



М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, Ж.Қ. Акишов*, А.Д. Амандинова, В.Е. Карпов

Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТЕКЛОПАКЕТОВ НА ОБЩИЕ ТЕПЛОПТЕРИ ЗДАНИЙ

Аннотация: Вопросы эффективного функционирования систем жизнеобеспечения всегда являются актуальными и находят своё отражение в работах ведущих учёных. Рассмотрение возможностей снижения потерь теплоты на всех этапах транспортировки и эксплуатации – это перспективное направление в современных исследованиях. Теплоснабжение относится к энергоёмким процессам, потери теплоты на различных участках неизбежны, поэтому необходимо разрабатывать и совершенствовать мероприятия, которые будут сводить эти потери к минимуму и повышать эффективность использования теплоты. Расчёты потерь теплоты регламентируются нормативными документами. К потерям теплоты в зданиях относятся потери через ограждающие конструкции (стены) и потери через окна. Учитывая, что площадь оконных проёмов значительна, то потери теплоты через окна представляют собой важный параметр, который надо учитывать. В настоящее время возможно использование различных стеклопакетов, которые способствуют улучшению показателей энергосбережения. Так помимо обычных однокамерных и двухкамерных стеклопакетов возможно применение стеклопакетов, заполненных инертным газом. У однокамерных стеклопакетов главное преимущество заключается в том, что это более облегчённая конструкция, заполнение инертным газом требует дополнительных затрат. В работе представлен сравнительный анализ потерь теплоты через оконные проёмы при четырёх различных конструкциях. Рассмотрены теплопотери через ограждающие конструкции. Получены данные по потерям в результате инфильтрации. Показаны суммарные потери теплоты. Представлены аналитические зависимости потерь теплоты от температуры наружного воздуха.

Ключевые слова: тепловые потери, инфильтрация, энергосбережение, температура наружного воздуха.

Введение

К основным инженерным системам на любых объектах промышленного и жилого назначения относятся системы отопления и вентиляции. Ключевая роль в вопросах обеспечения помещений теплом отводится системам отопления, поэтому при их проектировании необходимо учитывать не только потребности в отоплении, но и назначение здания, температурный режим здания и климатические условия. При проектировании и организации работы системы вентиляции необходимо так же принимать во внимание размеры помещения, тепловые потери, энергоэффективность и другие [1-3]. В данное время проводится большое количество исследований, направленное на повышение энергоэффективности зданий, снижение тепловых потерь. Такие исследования становятся всё более актуальными. Предлагаются различные методики, которые дают возможность оценить правильность тех или иных инженерных решений по разрешению вопросов максимального энергосбережения. В решении проблем экономии тепла, возможно, использование программных моделирующих комплексов [4-7].

В Республике Казахстан закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» определяет регулирование в области энергосбережения и

повышения энергоэффективности и определяет мероприятия, направленные на обеспечение энергосбережения [8].

Постановка задачи

Исследования проводились на основании замеров режимных параметров и соответствующих СНиПов [9, 10]. Принималось, что в помещении поддерживается постоянная температура, материал стен – кирпич силикатный полнотелый [11]. Интервал изменения температуры наружного воздуха от минус 35 градусов Цельсия (238 K) до плюс 8 градусов Цельсия (281 K). Применяемые стеклопакеты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Виды стеклопакетов

Вид стеклопакета	Описание
Однокамерный обычный (1)	Состоит из двух стёкол, между стёклами находится одна воздушная камера. Положительные стороны: небольшой вес, более низкая цена, высокий уровень освещённости. Недостатки: повышенная теплопроводность и очень низкий уровень шумоизоляции [12].
Двухкамерный обычный (2)	Стеклопакет имеет три стекла, между которыми находится две камеры, заполненные воздухом. Положительные стороны: высокий уровень теплоизоляции и шумоизоляции, повышенная прочность. Недостатки: высокий вес, что ограничивает применение [13].
Однокамерный с аргоновым заполнением (3)	Пространство между двумя стёклами заполнено аргоном. Положительные стороны: уменьшение тепловых потерь, повышение теплоизоляции, дополнительная защита от ультрафиолетового излучения, по ключевым свойствам не уступают двухкамерным стеклопакетам с воздухом. Недостатки: функциональность зависит от уровня герметичности [14].
Двухкамерный с аргоновым заполнением (4)	Стеклопакет имеет три стекла, между которыми находится две камеры, заполненные аргоном. Положительные стороны: значительное уменьшение тепловых потерь, повышение теплоизоляции, дополнительная защита от ультрафиолетового излучения. Недостатки: функциональность зависит от уровня герметичности, высокий вес и цена [14].

Целью исследования было установление зависимости тепловых потерь через ограждающие конструкции (стены), через окна, инфильтрации и общих тепловых потерь в зависимости от температуры наружного воздуха при постоянной температуре воздуха в помещении для города Семей.

Результаты исследований

Результаты проведённых исследований показаны на рисунках 1-4.

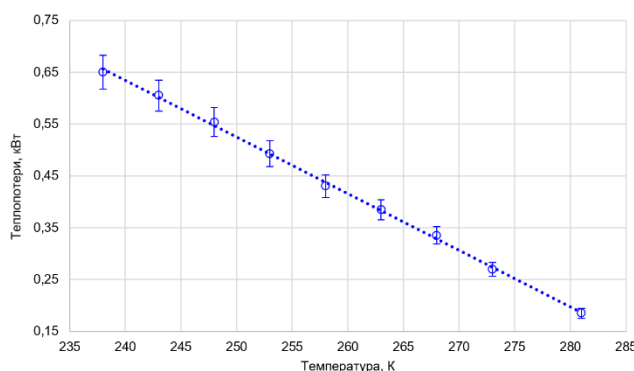


Рисунок 1 – Тепловые потери через стены здания в зависимости от температуры наружного воздуха

В результате математической обработки было получено уравнение, описывающее линейную зависимость теплопотерь стен $Q_{ст}$, кВт, от температуры:

$$Q_{ст} = -0,0109T + 3,259, \quad (1)$$

где T – температура наружного воздуха, К.

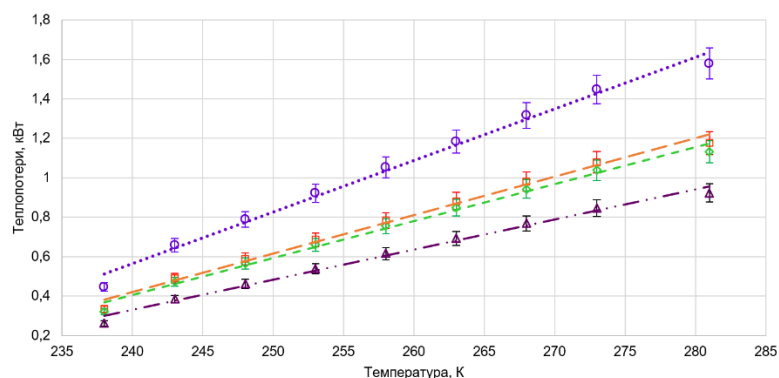


Рисунок 2 – Тепловые потери через окна в зависимости от температуры наружного воздуха

Уравнения, описывающие зависимости теплотерь через окна $Q_{ок}$, кВт, от температуры наружного воздуха носят линейный характер и имеют следующий вид для стеклопакетов однокамерного обычного, двухкамерного обычного, однокамерного с аргоновым заполнением, двухкамерного с аргоновым заполнением соответственно:

$$Q_{ок1} = 0,0262T - 5,7266, \quad (2)$$

$$Q_{ок2} = 0,0195T - 4,2648, \quad (3)$$

$$Q_{ок3} = 0,0188T - 4,1033, \quad (4)$$

$$Q_{ок4} = 0,0153T - 3,3431. \quad (5)$$

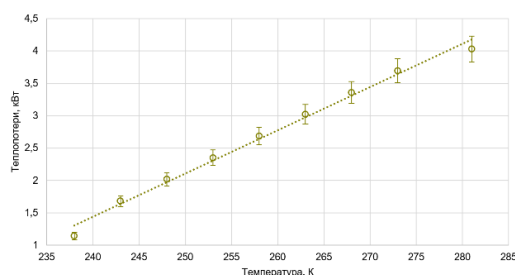


Рисунок 3 – Тепловые потери от инфильтрации в зависимости от температуры наружного воздуха

Потери от инфильтрации $Q_{ин}$, кВт, представлены уравнением:

$$Q_{ин} = 0,0669T - 14,621. \quad (6)$$

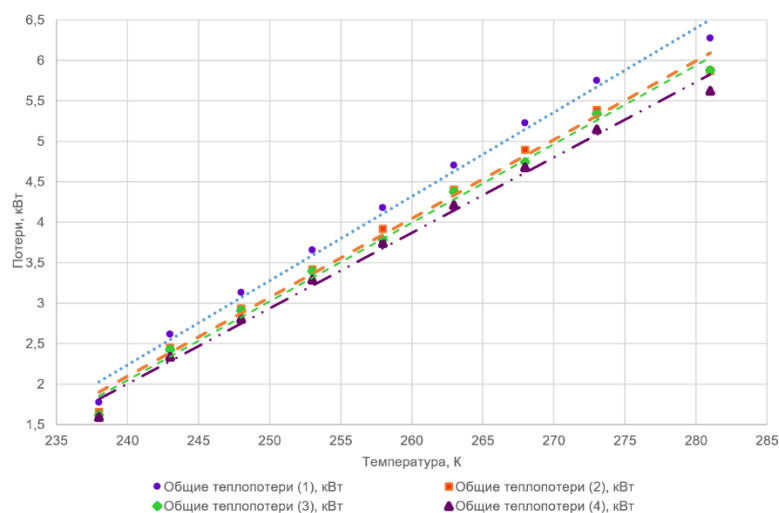


Рисунок 4 – Общие тепловые потери в зависимости от температуры наружного воздуха

Зависимость общих тепловых потерь от температуры наружного воздуха также носит линейный характер для всех рассматриваемых случаев:

$$Q_{оп1} = 0,1041T - 22,747, \quad (7)$$

$$Q_{оп2} = 0,0975T - 21,298, \quad (8)$$

$$Q_{оп3} = 0,0971T - 21,261, \quad (9)$$

$$Q_{оп4} = 0,0932T - 20,354. \quad (10)$$

Выводы

Полученные результаты показали, что тепловые потери через окна отличаются незначительно для двухкамерных обычных стеклопакетов и однокамерных стеклопакетов с аргоновым заполнением, для двухкамерных обычных стеклопакетов эти потери на 4 % больше. При сравнении обычных стеклопакетов однокамерных и двухкамерных потери теплоты через окна у однокамерных на 25,5 % выше. Минимальные потери у двухкамерных стеклопакетов, заполненных аргонном, однако у данных стеклопакетов более высокая стоимость. При рассмотрении общих тепловых потерь разница между первым и четвёртым вариантом составляет 10 %.

Полученные аналитические зависимости дают возможность определить величину потерь в зависимости от температурных условий.

Список литературы

1. Отопление и вентиляция: особенности, разновидности и важные моменты: электронный // АКВАХИТ: URL: <https://akvahit.ru/articles/otoplenie-i-ventilyatsiya-osobennosti-raznovidnosti-i-vazhnye-momenty/?ysclid=m7rk6nhpr8254142084> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Важность проектировки систем отопления в зданиях: электронный // АКВАпроектТЕРМ: URL: <https://akvaterm.kz/a44415-vazhnost-proektirovki-sistem.html?ysclid=m7rkjhksbf109149996> (дата обращения: 10.02.2025).
3. Шапенкова А.В. Методы и подходы к проектированию эффективных систем отопления и вентиляции в производственных помещениях / А.В. Шапенкова // Молодой ученый. – 2023. – № 47 (494). – С. 37-40. <https://moluch.ru/archive/494/107967/> (дата обращения: 05.02.2025).
4. Budakov A.S. Assessment of the implementation of cross-industry performance indicators of energy saving programs in the life cycle of buildings / A.S. Budakov // Международная торговля и торговая политика. – 2024. – Vol. 10, № 1(37). – P. 178-194. – <https://doi.org/10.21686/2410-7395-2024-1-177-194>. – EDN JOVYMG.
5. Platonova M. The influence of facade insulation on energy saving and energy efficiency of the building / M. Platonova, A. Khazanova, I. Yudina // Студенческий. – 2023. – № 16-7(228). – P. 26-29.
6. Particulate matter source localization in dynamic indoor environments: Bridging simulation-experimentation gaps with a 3D multi-robot system / Hongyi Mao et al // Journal of Hazardous Materials. – 2025. – Vol. 488. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.137474>.
7. Pengju Zhang. Research on the spatial distribution of the coupled solar chimney with earth-to-air heat exchanger system performance / Pengju Zhang, Dun Cao, Zhanguo Hao // Thermal Science and Engineering Progress. – 2025. – Vol. 60. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2025.103368>.
8. Об энергосбережении. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1200000541/z120541.htm>
9. Строительная климатология. СП РК 2.04-01-2017.
10. Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП 4.02-01-2011.
11. Компания «Конкрит». <https://konkrit.ru/media/articles/svoystva-i-kharakteristiki-silikatnogo-kirpicha/?ysclid=m7rqzmg64t24792978>
12. Однокамерные стеклопакеты: характеристики, плюсы и минусы. – Текст : электронный // Окна-Стар: <https://www.oknastar.ru/stati/odnokamernye-steklopakety/?ysclid=m7rrs0r0qc344052429> (дата обращения: 28.12.2024).
13. Двухкамерный стеклопакет для пластикового окна: виды, конструкция и отличия. – Текст : электронный // Софос окна: <https://sofos-okna.ru/stati/dvuhkamernyj-steklopaket-plastikovogo-okna-vidy-konstrukciya/?ysclid=m7rrvoazwo923235127> (дата обращения: 20.12.2024).

14. Стеклопакеты с аргонном: свойства, плюсы и минусы. – Текст : электронный // Софос окна: <https://xn----8sbnlaldloi2avn.xn--p1ai/okna/article/steklopakety-s-argonom-svoistva-plusy-minusy/index.html> (дата обращения: 10.12.2024).

М.В. Ермоленко, О.А. Степанова, Ж.Қ. Акишов*, А.Д. Амандинова, В.Е. Карпов

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

СТЕКЛОПАКЕТТЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛУ ШЫҒЫНДАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕСІ

Өмірді қамтамасыз ету жүйелерінің тиімді жұмыс істеу мәселелері әрқашан өзекті болып табылады және жетекші ғалымдардың еңбектерінде көрініс табады. Тасымалдау мен пайдаланудың барлық кезеңдерінде жылу шығынын азайту мүмкіндіктерін қарастыру қазіргі зерттеулердің перспективалық бағыты болып табылады. Жылумен жабдықтау энергияны көп қажет ететін процестерге жатады, әртүрлі учаскелерде жылу шығындары сөзсіз болады, сондықтан бұл шығындарды барынша азайтып, жылуды пайдалану тиімділігін арттыратын іс-шараларды әзірлеу және жетілдіру қажет. Жылу шығындарының есебі нормативтік құжаттармен реттеледі. Ғимараттардағы жылу шығындарына қоршау конструкциялары (қабырғалар) арқылы шығындар және терезелер арқылы шығындар жатады. Терезе ойықтарының ауданы елеулі екенін ескерсек, терезелер арқылы жылу шығындары ескеру қажет маңызды параметр болып табылады. Қазіргі уақытта энергия үнемдеу көрсеткіштерін жақсартуға ықпал ететін әртүрлі терезе пакеттерін пайдалануға болады. Мәселен, кәдімгі бір камералы және екі камералы терезе пакеттерінен басқа, инертті газбен толтырылған терезе пакеттерін қолдануға болады. Бір камералы терезе пакеттерінің басты артықшылығы - бұл жеңілдетілген конструкция, инертті газбен толтыру қосымша шығындарды талап етеді. Жұмыста төрт түрлі конструкциядағы терезе ойықтары арқылы жылу шығындарының салыстырмалы талдауы ұсынылған. Қоршау конструкциялары арқылы жылу шығындары қарастырылған. Инфильтрация нәтижесіндегі шығындар бойынша деректер алынған. Жылудың жиынтық шығындары көрсетілген. Сыртқы ауа температурасының жылу шығындарына аналитикалық тәуелділіктері ұсынылған.

Түйін сөздер: жылу шығындары, инфильтрация, энергия үнемдеу, сыртқы ауа температурасы.

M.V. Ermolenko, O.A. Stepanova, J.K. Akishov*, A.D. Amandinova, V.E. Karpov

Shakarim University of Semey,
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20A

*e-mail: timirlan-95@mail.ru

ON THE ISSUE OF STUDYING THE INFLUENCE OF STRUCTURAL FEATURES OF DOUBLE-GLAZED WINDOWS ON THE TOTAL HEAT LOSS OF BUILDINGS

Issues of the effective functioning of life support systems are always relevant and are reflected in the works of leading scientists. Consideration of the possibilities of reducing heat loss at all stages of transportation and operation is a promising direction in modern research. Heat supply refers to energy-intensive processes, heat losses in various areas are inevitable, so it is necessary to develop and improve measures that will minimize these losses and increase the efficiency of heat use. Calculations of heat losses are regulated by regulatory documents. Heat losses in buildings include losses through enclosing structures (walls) and losses through windows. Given that the area of window openings is significant, heat losses through windows are an important parameter that must be taken into account. Currently, it is possible to use various double-glazed windows that contribute to improving energy saving indicators. In addition to conventional single-chamber and double-chamber double-glazed windows, it is possible to use double-glazed windows filled with inert gas. The main advantage of single-chamber double-glazed windows is that they have a lighter construction, while filling with inert gas requires additional costs. The paper presents a comparative analysis of heat losses through window openings for four different designs. Heat losses through enclosing structures are considered. Data on losses resulting from infiltration are obtained. The total heat losses are shown. Analytical dependencies of heat losses on the outside air temperature are presented.

Key words: heat losses, infiltration, energy saving, outside air temperature.

Сведения об авторах

Михаил Вячеславович Ермоленко – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Ольга Александровна Степанова – кандидат технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Жандос Қайбекұлы Акишов* – преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Аружан Дастановна Амандинова – бакалавр ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: and568420@gmail.com.

Вадим Евгеньевич Карпов – бакалавр ОП Теплоэнергетика; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: vkarpov619@gmail.com.

Авторлар туралы мәліметтер

Михаил Вячеславович Ермоленко – техника ғылымдарының кандидаты, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Ольга Александровна Степанова – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының меңгерушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Жандос Қайбекұлы Акишов* – «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Аружан Дастановна Амандинова – Жылуэнергетика білім беру бағдарламасының бакалавры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: and568420@gmail.com.

Вадим Евгеньевич Карпов – Жылуэнергетика білім беру бағдарламасының бакалавры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: vkarpov619@gmail.com.

Information about the Authors

Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1677-8023>.

Olga Alexandrovna Stepanova – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Zhandos Kairbekuly Akishov* – Lecturer, Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: zhandosakishov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0205-6269>.

Aruzhan Dastanovna Amandinova – Bachelor of Thermal Power Engineering Educational Program; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: and568420@gmail.com.

Vadim Evgenievich Karpov – Bachelor of Thermal Power Engineering Educational Program; Shakarim University of Semey City, Republic of Kazakhstan; e-mail: vkarpov619@gmail.com.

Поступила в редакцию 04.03.2025

Поступила после доработки 06.03.2025

Принята к публикации 12.03.2025