

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И КОМФОРТНОСТИ ЗДАНИЯ ДЕТСКОГО САДА ПО КРИТЕРИЯМ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

*О. А. Ветрова, А. В. Пекшеева*

**Ветрова Ольга Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (495) 287-49-14 доб. 1765; e-mail: vetrovaao@mgsu.ru;

**Пекшеева Александра Владимировна**, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (902) 439-43-85; e-mail: a.peksheeva12@gmail.com

Рассмотрены способы повышения энергоэффективности и комфортности зданий дошкольных образовательных учреждений на основе принципов устойчивого развития. В качестве базового варианта выбран детский сад на 220 мест, имеющий класс энергосбережения «С». Предложены следующие оптимизационные решения: изменена ориентация окон в спальнях для снижения перегрева помещений в летний период; применены однослойные наружные стены из керамических блоков КАИМАН'44; «зеленая» кровля и энергоэффективные окна. В результате повышено приведенное сопротивление теплопередаче теплового контура, снижен расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий. Отклонение от нормируемого составило 40,5 %, благодаря чему удалось повысить класс энергоэффективности до «А». Таким образом, предложенные проектные решения позволяют существенно экономить бюджетные средства и энергоресурсы.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, детский сад, оптимизация, избыточная инсоляция, «зеленая» кровля, однослойная наружная стена.

## IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY AND COMFORT OF A KINDERGARTEN BUILDING IN ACCORDANCE WITH THE CRITERIA OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

*O. A. Vetrova, A. V. Peksheeva*

**Vetrova Olga Anatolyevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Industrial and Civil Engineering Department National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (495) 287-49-14 доб. 1765; e-mail: vetrovaao@mgsu.ru;

**Peksheeva Aleksandra Vladimirovna**, student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (902)439-43-85; e-mail: a.peksheeva12@gmail.com

The article discusses ways to improve the energy efficiency and comfort of preschool educational institutions based on the principles of sustainable development. As a baseline, a 220-seat kindergarten with a «C» energy efficiency class was selected. The following optimization solutions were proposed: changing the orientation of windows in bedrooms to reduce overheating in summer; using single-layer exterior walls made of KAIMAN'44 ceramic blocks; implementing a green roof and energy-efficient windows. As a result, the thermal resistance of the building's thermal circuit was increased, and the estimated specific heat consumption for heating the buildings was reduced. The deviation from the standard value was 40.5 %, which allowed us to increase the energy efficiency class to «A». Thus, the proposed design solutions significantly save budget funds and energy resources.

**Keywords:** energy efficiency, kindergarten, optimization, excessive insolation, "green" roof, single-layer wall.

### Введение

Благополучие и процветание человека и города через симбиоз с биосферой [1, 2] стало одним из основных векторов национального развития закрепленном в указе Президента РФ «О национальных целях развития России на период до 2030 г.». В указе среди национальных целей – экологическое благополучие, комфортная и безопасная среда для жизни. Эти цели напрямую связаны с реализацией принципов устойчивого (зеленого) развития. Системы критериальных оценок «зеленого» строительства определяют требования к таким зданиям и сооружениям [3–5]. Энергоэффективность и энергосбережение являются целевыми компонентами современного управления жизненным циклом строительных объектов [6], поэтому оптимизация проектных решений является одним из основных путей совершенствования зданий, направленного на устойчивое развитие среды обитания [7].

Объектом исследования выбран детский сад на 220 мест в городе Новочебоксарске, запроектированный в 2022 г. Здание детского сада трехэтажное

типовой планировочной структуры, бескаркасное с несущими стенами из керамического камня «КЕТРА» с облицовкой лицевым кирпичом; класс энергетической эффективности «С». По данным расчета инсоляции выявлена избыточная инсоляция и как следствие перегрев спальных помещений нескольких групповых ячеек. В научной литературе зачастую анализируются отдельные аспекты энергосбережения и комфорта дошкольных образовательных организаций [8–10] и отсутствует комплексное решение, интегрирующее планировочные и конструктивные оптимизационные решения. Наша работа базируется на трудах В.А. Ильичева и В. И. Колчунова [1, 2] и учитывает исследования энергоэффективности стен, окон и «зеленых» кровель Н. И. Ватина, Е. В. Коркиной, А. А. Бенуж, Е. В. Сысоевой, О. Н. Дьячковой [9–15].

Целью исследования явилась разработка комплекса планировочных и архитектурно-конструктивных мероприятий для повышения комфортности и энергоэффективности зданий детских образовательных учреждений. В рамках поставленной цели проведена оптимизация объемно-планировочных

решений групповых ячеек; оптимизация конструктивных решений теплового контура; выполнена количественная оценка энергетической эффективности и экономическая оценка принятых решений.

Впервые для климатических условий Чувашской Республики установлены количественные зависимости между изменением ориентации и площади остекления спальных помещений, приведенным сопротивлением теплопередачи ограждающих конструкций и итоговым классом энергоэффективности детского сада. Показано, что комплексная оптимизация повышает отклонение расчетного удельного расхода тепла от нормируемого с 25 до 40,5 %, что соответствует переходу из класса «С» в класс «А». Результаты могут быть использованы для корректировки типовых проектов дошкольных учреждений.

#### Методы

Для решения поставленных задач применены методы, позволяющие проанализировать данные, систематизировать знания и разработать конкретные проектные решения: анализ научной литературы, позволяющий получить представление о существующих исследованиях, теориях и практиках в области повышения энергоэффективности, а также количественный анализ разработанных оптимизационных мероприятий.

*Оптимизация объемно-планировочных решений* направлена на повышение теплового и светового комфорта. Для игровых помещений размеры и ориентация окон продиктованы соблюдением коэффициента естественной освещенности КЕО  $\geq 1,5$  % и продолжительности инсоляции  $\geq 2$  ч. В спальных помещениях требуемый КЕО в три раза меньше – 0,5 %, однако избыточная инсоляция через окна, ориентированные на юг, приводят к перегреву помещений в летний период. В базовом варианте здания в части групповых ячеек окна спальных помещений ориентированы на юг, а продолжительность инсоляции составляет 6 ч 50 минут. Для улучшения теплового комфорта предлагается изменение ориентации окон в спальнях с южного на восточное и западное, и уменьшить площадь оконных проемов до минимально допустимого уровня, обеспечивающего КЕО и инсоляцию. В Проектном варианте инсоляция спальных помещений сокращена до 3 ч 40 мин. при КЕО 0,5 %, что исключает необходимость установки механической системы кондиционирования и снижается расход электроэнергии в летний период.

1. *Оптимизация конструктивных решений наружных стен* направлена на повышение энергоэффективности теплового контура здания [9]. Приведенное сопротивление теплопередачи наружной стены повышается за счет повышения ее теплотехнической однородности. Базовый вариант слоистой кладки имеет коэффициент неоднородности  $r = 0,85$ , так как содержит множество растворных швов и связей, тогда как однослойная стеновая конструкция из крупноформатных керамических камней имеет  $r = 0,98$ , кроме этого, однослойная стена имеет ряд других преимуществ [16].

Теплотехнический расчет произведен для климатических условий с ГСОП = 5808,2 °С·сут. В Базовом варианте здания наружные стены приняты из керамического камня «КЕТРА» ( $\lambda_B = 0,169$  Вт/(м·°С)) с облицовкой лицевым кирпичом 1НФ. Приведенное сопротивление теплопередаче рассчитано по СП 50.13330.2012 с учетом теплотехнических неоднородностей и составило  $R_{ст}^{прБ} = 2,59$  м<sup>2</sup>·°С/Вт.

В целях оптимизации в проектом варианте здания в качестве наружной стены используется однородная ограждающая конструкция из крупноформатных блоков КАИМАН'44 размером 12,4НФ ( $\lambda_B = 0,105$  Вт/(м·°С)). Кроме того, для достижения более высоких показателей термического сопротивления стен используется теплоизоляционный кладочный раствор и теплая штукатурка ЭКО-ТЕРМ П.

Для снижения теплотехнической неоднородности применяем более эффективные решения сопряжения оконного блока со стеной и стены с цокольным перекрытием за счет утепления данных участков. Приведенное сопротивление проектного варианта  $R_{ст}^{прП} = 4,32$  м<sup>2</sup>·°С/Вт, при снижении суммарной толщины стены с 660 мм в базовом варианте до 475 мм в проектом.

2. *«Зеленая» кровля.* Озеленение кровли позволяет снизить теплотеплотери за счет дополнительного термического сопротивления растительного слоя [10, 12, 17], особенно для объектов со значительной площадью кровли. Применение озелененных экстенсивных кровель с толщиной субстрата 9-15 см позволяет улучшить теплоизоляционные свойства кровли и дает экономии энергии на отопление и охлаждение [13]. Кроме того, появляются экологические преимущества: снижение эффекта «теплового острова» [18], задержка ливневых стоков [19] и улучшение качества воздуха. Таким образом, интеграция «зеленой» кровли в проектируемое здание является обоснованным высокоэффективным решением для достижения критериев «зеленых» стандартов [20].

В базовом проекте предусмотрена стандартная конструкция плоской крыши с рулонной гидроизоляцией и приведенным сопротивлением  $R_{покр}^{прБ} = 4,61$  м<sup>2</sup>·°С/Вт. В проектом варианте применяем «зеленую» кровлю по системе ТН-КРОВЛЯ Грин со следующими основными слоями: уклонообразующий слой; цементно-песчаная стяжка; два слоя рулонной битумной гидроизоляции с функцией корневостойкости; теплоизоляция из экструдированного полистирола 150 мм; слой почвенного субстрата, растительный слой с многолетними травами. Приведенное сопротивление данной конструкции кровли  $R_{покр}^{прП} = 6,9$  м<sup>2</sup>·°С/Вт.

3. *Светопрозрачные конструкции* – элементы теплозащитной оболочки, через которые происходят наибольшие трансмиссионные теплотеплотери здания. Для их снижения предлагается замена базовых стеклопакетов на энергоэффективные СПД 83См-18Аг-6ЗИ-12Аг-13СМ4. Эффективность оценивается по критерию [11]:  $M_0 = (U^6 - U^n) / (M^6 - M^n) > 1$ . Расчет

для данных климатических условий подтвердил обоснованность замены  $M_0 = 10,22 > 1$ .

5. Оценка энергетической эффективности проектных решений выполнена по методике СП 50.13330.2024 Тепловая защита зданий.

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию для дошкольных учреждений принят по таблице 15 50.13330.2024 Тепловая защита зданий и равен  $q_{от}^{тр} = 0,521 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$ .

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию  $q_{от}^p = k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ}(k_{быт} + k_{рад})$ . Удельная теплотехническая характеристика  $k_{об}$  рассчитана по формуле  $k_{об} = \frac{1}{V_{от}} \sum_i \left( n_{t,i} \frac{A_{ф,i}}{R_{0,i}^{pp}} \right)$ , в которой суммирование ведется по всем фрагментам наружной оболочки здания.

Удельная вентиляционная характеристика  $k_{вент}$ , коэффициент эффективности использования теплоступлений  $\beta_{КПИ}$ , удельные характеристики бытовых тепловыделений  $k_{быт}$  и теплоступлений от солнечной радиации  $k_{рад}$  определены согласно приложения Б 50.13330.2024.

### Результаты и обсуждение

Для количественной оценки эффективности предложенных решений выполнены теплотехнические расчеты ограждающих конструкций двух вариантов конструктивного решения (табл.). В таблице указаны стены трех типов: 1 тип – наружные несущие, 2 тип – стены тамбуров и электрощитовой, 3 тип – стены в уровне чердака.

Таблица

Определение класса энергоэффективности здания

N п/п	Наименование	Базовый вариант			Проектный вариант		
		$A_{ф,i}, \text{м}^2$	$R_{0,j}^{pp}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$	$n_{tj} A_{фj} / R_{0,j}^{pp}, \text{Вт}/\text{°C}$	$A_{ф,i}, \text{м}^2$	$R_{0,j}^{pp}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$	$n_{tj} A_{фj} / R_{0,j}^{pp}, \text{Вт}/\text{°C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
2	Стены						
3	1 тип	2227,8	2,59	860	2227,8	4,32	515
4	2 тип	32,5	1,51	14	32,5	1,93	11
5	3 тип	121,1	2,62	46	121,1	2,9	41
6	Перекрытие цок.	857,8	2,92	122	857,8	2,92	122
7	Покрытие	857,8	4,61	186	857,8	6,9	124
8	Окна	315,9	0,79	400	267,5	0,92	290
9	Двери	39,3	1,00	39	39,3	1,00	39
10				1668			1142
11	Объем здания, $\text{м}^3$		8497,5			8497,5	
12	$k_{об}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		0,196			0,134	
13	$q_{от}^p, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		0,379			0,31	
14	$q_{от}^{тр}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$		0,521			0,521	
15	Величина отклонения		25 %			40,5 %	
16	Класс		«С»			«А»	

Расчитаны площади ограждающих конструкций  $A_{ф,i}$ , приведенное сопротивление теплопередаче для базового и проектного вариантов  $R_{0,j}^{pp}$  и удельные трансмиссионные теплототери  $n_{tj} A_{фj} / R_{0,j}^{pp}$ .

В результате проведения оптимизации архитектурно-конструктивных решений здания детского сада величина отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания  $q_{от}^p$  от нормируемого значения расхода тепловой энергии  $q_{от}^{тр}$  составила 40,5 %, то есть повышена на 15 % относительно базового варианта.

Экономическая эффективность определена сметными расчетами базового и проектного вариантов базисно-индексным методом с применением индексов 1 квартала 2026 г. Стоимость строительно-монтажных работ составила для базового варианта 281998,50 тыс.руб. и для проектного варианта – 278411,96 тыс.руб. Таким образом, проектный вариант дешевле базового на 3586,54 тыс. руб. Несмотря на то, что «зеленая» кровля приводит к удорожанию проекта, экономия достигнута за счет замены

слоистых кирпичных стен с облицовкой на однослойные из крупноформатных блоков с теплоизоляционной штукатуркой.

Годовая экономия тепловой энергии в процессе эксплуатации рассчитана по разности удельных расходов тепловой энергии на отопление и вентиляцию базового  $q_{от}^{pB}$  и проектного  $q_{от}^{pII}$  вариантов:  $\Delta Q = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{от} (q_{от}^{pB} - q_{от}^{pII}) = 0,024 \cdot 5808,2 \cdot 8497,5 \cdot (0,379 - 0,31) = 81730 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год}$ . В перерасчете на гигакалории при 1 Гкал = 1163 кВт·ч экономия составит 70,27 Гкал/год. Средний тариф на услугу отопления за 1 Гкал составляет 2608,90 руб, согласно сведениям пресс-центра Государственной службы Чувашской Республики по конкурентной политике и тарифам. Таким образом, годовая экономия в денежном выражении составит 183,3 тыс. руб./год.

### Заключение

Достигнут тепловой комфорт спальных помещений за счет снижения избыточной инсоляции изменением ориентации окон с южной на восточную и западную, уменьшением площади остекления, что исключило перегрев и необходимость в механическом кондиционировании.

За счет оптимизации конструкций теплового контура увеличено приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен, кровли и окон. Как следствие, снижена удельная теплозащитная характеристика здания и удельный расход тепловой энергии на отопление с 0,379 до 0,31 Вт/(м<sup>3</sup>·°C), при этом отклонение от нормируемого значения 0,521 Вт/(м<sup>3</sup>·°C) достигло 40,5 %, что соответствует классу энергоэффективности «А» (Очень высокий). Снижена толщина наружных стен с 660 до 475 мм.

Сметная стоимость проектного варианта ниже базового, дополнительных капитальных вложений не требуется. Годовая экономия тепловой энергии на отопление составила 81 730 кВт·ч, что позволяет экономить бюджету города 183,3 тыс. руб. в год.

Таким образом, полученные оптимизационные решения позволяют создавать комфортные и энергоэффективные здания детских садов, что соответствует целям развития России в области устойчивого развития и могут быть использованы при корректировке типовых проектов дошкольных учреждений в регионах с ГСОП 5500–5900 °C·сут.

В 2026 г. проект достоин диплома лауреата Всероссийского инженерного конкурса выпускных квалификационных работ ВИК ВКР по направлению «Строительство».

### Список литературы

1. Ильичев В.А. Благополучие и процветание человека и города через симбиоз с биосферой / В. А. Ильичев // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2025. – № 4. – С. 6–11.
2. Ильичев В. А. Инновационная практика в городах и доктрина градостроительства / В. А. Ильичев, С. Г. Емельянов, В. И. Колчунов, Н. В. Бакаева // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2014. – № 3(7). – С. 3 – 18.
3. Arnfield A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island / A. J. Arnfield // Int. J. Climatol. – 2003. – Vol. 23. – Iss. 1. – Pp. 1–26.
4. Kauskale L., Energy Aspects of Green Buildings – International Experience / L. Kauskale, I. Geipele, N. Zeltins, I. Lecis // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2016. – No. 53 (6). – Pp. 21–28.
5. Geng Y. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction / Y. Geng, W. Ji, Z. Wang, B. Lin, Y. Zhu // Energy and Buildings. – 2019. – Vol. 183. – Pp. 500–514.
6. Зайцева И. А. Интеграция принципов энергоэффективности и энергосбережения в управление жизненным циклом объектов капитального строительства / И. А. Зайцева, С. А. Логинова, О. Р. Андреева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2025. – № 2 (52). – С. 61–63.
7. Теличенко В.И. «Зеленая» стандартизация будущего – фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности / В.И. Теличенко, М.Ю. Слесарев // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 8. – С. 90–97. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.558-567.
8. Чернышева Т. А. Методы исследования естественной световой среды в помещениях детского дошкольного учреждения / Т. А. Чернышева, Б. А. Новиков, О. И. Бодачевский // Инженерные системы и техногенная безопасность. – 2023. – № 5(163). – С. 88–97.
9. Ватин Н. И. Повышение энергоэффективности зданий детских садов / Н. И. Ватин, Д. В. Немова // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2012. – № 3(3). – С. 52–76.
10. Бенуж А.А. Влияние озеленения кровли на энергоэффективность здания / А.А. Бенуж, А.В. Богачев // Academia. Архитектура и строительство. – 2021. – №2. – С. 117–122. DOI: 10.22337/2077-9038-2021-2-117-122.
11. Коркина Е.В. Критерий эффективности замены стеклопакетов в здании с целью энергосбережения // Жилищное строительство. – 2018. – № 6. – С. 6–9.
12. Сысоева Е. В. Экономическая эффективность применения «зеленых» крыш на примере крупных городов / Е. В. Сысоева, И. В. Морозов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2024. – № 4(97). – С. 254–263. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_4\_254.
13. Сысоева Е.В. Эффективность применения «зеленых» крыш на территории России / Е.В. Сысоева, Л.В. Москвитина // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 10. – С. 129–134.
14. Дьячкова О.Н. Применение инновационных технологий озеленения при строительстве детских садов / О.Н. Дьячкова // Архитектура во времени и пространстве: Материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 21–23.
15. Дьячкова О.Н. Архитектурно-строительное решение здания детского сада со встроенными «зелеными» игровыми площадками / О.Н. Дьячкова, А.А. Талеркина, А.В. Слободан // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: Сборник докладов Третьей Национальной научной конференции. – Москва, 2023. – С. 374–380.
16. Ветрова О. А. Конструктивные решения наружных стен: проблемы, дефекты и перспективы применения однослойных ограждающих конструкций / О. А. Ветрова // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 3(123). – С. 572–583.
17. Karachaliou P. Experimental and numerical analysis of the energy performance of a large scale intensive green roof system installed on an office building in Athens / P. Karachaliou, M. Santamouris, H. Pangalou // Energy and Buildings. – 2016. – Vol.114. – Pp. 256–264.
18. Шукуров И. С. Влияние эффекта «городского острова тепла» на устойчивое развитие городов / И. С. Шукуров, М. Т. Ле, Л. И. Шукурова, А. Д. Дмитриева // Градостроительство и архитектура. – 2020. – Т. 10. – № 2. – С. 62–70.
19. Зайкова Е. Ю. Зеленая инфраструктура как инструмент управления ливневыми водами / Е. Ю. Зайкова, С. С. Феофанова // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17. – Вып. 11. – С. 1429 – 1452.
20. Корниенко С. В., Экологическая архитектура на примере преимуществ озеленяемых крыш / С. В. Корниенко, Т. О. Цитман, П. В. Синькевич // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 3 (45). – С. 49–54. DOI: 10.52684/2312-3702-2023-45-2-48-54.

### References

1. Ilyichev V.A. Blagopoluchie i procvetanie cheloveka i goroda cherez simbioz s biosferoj [Human and urban well-being and prosperity through symbiosis with the biosphere]. *Biosfermaya sovместimost': chelovek, region, tehnologii* [Biosphere Compatibility: Human, Region, and Technology], 2025, no. 4, pp. 6–11.
2. Ilyichev V.A., Yemelyanov S. G., V. I. Kolchunov, N. V. Bakayeva Innovacionnaya praktika v gorodax i doktrina gradoustrojstva [Innovative practice in cities and the doctrine of urban planning]. *Biosfermaya sovместimost': chelovek, region, tehnologii* [Biosphere Compatibility: Human, Region, and Technology], 2014, no. 3(7), pp. 3-18.
3. Arnfield A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol*, 2003, vol. 23, iss. 1, pp. 1–26.
4. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. Energy Aspects of Green Buildings – International Experience. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 2016, no. 53 (6), pp. 21–28.
5. Geng Y., Ji W., Wang Z., Lin B., Zhu Y. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy and Buildings*, 2019, vol. 183, pp. 500–514.
6. Zajceva I. A., Loginova S. A., Andreeva O. R. Integraciya principov e`nergoe`ffektivnosti i e`nergoberezheniya v upravlenie zhiznenny`m ciklom ob`ektov kapital`nogo stroitel'stva [Integration of the principles of energy efficiency and energy conservation into the life cycle management of capital construction facilities]. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Region], 2025, no. 2 (52), pp. 61–63.
7. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. «Zelenaya» standartizaciya budushhego – faktor e`kologicheskoy bezopasnosti sredy` zhiznedeyatel'nosti ["Green" standardization of the future – a factor of environmental safety of the living environment]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2018. no. 8, pp. 90–97. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.5.558-567.
8. Cherny`sheva T. A., Novikov B. A., Bodachevskij O. I. Metody` issledovaniya estestvennoj svetovoj sredy` v pomesheni-yax detskogo doshkol`nogo uchrezhdeniya [Methods of studying the natural light environment in preschool facilities]. *Inzhenerye sistemy` i texnogennaya bezopasnost`* [Engineering systems and man-made safety], 2023, no. 5(163), pp. 88-97.
9. Vatin N. I., Nemova D. V. Povy`shenie e`nergoe`ffektivnosti zdaniy detskix sadov [Improving the energy efficiency of kindergarten buildings] *Stroitel'stvo unikal'ny`x zdaniy i sooruzhenij* [Construction of unique buildings and structures], 2012, no. 3(3), pp. 52-76.
10. Benuzh A.A., Bogachev A.V. Vliyanie ozeleneniya krovli na e`nergoe`ffektivnost` zdaniya [The effect of roof landscaping on the energy efficiency of a building]. *Academia. Arxitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and construction], 2021, no.2, pp. 117-122.
11. Korkina E.V. Kriterij e`ffektivnosti zameny` steklopaketov v zdanii s cel'yu e`nergoberezheniya [Criterion for the effectiveness of replacing double-glazed windows in a building in order to save energy]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2018, no. 6, pp. 6-9.
12. Sy`soeva E. V., Morozov I. V. E`konomicheskaya e`ffektivnost` primeneniya «zeleny`x» kry`sh na primere krupny`x gorodov [Economic efficiency of the use of "green" roofs on the example of large cities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arxitektura* [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture], 2024, no. 4(97), pp. 254-263.
13. Sy`soeva E.V., Moskvitina L.V. E`ffektivnost` primeneniya «zeleny`x» kry`sh na territorii Rossii [The effectiveness of the use of "green" roofs in Russia]. *Innovacii i investicii* [Innovation and investment], 2021, no. 10, pp. 129-134.
14. D'yachkova O.N. Primenenie innovacionny`x tehnologij ozeleneniya pri stroitel'stve detskix [The use of innovative landscaping technologies in the construction of kindergartens]. *Arxitektura vo vremeni i prostranstve* [Architecture in time and space], Minsk: BNTU, 2022, pp. 21–23.
15. D'yachkova O.N. Talerkina A.A., Slobozhan A.V. Arxitekturno-stroitel'noe reshenie zdaniya detskogo sada so vstroenny`mi «zeleny`mi» igrovy`mi ploshhadkami [Architectural and construction solution of a kindergarten building with built-in "green" playgrounds] *Aktual'ny`e problemy` stroitel'noj otrasli i obrazovaniya* [Actual problems of the construction industry and education], Moscow, 2023, pp. 374-380.
16. Vetrova O. A. Konstruktivny`e resheniya naruzhny`x sten: problemy`, defekty` i perspektivy` primeneniya odnoslojny`x ograzhdayushhix konstrukcij [Structural solutions for exterior walls: problems, defects and prospects for the use of single-layer enclosing structures], *Inzheneryy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2025, no. 3(123), pp. 572-583.
17. Karachaliou P. Santamouris M., Pangelou H. Experimental and numerical analysis of the energy performance of a large scale intensive green roof system installed on an office building in Athens. *Energy and Buildings*, 2016, vol.114, pp. 256-264.
18. Shukurov I. S., Le M. T., Shukurova L. I., Dmitrieva A. D. Vliyanie e`ffekta «gorodskogo ostrova tepla» na ustojchivoe razvitiye gorodov [The impact of the urban heat island effect on sustainable urban development]. *Gradostroitel'stvo i arxitektura* [Urban planning and architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 62-70.
19. Zajkova E. Yu., Feofanova S. S. Zelenaya infrastruktura kak instrument upravleniya livnevyy`mi vodami [Green infrastructure as a stormwater management tool] *Vestnik MGSU*, 2022, vol. 17, issue 11, pp. 1429-1452.
20. Kornienko S. V., Citman T. O., Sin`kevich P. V. E`kologicheskaya arxitektura na primere preimushhestv ozelenyaemy`x kry`sh [Ecological architecture on the example of the advantages of green roofs] *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Region], 2023, no. 3 (45), pp. 49-54.

© О. А. Ветрова, А. В. Пекшеева

#### Ссылка для цитирования:

Ветрова О. А., Пекшеева А. В. Повышение энергоэффективности и комфортно-сти здания детского сада по критериям устойчивого развития // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 2 (56). С. 27–31.