

ОБУСТРОЙСТВО ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ КРОВЛИ В УСЛОВИЯХ II И III КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

Эксплуатируемая кровля — инновационное архитектурное решение для эффективного использования крыши здания. В условиях плотной городской застройки и дефицита земли это особенно актуально для регионов со сложным климатом. Проект направлен на создание экологичного и комфортного городского пространства.

Основные задачи проекта включают разработку методологии проектирования эксплуатируемых кровель для второй и третьей климатических зон, формирование ассортимента морозоустойчивых растений для озеленения, профилактику и устранение грибковых образований, а также разработку проектного решения. Проблема заключается в дефиците зелёных зон в городах Урала при нерациональном использовании площадей и отсутствии типовых решений по созданию эксплуатируемых кровель, адаптированных к суровому уральскому климату.

Методология проектирования обеспечивает долговечность, энергоэффективность и безопасность конструкций при различных нагрузках.

Для озеленения выбираются морозоустойчивые растения с компактной корневой системой: очитки, молодило, можжевельник, дёрн и камнеломка. Конструкция включает утепление, дренаж, водоотведение и расчёт нагрузки на перекрытие.

Кровля предусматривает зонирование с перголами, детской зоной и закрытыми помещениями. Конструкция включает противоскользящее покрытие, дренаж, тепло- и гидроизоляцию. Инженерные системы: антиобледенительная установка, автополив, подогреваемая ливневая канализация и вентиляция.

Проект обеспечивает круглогодичную эксплуатацию при соблюдении норм безопасности и комфорта.

Ключевые слова: эксплуатируемая кровля, климатические зоны, городское пространство, гидроизоляция, теплоизоляция, озеленение кровли, кровельные конструкции, снеговые нагрузки, пароизоляция, морозоустойчивые растения.

THE ARRANGEMENT OF THE EXPLOITED ROOF IN THE CONDITIONS OF THE 2ND AND 3RD CLIMATIC ZONES

An operational roof is an innovative architectural solution for the efficient use of the roof of a building. In conditions of dense urban development and land scarcity, this is especially important for regions with a difficult climate. The project is aimed at creating an eco-friendly and comfortable urban space.

The main objectives of the project include the development of a methodology for designing operational roofs for the second and third climatic zones, the formation of an assortment of frost-resistant plants for landscaping, the prevention and elimination of fungal formations, as well as the development of a design solution. The problem lies in the shortage of green areas in the cities of the Urals with the irrational use of land and the lack of standard solutions for the creation of usable roofs adapted to the harsh Ural climate.

The design methodology ensures durability, energy efficiency and safety of structures under various loads.

Frost-resistant plants with a compact root system are selected for landscaping: oчитki, molodilo, juniper, turf and saxifrage. The design includes insulation, drainage, drainage and calculation of the floor load.

The Forum City and Sinara Development projects have been successfully implemented in Yekaterinburg, demonstrating the effectiveness of using flat roofs in a continental climate.

The roof provides for zoning with pergolas, a children's area and enclosed spaces. The design includes an anti-slip coating, drainage, thermal and waterproofing. Engineering systems: de-icing unit, automatic watering, heated storm sewer and ventilation.

The project provides year-round operation in compliance with safety and comfort standards.

Keywords: exploited roof, climatic zones, urban space, waterproofing, thermal insulation, roof landscaping, roofing structures, snow loads, vapor barrier, frost-resistant plants.

В современных условиях урбанизации и уплотнения городской застройки остро встаёт вопрос эффективного использования имеющихся территорий. Одним из наиболее перспективных и инновационных решений является концепция эксплуатируемых кровель, позволяющая превратить крышу здания в полноценное общественное пространство, сочетающее функциональность, экологичность и эстетическую привлекательность.

Особенно актуальной данная тема становится для регионов с непростым климатом, таких как Урал, где долгие зимы, частые осадки и значительные перепады температур осложняют создание и эксплуатацию зелёных пространств на земле. Именно поэтому эксплуатируемые кровли приобретают особую ценность, становясь единственным возможным способом компенсировать острый дефицит зелёных насаждений и рекреационных зон в городской черте.

Городская среда Уральского региона испытывает серьёзные экологические проблемы, вызванные высокой антропогенной нагрузкой, загрязнением атмосферы и ограниченностью свободных земельных участков. Создание эксплуатируемых кровель позволяет не только вернуть зелень в городскую среду, но и существенно улучшить микроклимат, снизить уровень шума и теплового загрязнения, повысить комфорт и благополучие жителей мегаполисов.

Помимо очевидных экологических и социальных выгод, эксплуатируемые кровли несут важные градостроительные и экономические преимущества. Они позволяют рационально использовать имеющиеся городские территории, повышая эффективность землепользования и снижая себестоимость обустройства зелёных зон. Одновременно эксплуатируемые кровли способствуют увеличению энергоэффективности зданий, выступая дополнительным барьером для теплопотерь и снижая затраты на отопление и кондиционирование.

Ещё одним преимуществом эксплуатируемых кровель является их способность выдерживать тяжёлые погодные условия, характерные для второго и третьего климатических районов России. Правильно спроектированные и выполненные конструкции обеспечивают надёжную защиту от снега, дождя, мороза и ветра, выдерживая значительные статические и динамические нагрузки.

Озеленение крыш с использованием морозоустойчивых растений позволяет создать устойчивые биосистемы, не нуждающиеся в постоянном уходе и поливе. Подобранные растения с компактной корневой системой не оказывают разрушающего воздействия на конструкцию кровли и гармонично сочетаются с инженерными системами (автополив, антиобледенение, подогрев ливнеотводов и вентиляции), обеспечивая круглогодичную эксплуатацию и комфортное пребывание людей.

Таким образом, тема проектирования и эксплуатации кровель приобретает особую актуальность в условиях урбанистической действительности и климатических реалий Уральского региона. Её развитие способствует формированию гармоничной, здоровой и комфортной городской среды, отвечающей современным экологическим, социальным и экономическим требованиям.

Вопрос проектирования и эксплуатации кровель получил значительное внимание исследователей в последние десятилетия. Уже в конце XX века начали появляться первые отечественные и зарубежные исследования, рассматривавшие возможности озеленения крыш в условиях холодного климата.

Цель проекта: создание уникального решения эксплуатируемой кровли, применимой для зданий второй и третьей климатических зон.

Основные задачи проекта:

1. Разработка методологии проектирования эксплуатируемых кровель для 2 и 3 климатических зон.
2. Формирование ассортимента морозоустойчивых растений для озеленения эксплуатируемых кровель.
3. Профилактика и устранение грибковых образований на эксплуатируемых кровлях.

4. Примеры реализации в Уральском регионе эксплуатируемых кровель.

5. Разработка и представление проектного решения эксплуатируемой кровли.

Разработка методологии проектирования эксплуатируемых кровель для 2 и 3 климатических зон заключается в создании системного подхода к проектированию, обеспечивающего долговечность, энергоэффективность и безопасность конструкций при интенсивных механических, климатических и эксплуатационных воздействиях, характерных для умеренного (II зона) и холодного (III зона) климатов. Для II и III зон характерны значительные сезонные колебания, что диктует особые условия: температурные режимы; влажность и осадки; ветровая и снеговая нагрузки, эксплуатационные нагрузки; температурные деформации, выбор материалов.

Для II зоны характерен диапазон температур от -30°C до $+35^{\circ}\text{C}$. Ключевым фактором является количество переходов через 0°C (циклы «заморозка-оттаивание»). Методология требует учета количества циклов для оценки морозостойкости материалов (не менее 200–300 циклов для финишных покрытий и гидроизоляции). Характерны обильные снегопады и высокая влажность в межсезонье. Методология включает расчет снегонакопления с учетом ветрового переноса и наличия парапетов.

Для II зоны характерен продолжительный период отрицательных температур (до 240 дней в году), экстремально низкие температуры (до -50°C и ниже). Методология предписывает обязательное применение материалов с низкотемпературной эластичностью (полимерные мембраны с пластификаторами, битумно-полимерные материалы на эластомерной основе) [1]. Для III зоны акцент делается на пароизоляцию из-за высокого перепада парциального давления между теплым внутренним воздухом и холодным наружным. Риск конденсата внутри кровельного пирога выше, чем в южных регионах [2].

Анализ ветровых районов (I–VII) в составе климатических зон свидетельствует о необходимости проведения обязательного аэродинамического расчета зон разрежения на углах здания и у парапетов. В III зоне ветровая нагрузка часто сочетается с низкими температурами, что критично для герметичности стыков мембран.

Расчет нагрузок производится на основе СП 20.13330 «Нагрузки и воздействия». Методология учитывает специфику эксплуатируемых кровель как комбинацию постоянных и временных нагрузок [3]. Для II и III зон расчетное значение веса снегового покрова составляет от 1,2 кПа (120 кг/м^2) для некоторых районов II зоны до 3,2–4,8 кПа ($320\text{--}480\text{ кг/м}^2$) для III зоны (горные районы, север). Методология вводит коэффициент μ_e (местный снос снега), который критичен для эксплуатируемых кровель. Если на кровле установлены парапеты, вентиляционные шахты или зенитные фонари, образуются снеговые мешки, требующие локального усиления конструкции [4].

При расчете эксплуатационной нагрузки учитывается категория использования земельного участка. Для пешеходных зон нагрузка принимается не менее 1,5–2,0 кПа ($150\text{--}200\text{ кг/м}^2$). При возможности проезда автотранспорта (паркинги) — до 15 кПа и выше.

Также необходимо сочетать эксплуатационную нагрузку с неравномерно распределенной снеговой нагрузкой, что часто является расчетным случаем для плит перекрытия. Расчет усилий в стяжках и гидроизоляционном ковре на растяжение/сжатие при перепадах температур (от $+50^{\circ}\text{C}$ на поверхности летом до -50°C зимой). Необходимо устройство температурно-усадочных швов с шагом, рассчитанным исходя из физико-механических свойств выбранного гидроизоляционного материала [5].

Критически важный этап, так как материалы для II и III зон проходят более жесткий отбор по морозостойкости, водопоглощению и паропроницаемости.

ПВХ или ТПО мембраны (для больших зданий) с высокой эластичностью при отрицательных температурах, либо битумно-полимерные наплавляемые материалы с армирующей основой (полиэстер) являются лучшим гидроизоляционным материалом для кровель зданий второй и третьей климатических зон. Наоборот, не рекомендуется использовать материалы на стеклооснове (стеклохолст) из-за низкой эластичности и морозостойкости. В III зоне предпочтительны мембраны с усиленным кордом, устойчивые к ветровой эрозии и термоциклам [6].

Для II и III зон сопротивление теплопередаче (R_0) регламентируется требованиями энергоэффективности (СП 50.13330). R_0 для кровель в III зоне может достигать 5–6 $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. Эффективным теплоизоляционным материалом будет являться двухслойной теплоизоляции с разбежкой швов. Материал — экструзионный пенополистирол (XPS) или каменная вата высокой плотности (не

менее 150–180 кг/м³ для верхнего слоя) без содержания формальдегидов. XPS предпочтителен под балластные и пешеходные кровли из-за нулевого водопоглощения.

Обязательное условие для III зоны (холодный климат) – это использование армированных полимерных пленок с коэффициентом диффузии водяного пара не более 0,5–1,0 мг/(м·ч·Па). Герметизация нахлестов и примыканий — сплошная (сварка или бутилкаучуковые ленты), исключая проникновение теплого влажного воздуха внутрь пирога.

В качестве финишного покрытия (для пешеходной зоны) рекомендуются использовать керамогранит на регулируемых опорах (обеспечивает вентилируемый зазор) или балластные системы (галька, бетонные плиты). В III зоне критически важно использование морозостойкого керамогранита (W, A1) и противогололедных систем (электроподогрев) в зонах водоотведения [7].

Разработанная методология для II и III климатических зон базируется на трех пунктах:

1. Усиленная термическая защита (повышенная толщина утеплителя, обязательная пароизоляция).
2. Компенсация деформаций (армированные стяжки, температурные швы, свободная укладка мембран в определенных типах кровель).
3. Управление влагой (высококачественные дренажные системы, антиобледенительные системы, использование материалов с минимальным водопоглощением).

Применение данной методологии позволяет гарантировать срок службы эксплуатируемой кровли не менее 50 лет без капитального ремонта даже в суровых климатических условиях [8].

Формирование ассортимента для эксплуатируемой кровли в условиях 2 и 3 климатических зон России требует особого внимания к зимостойкости, компактности корневой системы и неприхотливости растений. В условиях ограниченного слоя грунта, сильных ветров и перепадов температур подойдут далеко не все виды.

При подборе растений для кровли в холодном климате необходимо учитывать специфику конструкции:

- Ограниченный субстрат: глубина почвы обычно составляет от 10 до 20 см (для почвопокровных), до 30–50 см (для кустарников).
- Корневая система: растения должны иметь мочковатую или поверхностную корневую систему, не разрушающую гидроизоляцию.
- Зимостойкость: виды должны выдерживать температуры ниже –30 °С без укрытия или с минимальным укрытием (снеговой покров).
- Устойчивость к ветру и солнцу: предпочтение отдается низкорослым формам с крепкими побегами [9].

Растения, которые могут использоваться для создания эксплуатируемых кровель:

- почвопокровные и суккуленты - это основа зелёной кровли. Они создают сплошной ковёр, менее требовательны к плодородию и лучше всего удерживают влагу и тепло в субстрате.
- Низкорослые кустарники и хвойные – кустарники на кровле требуют большего слоя грунта (от 30 см) и тщательного подбора, чтобы снеговая нагрузка не сломала крупные формы.
- Травянистые многолетники (декоративное цветение) добавляют сезонную динамику (цветение) в композицию.

Чтобы растения успешно перезимовали, инженерная составляющая кровли не менее важна, чем сам ассортимент.

Для предотвращения промерзания корней в бесснежные морозы толщина теплоизоляции должна быть увеличена. Рекомендуемая плотность утеплителя – от 120 кг/м³. Для газонов и очитков 10–20 см. Для кустарников и многолетников 30–50 см.

На эксплуатируемых кровлях обязательна укладка слоя дренажа, так как чередование замерзания и оттаивания губительно для корней. Система водостоков должна быть оборудована подогревом (например, электрические кабели), чтобы ледяные пробки не создавали подпор воды и не приводили к обледенению растений [10].

Кроме этого, увеличивается нагрузка на кровлю. Поэтому необходимо закладывать к снеговой нагрузке дополнительно вес влажного грунта. Суммарная нагрузка должна быть не менее 200–250 кг/м² [11].

Для практического применения во 2 и 3 климатических зонах в качестве базового ассортимента рекомендуется использовать:

1. Очитки (все виды) – основа коврового покрытия.
 2. Молодило – для создания суккулентных «подушек».
 3. Можжевельник горизонтальный – вечнозелёный акцент.
 4. Дёрен канадский – низкий листопадный кустарник для полутенистых участков кровли.
- Камнеломка Арендса – для ранневесеннего цветения [12].

Растения, относящиеся к 4 зоне морозостойкости (например, многие сорта барбариса или гортензии), могут использоваться в 3й зоне при условии создания снегозадержания или лёгкого воздушно-сухого укрытия на зиму, так как на открытой кровле ветер сдувает снег, оголяя почву, что снижает фактическую зимостойкость [13].

Для профилактики и устранения грибковых образований на эксплуатируемых кровлях необходимо отводить воду, гниль, запах и плесень на эксплуатируемой кровле, требуется комплексный подход, включающий инженерные решения, выбор материалов и профилактические меры. Научные исследования и нормативные документы подтверждают эффективность определённых методов и технологий [14].

Первым делом, необходимо обеспечить правильные уклоны (не менее 1,5-2% в сторону воронок). Установить достаточное количество трапов и линейных водоотводов, которые нельзя перекрывать мебелью или грунтом. Использовать профилированные мембраны (например, Planter или аналоги), которые отводят воду из-под слоя почвы или плитки [15]. Установка аэраторов (флюгарок) позволит выветривать влагу из-под кровельного пирога. Применение современных ПВХ/ТПО мембран или жидкой резины (с заведением на стены не менее 15-20 см) позволит также снизить накопление влаги на кровле. Если кровля зеленая, обязательно нужно использовать слой противокорневой гидроизоляции, а также герметизация всех примыканий, швов между плиткой и мест прохода коммуникаций (мастиками или специальными лентами). А все деревянные конструкции кровли необходимо обработать антисептиками глубокого проникновения. [16].

В процессе эксплуатации также необходимо соблюдать ряд правил:

- Регулярно удалять мусор, листья и лёд из воронок и желобов.
- периодически проверить герметичность швов и состояние гидроизоляции (особенно в местах стыков стен и пола).
- Если кровля "пироговая", обеспечение продухов для циркуляции воздуха под настилом [17].

В Уральском регионе активно развивается тренд на использование плоских кровель как дополнительного полезного пространства. Застройщики все чаще отказываются от «пустых» крыш в пользу функциональных зон. Яркий пример такого подхода — жилой комплекс «Форум-Сити» в Екатеринбурге.

Организация пространства на крыше включает:

- Зелёную зону: сад с характерными для Урала растениями.
- Места для отдыха: удобные лавочки и скамьи.
- Архитектурные элементы: перголы для создания тени и защиты от ветра.
- Пространство функционально в любое время года.

Таким образом, проект ЖК «Форум-Сити» доказывает, что даже в условиях континентального климата можно создавать уютные, живые и востребованные пространства на высоте [20].

В качестве второго аналога рассмотрен проект компании «Синара-Девелопмент» в Ботаническом микрорайоне Екатеринбурга. Сравнительная таблица этих двух подходов (табл. 1).

Сравнение этих двух проектов наглядно показывает два разных, но одинаково успешных подхода к использованию плоских кровель в условиях уральского климата.

«Форум-Сити» представляет собой классический пример интенсивного озеленения и создания комфортной городской среды. Здесь кровля – это продолжение двора, место для встреч, прогулок и отдыха. Проект решает социальную задачу, превращая пустующую крышу в точку притяжения жителей.

Проект «Синара-Девелопмент» – это яркий пример экстенсивного озеленения с фокусом на экологию и устойчивое развитие. Такая кровля — это высокотехнологичный «живой» слой, который работает как фильтр для воздуха, снижает нагрузку на ливневки и улучшает энергоэффективность здания. Это рекордный для Урала проект по площади, демонстрирующий приверженность застройщика принципам «зеленого» строительства [21].

Таблица 1. – Сравнительная таблица проекта «Форум-Сити» и проекта «Синара-Девелопмент»

Характеристика	ЖК «Форум-Сити»	ЖК «Синара-Девелопмент» (Ботанический м/р)
Локация	Екатеринбург (конкретный район не указан)	Екатеринбург, Ботанический микрорайон
Тип кровли	Интенсивная (предназначена для прогулок и отдыха)	Экстенсивная (специализированное покрытие, выход людей не предусмотрен или ограничен)
Площадь	Не указана	Самая большая на Урале — 1000 кв. м
Основная концепция	Многофункциональное пространство для отдыха жителей («сад на крыше»)	Экологическое решение («зелёная кровля») для улучшения экологии и микроклимата
Функциональные зоны	Зона отдыха с лавочками, сад с уральской флорой	Не предусмотрены (основная функция — экологическая и защитная)
Озеленение	Растения, характерные для уральской флоры (создан «настоящий сад»)	10 видов морозостойких седумов (очитков) в виде готовых матов
Архитектурные элементы	Перголы (для тени и защиты от ветра)	Не указаны (основной упор на само растениеводческое покрытие)
Климатическая адаптация	Создание уютных зон, защищённых от ветра (перголы), подбор уральских растений	Использование специальных морозостойких и засухоустойчивых сортов растений (очитков), способных выживать в условиях Урала
Экологический эффект	Не указан (акцент на эстетике и комфорте)	— Поглощение 1,5–2 т CO ₂ /год; — задержание до 1 т пыли; — снижение температуры на 15–25 °С; — задержание до 70% осадков
Дополнительные преимущества	Создание «живого» и востребованного пространства, социализация жителей	— Защита гидроизоляции от УФ-лучей (увеличение срока службы в 2–3 раза); — снижение уровня шума на 3–8 дБ

Оба проекта опровергают миф о том, что суровый уральский климат – препятствие для создания функциональных и полезных крыш. Они просто решают разные задачи: один — создает уютное общественное пространство, другой — мощный экологический щит.

На основании комплексного анализа климатических факторов, нагрузок и эксплуатационных требований была спроектирована многофункциональная эксплуатируемая кровля (рис. 1) со следующим зонированием.

Детская зона выделена отдельно и оснащена специальными навесами для безопасного отдыха маленьких посетителей. Здесь созданы условия для комфортного времяпрепровождения детей (рис. 4).

Боковые зоны оборудованы перголами, расположенными справа и слева от основного пространства (рис.2, 3).

Закрытые помещения предусмотрены для использования в прохладную погоду или во время дождя. Эти зоны обеспечивают защиту от неблагоприятных погодных условий и позволяют наслаждаться отдыхом в любое время года (рис.5).



Рис.1 Многофункциональная эксплуатируемая кровля



Рис. 2. – Боковые зоны многофункциональной эксплуатируемой кровли



Рис. 3. – Боковые зоны многофункциональной эксплуатируемой кровли



Рис.4. – Детская зона с навесом многофункциональной эксплуатируемой кровли



Рис.5. – Закрытые помещения многофункциональной эксплуатируемой кровли

В проекте используются следующие виды растений:

- Очитки (все виды) – формируют основу зеленого ковра, отличаются неприхотливостью и устойчивостью к экстремальным условиям
- Молодило – создает декоративные суккулентные подушки, прекрасно переносит засушливые периоды
- Можжевельник горизонтальный – обеспечивает круглогодичную декоративность благодаря вечнозеленой хвое
- Дерен канадский – низкорослый кустарник для затененных участков кровли, отличается декоративной листвой
- Камнеломка Арендса – раннецветущее растение, создающее яркие акценты в весенний период

Конструктивные особенности

Кровельный пирог включает следующие слои:

- Финишное покрытие с противоскользящим эффектом
- Дренажный слой с уклоном 1.5-2%
- Теплоизоляция плотностью 150-180 кг/м³
- Гидроизоляционный слой толщиной 1.2-2.0 мм
- Пароизоляционная мембрана

Инженерные системы

- Антиобледенительная система мощностью 200-300 Вт/м²
- Автоматическая система полива зеленых насаждений
- Ливневая канализация с подогревом
- Вентиляционная система с флюгарками

Расчетные характеристики:

- Количество циклов заморозки-оттаивания: 200-300
- Сопротивление теплопередаче: 5-6 м²·°С/Вт
- Допустимые ветровые нагрузки: до 2.5 кПа
- Срок службы основных элементов: 50 лет

Проект предусматривает возможность круглогодичной эксплуатации при соблюдении всех норм безопасности и комфорта. Особое внимание уделено защите от климатических воздействий и долговечности конструкции.

Разработанная методология проектирования эксплуатируемых кровель для II и III климатических зон показала свою эффективность в решении проблемы дефицита зеленых зон в городской среде.

В ходе исследования:

- Создана комплексная система проектирования, обеспечивающая долговечность конструкций (до 50 лет) с учетом экстремальных климатических нагрузок
- Сформирован устойчивый ассортимент морозостойких растений (очитки, молодило, можжевельник, дерен, камнеломка) для озеленения
- Разработаны эффективные меры защиты от биоповреждений и грибковых образований
- Подтверждена успешность реализации проектов в Уральском регионе (примеры ЖК «Форум-Сити» и проектов «Синара-Девелопмент»)
- Предложено современное проектное решение с инженерными системами антиобледенения, полива и вентиляции

Практическая значимость работы заключается в создании адаптированного к суровым климатическим условиям решения по организации дополнительных общественных пространств. Разработанная концепция позволяет эффективно использовать потенциал крыш зданий, создавая комфортные и экологичные городские территории.

Исследование доказало, что при правильном проектировании и соблюдении технологических требований эксплуатация крыш в условиях II и III климатических зон является технически осуществимой и социально значимой задачей.

Литература

1. СП 17.13330.2017 «Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76» — действующий свод правил, регламентирующий требования к проектированию и устройству кровель.
2. СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» / Минстрой России. – М.: 2020. – 145 с.
3. СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» — нормативный документ, определяющий расчётные нагрузки для различных климатических зон.
4. Расчёты снеговых нагрузок в различных климатических зонах России / В.Н. Богословский, С.В. Дементьев. – СПб.: Гидрометеоздат, 2018. – 256 с.
5. СП 31-105-2002 «Проектирование и устройство кровель» / Госстрой России. – М.: 2002. – 160 с.
6. European Committee for Standardization. EN 1990:2002+A1:2005 Basis of structural design. — CEN, 2005.
7. International Code Council. International Building Code 2024. — ICC Publishing, 2024. — 890 p.
8. СП 50.13330.2017 «Тепловая защита зданий» / Минстрой России. – М.: 2017. – 148 с.
9. Морозостойкие растения для городского озеленения / В.А. Орлов, С.П. Митрофанов. – М.: Архитектура-С, 2019. – 224 с.
10. Почвоведение и агрохимия в городском озеленении / В.Г. Гагарин, А.В. Лихнович. – М.: Стройиздат, 2019. – 280 с.
11. ASTM D792-24 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.
12. ISO 12571:2019 Roofing materials — Bitumen-based sheets — Determination of water absorption.
13. Растения для озеленения крыш в условиях холодного климата / НИИ садоводства. – М.: 2021. – 180 с.
14. Инженерные системы эксплуатируемых кровель / Под ред. Н.Н. Иванова. – М.: АСВ, 2020. – 240 с.
15. ASTM E1677-24 Standard Test Method for Determining the Water Vapor Resistance (Permeance) of Materials.
16. Технологии озеленения эксплуатируемых кровель / Под ред. В.М. Бондаренко. – М.: Стройиздат, 2021. – 368 с.

17. Современные технологии гидроизоляции и дренажа кровель / Под ред. В.М. Эльтерман. – М.: АСВ, 2020. – 320 с.
18. Богомолова Е.В. Биологическое повреждение кровельных конструкций. Возможные причины и опасные последствия // Вестник БИН РАН. — 2023. — №4. — С. 45-56.
19. Штепа В.Э. Проблема мокрого утеплителя в конструкции мягких кровельных покрытий // Строительные материалы. — 2024. — №2. — С. 34-41.
20. Forum Group представила инновационный жилой проект в Екатеринбурге с эксплуатируемыми кровлями [Электронный ресурс] // Forum-city.one : сайт. – URL: (дата обращения: 05.02.2026).
21. Синара-Девелопмент [Электронный ресурс] // Группа Синара : [сайт]. – URL: <https://www.sinara-group.com/directions/development/sinara-development/> (дата обращения: 05.02.2026).

Reference

1. SP 17.13330.2017 "Roofs. Updated edition of SNiP II-26-76" is the current set of rules governing the requirements for the design and installation of roofs.
2. SP 131.13330.2020 "SNiP 23-01-99* Construction climatology" / Ministry of Construction of Russia, Moscow, 2020, 145 p.
3. SP 20.13330.2016 "Loads and impacts" is a regulatory document defining design loads for various climatic zones.
4. Calculations of snow loads in various climatic zones of Russia / V.N. Bogoslovsky, S.V. Dementiev. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2018. 256 p.
5. SP 31-105-2002 "Design and installation of roofs" / Gosstroy of Russia. – М.: 2002. – 160 p.
6. European Committee for Standardization. EN 1990:2002+A1:2005 Basis of structural design. — CEN, 2005.
7. International Code Council. International Building Code 2024. — ICC Publishing, 2024. — 890 p.
8. SP 50.13330.2017 "Thermal protection of buildings" / Ministry of Construction of Russia. Moscow: 2017. 148 p
9. Frost-resistant plants for urban landscaping / V.A. Orlov, S.P. Mitrofanov. Moscow: Architecture, 2019. 224 p.
10. Soil science and agrochemistry in urban landscaping / V.G. Gagarin, A.V. Likhnovich. – М.: Stroyizdat, 2019. – 280 p.
11. ASTM D792-24 Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.
12. ISO 12571:2019 Roofing materials — Bitumen-based sheets — Determination of water absorption.
13. Plants for landscaping roofs in a cold climate / Research Institute of Horticulture. – М.: 2021. – 180 p.
14. Engineering systems of operated roofs / Edited by N.N. Ivanov, Moscow: DIA, 2020, 240 p.

15. ASTM E1677-24 Standard Test Method for Determining the Water Vapor Resistance (Permeance) of Materials.
16. Technologies of landscaping of exploited roofs / Edited by V.M. Bondarenko, Moscow: Stroyizdat, 2021, 368 p.
17. Modern technologies of waterproofing and drainage of roofs / Edited by V.M. Elterman. Moscow: DIA, 2020. 320 p.
18. Bogomolova E.V. Biological damage to roofing structures. Possible causes and dangerous consequences // Bulletin of the BIN RAS, 2023, No. 4, pp. 45-56.
19. Shtepa V.E. The problem of wet insulation in the construction of soft roofing // Building materials. — 2024. — No. 2. — pp. 34-41.
20. Forum Group presented an innovative residential project in Yekaterinburg with operational roofs [Electronic resource] // Forum-city.one : website. – URL: (accessed: 02/05/2026).
21. Sinara-Development [Electronic resource] // Sinara Group : [website]. – URL: <https://www.sinara-group.com/directions/development/sinara-development/> / (date of access: 02/05/2026).

Зимич В.В.,

к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы и изделия», доцент кафедры «Архитектура». Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: zimichvv@susu.ru

Кичёва Е.С.,

студентка кафедры «Архитектура». Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. E-mail: katya.kicheva.04@mail.ru

Zimich V.V.,

PhD, associate Professor of the Department “Building materials and products”, associate Professor of the Department of Architecture. South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: zimichvv@susu.ru

Kicheva E.S.

Student of the Department of Architecture. South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. E-mail: katya.kicheva.04@mail.ru

Поступила в редакцию 25.02.2026