УДК 725.13:72.012.6:681.5(575.2-25)
DOI: 10.36979/1694-500X-2026-26-8-153-161

АДАПТИВНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ФАСАДЫ В АРХИТЕКТУРЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ ГОРОДА БИШКЕКА

А.Р. Гайсина, М.И. Бейшенбаев

Аннотация. Рассматриваются адаптивные интеллектуальные фасады как инструмент повышения энергоэффективности, климатической устойчивости и архитектурного качества административных зданий города Бишкека. Проблема исследования связана с тем, что многие офисные и управленческие здания города имеют статичные оболочки, слабо реагирующие на резкие сезонные перепады температуры, летний перегрев, яркое солнце, пыль и изменяющиеся режимы занятости помещений. Цель работы – определить принципы проектирования фасадов, которые с помощью датчиков, автоматизированного затенения, динамического остекления и сценарного управления способны одновременно улучшать дневное освещение, тепловой комфорт, эксплуатационную надежность и внешний образ здания. В результате предложена модель интеллектуального фасада для административных объектов Бишкека, включающая климатическую диагностику, выбор адаптивного модуля, настройку режимов управления и план обслуживания. Новизна статьи заключается в локализации международных подходов к адаптивным оболочкам для условий Бишкекской городской среды и в разработке авторской матрицы решений, соединяющей архитектурные, инженерные, цифровые и эксплуатационные критерии.

Ключевые слова: архитектурная оболочка; климатическая устойчивость; дневной свет; тепловой комфорт; автоматизация; административное здание; городская среда; энергосбережение; сценарное управление.

БИШКЕК ШААРЫНЫН АДМИНИСТРАТИВДИК ИМАРАТТАРЫНЫН АРХИТЕКТУРАСЫНДАГЫ АДАПТИВДҮҮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫК ФАСАДДАР

А.Р. Гайсина, М.И. Бейшенбаев

Аннотация. Макалада Бишкек шаарынын административдик имараттары үчүн адаптивдүү интеллектуалдык фасаддар энергияны үнөмдөө, климатка туруктуулук жана архитектуралык сапатты жогорулатуу каражаты катары каралды. Изилдөөнүн көйгөйү көптөгөн кеңсе жана башкаруу имараттарынын фасаддары жайкы ысыкка, кышкы суукка, күчтүү күн нуруна, чаңга жана бөлмөлөрдүн ар түрдүү колдонуу режимине жетиштүү ылайыкташа албагандыгы менен байланыштуу. Иштин максаты - сенсорлорду, автоматташтырылган көлөкөлөөнү, өзгөрмө жарык өткөрүүчү айнекти жана сценарийлик башкарууну колдонуу аркылуу күндүзгү жарыкты, жылуулук ыңгайлуулугун, эксплуатациялык ишенимдүүлүктү жана имараттын көркөм образын бир убакта жакшырта турган фасаддарды долбоорлоо принциптерин аныктоо. Натыйжада Бишкек шарттарына ылайык климаттык талдоо, адаптивдүү модулду тандоо, башкаруу режимдерин орнотуу жана тейлөө регламентин камтыган интеллектуалдык фасад модели сунушталды. Макаланын жаңылыгы эл аралык тажрыйбаны жергиликтүү шаардык шарттарга ылайыкташтырууда жана архитектуралык, инженердик, санариптик, эксплуатациялык критерийлерди бирдиктүү долбоордук матрицага бириктирүүдө турат.

Түйүндүү сөздөр: архитектуралык кабык; климаттык туруктуулук; күндүзгү жарык; жылуулук ыңгайлуулугу; автоматташтыруу; административдик имарат; шаардык чөйрө; энергия үнөмдөө; сценарийлик башкаруу.

ADAPTIVE INTELLIGENT FACADES IN THE ARCHITECTURE OF ADMINISTRATIVE BUILDINGS IN BISHKEK CITY

A.R. Gaisina, M.I. Beishenbaev

Abstract. The article examines adaptive intelligent facades as a tool for improving energy efficiency, climate resilience and architectural quality of administrative buildings in Bishkek. The research problem is that many office and public

administration buildings in the city have static envelopes that respond poorly to sharp seasonal temperature differences, summer overheating, intense sunlight, dust and changing occupancy schedules. The purpose of the study is to define design principles for facades that use sensors, automated shading, dynamic glazing and scenario-based control to improve daylight, thermal comfort, operational reliability and the external image of the building at the same time. The result is a model of an intelligent facade for administrative buildings in Bishkek, including climate diagnostics, selection of an adaptive module, configuration of control modes and maintenance planning. The novelty of the article lies in adapting international approaches to adaptive envelopes to the local urban conditions of Bishkek and in proposing an author's matrix that connects architectural, engineering, digital and operational criteria within one design framework.

Keywords: architectural envelope; climate resilience; daylight; thermal comfort; automation; administrative building; urban environment; energy saving; scenario control.

Введение. Административное здание в городе выполняет не только служебную, но и представительную функцию. Его фасад формирует образ открытости, порядка, технологичности и устойчивости городской власти, муниципальных служб, офисных центров и общественных учреждений. В условиях Бишкека эта оболочка должна одновременно защищать помещения от летнего перегрева, пропускать достаточный дневной свет, сохранять комфорт рабочих мест и выдерживать пыль, ветер, холодные зимние периоды и сейсмические требования.

В современных исследованиях адаптивный фасад рассматривается как система, способная управлять обменом энергии, света и воздуха между внешней и внутренней средой. Обзор проектных решений, критериев оценки и систем управления показывает, что такие оболочки могут снижать энергопотребление и поддерживать комфорт, но их распространение ограничивают высокая стоимость, недостаток эксплуатационных данных и отсутствие единых критериев оценки [1]. Поэтому для Бишкекской практики важно не копировать сложные зарубежные прототипы, а определить реалистичную архитектурную модель интеллектуального фасада (таблица 1).

Под интеллектуальным фасадом в данной статье понимается не просто фасад с автоматическим жалюзи или тонированным стеклом. Это управляемая архитектурная оболочка, где геометрия, светопропускание, затенение, вентиляция и визуальная выразительность связываются с данными датчиков и заранее заданными сценариями работы здания. Для административных объектов такая логика особенно значима, поскольку они имеют регулярный график занятости, публичные зоны приема граждан, кабинеты, залы совещаний и помещения с разной потребностью в приватности и дневном свете.

Актуальность, постановка проблемы и научная новизна. Актуальность темы определяется сочетанием климатических, энергетических и градостроительных факторов. Административные здания Бишкека часто имеют крупные светопрозрачные плоскости, ориентированные на магистрали и площади. Такие фасады дают естественное освещение и статусный облик, но при отсутствии гибкого затенения усиливают перегрев, блики на рабочих местах и зависимость от кондиционирования. Для города с резким летним солнцем и холодным зимним периодом статичная оболочка становится компромиссом, который редко одинаково хорошо работает весь год.

Исследования энергоэффективных динамических фасадов подчеркивают, что адаптивная оболочка должна оцениваться не только по теплопередаче, но и по эксплуатационным нагрузкам: ветру, температурным деформациям, обслуживанию, надежности приводов и долговечности узлов [2]. Это особенно важно для Бишкека, где пыль и сезонные перепады могут быстро вывести из строя слишком сложные или плохо доступные механизмы. Интеллектуальность фасада должна выражаться в простоте управления и ремонтопригодности, а не в избыточной механизации (рисунок 1).

Новизна статьи заключается в разработке локальной проектной рамки для административных зданий Бишкека. В отличие от общих обзоров адаптивных оболочек, внимание сосредоточено на типологии управленческих и офисных зданий, где фасад связан с публичным образом учреждения, режимом приема посетителей и стабильным рабочим графиком. Предлагается авторская матрица, в которой климатическая реакция, цифровое управление, архитектурная выразительность и обслуживание рассматриваются как равноправные критерии.

Таблица 1 – Уровни интеллектуальности адаптивного фасада

Уровень	Содержание	Применение в административном здании
Пассивно-адаптивный	Форма, глубина проемов, стационарные экраны и ориентация фасада работают без приводов	Базовый уровень для реконструкции и бюджетных объектов
Автоматизированный	Ламели, шторы или окна меняют положение по сигналу датчиков солнца, ветра и температуры	Подходит для кабинетов, залов заседаний и общественных приемных
Динамическое остекление	Стекло изменяет светопропускание и снижает блескость без внешних подвижных деталей	Эффективно для фасадов с повышенными требованиями к чистому силуэту
Прогнозное управление	Система учитывает погоду, график занятости, историю пользовательских настроек и энергопотребление	Целесообразно для крупных административных комплексов и бизнес-центров



Рисунок 1 – Адаптивная фасадная оболочка с наружными солнцезащитными ламелями как средство регулирования инсоляции, бликов и визуального комфорта

Материалы и методы исследования. Методика исследования включает обзор современных публикаций об адаптивных фасадах, анализ климатических условий Бишкека, типологическое изучение административных зданий и проектное моделирование сценариев управления фасадной оболочкой. Особое внимание уделено работам, где фасад рассматривается как многокритериальная система с конфликтующими требованиями: снижение энергии, сохранение дневного света, предотвращение бликов, обеспечение вида наружу и учет индивидуального комфорта пользователей (таблица 2).

Для выявления интеллектуального компонента использованы три группы решений. Первая группа – кинетические экраны и ламели, меняющие геометрию в зависимости от солнца. Вторая группа – динамическое стекло и светорегулирующие материалы. Третья группа – цифровые алгоритмы, которые связывают данные датчиков с режимом здания. Исследование машинно управляемого кинетического

фасада показывает, что прогнозное управление может использовать данные освещенности и модели машинного обучения для снижения дискомфортной блескости в офисной среде [3].

Локальный анализ выполнен на уровне проектных ситуаций, характерных для Бишкека: южный фасад административного здания вдоль магистрали, западный фасад с послеобеденным перегревом, остекленная зона общественной приемной, кабинетный корпус с повторяющимся модулем окон и зал заседаний с повышенными требованиями к приватности. Такой подход позволяет сформулировать принципы, которые могут применяться как при новом строительстве, так и при модернизации существующих зданий.

Интеллектуальный фасад как система управления комфортом. Интеллектуальный фасад административного здания должен работать в связке с внутренним режимом помещений. Одинаковое положение ламелей не может быть оптимальным для приемной, кабинета, архива и зала переговоров. Поэтому фасад целесообразно делить не только по этажам и ориентации, но и по функциональным зонам. В публичных помещениях важны свет, визуальная открытость и ориентация посетителя; в кабинетах – отсутствие бликов на экранах; в залах совещаний – приватность и управляемая яркость.

Зарубежные исследования динамического остекления показывают, что электрохромные окна в офисных зданиях могут давать энергосбережение, но при этом не всегда полностью решают проблему визуального комфорта в разных зонах помещения [4]. Следовательно, для Бишкека важно не ожидать универсального решения от одного материала. Более надежной является комбинированная система: внешнее затенение работает с солнечной радиацией, динамическое стекло снижает блескость, а внутренний свет и пользовательские настройки дополняют общий сценарий.

В офисных исследованиях фасадной геометрии также показано, что форма оболочки, отношение окна к стене и самозатенение влияют на баланс между энергией, дневным светом и качеством вида [5]. Для административных зданий Бишкека это означает необходимость включать интеллектуальные решения уже на стадии объемно-пространственной композиции. Если здание заранее спроектировано с глубокими откосами, навесами, лоджиями или вторым фасадным слоем, автоматика может быть проще, дешевле и надежнее (рисунок 2).

Климатические и эксплуатационные условия Бишкека. Климатическая специфика Бишкека требует от интеллектуального фасада способности работать в разных сезонных сценариях. В теплый период главными становятся защита от перегрева и снижение избыточной яркости. В холодный период фасад должен сохранять тепло, не блокировать полезное солнце и не создавать зон переохлаждения возле остекления. Для низменных районов вокруг Бишкека и Оша климатические материалы World

Таблица 2 – Исходные проектные ситуации для административных зданий Бишкека

Ситуация	Проблема	Адаптивный ответ
Южный фасад	Высокая летняя инсоляция и риск перегрева рабочих мест	Горизонтальные ламели с сезонным углом и датчиками солнца
Западный фасад	Послеобеденные блики, локальный перегрев, сложность сохранения вида наружу	Вертикальные поворотные экраны и режим быстрого защитного закрытия
Общественная приемная	Необходимость открытости, светлого интерьера и визуального контроля	Динамическое стекло с мягким снижением светопропускания
Зал заседаний	Потребность в приватности, презентационном режиме и стабильном освещении	Сценарии совещания, презентации, дневного режима и проветривания
Кабинетный корпус	Разные пользовательские предпочтения при повторяющемся фасадном модуле	Зонированное управление с ручной корректировкой в допустимых пределах

Bank и Asian Development Bank отмечают регулярное превышение 30 градусов летом и падение температуры ниже минус 5 градусов зимой [6] (рисунок 3).

Пыль и загрязнение являются самостоятельным проектным фактором. Подвижные ламели, датчики и шарниры нуждаются в защите от накопления пыли, иначе система быстро теряет точность, выглядит неопрятно и требует частого ручного вмешательства. Поэтому для административных зданий Бишкека предпочтительны крупные обслуживаемые модули, гладкие поверхности, доступ с сервисных мостиков или из межфасадного пространства, а также режим самодиагностики, сообщающий о застревании, перегреве привода или загрязнении датчика.



Рисунок 2 – Навесная панельная оболочка как основа
для активного фасадного модуля



Рисунок 3 – Фасад здания «Мэрск Тауэр» с регулируемыми солнцезащитными панелями
как средство зонированного управления дневным светом, бликами и визуальным комфортом помещений

Данные NASA POWER полезны на ранних стадиях проектирования, поскольку описывают солнечную радиацию на основе спутниковых наблюдений и радиационных моделей [7]. Однако интеллектуальный фасад нельзя проектировать только по среднегодовым величинам. Для административного здания важны часы фактической занятости: утренний поток сотрудников, прием граждан днем, послеобеденное солнце на западных фасадах и вечерние режимы безопасности. Именно расписание использования помещений должно быть связано с климатическими данными (таблица 3).

Таблица 3 – Климатические вызовы и сценарии управления фасадом

Вызов	Риск для здания	Сценарий управления
Летний перегрев	Рост нагрузки на охлаждение и снижение работоспособности сотрудников	Защитное положение ламелей до пикового перегрева, ночное проветривание при возможности
Зимняя инсоляция	Потеря полезного солнечного тепла при постоянном закрытии фасада	Зимний режим раскрытия при контроле бликов и теплопотерь
Пыль	Снижение точности датчиков, ухудшение внешнего вида и частые сбои	Регламент очистки, контроль загрязнения, защищенное размещение приводов
Ветер	Повреждение подвижных элементов и шум от вибрации.	Автоматический переход в безопасное положение по сигналу ветрового датчика
Публичность фасада	Нежелательное ощущение закрытости административного учреждения	Прозрачный дневной режим для входных и приемных зон, более плотный режим для кабинетов

Проектные предложения для административных зданий.

Первое предложение состоит в создании фасадного паспорта административного здания. В нем должны фиксироваться ориентация, назначение помещений, требуемый уровень приватности, график занятости, допустимые положения элементов, зоны ручного управления и порядок обслуживания. Такой паспорт позволяет избежать ситуации, когда интеллектуальная система установлена формально, но не связана с реальными рабочими процессами учреждения.

Второе предложение – применять принцип умеренной автоматизации. Для большинства административных зданий Бишкека целесообразен фасад с несколькими понятными режимами: рабочий день, прием граждан, совещание, летняя защита, зимний пропуск света, ветровое положение, ночная безопасность и сервис. Такой набор проще объяснить пользователям и легче обслуживать, чем систему с непрерывным хаотичным движением.

Третье предложение касается реконструкции существующих зданий. Если несущая конструкция не позволяет устанавливать тяжелую кинетическую оболочку, можно использовать легкие внешние экраны, автоматизированные внутренние шторы, динамическое стекло на отдельных участках или комбинированные решения для наиболее проблемных фасадов. Интеллектуальность здесь проявляется не в масштабе оборудования, а в точном выборе зоны воздействия.

Четвертое предложение – сохранить архитектурную читаемость административного здания. Подвижный фасад не должен превращать учреждение в случайный набор технических деталей. Шаг ламелей, цвет, глубина второго слоя, рисунок тени и скорость движения должны поддерживать образ дисциплинированного, современного и открытого здания. В этом смысле интеллектуальный фасад становится частью архитектурного языка, а не только энергосберегающей мерой.

Таблица 4 – Сценарии работы интеллектуального фасада

Сценарий	Положение фасада	Архитектурно-эксплуатационный эффект
Рабочий день	Частичное раскрытие, контроль бликов, сохранение вида наружу	Комфортные рабочие места и визуальная открытость учреждения
Прием граждан	Светлый режим входной зоны и мягкое затенение мест ожидания	Понятная навигация, отсутствие ощущения закрытости
Совещание	Снижение яркости, приватность, совместимость с презентационным оборудованием	Стабильная визуальная среда без полного затемнения
Летняя защита	Упреждающее закрытие южных и западных зон	Снижение перегрева и нагрузки на охлаждение
Аварийный ветер	Фиксация элементов в безопасном положении	Защита механизмов и снижение риска повреждений

Анализ эффективности и ожидаемый эффект. Оценка эффективности интеллектуального фасада должна быть многокритериальной. Недостаточно измерять только экономию энергии, поскольку административное здание является рабочей средой и публичным объектом. Следует учитывать дневную освещенность, перегрев, число часов с бликами, жалобы пользователей, стабильность автоматики, стоимость очистки, внешний вид фасада после нескольких сезонов эксплуатации и простоту ремонта отдельных модулей.

Исследования smart windows для офисной среды показывают, что динамическое изменение светопропускания способно уменьшать избыточную освещенность и улучшать визуальный комфорт, но итог зависит от ориентации, климата, режима управления и взаимодействия с искусственным освещением [8]. Поэтому в Бишкеке важно создавать не только проект фасада, но и регламент его эксплуатации: кто имеет право менять режим, какие настройки считаются базовыми, как часто выполняется очистка, какие параметры мониторятся.

Интегрированная методология проектирования адаптивных фасадов предполагает раннее согласование между архитекторами, инженерами, производителями и эксплуатационной службой [9]. Для административных зданий это особенно важно, поскольку ошибка в фасадной автоматике быстро становится публичной: посетитель видит закрытые или неработающие элементы, сотрудник ощущает дискомфорт, а владелец получает повышенные расходы. Поэтому пилотные проекты должны сопровождаться мониторингом и постепенной настройкой (таблица 4).

Ограничения применения и условия внедрения. Интеллектуальный фасад не является универсальным решением для всех административных зданий. Если здание находится в глубокой тени, имеет малую площадь остекления или ограниченный бюджет на обслуживание, более рациональными могут быть пассивные солнцезащитные элементы, улучшенное остекление, теплоизоляция или локальная автоматизация отдельных помещений. Ошибка возникает тогда, когда фасадная интеллектуальность подменяется демонстрацией технологии без связи с реальными климатическими задачами.

Ограничением является и человеческий фактор. Слишком закрытая автоматика вызывает раздражение пользователей, особенно если сотрудники не могут корректировать свет у своего рабочего места. С другой стороны, полностью ручное управление разрушает энергетическую логику фасада. Поэтому оптимальна смешанная модель: базовые режимы задаются автоматически, но пользователь получает ограниченное право локальной настройки, не нарушающее общую безопасность и энергосбережение.

Стратегические документы World Bank по Кыргызской Республике выделяют энергоэффективность зданий, обновление строительных норм и устойчивость инфраструктуры как важные

Таблица 5 – Показатели мониторинга после внедрения фасада

Группа показателей	Что измеряется	Зачем используется
Энергия	Расход на охлаждение, отопление, освещение и работу приводов	Проверка реальной экономии и корректировка сценариев
Комфорт	Температура у фасада, уровень освещенности, число жалоб на блики	Настройка фасада по фактическим условиям рабочих мест
Эксплуатация	Отказы приводов, загрязнение датчиков, время ремонта, стоимость очистки	Оценка надежности и планирование обслуживания
Архитектура	Восприятие фасада пользователями и соответствие образу учреждения	Поддержание публичного качества административного здания
Безопасность	Работа ветрового режима, аварийная фиксация, доступ эвакуационным путям	Снижение рисков при погодных и технических сбоях

направления климатической политики [10]. Интеллектуальные фасады могут стать частью этой повестки, если будут внедряться не как дорогая витрина, а как проверяемая технология повышения качества публичных зданий. Для этого нужны локальные пилоты, эксплуатационная статистика и обучение специалистов по проектированию и обслуживанию таких оболочек (таблица 5).

Заключение. Адаптивные интеллектуальные фасады для административных зданий Бишкека следует проектировать как климатически осмысленную, эксплуатационно надежную и архитектурно выразительную оболочку. Их ценность определяется не количеством датчиков и приводов, а способностью поддерживать комфорт работников и посетителей, уменьшать перегрев, улучшать дневное освещение и сохранять достойный публичный образ учреждения.

Для городской практики наиболее перспективна модель умеренной интеллектуальности: пассивная геометрия фасада дополняется автоматизированным затенением, динамическим стеклом в ключевых зонах, прогнозными сценариями и понятным пользовательским управлением. Такой подход лучше соответствует пыльному, контрастному и сейсмически ответственному контексту Бишкека, чем чрезмерно сложные механические фасады.

Ожидаемый эффект включает снижение эксплуатационных затрат, повышение качества рабочих мест, более устойчивую работу административных зданий в условиях летнего перегрева и формирование современного образа городской архитектуры. Дальнейшие исследования целесообразно направить на пилотное моделирование конкретных фасадов Бишкека, сравнительный расчет режимов управления и мониторинг фактической работы интеллектуальных оболочек в течение полного годового цикла.

Поступила: 04.06.2026; рецензирована: 18.06.2026; принята: 19.06.2026.

Литература

1. *Zhang X., Zhang H., Wang Y., Shi X.* Adaptive Façades: Review of Designs, Performance Evaluation, and Control Systems // Buildings. 2022. Vol. 12. No. 12. Article 2112. DOI: 10.3390/buildings12122112. URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/12/2112 (дата обращения: 06.05.2026).
2. *Zhangabay N., Tursunkululy T., Ibraimova U., Abdikerova U.* Energy-Efficient Adaptive Dynamic Building Facades: A Review of Their Energy Efficiency and Operating Loads // Applied Sciences. 2024. Vol. 14. No. 23. Article 10979. DOI: 10.3390/app142310979. URL: https://www.mdpi.com/2076-3417/14/23/10979 (дата обращения: 06.05.2026).
3. *Mollaeiubli T., Lee J., Yi H.* Machine-learned kinetic Façade: Construction and artificial intelligence enabled predictive control for visual comfort // Automationin Construction. 2023. Vol. 156. Article

105093. DOI:10.1016/j.autcon.2023.10509. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580523003539 (дата обращения: 06.05.2026).
4. *Budaiwi I.M., Abdul Fasi M.* Assessing the Energy-Saving Potential and Visual Comfort of Electrochromic Smart Windows in Office Buildings: A Case Study in Dhahran, Saudi Arabia // Sustainability. 2023. Vol. 15. No. 12. Article 9632. DOI: 10.3390/su15129632. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/15/12/9632 (дата обращения: 06.05.2026).
5. *Mahdavinejad M., Bazazzadeh H., Mehrvarz F., Berardi U., Nasr T., Pourbagher S., Hoseinzadeh S.* The impact of facade geometry on visual comfort and energy consumption in an office building in different climates // Energy Reports. 2024. Vol. 11. P. 1–17. DOI: 10.1016/j.egyr.2023.11.021. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723015457 (дата обращения: 06.05.2026).
6. World Bank Group, Asian Development Bank. Climate Risk Country Profile: KyrgyzRepublic.2021. URL: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/sites/default/files/2021-06/15814WB_Kyrgyz%20Republic%20Country%20Profile-WEB.pdf (дата обращения: 06.05.2026).
7. NASA POWER. Energy Fluxes Data Overview. URL: https://power.larc.nasa.gov/docs/methodology/energy-fluxes/ (дата обращения: 06.05.2026).
8. *Gundogdu H., Terkes M., Demirci A., Cali U.* Assessing energy savings and visual comfort with PDLC-based smart window in an Istanbul office building: A case study // Energy Reports. 2024. Vol. 12. P. 4252–4265. DOI: 10.1016/j.egyr.2024.10.009. URL:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484724006632 (дата обращения: 06.05.2026).
9. *Voigt M.P., Roth D., Blandini L., Kreimeyer M.* An integrated design methodology for extrinsic adaptive façades: Process model, standards, and case study // Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 94. Article 109810. DOI: 10.1016/j.jobe.2024.109810. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710224014755 (дата обращения: 06.05.2026).
10. World Bank Group. Kyrgyz Republic Country Climate and Development Report. 2025. URL: https://www.worldbank.org/en/country/kyrgyzrepublic/publication/ccdr (дата обращения: 06.05.2026).