

**РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ/BREEDING, SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10> EDN: DUFEPH**ОЦЕНКА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В КРОЛИКОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ С ВЕРХНИМ ОСВЕЩЕНИЕМ**

Научная статья

Иванов Д.С.^{1,*}, Земцов В.В.², Есепенок К.В.³¹ORCID : 0009-0008-0465-1261;^{1,3}Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. КИ. Скрябина, Москва, Российская Федерация²Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (dimetreus384[at]gmail.com)

Предложена: 21.04.2026; Принята: 10.06.2026; Опубликовано: 19.06.2026

Аннотация

В статье рассматривается методика оценки естественной освещенности в кролиководческом помещении с верхним освещением. Проведено численное моделирование распределения светового потока в помещении, расположенном в Тульской области, с учетом архитектурно-планировочных решений и геометрических параметров здания. Определены значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) в зоне нормирования, выполнен анализ их соответствия действующим нормативным требованиям. Оценено влияние конструктивных особенностей на формирование светового режима. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании энергоэффективных животноводческих помещений, обеспечивающих нормативный уровень освещенности без избыточных теплопотерь и повышения эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: естественное освещение, коэффициент естественной освещенности, кролиководческое помещение, верхнее освещение, световые фонари.

EVALUATION OF NATURAL LIGHTING IN A RABBIT-BREEDING ROOM WITH OVERHEAD LIGHTING

Research article

Ivanov D.S.^{1,*}, Zemtsov V.V.², Yesepenok K.V.³¹ORCID : 0009-0008-0465-1261;^{1,3}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation²Scientific Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (dimetreus384[at]gmail.com)

Suggested: 21.04.2026; Accepted: 10.06.2026; Published: 19.06.2026

Abstract

The article examines a method for assessing natural lighting in a rabbit-breeding room with overhead lighting. Numerical modelling was carried out to simulate the distribution of luminous flux in a facility located in Tula Oblast, taking into account the architectural and layout features and the geometric parameters of the building. Values for the daylight factor (DLF) were determined in the standardised zone, and an analysis was carried out to evaluate their compliance with current regulatory requirements. The influence of structural features on the formation of the lighting conditions was assessed. The obtained results can be used in the design of energy-efficient livestock housing that ensures the standard level of illuminance without excessive heat loss or increased operating costs.

Keywords: natural lighting, daylight factor, rabbit-breeding room, overhead lighting, skylights.

Введение

Естественное освещение играет важную роль в обеспечении физиологического комфорта животных и снижении эксплуатационных затрат на искусственное освещение. В кролиководческих помещениях, где содержание животных ведется в клетках, оптимальная освещенность способствует нормальному обмену веществ, росту и репродуктивной активности.

Одним из эффективных способов организации естественного освещения является использование верхнего освещения через световые фонари. Для обеспечения нормативных показателей освещенности необходимо учитывать место расположения, форму фонарей и светопропускание остекления.

Действующие нормативы ОСН-АПК 2.10.24.001-04 устанавливают минимальный КЕО 0,5% для помещений основного стада. Методика определения расчетного КЕО при верхнем освещении по формуле А.2 СП 419.1325800.2018 применена к параметрам конкретного объекта размеры фонарей, отражающие свойства поверхностей, климатические условия, количественная оценка пространственного распределения КЕО в 39 расчетных

точках характерного разреза на рабочей поверхности (0,3 м от пола клеток) с определением вносимого вклада освещенности для каждого из 11 фонарей, сопоставление расчетных данных с нормативным значением [1], [3], [7], [10].

Методы и принципы исследования

Объектом исследования является крольчатник 50×20 м в составе фермерского комплекса, расположенного в пос. Михайловский, Тульская. Осветительная система помещений крольчатников запроектирована с одиннадцатью зенитными фонарями размером 0,989×2,00 м в плане (рисунок 1), установленными в кровле с высотой светопроводных шахт 0,159 м. Геометрические параметры помещения включали высоту до конька 4,50 м и до карниза 3,00 м. Средневзвешенный коэффициент отражения внутренних поверхностей стен, пол, потолка — 0,40, а стенок светопроводных шахт фонарей — 0,70.

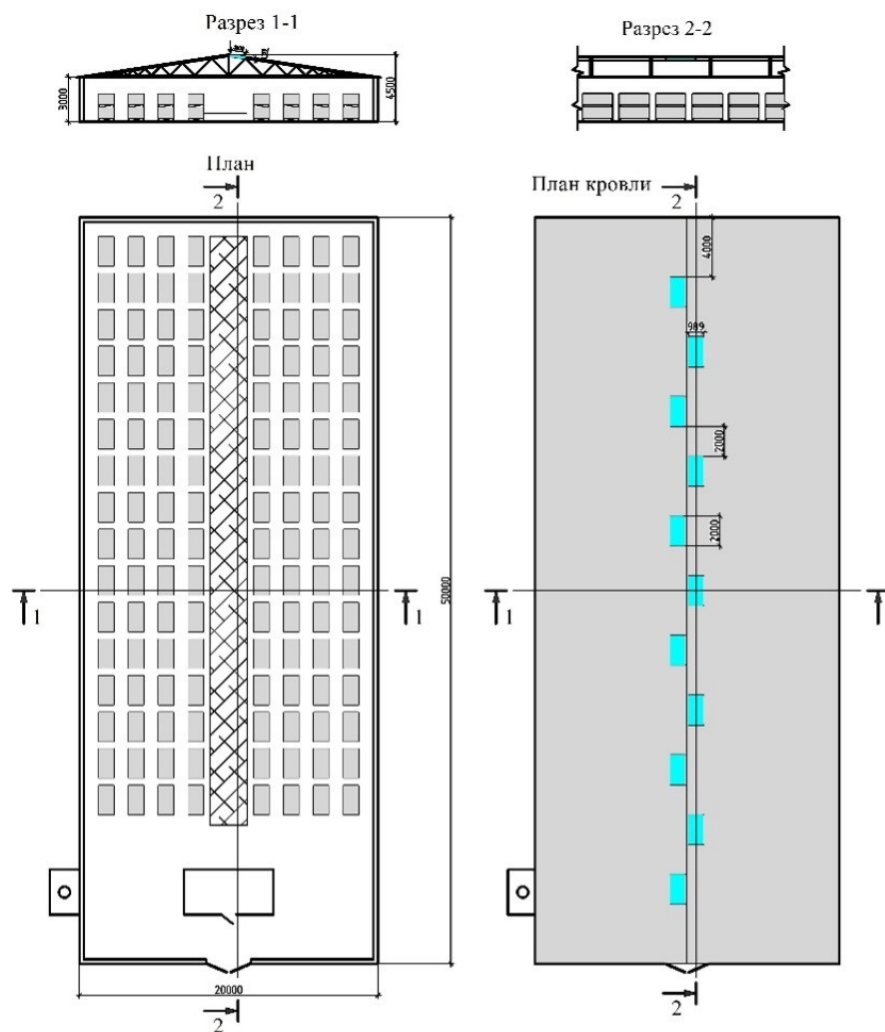


Рисунок 1 - Помещение крольчатника в составе фермерского комплекса

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.1>

Расчеты выполнялись для 39 точек на пересечении характерного вертикального разреза помещения и рабочей поверхности, расположенной на высоте 0,3 м от пола. Первая и последняя точки отстояли на 1 м от стен в соответствии с п. 5.5 СП 52.13330.2016. Геометрический КЕО для каждого фонаря определялся методом суммирования вклада освещенности расчетной точки от всех световых фонарей. Верификация модели проведена на примере точки №24 под фонарем №6 с детализацией всех компонентов формулы. Исходные данные и промежуточные результаты обрабатывались в Microsoft Excel.

Основные результаты

Проектирование кролиководческого комплекса выполнялось в среде ArchiCAD в строгом соответствии с РД-АПК 1.10.06.02-13 «Методические рекомендации по технологическому проектированию кролиководческих ферм крестьянских (фермерских) хозяйств». Строительство планируется на земельном участке площадью 14 000 м² во владении, расположенном в посёлке Михайловский, Турдейское сельское поселение, Воловский район, Тульская область. Спутниковый снимок этого участка, на котором видно границы владения, подъездные дороги и примыкающие угодья, представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Спутниковый снимок участка
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.2>

В ходе работы был подготовлен полный комплект архитектурно-строительных и инженерных чертежей, включающий генеральный план, планы кровель, разрезы и фасады производственных, складских и административных зданий. На рисунке 3 представлен проект генерального плана участка площадью 14 000 м².

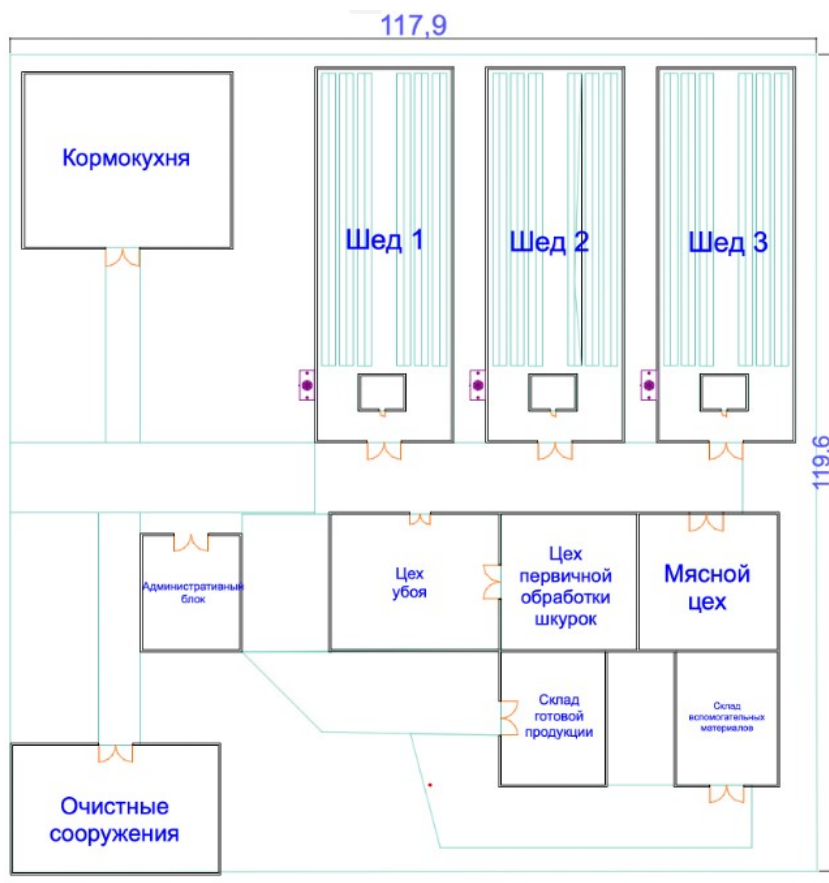


Рисунок 3 - Проект генерального плана участка кролиководческой фермы
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.3>

Комплекс зданий расположен таким образом, чтобы обеспечить технологическую непрерывность процессов. Три крольчатника с шедами (рисунок 3), каждое 20×50 м, ориентированы длинной стороной по оси «восток–запад» для равномерного поступления солнечной радиации для соблюдения микроклимата.

Расчет среднего значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) для 39 точек на рабочей поверхности (рисунок 4), расположенной на высоте 0,3 м от пола клеток, выявил пространственную изменчивость освещенности.

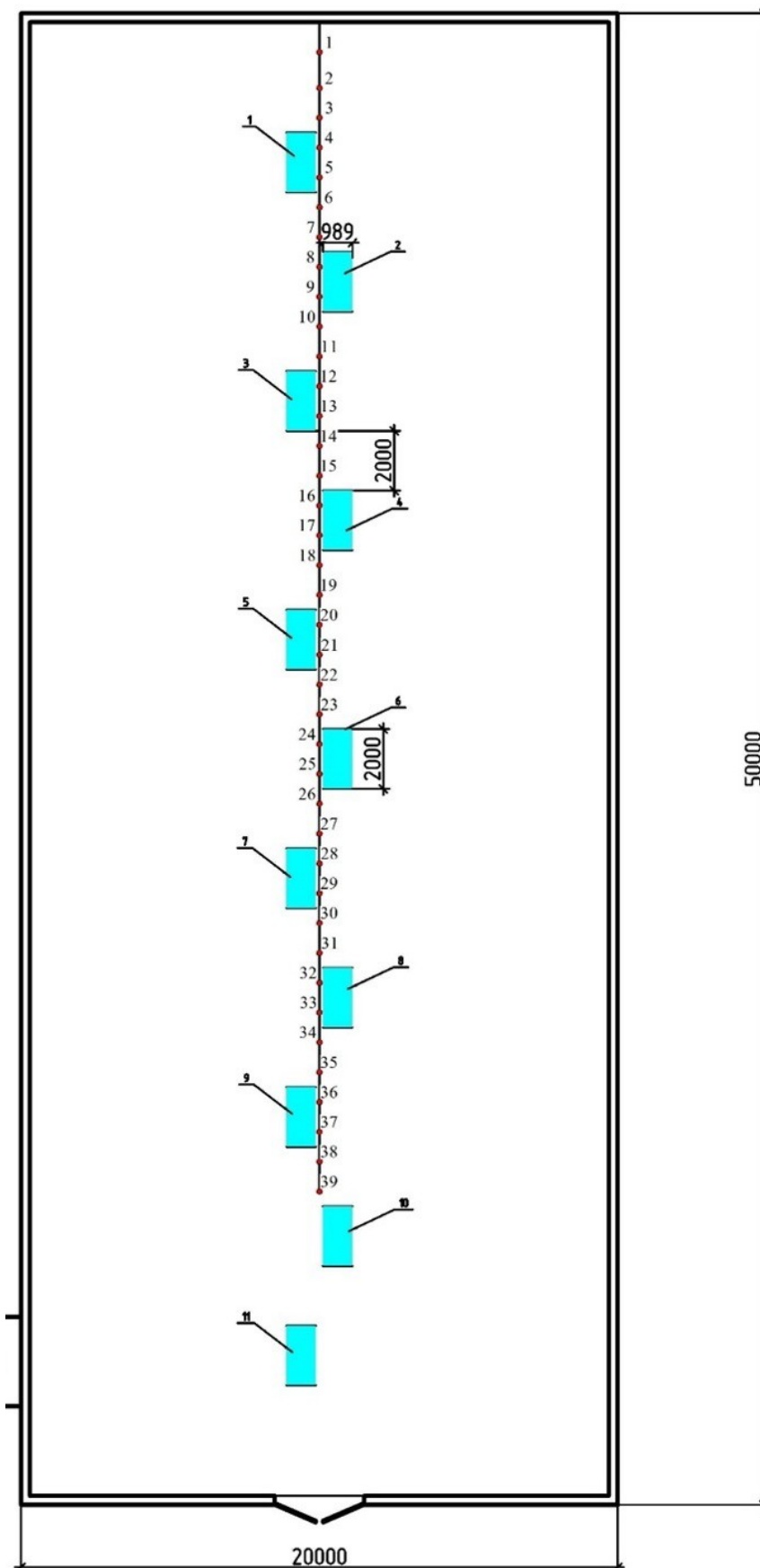


Рисунок 4 - Расположение расчетных точек и зенитных фонарей в плане
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.4>

Среднее значение КЕО при верхнем освещении составило 2,86%, что в 5,7 раза превышает нормированное значение 0,5%, установленный ОСН-АПК 2.10.24.001-04 для помещений основного стада кроликов. Минимальное значение 0,97% наблюдалось в точке №1 у торцевой стены, тогда как максимальное 3,12% регистрировалось в центральных точках (№8, 12, 16, 20, 24, 28, 32,33, 36, 37), что отражено на рис. 5.



Рисунок 5 - Среднее расчетное значение КЕО в помещении для содержания кроликов
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.5>

Примечание: крольчатник

Карта распределения КЕО по характерному разрезу помещения показывает периодический характер изменения освещенности, обусловленный расположением зенитных фонарей. Значения КЕО изменяются в диапазоне от 0,97 до 3,12%, при этом среднее расчетное значение по помещению составляет 2,86%, что свидетельствует о равномерном верхнем освещении.

Детальный расчет для точки №24 под фонарем №6 (рисунок 6) поясняет методику СП 419.1325800.2018 расчета КЕО при верхнем освещении зенитными фонарями - формула 1 с учетом средней яркости небосвода.

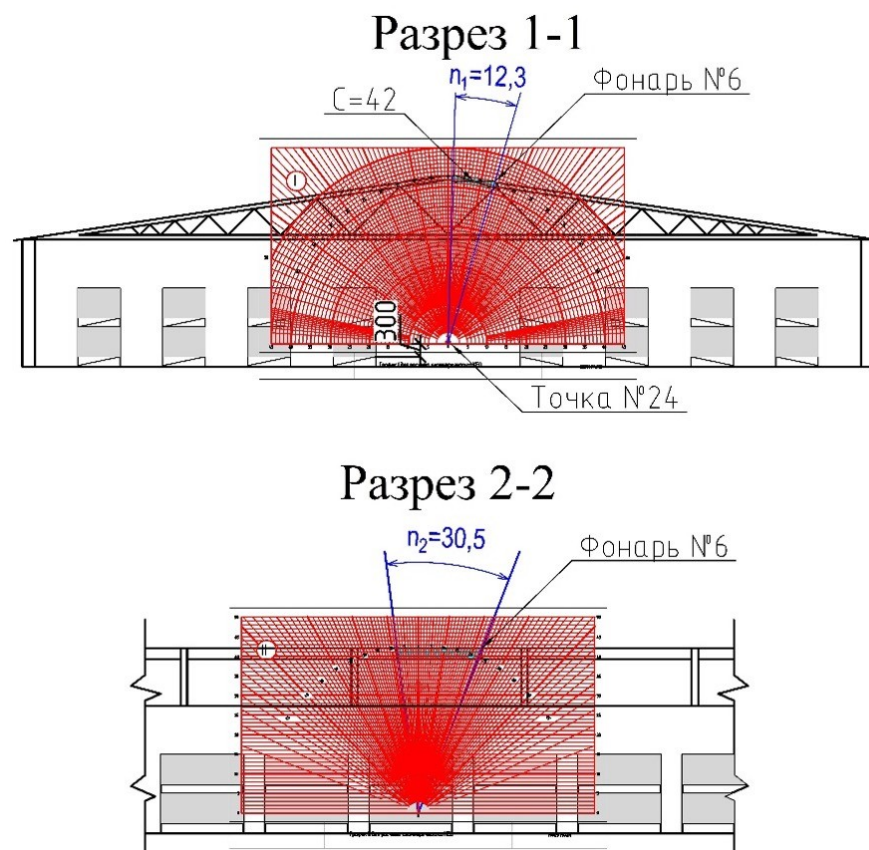


Рисунок 6 - Пример расчета геометрического КЕО в помещении для содержания кроликов
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.6>

Примечание: фонарь №6, точка №24; крольчатник

$$e_p^B = C_N \left[\sum_{i=1}^L \varepsilon_{Bi} q(\gamma)_i + \varepsilon_{cp} (r_2 k_\phi - 1) \right] \tau_0 M F \quad (1)$$



где: $\varepsilon_{\text{вн}} = 0,01(n_1 n_2)_i$

$$\varepsilon_p^a = 1,00 \cdot (0,01 \cdot 12,3 \cdot 30,5 \cdot 1,272 + 3,75 \cdot (1,22 \cdot 1,10 - 1)) \cdot 0,46 \cdot 0,71 = 1,98\%$$

Сопоставление с нормативом подтвердило, что даже минимальное значение КЕО (0,97%) на 94% превышает норму 0,5%. Практическая значимость результатов заключается в создании эксплуатационного резерва для компенсации сезонного снижения прозрачности атмосферы, постепенного загрязнения остекления или возможного увеличения высоты клеточных ярусов. Таким образом, методика СП 419.1325800.2018 доказала своё соответствие для сельскохозяйственных объектов, а выявленные закономерности распределения КЕО обосновывают серийное проектное решение для кролиководческих ферм в первой группе административных районов.

Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности применения верхнего освещения с использованием зенитных фонарей в кролиководческих помещениях. Значительное превышение нормативного значения коэффициента естественной освещенности (КЕО), установленного на уровне 0,5%, указывает на наличие эксплуатационного резерва, который может быть использован для компенсации неблагоприятных факторов, таких как сезонные изменения светового климата, загрязнение светопрозрачных конструкций и возможные изменения внутренней планировки помещения.

Анализ пространственного распределения КЕО показал, что освещенность в помещении носит закономерный периодический характер, обусловленный размещением зенитных фонарей. При этом даже в наименее освещенных зонах значения КЕО остаются выше нормативного уровня, что подтверждает корректность выбранных архитектурно-планировочных решений и параметров световых проемов. Равномерность освещения является важным фактором для обеспечения благоприятных условий содержания животных, поскольку резкие перепады освещенности могут оказывать стрессовое воздействие.

Сравнение полученных результатов с данными, представленными в нормативной и научной литературе, показывает, что использование верхнего освещения позволяет более эффективно распределять световой поток по сравнению с боковым освещением, особенно в помещениях большой глубины. Это связано с уменьшением затененных зон и более равномерным проникновением естественного света в центральные участки помещения.

Следует отметить, что примененная методика расчета КЕО по СП 419.1325800.2018 продемонстрировала высокую применимость для объектов агропромышленного назначения. Верификация расчетной модели на контрольной точке подтвердила достоверность полученных значений и возможность использования данного подхода при проектировании аналогичных объектов.

В то же время при практическом применении результатов необходимо учитывать ряд ограничений, связанных с возможными изменениями эксплуатационных характеристик светопрозрачных конструкций, а также влиянием климатических условий конкретного региона. Дополнительные исследования могут быть направлены на учет динамики освещенности в течение года и оптимизацию параметров световых фонарей с учетом энергоэффективности зданий.

Заключение

Проведенное исследование доказало эффективность применения зенитных фонарей для создания оптимальных условий естественного освещения в кролиководческих помещениях (крольчатник). Расчеты по методике СП 419.1325800.2018, выполненные для 39 контрольных точек, подтвердили не только соответствие нормативу ОСН-АПК 2.10.24.001-04 КЕО — 0,5%, но и значительный эксплуатационный резерв. Среднее значение КЕО 2,86% при минимальном показателе 0,97% гарантирует устойчивость системы к сезонным колебаниям светового климата и локальным загрязнениям остекления. Ключевым успехом проекта стала совокупность инженерных решений — компактные световые фонари площадью светопроводной шахты около 2 м², многослойное остекление с $\tau_0=0,46$, и рациональная геометрия размещения 11 фонарей, — позволившая сформировать равномерную освещенность в помещении крольчатника. Результаты имеют практическую ценность для тиражирования проекта в первой группе административных районов России, а адаптированный расчет может служить стандартом для сельскохозяйственных объектов аналогичного назначения, для решения задач энергоэффективности, но и создания комфортной среды, где каждый луч естественного света работает на благополучие животных.



Благодарности

Авторы выражают благодарность ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН), ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, кафедре технологии и управления качеством продукции АПК им. С.А. Каспарьянца.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Коротких Ю.О., Донской государственный аграрный университет, Персиановский Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.7>

Acknowledgement

The authors express their gratitude to FSBI "Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences" (RIBP RAACS), FSBI HE Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skryabin MVA, Department of Technology and Quality Management for AIC Products named after S.A. Kaspariants.

Conflict of Interest

None declared.

Review

Korotkikh Y.O., Don State Agrarian University, Persianovsky Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.70.10.7>

Список литературы / References

1. Александров С.Н. Практическое кролиководство / С.Н. Александров, Т.И. Косова. — Москва: Аквариум-Принт, 2005. — 192 с.
2. Балакирев Н.А. Кролиководство / Н.А. Балакирев, Е.А. Тинаева, Н.Н. Шумилина [и др.]; под ред. Н.А. Балакирева. — Москва: КолосС, 2007. — 232 с.
3. Бобылева И.В. Проект создания кролиководческой фермы в новых экономических реалиях / И.В. Бобылева, Н.Е. Краснов // Бизнес и общество. — 2023. — № 4 (40).
4. Войтюк М.М. Современные кролиководческие фермы для малых форм хозяйствования / М.М. Войтюк, О.П. Мачнева // Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 11 марта 2021 года. — Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2021. — С. 45–48.
5. Иванов Д.С. Моделирование циркулярной экономики на примере «от фермы до био-реакторов» / Д.С. Иванов, К.В. Есепенок // Пищевая инженерия, экспертиза и безопасность продукции АПК: инновационные решения и перспективы развития: Сборник научных трудов VI Национальной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне, Москва, 04 июня 2025 года. — Москва: Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА им. К.И. Скрябина, 2025. — С. 211–217.
6. Михалев Е.В. Определение коэффициента естественной освещенности в животноводческих помещениях / Е.В. Михалев // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Заслуженного работника Высшей школы РФ, Почётного работника высшего профессионального образования РФ, Почётного профессора Брянской ГСХА, Почётного гражданина Брянской области Егора Павловича Ващекина, Брянск, 24 января 2023 года. — Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2023. — Ч. IV, V, VI. — С. 108–111.
7. Нигматуллин Р.М. Разведение и селекционно-племенная работа в кролиководстве / Р.М. Нигматуллин, Н.А. Балакирев. — Москва: Научная библиотека, 2020. — 514 с.
8. Соловьев В.Ю. Совершенствование системы содержания кроликов в шедах с использованием ресурсосберегающих технологий / В.Ю. Соловьев, А.А. Логинов, Д.В. Драганов // Главный зоотехник. — 2020. — № 10. — С. 32–42.
9. Шмаров И.А. Метод расчета естественного освещения в школьных классах при сплошной облачности неба / И.А. Шмаров, В.В. Земцов // Жилищное строительство. — 2024. — № 7. — С. 3–7. — DOI: 10.31659/0044-4472-2024-7-3-7.
10. Шмаров И.А. Методика расчета КЕО от трубчатых световодов естественного света / И.А. Шмаров, В.В. Земцов // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2022. — № 6 (1054). — С. 27–29.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Aleksandrov S.N. Prakticheskoe krolikovodstvo [Practical rabbit breeding] / S.N. Aleksandrov, T.I. Kosova. — Moscow: Akvarium-Print, 2005. — 192 p. [in Russian]
2. Balakirev N.A. Krolikovodstvo [Rabbit breeding] / N.A. Balakirev, Ye.A. Tinaeva, N.N. Shumilina [et al.]; ed. by N.A. Balakireva. — Moscow: KolosS, 2007. — 232 p. [in Russian]
3. Bobileva I.V. Proekt sozdaniya krolikovodcheskoi fermi v novikh ekonomicheskikh realiyakh [Project of creating a rabbit farm in new economic realities] / I.V. Bobileva, N.E. Krasnov // Biznes i obshchestvo [Business and Society]. — 2023. — № 4 (40). [in Russian]
4. Voityuk M.M. Sovremennie krolikovodcheskie fermi dlya malikh form khozyaistvovaniya [Modern rabbit farms for small-scale farming] / M.M. Voityuk, O.P. Machneva // Innovatsionnie tekhnologii v APK: teoriya i praktika [Innovative technologies in AIC: theory and practice]: collection of articles based on the materials of the All-Russian (National) Scientific and Practical Conference, Kurgan, March 11, 2021. — Kurgan: Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2021. — P. 45–48. [in Russian]



5. Ivanov D.S. Modelirovanie tsirkulyarnoi ekonomiki na primere «ot fermi do bio-reaktorov» [Modeling circular economy on the example "from farm to bio-reactors"] / D.S. Ivanov, K.V. Yesepenok // Pishchevaya inzheneriya, ekspertiza i bezopasnost produktov APK: innovatsionnye resheniya i perspektivi razvitiya [Food engineering, expertise and safety of AIC products]: Collection of scientific papers of the VI National Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of Victory in the Great Patriotic War, Moscow, June 04, 2025. — Moscow: Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 2025. — P. 211–217. [in Russian]
6. Mikhalev E.V. Opredelenie koeffitsienta yestestvennoi osveshchyonosti v zhivotnovodcheskikh pomeshcheniyakh [Determination of the natural illumination coefficient in livestock buildings] / E.V. Mikhalev // Aktualnie problemi intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva [Current problems of intensive livestock development]: Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Egor Pavlovich Vashchekin, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Professor of the Bryansk State Agricultural Academy, Honorary Citizen of the Bryansk Region, Bryansk, January 24, 2023. — Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2023. — Pt. IV, V, VI. — P. 108–111. [in Russian]
7. Nigmatullin R.M. Razvedenie i selektsionno-plemennaya rabota v krolikovodstve [Breeding and selection work in rabbit breeding] / R.M. Nigmatullin, N.A. Balakirev. — Moscow: Nauchnaya biblioteka, 2020. — 514 p. [in Russian]
8. Solovev V.Yu. Sovershenstvovanie sistemi sodержaniya krolikov v shedakh s ispolzovaniem resursosberegayushchikh tekhnologii [Improving the system of keeping rabbits in sheds using resource-saving technologies] / V.Yu. Solovev, A.A. Loginov, D.V. Draganov // Glavnii zootekhnik [Chief Zootechnician]. — 2020. — № 10. — P. 32–42. [in Russian]
9. Shmarov I.A. Metod rascheta yestestvennogo osveshcheniya v shkolnikh klassakh pri sploshnoi oblachnosti neba [Method for calculating natural lighting in school classrooms under overcast sky conditions] / I.A. Shmarov, V.V. Zemtsov // Zhilishchnoe stroitelstvo [Housing Construction]. — 2024. — № 7. — P. 3–7. — DOI: 10.31659/0044-4472-2024-7-3-7. [in Russian]
10. Shmarov I.A. Metodika rascheta KEO ot trubchatikh svetovodov yestestvennogo sveta [Method for calculating the daylight factor from tubular daylight guidance systems] / I.A. Shmarov, V.V. Zemtsov // BST: Byulleten stroitelnoi tekhniki [BST: Construction Equipment Bulletin]. — 2022. — № 6 (1054). — P. 27–29. [in Russian]