, технология и организация строительства.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие и расширение крупных городов привело к ухудшению состояния экологического баланса и стремительному сокращению площадей озелененных территорий. Более того, по данным дистанционного зондирования [1] площадь озеленения Москвы на 2000 г. составляла 39751,2 га, а до проекта по расширению 2012 г. с учетом прироста и сокращения зеленых насаждений - 39135,1га, т.е. за 12 лет площадь зеленых зон сократилась на 1,5%. В центральной части мегаполисов процент озеленения территории гораздо ниже по сравнению с периферийными районами. Данная ситуация наблюдается в г. Москве в центральном административном округе, где на долю зеленых насаждений на период до проекта по расширению 2012 г. приходится только 16% - минимальный показатель степени озеленения из всех административных округов г. Москвы. Возникает необходимость в применении экологических и технологических систем как метода решения задач по увеличению энергоэффективности, безопасности и экологичности. [1].

В центральных частях крупных городов концентрация зданий общественного назначения максимальна и составляет 90% и более. По проведенным аналитическим расчетам с использованием программного комплекса QGIS (Quantum GIS) Desktop процентное соотношение общественных функциональных зон центральной части г. Москвы в пределах садового кольца превалирует над остальными зонами и достигает 95,4%.

Для сложившейся застройки центральных частей крупных городов преимущественно общественными зданиями оптимальным вариантом решения проблем экологичности и энергоэффективности может стать частичная замена и усовершенствование существующих покрытий с применением технологии «зеленая кровля». В дополнение к вышесказанному, это позволит эффективно использовать площадь покрытия общественных зданий и компенсировать низкий процент озеленения до максимально возможного при условии устройства «зеленой кровли» по расчету на нагрузки. [2].

Реорганизация существующих покрытий зданий общественного назначения в покрытие по технологии «зеленая кровля» возможна в случаях генерирования экстенсивного типа зеленой кровельной системы и крайне редко – интенсивного типа. В уточнение к вышесказанному, нагрузка от зеленой кровли экстенсивного типа в водонасыщенном состоянии на несущую часть конструктивной системы здания составляет 80...100 кг/м² при толщине субстрата не более 0,07...0,15 м. Следовательно, в большинстве случаев внедрение данного типа зеленого покрытия в здания общественного назначения сложившейся застройки осуществимо. Между тем, зеленая кровля интенсивного типа представляет собой наличие обильной травяной растительности, кустарников и деревьев, что влечет за собой увеличение толщины субстрата до 0,2...0,6 м и нагрузок до 180...500 кг/м². Соответственно, устройство интенсивного типа зеленой кровельной системы должно быть запланировано на стадии проекта и в исключительных случаях

может быть применено в покрытиях существующих зданий с большим запасом на допустимые нагрузки на нижестоящие несущие элементы здания.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи и нормативные документы. Преимущества от внедрения «зеленых» технологий в строительстве рассмотрены в работе Бенужа А.А., Колчигина М.А. В данном источнике подробно описаны возможности применения «зеленых» технологий. Решение проблемы экологической обстановки в крупных городах за счет использования «пятого фасада» здания представлено в работе Титовой Н.П.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследования – определить значение увеличения сопротивления теплопередаче R при устройстве «зеленой кровли» в сравнении с традиционной кровлей.

Задачи исследования:

1. Определить удельный вес каждого слоя «зеленой кровли» в процентном соотношении (насколько % в сравнении с традиционной кровлей увеличилась распределенная нагрузка).
2. По расчету определить значение сопротивления теплопередаче каждого образца.
3. Провести аналитическое сравнение экспериментальных и теоретических данных.
4. Сделать выводы о повышении сопротивления теплопередаче при использовании систем «зеленых кровель» в сравнении с традиционными кровлями.

В качестве объекта исследования выступают 3 образца многослойной конструкции покрытия по технологии «зеленая кровля».

Предмет исследования:

- термическое сопротивление теплопередаче многослойной системы слоев «зеленой кровли» R [$\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$]

В эксперименте используются: холодильная установка, температурные датчики и датчики теплового потока, измеритель плотности теплового потока, цифровой usb термометр, образцы «зеленых кровель» и материалы, необходимые для создания герметичного пространства для проведения эксперимента. [3-4]

Этапы проведения эксперимента:

Этап 1. Подготовительный этап заключается в подготовке экспериментальной установки:

- 1.1. Сбор коробов для образцов - квадратного (508x508 мм) в плане контейнера на ножках высотой 400 мм. Размещение образцов в коробки с послойной установкой датчиков в каждом. Присоединение считывающего устройства к датчикам посредством гибких проводов.
- 1.2. Распил полистирольных плит на перегородки необходимых размеров для расположения между образцами. Установка перегородок в проектное положение, фиксация с помощью изоленды. Осуществление герметизации посредством заполнения пустот поролоном.
- 1.3. Размещение коробов с образцами «зеленой кровли» в камере. Фиксация боковой стенки камеры изолендой с предварительно выведенным за пределы установки считывающим устройством.
- 1.4. Размещение вентиляторов под образцами для поддержания стабильной комнатной температуры и создания условий циркуляции теплого воздуха.

Этап 2. Проведение эксперимента.

- 2.1. В герметичном пространстве с образцами многослойной конструкции «зеленой кровли» трех типов для получения микроклимата, приближенного к реальным условиям в зимний период, над верхними слоями образцов посредством включения холодильной установки создается температура $t_n =$
-

-20°C путем поступления холодного воздуха. Предположительно, в течении 24 часов устанавливается стационарный тепловой поток через образцы.

2.2. Снятие показаний датчиков через каждые 24 часа на протяжении n-го количества дней до момента установления стационарного теплового потока. После получения стабильного теплового потока результаты по данным считывающего устройства фиксируют в таблицу. [5-6]

2.3. Осуществление демонтажа конструкции после снятия заключительных показаний.

Этап 3. Обработка результатов, аналитическая часть.

3.1. Производится расчет приведенного термического сопротивления R по формуле Фурье для неоднородных конструкций для каждого образца «зеленой кровли» исходя из выявленных в результате эксперимента значений Q и t , расчет термического сопротивления R по СП 50.13330.2012 [2] по известным данным (толщина слоя и коэффициент теплопроводности).

3.2 Проводится сравнительный анализ результатов, составляются графики зависимостей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По итогам проведения аналитических расчетов сравнение двух технологий покрытия показало, что по теплотехническим показателям «зеленая кровля» превосходит традиционную (т.е. сопротивление теплопередаче конструкции «зеленой кровли» выше).

Составлена методика по исследованию «зеленой кровли» с целью проведения эксперимента. Дальнейшей задачей является экспериментальное исследование образцов «зеленой кровли» по предложенной методике для подтверждения увеличения сопротивления теплопередаче ограждающего покрытия благодаря появлению новых слоев многослойной системы «зеленой кровли» и сравнения полученных данных с расчетом [7-8]

По результатам теоретического анализа результатов исследования выделяются преимущества применения зеленой кровли:

1. Снижение энергозатрат на отопление.
2. Увеличение процента использования площади покрытий.
3. Снижение запыленности и загазованности воздуха.
4. Возникновение акустического барьера от шума.
5. Защита от температурных перепадов в разные периоды года, уменьшение эффекта «городского острова тепла», т.е. снижение температуры воздуха в летний период.
6. Снижение механического повреждения покрытия.
7. Улучшение эстетического восприятия архитектурного облика здания, повышение рейтинга здания по системам BREEAM, LEED и другим экологическим стандартам.
8. Снижение объема ливневых вод: задержка дождевой воды (до 75%) с последующим ее испарением.
9. Кондиционирование внутренних помещений естественным образом (создание комфортной температуры помещений в холодный и теплый периоды).
10. Многообразие растительного покрова.
11. Улучшение психологического состояния населения.

ВЫВОДЫ

Аналитический расчет дал результат: по теплотехническим показателям «зеленая кровля» превосходит традиционную. Технология «зеленая кровля» является необходимой в крупных городах благодаря сохранению экологического баланса города, восстановлению озелененных территорий, улучшению здоровья и увеличению длительной трудоспособности горожан. [9-10].

В заключение, устройство «зеленой кровли» в покрытиях зданий общественного назначения является возможным и целесообразным для повышения экологичности и энергоэффективности.

Литература

1. Новоселова И.В., Страбыкина С.И., Бойко Н.С., Данилейко И.Ю. Перспективы «зеленого» строительства и применения энергосберегающих мероприятий в современной России // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4521
 2. Штайнер В.Ю., Питык А.Н., Архипова Е.С., Колотиенко М.А. Энергосбережение в России: основные проблемы и перспективы // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4564
 3. Renewable Energy Policy in Russia: Waking the Green Giant // IFS Russia renewable energy program In Partnership with the Global Environment Facility (GEF), Washington (United States of America) // ifc.org URL: ifc.org/wps/wcm/connect/bf9fff0049718eba8bcaaf849537832d/PublicationRussiaRREP-CreenGiant-2011-11.pdf?MOD=AJPERES
 4. Renewables in From Opportunity to Reality Russia // International Energy Agency, Paris (France) // iea.org URL: iea.org/publications/freepublications/publication/RenewRus_2003.pdf
 5. Diao Eric Weiguang, Chen Peter Chaoyu. Perovskite Solar Cells: Principle, Materials And Devices. Series On Chemistry, Energy And The Environment // World Scientific, 2017. pp.10-11
 6. Juan Bisquert. The Physics of Solar Cells: Perovskites, Organics, and Photovoltaic Fundamentals // CRC Press, 2017. pp. 11-20
 7. Jens Nørkær Sørensen. General Momentum Theory for Horizontal Axis Wind Turbines // Springer, 2015. pp.151-179
 8. Mukesh Kumar Lalji. Design of Vertical Axis Wind Turbine //
-

Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG, 2012. pp.5-8

9. A.A.M. Sayigh. World Renewable Energy Congress VI: Renewables: The Energy for the 21st Century // Elsevier, 2000. pp.2316-2320

10. Wei Tong. Wind Power Generation and Wind Turbine Design // WIT Press, 2010. pp.277-299

References

1. I.V. Novoselova, S.I. Strabykina, N.S. Bojko, I.Ju. Danilejko. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4521

2. V.Ju. Shtajner, A.N. Pityk, E.S. Arhipova, M.A. Kolotienko. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4564

3. Renewable Energy Policy in Russia: Waking the Green Giant. IFS Russia renewable energy program In Partnership with the Global Environment Facility (GEF), Washington (United States of America). ifc.org URL: ifc.org/wps/wcm/connect/bf9fff0049718eba8bcaaf849537832d/PublicationRussiaRREP-CreenGiant-2011-11.pdf?MOD=AJPERES

4. Renewables in From Opportunity to Reality Russia. International Energy Agency, Paris (France). iea.org URL: iea.org/publications/freepublications/publication/RenewRus_2003.pdf

5. Diao Eric Wei-guang, Chen Peter Chao-yu. World Scientific, 2017. pp. 10-11.

6. Juan Bisquert. CRC Press, 2017. pp. 11-20. Jens Nørkær Sørensen. Springer, 2015. pp. 151-179.

7. Mukesh Kumar Lalji. Lap Lambert Academic Publishing GmbH KG, 2012. pp. 5-8.

9. A.A.M. Sayigh. Elsevier, 2000. pp. 2316-2320.



10. Wei Tong. WIT Press, 2010. pp. 277-299.