

УДК 692.82

Проектирование окон в общественных зданиях для обеспечения оптимального теплового и светового режима помещений

Шагиахметова Э.И.¹, Сафин И.Ш.¹, Шагиахметова М.И.¹.

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. Размеры оконных проемов влияют на теплопотери в зимний период времени и на естественное освещение помещений. Высокая теплопроводность окон является причиной значительных теплопотерь в зимний период. В связи с этим возникает необходимость минимизировать размеры окон в районах с ярко выраженным холодным климатом. Однако помещения в зимнее время нуждаются не только в тепле, но и в естественном освещении. Без солнечного света невозможна жизнь животных и растений, поэтому все помещения нужно планировать с учетом требований естественной освещенности. При выполнении исследования были использованы методы анализа литературных источников, методики теплотехнического расчета и расчета инсоляции помещений. В результате исследования было выявлено, что размеры окон значительно влияют на теплопотери и освещенность помещений. В ходе выполнения исследования было выявлено, что ряд помещений не соответствует принятым требованиям инсоляции, естественного освещения. При этом оптимальные теплопотери достигаются при площади окон выше 2,07 м².

Ключевые слова: энергоэффективность, теплотехнический расчет, инсоляция, естественная освещенность

Для цитирования: Шагиахметова Э.И., Сафин И.Ш., Шагиахметова М.И. Проектирование окон в общественных зданиях для обеспечения оптимального теплового режима и инсоляции помещений // Архитектура. Реставрация. Дизайн. Урбанистика, 2024, 2 (4), с. 39-50

Window designing in public buildings to ensure optimal thermal and lighting conditions of the premises

Shagiakhmetova E.I.¹, Safin I.Sh.¹, Shagiakhmetova M.I.¹.

¹Kazan State University of Architecture and Engineering,
Kazan , Russian Federation

Abstract. The size of the window openings affects the heat loss in winter and the natural lighting of the premises. The high thermal conductivity of windows causes significant heat loss in winter. In this regard, it becomes necessary to minimize the size of windows in areas with a strong cold climate. Without sunlight, animals and plants cannot live, so all rooms must be planned taking into account the requirements of natural illumination. In carrying out the study, methods of analyzing literary sources, methods of thermal engineering calculation and calculation of indoor insolation were used. Calculations have shown that the size of the windows significantly affects the heat loss and illumination of the premises. During the study, it was revealed that a number of rooms do not meet the accepted requirements of insolation and natural lighting. In this respect, optimal heat loss is achieved with a window area above 2.07 m².

Keywords: energy efficiency, thermal engineering calculation, insolation, natural light

For citation: Shagiakhmetova E.I, Safin I.Sh., Shagiakhmetova M.I. Window designing in public buildings to ensure optimal thermal and lighting conditions of the premises// Architecture. Restoration. Design. Urban science, 2024, 2 (4), p. 39-50

1. Введение

Оптимальный тепловой режим помещений предусматривает создание в них комфортной температуры для работы и отдыха как в летний, так и в зимний период. При этом в холодные периоды необходимо минимизировать теплопотери, а в летнее время – ограничить чрезмерное нагревание зданий. Одновременно с этим необходимо обеспечивать инсоляцию помещений и учитывать нормы естественной освещенности. Наиболее комфортными являются энергоэффективные здания, которые благодаря планировочным решениям, архитектуре здания и современным материалам стен сохраняют тепло зимой, прохладу летом и освещены естественным светом в необходимом количестве [1-3].

Важным способом обеспечения энергоэффективности зданий является применение современных технологий и материалов [4,5]. Некоторые авторы предлагают индивидуальный подход для теплотехнического расчета ограждающих конструкций с учетом теплопроводных включений, в том числе, с внутренним утеплением [6,7]. При этом важным является проектирование многослойной конструкции наружной стены с учетом паропроницаемости ее слоев [8,9]. Поскольку дополнительные теплопотери вызваны наличием оконных и дверных проемов, необходимо их также учитывать [10]. Отечественные авторы решают вопросы создания оптимального температурного режима не только в новых домах, но и при выполнении реконструкции или реставрации существующих объектов [11,12].

Расчет инсоляции помещений зависит от многих факторов, в том числе от плотности застройки, от коэффициента отражения фасадных материалов соседних зданий [13,14]. Современные методики расчета продолжительности естественного освещения помещений включают в себя использование инсоляционных графиков и автоматизированных программных комплексов [15,16].

Целью исследования является выявление оптимальных размеров оконных проемов общественного здания для обеспечения его теплового режима, естественной освещенности и инсоляции помещений на территории г. Казани.

2. Методы

При выполнении исследования были использованы методы анализа библиографических источников, методика теплотехнического расчета для

определения теплопотерь помещений через окна общественного здания¹; методика определения периода инсоляции помещений «по фасаду»².

3. Результаты и обсуждение

Размеры окон, площадь помещений, наличие подвала или технического подполья, чердака, а также материал и конструктивное исполнение окон влияют на энергоэффективность здания. Класс энергоэффективности определяется на основе отклонения фактических данных годового расхода энергоресурсов от нормативной величины. Обычно выделяют классы от А++ до G, где класс А++ присваивается наиболее энергоэффективным зданиям.

Потери тепла происходят через пол, потолок и стены, но больше всего – через оконные проемы. Одним из важных показателей окон является сопротивление теплопередаче. Высокая теплопроводность окон является причиной увеличения затрат на отопление помещений в зимний период. В связи с этим возникает необходимость минимизировать размеры окон в районах с ярко выраженным холодным климатом.

Однако помещения в зимнее время нуждаются не только в тепле, но и в естественном освещении. Без солнечного света невозможна жизнь животных и растений, поэтому все помещения нужно планировать с учетом требований инсоляции. В зависимости от географического положения здания в квартирах хотя бы одно помещение должно быть инсолировано в течение 1,5-2,5 часов в сутки³. Аналогичные нормы действуют на помещения в некоторых категориях общественных зданий – это учебные классы учебных заведений, лечебно-профилактические, дошкольные учреждения и учреждения социального обеспечения.

Энергоэффективность зданий, находящихся в холодных широтах, определяется расходами энергоресурсов на отопление в холодное время года, в то же время для южных областей важна оптимизация затрат на кондиционирование воздуха в жаркое время года.

В настоящий момент большое внимание уделяется материалам светопрозрачных ограждающих конструкций зданий – фурнитуре и оконным профилям, а также качеству стеклопакетов. Еще одним направлением является архитектурное проектирование с учетом климатических факторов места строительства объекта. Например, Марсельский жилой комплекс (Франция) архитектора Ле Корбюзье расположен на юге, жаркий климат требует создания комфортной прохладной среды в помещениях. Для решения

¹ Отопление и вентиляция жилого дома: методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «Основы теплогазоснабжения и вентиляции» для бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность (профиль) «Промышленное и гражданское строительство» / Сост.: Ю.Р. Кареева, Г.А. Медведева, Д.В. Крайнов, В.Н. Енюшин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур. – строит. ун-та, 2023. – 55 с.

² Поповский Ю.Б. Расчеты инсоляции в жилых помещениях с применением инсографика для 55° с.ш.: учебно-методическое пособие по выполнению расчетно-графической работы по архитектурной светологии. – Москва: Изд-во МАРХИ, 2018. – 21 с.

³ СанПиН 2.1.2.2645-10

этого вопроса лоджии, куда выходят двери гостиных, снабжены козырьками для создания дополнительной тени (рис. 1).



Рис. 1. Марсельская жилая единица
(Источник: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жилая_единица)

Аналогичное решение архитектор применил при проектировании общественных зданий в центре города Чандигарха (Индия) – над фасадом Дворца Ассамблей (собраний) выступает бетонный козырек, защищающий стены здания от палящего солнца и обеспечивающий прохладу помещений (рис. 2).



Рис. 2. Дворец собраний
(Источник: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.013f4b3c-67039058-35e10fc5-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Palace_of_Assembly)

При проектировании зданий в северных широтах с ярко выраженной холодной зимой с точки зрения экономии энергоресурсов и необходимости естественного освещения помещений на северной стороне окна делают меньшего размера, самые большие окна стараются обращать на восток или запад. В связи с этим лестничные марши, вспомогательные помещения лучше располагать на северной стороне, офисы, магазины на – восточной или западной.

В настоящий момент архитекторы не проектируют здания с дворами-колодцами, применяют светлую окраску фасадов зданий для отражения светового потока от них и проникновения в окна соседних домов, учитывают расстояние зданий друг от друга, меняют форму, размер и местоположение окон.

Одним из интересных общественных зданий в Санкт-Петербурге является Лахта-центр. Для обеспечения энергоэффективности здания используются генераторы холода, которые в жаркое время года накапливают ночью лед и кондиционируют помещения с его помощью днем. Для отопления применяются инфракрасные излучатели, при этом избыточное тепло от работы оборудования также направлено на обогрев помещений в зимний период. Для обеспечения нужной инсоляции и защиты от излишней солнечной радиации в качестве материала стен архитекторы предложили холодногнутое стекло с напылением серебра. Эффект плавности формы здания также достигается в том числе и за счет отражения солнечных лучей от серебряного покрытия стен (рис. 3).

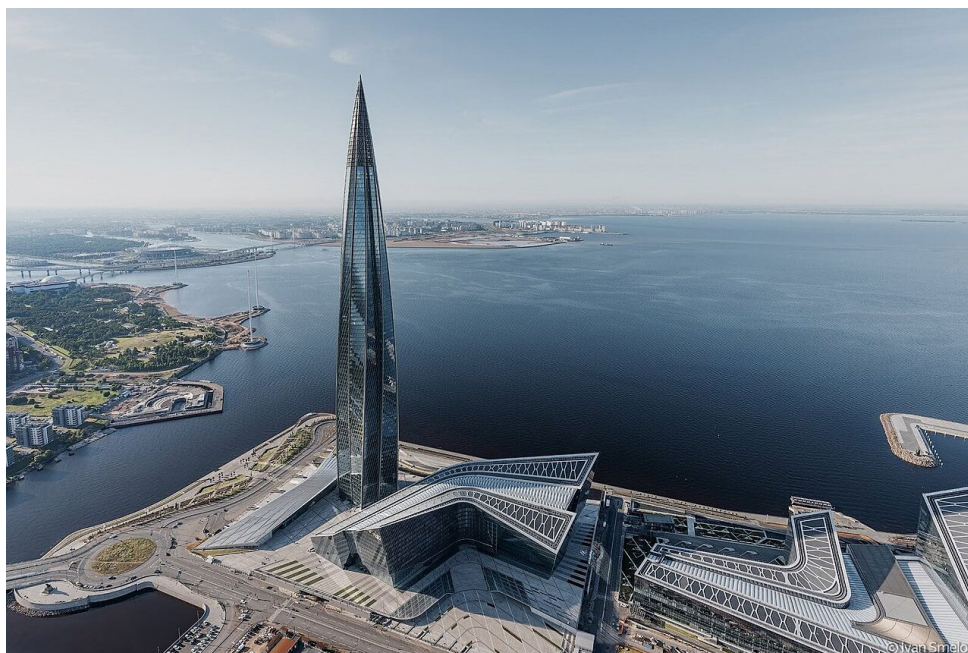


Рис. 3. Лахта-центр
(Источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Лахта-центр>)

В качестве примера возьмем за основу проект общественного здания, которое можно расположить на земельном участке с кадастровым номером 16:50:110506:10 в Ново-Савиновском районе г. Казани (рис.1).

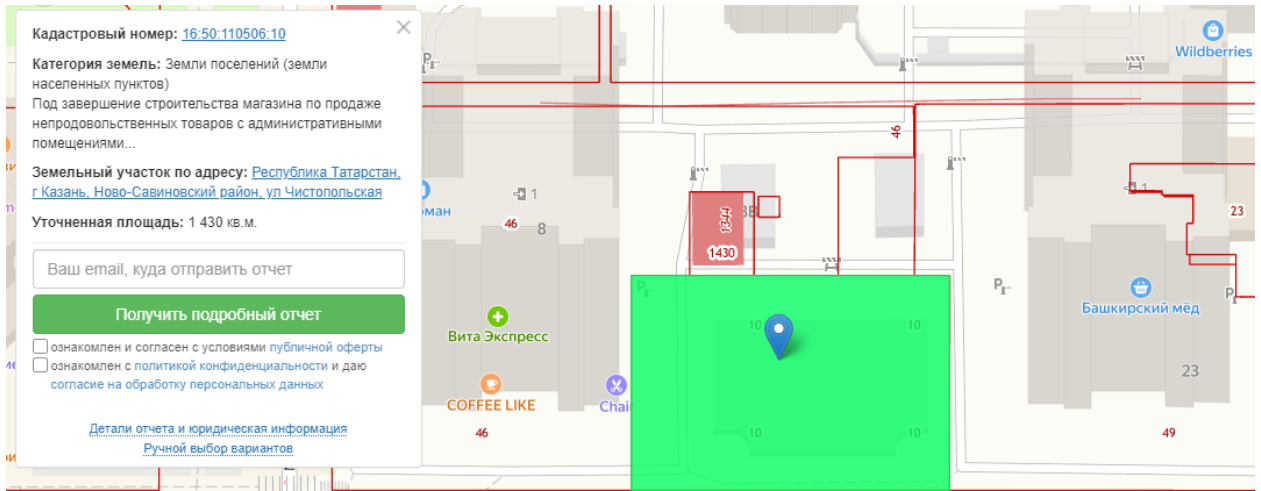


Рис. 4. Планируемое расположение общественного здания
(Источник: <https://egrp365.ru/map/?id=g2ExYo>)

Казань географически расположена на $55^{\circ}46'$ северной широты, поэтому воспользуемся инсоляционным графиком для данных координат.

Как видно из рис. 4, с восточной и западной стороны от рассматриваемого объекта расположены типовые многоквартирные 16-ти этажные дома высотой 51 м. Здание, расположенное справа, затемняет самое дальнее окно на восточном фасаде, начиная с восхода солнца и до 10:30, свет падает с 10:30 до 11:40 (рис. 5а). Аналогично, здание, размещенное слева создает тень на самом дальнем окне западного фасада в период с 13:40 и до захода солнца, свет падает с 12:30 до 13:40 (рис. 5б). В течение всего светового дня освещенным остается лишь южный фасад.

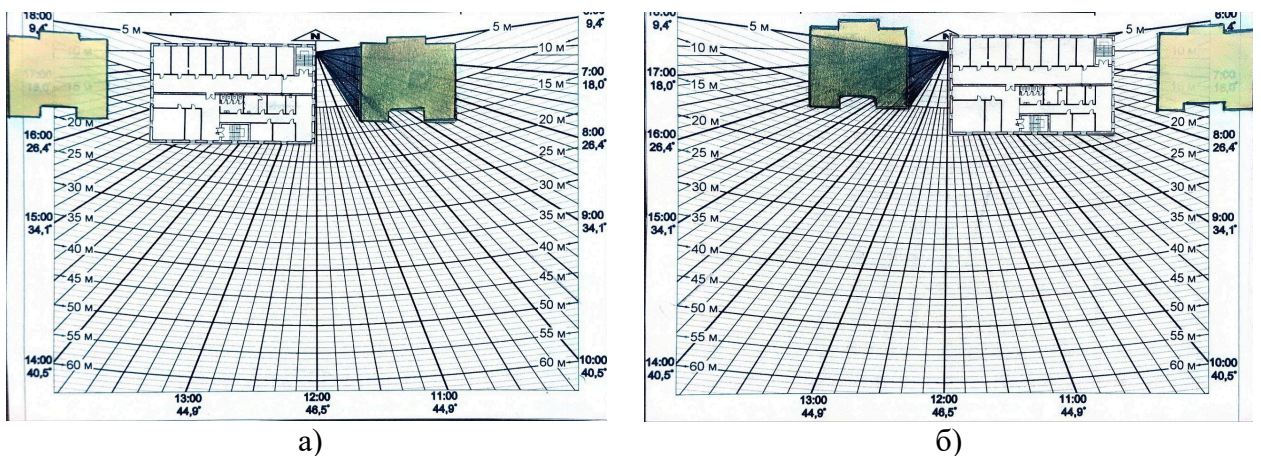


Рис. 5. Инсоляционный график для здания: а) самое дальнее окно на восточном фасаде, б) самое дальнее окно на западном фасаде
(Источник: выполнено авторами)

Рассмотрим далее, как размеры окон влияют на естественную освещенность и теплопотери выбранного общественного здания.

Таблица

Зависимость теплопотерь и освещенности помещений от размеров окон

Номер помещения	Соответствие нормам инсоляции	Площадь помещения, м ²	Окно 470x470		Окно 570x1170		Окно 1470x870		Окно 1170x1770		Окно 1470x1470		Окно 1470x2070		Окно 2755x1770	
			Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %	Теплопотери от окон, Вт	Сокоп/Спола, %
101	да	115	73	0,6	220	1,7	422	3,3	684	5,4	714	5,6	1005	7,9	1610	12,7
102	нет	240	257	0,9	775	2,8	1485	5,3	2405	8,6	2510	9,0	3534	12,7	5664	20,3
103	нет	30	74	2,2	225	6,7	431	12,9	698	20,9	728	21,8	1025	30,7	1443	49,3
104	да	106	122	1,0	369	3,1	707	6,0	1145	9,8	1195	10,2	1683	14,3	2697	23,0
105	да	49	23	0,5	68	1,4	131	2,6	211	4,3	221	4,4	311	6,3	498	10,0
201	да	115	120	1,0	362	2,9	695	5,6	1125	9,0	1174	9,4	1654	13,2	2650	21,2
202	нет	240	257	0,9	775	2,8	1485	5,3	2405	8,6	2510	9,0	3534	12,7	5664	20,3
203	нет	30	99	3,0	300	9,0	575	17,2	391	27,9	971	29,1	1367	41,0	2191	65,7
204	да	106	122	1,0	369	3,1	707	6,0	1145	9,8	1195	10,2	1683	14,3	2697	23,0
205	да	49	23	0,5	68	1,4	131	2,6	211	4,3	221	4,4	311	6,3	498	10,0

(Нумерация помещений: 101 – вестибюль и гардероб, 102 – кулуары при зале и зал заседаний, 103 – лестничная клетка и тамбур, 104 – буфет, подсобное помещение и санитарный узел, 105 – лестничная клетка, коридор и санитарный узел, 201 – кабинет директора, приемная и коридор, 202 – кабинет заместителя директора, кабинет главного бухгалтера, кабинеты служащих и коридор, 203 – лестничная клетка и коридор, 204 – кабинет системного администратора, хозяйственная кладовая, помещение уборочного инвентаря, мастерская, санитарный узел и коридор, 205 – лестничная клетка, санитарный узел и коридор).

В таблице были использованы стандартные размеры окон Теплопотери рассчитывались с учетом ориентации фасадов здания, температуры воздуха наиболее холодной пятидневки, продолжительности периода со средней су-

точной температурой воздуха ниже 8°C , площади остекления и других показателей.

В соответствии с нормами естественной освещенности для общественных зданий⁴ отношение площади окна к площади пола помещения должно быть не менее 1:10, или 10%. Расчеты показали, что нормативная освещенность достигается при площади окон выше $2,07 \text{ м}^2$.

Графический анализ влияния площади оконных проемов на теплопотери и освещенность показывает, что оптимальные теплопотери возможны при соотношении площади окон к площади пола, равном 6 % (рис.6).

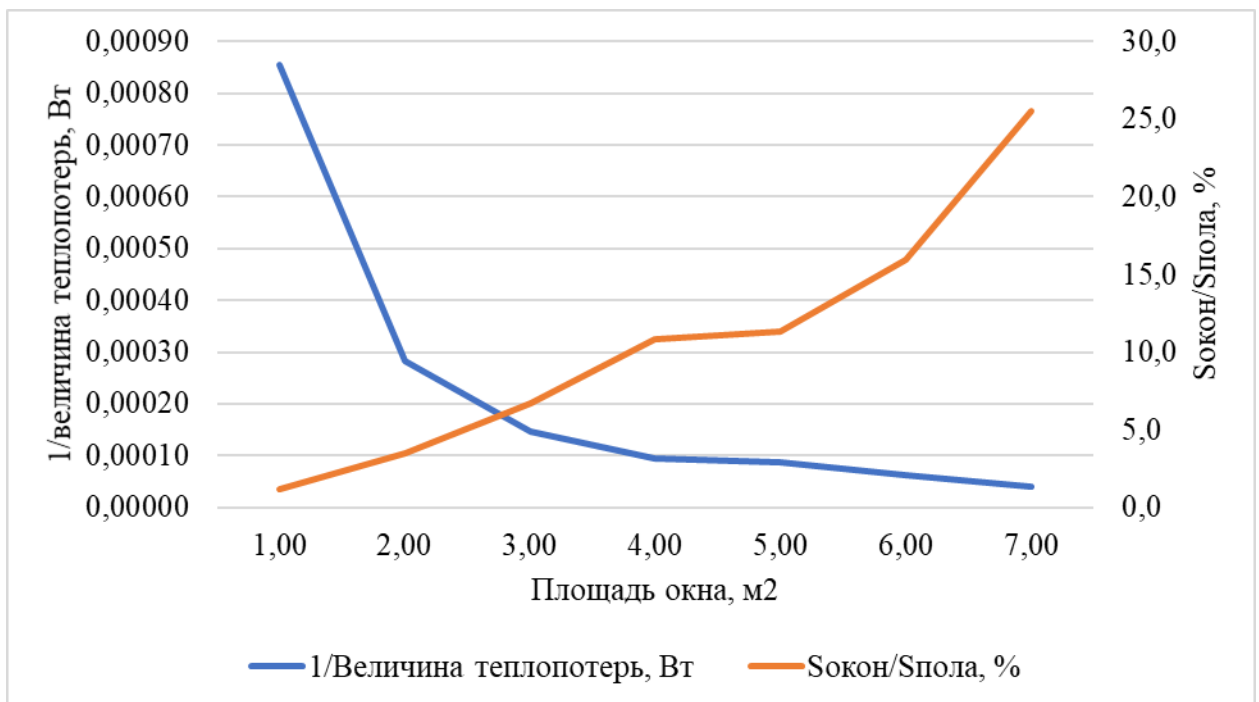


Рис. 6. Зависимость величины теплопотерь и средней освещенности помещений здания от площади окон
(Источник: выполнено авторами)

4. Заключение

Теплопотери здания складываются из потерь теплоты через различные ограждающие конструкции, к которым относятся и светопрозрачные конструкции.

Архитектурно-конструктивные и планировочные решения здания, в том числе, оказывают влияние на размеры и формы оконных проемов, что влияет на расход тепловой энергии на отопление. Теплопотери через окна можно минимизировать, уделяя большое внимание выбору материалов и конструкций ограждающих элементов зданий, выбору более «теплых» оконных профилей, а также качеству стеклопакетов.

В ходе выполнения исследования было выявлено, что ряд помещений исследуемого здания не соответствует принятым нормативным требованиям

⁴ СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение

естественного освещения. При этом оптимальные теплопотери достигаются при соотношении площади окон к площади пола, равном 6 %.

Рекомендуется: выбор более благоприятного места расположения общественного здания в районе малоэтажной застройки с целью обеспечения инсоляции помещений западного и восточного фасадов; перепланировка с расположением лестничных клеток вдоль северного фасада; использование оптимальных размеров окон в помещениях.

Список литературы

1. Ivantsov A., Petrov A. The influence of architectural and construction parameters of residential buildings on energy efficiency in Russian Federation // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012142. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012142. – EDN PGPXNT.

2. Иванцов А.И., Петров А.С. К вопросу о повышении класса энергосбережения жилых зданий за счет архитектурно-конструктивных и других параметров // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 4(62). – С. 40-50. – DOI 10.52409/20731523_2022_4_40. – EDN LKMZCC.

3. Shagiakhmetova E., Burkeev D., Fedorova S., Shaikhutdinova D. Improving energy efficiency of rental housing // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 5001. – DOI 10.1051/e3sconf/202127405001. – EDN LMHYUV.

4. Медведева Г. А., Бирюкова А.Э. Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе // Интернет-журнал Науковедение. – 2017. – Т. 9. – № 2. – С. 99. – EDN YPQIZB.

5. Лаврухина Д. А., Медведева Г.А. Выбор наиболее энергосберегающей системы теплоснабжения зданий на основе современных технологий и материалов // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: Сборник статей XX Международной научно-технической конференции, Пенза, 26–27 марта 2020 года / Под редакцией Н.Н. Ласькова. – Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний», 2020. – С. 111-118. – EDN XJAVPB.

6. Сублибекова А. К. Экспертная система теплотехнического расчета ограждающих конструкций // Alato Academic Studies. – 2023. – № 2. – С. 494-504. – DOI 10.17015/aas.2023.232.48. – EDN SZPJQP.

7. Базанов В. Е. Теплотехнические расчеты для ограждающих конструкций зданий с внутренним утеплением // Перспективы науки. – 2019. – № 2(113). – С. 172-178. – EDN FQBXWH.

8. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. К определению температуры начала конденсации парообразной влаги в наружных стенах // Вестник Волжского

регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – 2014. – № 17. – С. 275-282. – EDN VXQADL.

9. Куприянов В.Н., Сафин И.Ш. Количественные параметры конденсации парообразной влаги в наружных стенах // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2013. – № 4(26). – С. 121-128. – EDN RSTDWF.

10. Крайнов Д.В., Сафин И.Ш., Любимцев А.С. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 6(16). – С. 17-22. – EDN MWNNLD.

11. Горохова В.Б., Золотозубов Д.Г. Теплотехнический расчет надстройки административного здания // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2023. – Т. 1. – С. 137-142. – EDN MMOZKI.

12. Хабибулина А. Г., Иванова Е. Ю., Бабенко Р. Н., Хабибулина А. М. Внедрение в реставрационную практику отделочных материалов для создания благоприятного микроклимата на объектах историко-архитектурного наследия // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2022. – № 4(62). – С. 190-202. – DOI 10.52409/20731523_2022_4_190. – EDN UHWUSP.

13. Матус Е.П., Желободько М.И., Качанова Е.Д. Особенности расчета инсоляции и естественного освещения в условиях точечной застройки // Современное строительство и архитектура. – 2019. – № 2(14). – С. 14-18. – DOI 10.18454/mca.2019.14.3. – EDN ZKEZFR.

14. Хейфец А. Л. Влияние даты расчета продолжительности инсоляции на параметры уплотненной застройки // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 61-70. – DOI 10.14529/build190309. – EDN RRIERG.

15. Шмаров И.А., Земцов В.А., Земцов В.В., Козлов В.А. Обновленная методика расчета продолжительности инсоляции помещений и территорий по инсоляционным графикам // Жилищное строительство. – 2018. – № 6. – С. 24-31. – EDN ХТСАIP.

16. Халикова Ф.Р., Куприянов В.Н., Седов А.Н. Автоматизированный программный комплекс для расчета инсоляции жилых помещений // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2014. – № 4(30). – С. 178-182. – EDN TSMOYH.

References

1. Ivantsov A., Petrov A. The influence of architectural and construction parameters of residential buildings on energy efficiency in Russian Federation // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, April, 15 -29, 2020 . Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012142. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012142. – EDN PGPXNT

2. Ivantsov A.I., Petrov A.S. On the issue of increasing the energy saving class of residential buildings due to architectural, structural and other parameters // News of KSUAE. – 2022. – № 4(62). – P. 40-50. – DOI 10.52409/20731523_2022_4_40. – EDN LKMZCC.

3. Shagiakhmetova E., Burkeev D., Fedorova S., Shaikhutdinova D. Improving energy efficiency of rental housing // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, April 21–28, 2021. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 5001. – DOI 10.1051/e3sconf/202127405001. – EDN LMHYBY.

4. Medvedeva G. A., Biryukova A.E. Modern trends in the use of energy-saving technologies in the housing and communal complex // Online Journal of Science. - 2017. – Vol. 9, No. 2. – P. 99. – EDN YPQIZB.

5. Lavrukhina D. A., Medvedeva G.A. Choosing the most energy-saving heat supply system for buildings based on modern technologies and materials // Effective building structures: theory and practice: Collection of articles of the XX International Scientific and Technical Conference, Penza, March 26-27, 2020 / Edited by N.N. Laskov. – Penza: Autonomous non-profit scientific and educational organization «Volga House of Knowledge», 2020. – P. 111-118. – EDN XJAVPB.

6. Supibekova A. K. Expert system of thermal engineering calculation of enclosing structures // Alatoo Academic Studies. – 2023. – No. 2. – P. 494-504. – DOI 10.17015/aas.2023.232.48. – EDN SZPJQP.

7. Bazanov V. E. Thermal engineering calculations for enclosing structures of buildings with internal insulation // Prospects of science. – 2019. – № 2(113). – P. 172-178. – EDN FQBXWH.

8. Kupriyanov V.N., Safin I.Sh. To determine the temperature of the beginning of condensation of vaporous moisture in external walls // Bulletin of the Volga regional branch of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences. – 2014. – No. 17. – P. 275-282. – EDN VXQADL.

9. Kupriyanov V.N., Safin I.Sh. Quantitative parameters of condensation of vaporous moisture in external walls // News of KSUAE. – 2013. – № 4(26). – P. 121-128. – EDN RSTDWF.

10. Krainov D.V., Safin I.Sh., Lyubimtsev A.S. Calculation of additional heat loss through heat-conducting inclusions of enclosing structures (on the example of a window slope node) // Civil Engineering Journal. – 2010. – № 6(16). – P. 17-22. – EDN MWNNLD

11. Gorokhova V.B., Zolotozubov D.G. Thermal engineering calculation of the superstructure of the administrative building // Modern technologies in construction. Theory and practice. - 2023. – Vol. 1. – P. 137-142. – EDN MMOZKI.

12. Khabibulina A. G., Ivanova E. Yu., Babenko R. N., Khabibulina A.M. Introduction of finishing materials into restoration practice to create a favorable microclimate at historical and architectural heritage sites // News of KSUAE. –

2022. – № 4(62). – P. 190-202. – DOI 10.52409/20731523_2022_4_190. – EDN UHWUSP.

13. Matus E.P., Zhelobodko M.I., Kachanova E.D. Features of calculation of insolation and natural lighting in conditions of point development // Modern construction and architecture. – 2019. – № 2(14). – P. 14-18. – DOI 10.18454/mca.2019.14.3. – EDN ZKEZFR.

14. Kheifets A. L. Influence of the date of calculation of the duration of insolation on the parameters of compacted buildings // Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. – 2019. – Vol. 19. – No. 3. – P. 61-70. – DOI 10.14529/build190309. – EDN RRIERG.

15. Shmarov I.A., Zemtsov V.A., Zemtsov V.V., Kozlov V.A. Updated methodology for calculating the duration of insolation of premises and territories according to insolation schedules // Housing construction. – 2018. – No. 6. – P. 24-31. – EDN XTCAIP.

16. Khalikova F.R., Kupriyanov V.N., Sedov A.N. Automated software package for calculating residential insolation // News of KSUAE. – 2014. – № 4(30). – P. 178-182. – EDN TSMOYH.