

УДК 692.4:712.4

**Н. А. Врублевская<sup>а</sup>, Е. В. Сысоева<sup>б</sup>**

<sup>а</sup> ООО «Специализированный застройщик „Новый город“»

<sup>б</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОЛЬШЕПРОЛЕТНОГО ПОКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАНДАРТНОЙ И ОЗЕЛЕНЕННОЙ КРОВЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Рассмотрены вопросы исследования теплотехнических характеристик большепролетных покрытий на примере покрытия зрительного зала многофункционального зрелищного центра в Московской области. Расчеты подтвердили преимущества «зеленых» кровель перед стандартной кровлей в части теплоэффективности для всех регионов России и возможность сокращения затрат на отопление и вентиляцию за отопительный период. Срок наступления рентабельности и экономической выгоды от сокращения затрат на отопление в зданиях с «зеленой» крышей для различных регионов России оказался различным. Рассмотрены и проанализированы соотношения укрупненной стоимости строительства озелененной кровли и потенциальная экономия на отоплении и вентиляции от ее применения. Определены преимущества и недостатки применения озелененной кровли по большепролетным конструкциям. Сформулирована целесообразность применения озелененной кровли по большепролетным конструкциям на территории России в зависимости от климатической зоны.

**Ключевые слова:** большепролетные конструкции, полунтенсивная кровля, «зеленая» крыша, стальная гиперболическая мембрана, гипар, фермы, пространственная стержневая структура, тонкостенная железобетонная оболочка, теплотехнические характеристики, покрытие, теплопотери, теплоэффективность, энергоэффективность, рентабельность, затраты тепловой энергии на отопление и вентиляцию, зрительный зал, пролет, общественные здания.

### **Введение**

Проблемы экологии и разумного энергопотребления находятся в центре внимания современных ученых. Исследования в этом направлении ведутся в России и за рубежом, развивается концепция зданий с нулевым энергопотреблением [1—11]. Планировка городов строится преимущественно по принципу «делового» центра с высокой плотностью застройки, максимальным процентом общественных зданий (до 90 %) и минимальным количеством зеленых зон, и «спальных» районов на периферии. Среди общественных зданий следует выделить большепролетные здания с зальными помещениями, для которых вопросы энергоэффективности и рентабельности покрытия особенно актуальны. Устройство озелененных покрытий — один из способов комплексного решения вопросов повышения энергоэффективности и улучшения экологии городской среды [12].

Проект здания многофункционального зрелищного центра выбран *объектом исследования*, т. к. имеет классическую планировочную схему — ядром композиции плана является трансформируемый зрительный зал (рис. 1) на 10 200 зрителей с возможностью проведения мероприятий различной направленности — от концертов и спектаклей до спортивных соревнований, конференций и банкетов, что делает целесообразным рассмотреть возможность использования примененных проектных решений в качестве типовых.

Согласно СП 304.1325800.2017 «Конструкции большепролетных зданий и сооружений. Правила эксплуатации» и ГОСТ 30494—2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» в большепролетных зданиях (с пролетом 18 м и более для гражданских и 30 м и более для промышленных и одновременным нахождением более 50 чел.) важно обеспечивать комфортный микроклимат помещения, температуру и влажность воздуха.

*Материалы и методы:* изучение научной и нормативной литературы, проведение расчетов, анализ результатов, сопоставление фактов.

### Результаты

*Целью* исследования был сравнительный анализ теплотехнических характеристик стандартной и озелененной кровельных систем по различным типам большепролетных конструкций в различных климатических зонах России, проведение укрупненного сметного расчета на строительство стандартной и озелененной кровельных систем и выбранных большепролетных конструкций, сравнительный анализ затрат на отопление и вентиляцию за отопительный период помещения зала для различных вариантов большепролетных конструкций с применением стандартной и озелененной кровельных систем с учетом роста тарифов в размере усредненной инфляции, определение наиболее экономически выгодного решения большепролетной конструкции и кровельной системы, определение целесообразности и рентабельности применения выбранного проектного решения «большепролетная конструкция + кровельная система» для разных регионов России, анализ преимуществ и недостатков выбранного наиболее рентабельного проектного решения сочетания типа большепролетной конструкции и кровельной системы.

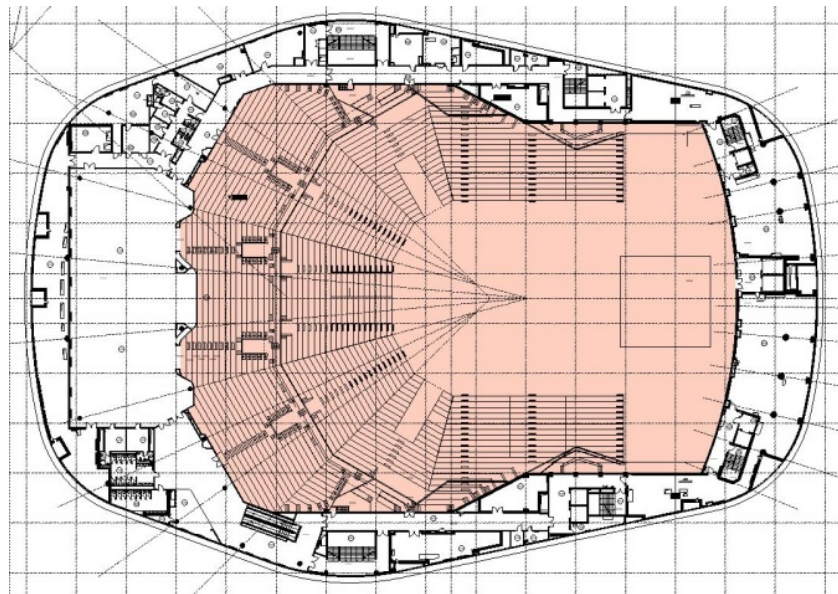


Рис. 1. Многофункциональный зрелищный центр: план

Помещение зрительного зала многофункционального зрелищного центра расположено в объеме всех шести этажей здания и единственной ограждающей конструкцией для него является покрытие. Светопрозрачные проемы в

помещении отсутствуют. В плане зал имеет сложную форму. Пролет 63...77 м перекрыт системой стальных ферм. В качестве многослойной конструкции покрытия применена стандартная (СП 17.13330.2017 «Кровли») кровельная система (рис. 2).

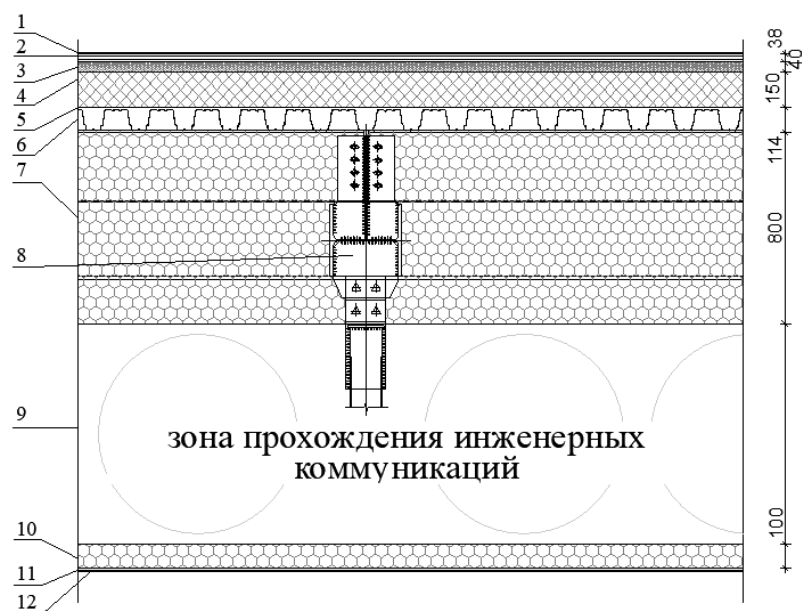


Рис. 2. Конструкция кровли multifункционального зрелищного центра над зрительным залом: 1 — кровельный ковер (полимерная мембрана); 2 — акустическая мембрана (3 слоя гипсокартона); 3 — минераловатная плита ТЕХНОРУФ В60 40 мм; 4 — минераловатная плита ТЕХНОРУФ Н30 150 мм; 5 — пароизоляция (полимерная пленка); 6 — профнастил стальной оцинкованный 114 мм; 7 — звукоизоляционная плита «Технониколь Техноакустик» 800 мм; 8 — система крепления акустического слоя; 9 — зона прохождения инженерных коммуникаций; 10 — звукоизоляционная плита «Шуманет-ЭКО» в профиле КНАУФ 100 мм; 11 — стеклоткань; 12 — плетеная оцинкованная сетка  $D = 1 \text{ мм}/15 \times 15 \text{ мм}$

Для проведения исследования выбрана конструкция полунтенсивной кровли (ГОСТ Р 58875—2020 «Озеленяемые и эксплуатируемые крыши зданий и сооружений»), как наиболее оптимальная по возможностям использования и позволяющая определить показатели теплоэффективности озелененных крыш (рис. 3).

Результаты исследования полунтенсивной кровли дают возможность оценить потенциальную эффективность экстенсивной и интенсивной кровельных систем для дальнейших исследований.

Для определения наиболее рациональной большепролетной конструкции для помещения зала сложной формы, помимо примененных стальных ферм, были выбраны структурная плита, мембранная стальная гиперболическая оболочка и тонкостенная железобетонная оболочка по пневмоопалубке (СП 304.1325800.2017 «Конструкции большепролетных зданий и сооружений. Правила эксплуатации»). Для большепролетных конструкций плоскостных ферм и структурной плиты рассмотрены варианты покрытия по профнастилу Н14 и монолитной железобетонной плите.

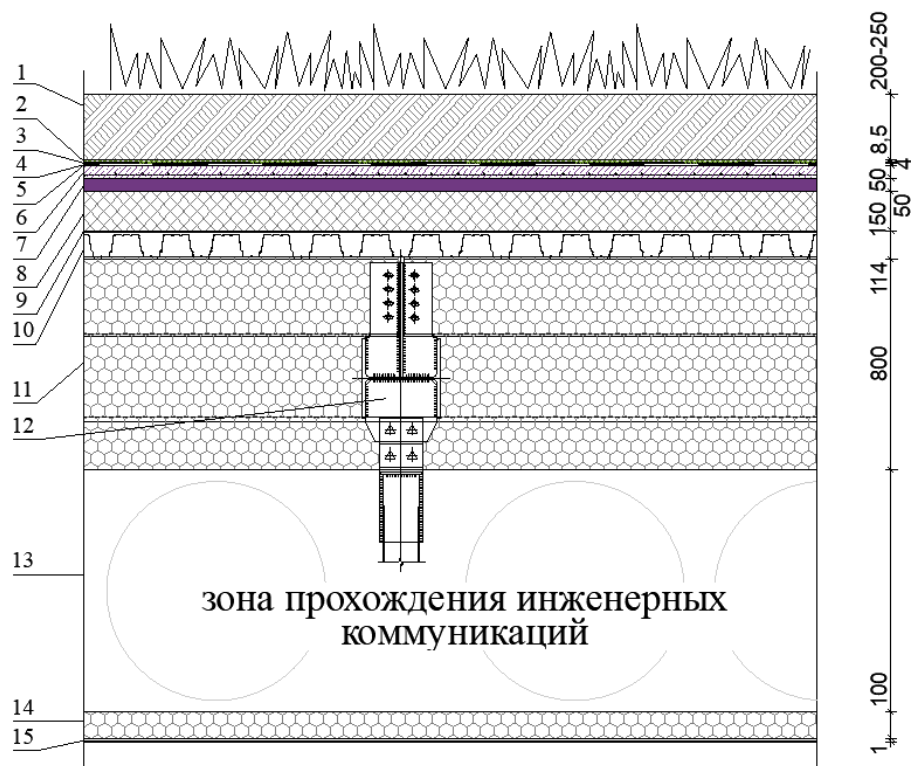


Рис. 3. Конструкция полунтенсивной озелененной кровли по профнастилу:  
 1 — субстрат с зелеными насаждениями 200...250 мм; 2 — дренажный слой (профилированная мембрана Planter GEO) 8,5 мм; 3 — гидроизоляция + корнезащита (рулонный наплавляемый материал «Техноэласт ГРИН») 4 мм; 4 — гидроизоляция (рулонный наплавляемый материал «Техноэласт ЭПП»); 5 — грунтующий слой (праймер битумный «Технониколь № 01») 3 мм; 6 — основание под водоизолирующий ковер (армированная цементно-песчаная стяжка) 50 мм; 7 — уклонообразующий слой из керамзитобетона 30...50 мм; 8 — теплоизоляционный слой (экструзионный пенополистирол «Технониколь Carbon Prof») 150 мм; 9 — пароизоляция (полимерная мембрана) 1 мм; 10 — профнастил стальной оцинкованный 114 мм; 11 — звукоизоляционная плита («Технониколь Техноакустик») 800 мм; 12 — система крепления акустического слоя; 13 — зона прохождения инженерных коммуникаций; 14 — звукоизоляционная плита («Шуманет-ЭКО» в профиле КНАУФ) 100 мм; 15 — стеклоткань; 16 — плетеная оцинкованная сетка  $D = 1/15 \times 15$  мм

Выбранные типы большепролетных конструкций имеют следующие особенности:

- **фермы** применяются при любых видах подпорных конструкций, а также, когда подпорные конструкции не могут воспринимать распор или при строительстве на карстовых и просадочных грунтах, просты в изготовлении и монтаже, но имеют большой вес и чувствительны к просадкам опор;
- **структуры** обладают большой пространственной жесткостью, имеют малый вес, устойчивы к прогрессирующему разрушению, позволяют создавать выразительные архитектурные формы, применимы на планах различной формы. Для их создания используются стандартные стержни и способ крепления. Но трудоемки в сборке и монтаже и требуют высокой квалификации специалистов;

- **мембранные оболочки** совмещают несущую и ограждающую функцию, могут применяться на планах различной формы, обладают высокой степенью технологичности в процессе изготовления и монтажа, т. к. конструктивные элементы доставляются на стройплощадку в рулонах;

- **железобетонные оболочки** по пневмоопалубке интересны тем, что позволяют создавать произвольную форму покрытия с помощью доступного строительного материала (бетона). Но высокая стоимость пневмоопалубки, необходимость обеспечения присутствия высококвалифицированного персонала для работы с пневмоопалубкой, возведения оболочки и контроля набора прочности, а также ухудшение акустических свойств помещения и увеличение объема ограничивают ее применение [13].

Выбор той или иной большепролетной конструкции обусловлен размером пролета, конфигурацией помещения, стоимостью изготовления конструкции, сложностью монтажа и др. Тип применяемых большепролетных конструкций определяет геометрические параметры помещения (высоту, объем), форму и площадь покрытия. Минимальную площадь покрытия ( $6\,606\text{ м}^2$ ) обеспечивают конструкции ферм и стержневой пространственной структурной плиты. Максимальную площадь покрытия ( $7\,094\text{ м}^2$ ) дает железобетонная оболочка при высоте подъема  $7,1$  м. Чуть меньше площадь покрытия ( $6\,927,8\text{ м}^2$ ) стального гипара.

Для всех вариантов конструкций произведены теплотехнический расчет, расчеты удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения зала за отопительный период и общих теплопотерь за отопительный период согласно СП 50.13330.2012. Проведены расчеты финансовых затрат на отопление вентиляцию для Москвы (Московской области), Красноярска, Архангельска, Хабаровска и Сочи с учетом роста тарифов в размере средней инфляции  $6,6\%$  на первые 30 лет эксплуатации здания. Также произведены укрупненные сметные расчеты на строительство по актуальным на 2023 г. федеральным единичным расценкам.

Результаты теплотехнических расчетов показали, что для всех рассмотренных регионов теплоэффективность полуинтенсивной кровли выше, чем стандартной кровельной системы. В зависимости от региона разница сопротивления теплопередаче составляет от  $4,87$  до  $17,18\%$  (рис. 4).

В процессе проведения расчетов расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период (по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий») отмечено, что *для помещения, имеющего только одну ограждающую конструкцию — покрытие, при условии фиксированных площади помещения и площади покрытия, изменение высотной отметки покрытия не влияет на затраты на отопление и вентиляцию*. То есть, любое изменение высоты помещения в соответствии с конструктивными или технологическими требованиями не влияет на затраты тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения.

Это объясняется тем, что в формуле расчета расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период показатель удельной характеристики расхода тепловой энергии ( $q_{от}^p$ ) обратно пропорционален объему помещения.

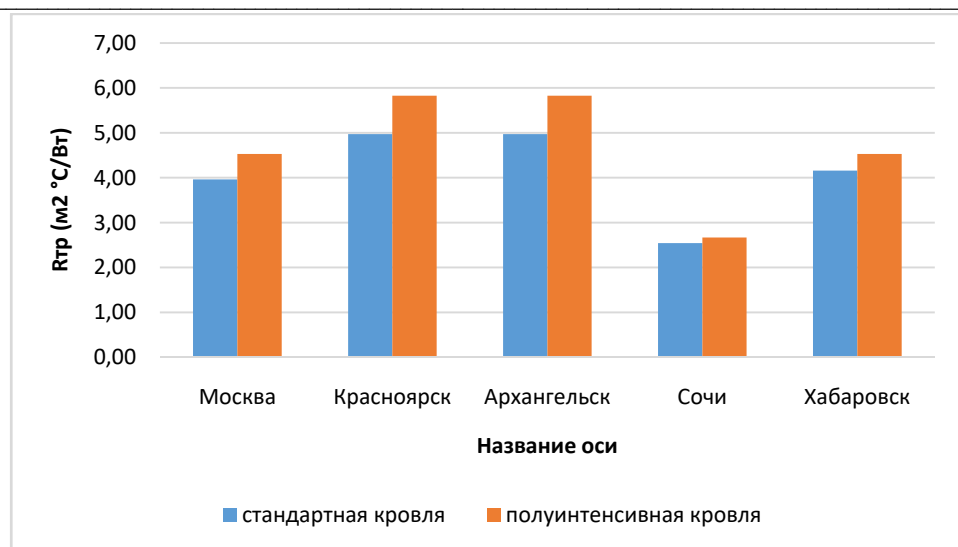


Рис. 4. Сравнение сопротивления теплопередаче стандартной и полуинтенсивной кровельных систем

Расчет затрат тепловой энергии на отопление и вентиляцию показал, что по сравнению со стандартной кровельной системой применение полуинтенсивной кровли дает экономию тепловой энергии за отопительный период в диапазоне 1...3,3 % в зависимости от региона, типа большепролетной конструкции и площади покрытия (рис. 5).

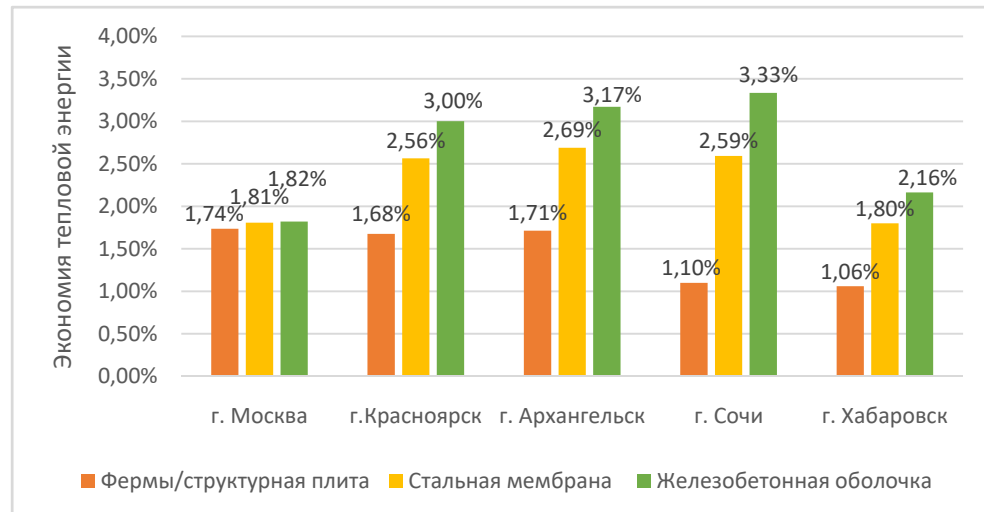


Рис. 5. Экономия тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период при «зеленой» кровле по сравнению со стандартной кровельной системой

Максимальную экономию дает «зеленая» кровля по железобетонной тонкостенной оболочке, т. к. имеет максимальную площадь покрытия. Минимальную экономию соответственно дают плоские покрытия по фермам и структурной плите.

Стоимость строительства кровельной системы в разных регионах отличается, т. к. конструкции и стандартной, и полунтенсивной кровельных систем содержат теплоизоляционный слой. В стандартной кровельной системе применяется минераловатный утеплитель, в озелененной крыше — экструдированный пенополистирол. Без теплоизоляционного слоя полунтенсивная кровля на 80 % дороже стандартной. С учетом утеплителя эта разница составит 67 % для Москвы, 74 % для Красноярска и Архангельска, для Хабаровска 61 %, а для Сочи 54 % (рис. 6).

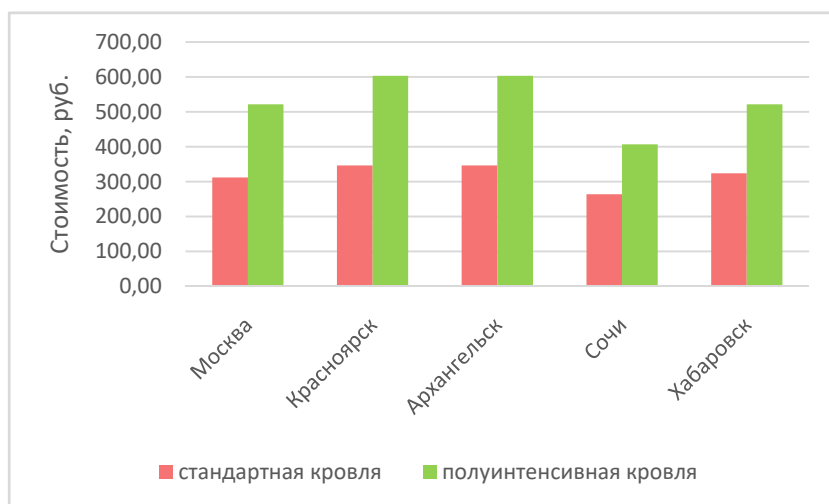


Рис. 6. Сравнение стоимости строительства 1 м<sup>2</sup> стандартной и полунтенсивной кровельных систем

Нивелировать высокую стоимость строительства «зеленой» крыши можно путем уменьшения площади покрытия, например, при перекрытии пролета плоскостными конструкциями (фермы, структурная плита). При этом уменьшается потенциальная экономия на отоплении и вентиляции с 3,3 до 1...1,7 %. Сравнение стоимости строительства покрытия зрительного зала в разных регионах представлено на рис. 7.

Для определения максимально эффективного сочетания типа большепролетной конструкции и кровельной системы проведены расчеты рентабельности. Расчет затрат на строительство и отопление и вентиляцию за первые 30 лет с учетом повышения тарифов в размере средней инфляции 6,6 % показал, через какой промежуток времени применение полунтенсивной кровельной системы становится рентабельным для данного региона.

Наиболее оптимальное соотношение стоимости и срока наступления экономической выгоды от сокращения теплопотерь в большинстве регионов России показала полунтенсивная кровля по покрытию из стальной мембраны. Экономия на отоплении и вентиляции в отопительный период перекроет удорожание строительства уже через 15 лет. Полунтенсивная озелененная кровля по железобетонной оболочке по пневмоопалубке, несмотря на аналогичные сроки наступления выгоды, дороже почти в 2 раза. Плоскостные покрытия по фермам и структурной плите наиболее экономичны в строительстве, но применять их с целью экономии затрат на отопление и вентиляцию

рентабельно только в Москве и городах со схожим климатом (срок наступления выгоды в Архангельске, Хабаровске и Красноярске — 20 лет, в Сочи — 30 лет).

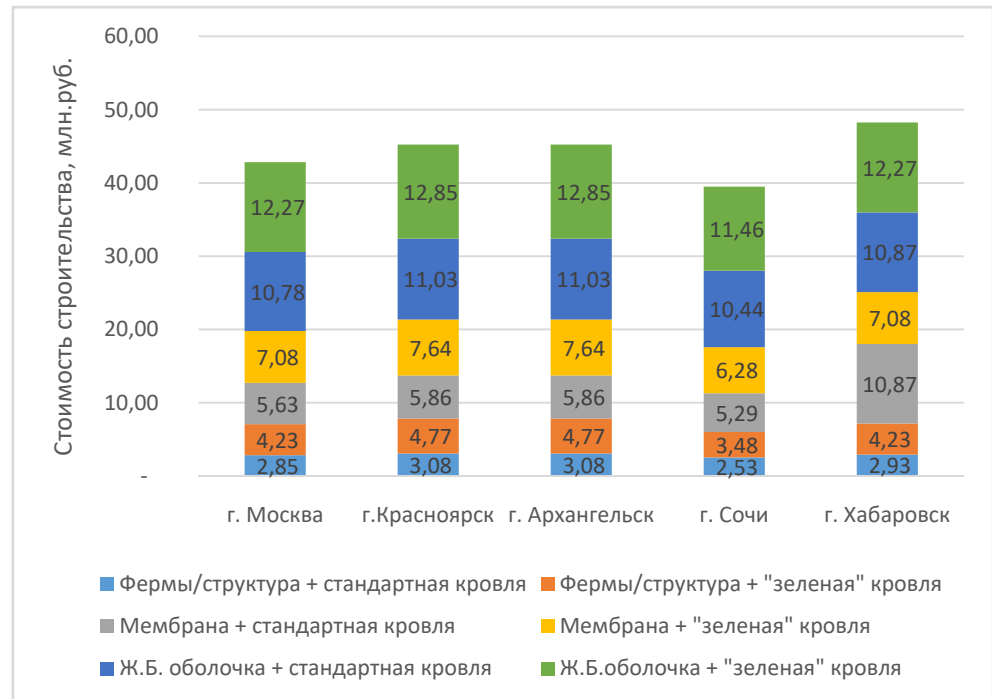


Рис. 7. Сравнение стоимости строительства покрытия зала в различных сочетаниях большепролетных конструкций и кровельных систем в регионах России

Целесообразность применения той или иной большепролетной конструкции покрытия и кровельной системы определяют следующие факторы: назначение здания, планировочное решение, величина пролета, технологические решения, архитектурный облик здания и окружающая застройка, геолого-геодезические данные, технология монтажа, логистические расходы, расходы на строительную технику, трудовые и временные резервы, рентабельность применяемых решений, затраты на обслуживание и ремонт, удобство эксплуатации и многое другое. Изучив особенности «зеленых» кровель, можно сказать, что их применение благоприятно сказывается на всех вопросах проектирования и эксплуатации общественных большепролетных зданий. Единственным ограничением является ее стоимость. Поэтому важно максимально использовать преимущества «зеленой» кровли и сократить расходы на строительство за счет оптимальных проектных решений.

Гиперболическая мембрана и железобетонная оболочка, несмотря на максимальные показатели сокращения теплопотерь, имеют сложную форму и ограничивают использование озелененной кровли в рекреационных и коммерческих целях, усложняют ее монтаж и обслуживание. Поэтому считать их универсальными нельзя. Для этих целей максимально подходят плоскостные покрытия ферм и структур.



Для северных широт из-за короткого и прохладного лета актуальнее будет применение экстенсивной кровли. Для центральных регионов с резко континентальным климатом и южных регионов применение полуинтенсивной или интенсивной кровли должно быть обосновано дополнительными факторами, т. к. применение ее только для снижения затрат на отопление и вентиляцию не рентабельно. Так для промышленных центров (Красноярск, Хабаровск) особенно актуально улучшение экологической обстановки. Для южных и курортных регионов главным преимуществом озелененной крыши становится возможность увеличения рекреационных площадей в условиях высоких цен на земельные участки и горный рельеф, повышение уровня комфорта зданий и др. (Сочи) [14].

Рассмотрев различные варианты большепролетных конструкций и конструкций покрытия зрительного зала многофункционального зрелищного центра в Московской области, можно сказать, что примененная в проекте конструкция ферм в данном случае наиболее актуальна. Альтернативу ей могла бы составить только пространственная структурная плита с аналогичной площадью покрытия.

Применение полуинтенсивной кровли позволит сократить расходы на отопление и вентиляцию помещения зала на 1,74 % и создаст более 6,6 тыс. м<sup>2</sup> рекреационных площадей для отдыха посетителей и сотрудников центра, ведения коммерческой деятельности и предоставления дополнительных услуг населению района, повысит экологический статус здания [15].

#### **Выводы**

Устройство озелененной крыши по большепролетным конструкциям ферм или структурной плиты для зданий (помещений) с пролетом более 60 м можно считать оптимальным для всех регионов России.

Это могут быть зрелищные здания, концертные, выставочные и спортивные залы, театры, кинотеатры, различные арт-пространства и многофункциональные помещения с возможностью трансформации. Тенденция к развитию и распространению культуры и спорта делает строительство таких зданий особенно актуальным в промышленных центрах, где главную роль играют производства, есть проблемы плохой экологии и отсутствия мест для досуга, детского развития, культурных центров. Для южных регионов (на примере Сочи) можно сделать вывод, что несмотря на низкую рентабельность с точки зрения теплотехнических преимуществ, строительство эксплуатируемых озелененных крыш не менее актуально. Горный рельеф, высокая стоимость земли и курортный регион — все это делает применение озелененной крыши экономически оправданным, т. к. решающим фактором становятся дополнительные рекреационные площади, эксплуатируемые круглый год.

Результаты проведенных исследований физико-технических характеристик большепролетного покрытия можно использовать для дальнейших исследований.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Шуцунова Н. С. Анализ технологических параметров при устройстве инверсионных кровельных покрытий с озеленением // Вестник МГСУ. 2018. № 3. С. 349—355.
2. Корниенко С. В. Энергоэффективность, экологическая безопасность, экономическая эффективность — приоритетные задачи «зеленого» строительства // Вестник Волгоградского

государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2017. Вып. 49(68). С. 167—177.

3. *Растяпина О. А., Маркосян Г. Х.* Современные направления энергоэффективных градостроительных решений // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 258—268. DOI 10.35211/18154360\_2024\_2\_258.

4. Net zero-energy buildings in Germany: Design, model calibration and lessons learned from a case-study in Berlin / F. Ascione, N. Bianco, O. Böttcher, R. Kaltenbrunner, G. P. Vanoli // *Energy and Buildings*. 2016. No. 133. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.10.019.

5. *Ferreira M., Almeida M., Rodrigues A.* Cost-optimal energy efficiency levels are the first step in achieving cost effective renovation in residential buildings with a nearly-zero energy target // *Energy and Buildings*. 2016. No. 133. DOI:10.1016/j.enbuild.2016.10.017.

6. *Sproul J., Wan M. P., Mandel B. H., Rosenfeld A. H.* Economic comparison of white, green, and black flat roofs in the United States // *Energy and Buildings*. 2014. No. 71. Pp. 20—27.

7. *Chan A. L. S., Chow T. T.* Energy and economic performance of green roof system under future climatic conditions in Hong Kong // *Energy and Buildings*. 2013. No. 64. Pp. 182—198.

8. Research on the development of main policy instruments for improving building energy-efficiency / L. Shen, B. He, L. Jiao, X. Song, X. Zhang // *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 112. Pp. 1789—1803.

9. *Van der Meulen S. H.* Costs and benefits of green roof types for cities and building owners // *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 2019. Vol. 7. Iss. 1. Pp. 57—71.

10. *Yuliani S., Hardiman G., Setyowati E.* Green-roof: The role of community in the substitution of green-space toward sustainable development // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Iss. 4. P. 1429.

11. *Wilkinson S. J., Feitosa R. C.* Retrofitting housing with lightweight green roof technology in Sydney, Australia, and Rio de Janeiro, Brazil // *Sustainability*. 2015. Vol. 7. Iss. 1. DOI: 10.3390/su7011081.

12. *Сысоева Е. В., Гельманова М. О.* Исследование зеленой кровли в покрытиях зданий общественного назначения // *Строительство и реконструкция*. 2018. № 2. С. 105—112.

13. *Перехоженцев А. Г.* Архитектурно-конструктивное проектирование большепролетных зданий: учебное пособие. Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2018. 168 с.

14. *Киреева Т. В.* Классификация зеленых и эксплуатируемых кровель // *Приволжский научный журнал*. 2022. № 3. С. 140—146.

15. *Саид А. Н., Логинова П. А., Леонова А. Н.* Зеленая кровля — особенности проектирования и преимущества эксплуатации // *Бюллетень науки и практики*. 2019. № 5. С. 247—253.

© Врублевская Н. А., Сысоева Е. В., 2024

Поступила в редакцию  
в сентябре 2024 г.

Ссылка для цитирования:

*Врублевская Н. А., Сысоева Е. В.* Исследование теплотехнических характеристик большепролетного покрытия с применением стандартной и озелененной кровельных систем // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 4(97). С. 155—165. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_4\_155.

Об авторах:

**Врублевская Нина Андреевна** — главный архитектор проекта группы сопровождения проектирования, ООО «Специализированный застройщик „Новый город“». Российская Федерация, 249034, г. Обнинск, ул. Поленова, 9; vrublenua@yandex.ru

**Сысоева Елена Владимировна** — доц. каф. архитектурно-строительного проектирования и физики среды, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ). Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; SysoevaEV@mgsu.ru

**Nina A. Vrublevskaya<sup>a</sup>, Elena V. Sysoeva<sup>b</sup>**

<sup>a</sup> "Novy Gorod" LLC

<sup>b</sup> Moscow State University of Civil Engineering

## INVESTIGATION OF THE THERMAL CHARACTERISTICS OF A LARGE-SPAN COATING USING STANDARD AND GREENED ROOFING SYSTEMS

The issues of studying the thermal characteristics of large-span coatings on the example of covering the auditorium of a multifunctional entertainment center in the Moscow region are considered. Calculations have confirmed the advantages of "green" roofs over standard roofs in terms of thermal efficiency for all regions of Russia and the possibility of reducing heating and ventilation costs during the heating period. The timing of the onset of profitability and economic benefits from reducing heating costs in buildings with a "green" roof turned out to be different for different regions of Russia. Reviewed and analyzed The ratios of the enlarged cost of construction of a greened roof and the potential savings on heating and ventilation from its use are considered and analyzed. The advantages and disadvantages of using a greened roof for large-span structures are determined. The expediency of using a greened roof for large-span structures on the territory of Russia, depending on the climatic zone, is formulated.

**Key words:** large-span structures, semi-intensive roof, "green" roof, steel hyperbolic membrane, hypar, trusses, spatial core structure, thin-walled reinforced concrete shell, thermal engineering characteristics, coating, heat loss, thermal efficiency, energy efficiency, profitability, thermal energy costs for heating and ventilation, auditorium, span, public buildings.

### For citation:

Vrublevskaya N. A., Sysoeva E. V. [Investigation of the thermal characteristics of a large-span coating using standard and greened roofing systems]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 4, pp. 155—165. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_4\_155.

### About authors:

**Nina A. Vrublevskaya** — Chief Architect of the Design Support Group project, Specialized Developer "Novy Gorod" LLC. 9, Polenova st., Obninsk, 249034, Russian Federation; vrublena@yandex.ru

**Elena V. Sysoeva** — Docent of Architectural and Construction Design and Environmental Physics Department, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU). 26, Yaroslavskoe highway, Moscow, 129337, Russian Federation; SysoevaEV@mgsu.ru