

УДК: 621.4:662.9

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В ЭНЕРГОАКТИВНОМ ОГРАЖДЕНИИ ЗДАНИЙ

*В.А. Габринец<sup>1</sup>, Л.В. Накашидзе<sup>2</sup>*

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна  
д. 2, ул. ак. В. Лазаряна, Днепропетровск, 49010, Украина  
e-mail: gabrin62@mail.ru

Днепропетровский национальный университет имени Олеса Гончара  
д. 72, пр-т Гагарина, г. Днепропетровск, 49050, Украина

doi: 10.15518/isjiae.2017.04-06.033-041

Заключение совета рецензентов: 18.01.17 Заключение совета экспертов: 25.01.17 Принято к публикации: 01.02.17

Проведены расчеты для определения теплового потока и распределения температуры внутри энергоактивного ограждения. Рассмотрены особенности теплопередачи в данном ограждении в летний период при реализации двух вариантов режима: теплоизоляционного и со съемом тепла при наличии вентиляции. Известно, что наличие конвекции в зазорах приводит к интенсификации процесса теплопередачи через ограждение.

Эффективность функционирования систем энергообеспечения, работающих на альтернативных источниках энергии, зависит от выбора конструкции энергоактивных ограждений, которые используются как элемент преобразования поступающей энергии. При оптимальном выборе конструкции энергоактивного ограждения, инновационная система позволяет в 3 раза уменьшить энергозатраты на горячее водообеспечение.

Ключевые слова: энергоактивные ограждения; теплообмен; тепловой поток; солнечное излучение; тепловые потери; градиент температур; воздушная прослойка; конвекция; пограничный слой; подвижные жалюзи.

## FEATURES OF HEAT TRANSFER PROCESS IN ENERGY ACTIVE FENCES FOR BUILDINGS

*V.A. Gabrinets<sup>1</sup>, L.V. Nakashidze<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan  
2 Lazaryan str., Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine  
e-mail: gabrin62@mail.ru

<sup>2</sup>Oles Honchar Dnipropetrovsk National University  
72 Gagarin ave., Dnipropetrovsk, 49050, Ukraine

doi: 10.15518/isjiae.2017.04-06.033-041

Referred 18 January 2017 Received in revised form 25 January 2017 Accepted 1 February 2017

Calculations have been performed to determine the heat flow and temperature distribution within the energy-active fence (EAF). The peculiarities of heat transfer in EAF during the summer are considered when implementing two modes: heat-insulating and with heat removal in the presence of ventilation. It is known that the presence of convection in the gaps leads to an intensification of the process of heat transfer through it.

The efficiency of the functioning of energy supply systems using alternative energy sources depends on the choice of the design of energy-active fences, which are used as an element of conversion of incoming energy. With the optimal choice of the design of energy-efficient fences, the use of an innovative system allows a 3-fold decrease in energy costs for hot water supply.

Key words: energy-active fence; heat transfer; heat flux; solar radiation; heat loss; temperature gradient; air layer; convection; boundary layer; movable shutters.



Владимир Алексеевич  
Габринетц  
Vladimir Gabrinets

**Сведения об авторе:** д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. Лазаряна, профессор кафедры двигателестроения физико-технического факультета Днепропетровского национального университета имени Олеса Гончара.

**Образование:** Днепропетровский национальный университет, физико-технический факультет, специальность «Двигатели летательных аппаратов» (1971 г.).

**Область научных интересов:** возобновляемые и нетрадиционные источники энергии.

**Публикации:** 316, в том числе 13 патентов.  
ORCID: 0000-0002-6115-7162

**Information about the author:** D.Sc., Professor, Head of the Department of Thermal Engineering of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named Lazarian; professor of Engine Physics and Technology Department of Oles Honchar Dnipropetrovsk National University.

**Education:** Dnipropetrovsk National University, Department of Physics and Technology, specialty of Aircraft Engines, 1971.

**Research area:** renewable and alternative energy sources.

**Publications:** 316 including 13 patents.



Лилия Валентиновна  
Накашидзе  
Lilia Nakashidze

**Сведения об авторе:** канд. техн. наук, старш. научн. сотрудник, директор НИИ энергетике Днепропетровского национального университета имени Олеса Гончара.

**Образование:** Днепропетровский химико-технологический институт, факультет технологии неорганических соединений, специальность «Технология неорганических соединений» (1985 г.).

**Область научных интересов:** возобновляемые и нетрадиционные источники энергии.

**Публикации:** 109, в том числе 3 патента.  
ORCID: 0000-0003-3990-6718

**Information about the author:** Ph.D. (engineering), Director of the Energy Research of Oles Honchar Dnipropetrovsk National University.

**Education:** Dnipropetrovsk Institute of Chemical Technology, Faculty of Technology of Inorganic Compounds; in Technology of Inorganic Compounds, 1985.

**Research area:** renewable and alternative energy sources.

**Publications:** 109 including 3 patents.



| <b>Список обозначений</b>        |   |
|----------------------------------|---|
| <u>Буквы греческого алфавита</u> |   |
| $\alpha_0$                       | Коэффициент теплоотдачи между наружным воздухом и энергоактивным ограждением                          |
| $\alpha_i$                       | Коэффициент теплоотдачи между внутренним воздухом и несущей стенкой                                   |
| $\beta$                          | Коэффициент объемного расширения  |
| $\delta$                         | Толщина   |
| $\delta_i$                       | Толщина воздушных зазоров с обеих сторон жалюзи   |
| $\lambda$                        | Коэффициент теплопроводности  |
| $\lambda_i$                      | Коэффициент эффективной теплопроводности воздуха; принимался равным $1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ |
| $\mu$                            | Коэффициент динамической вязкости   |
| $\rho$                           | Плотность   |
| <u>Буквы латинского алфавита</u> |   |
| $C$                              | Теплоемкость  |
| $g$                              | Ускорение свободного падения  |
| $T$                              | Температура   |
| $T_i$                            | Температура внутреннего помещения   |
| $T_0$                            | Текущая температура окружающей среды  |
| <u>Индексы нижние</u>            |   |
| $g$                              | Стеклопанельное покрытие  |
| $l$                              | Соответствующий слой  |
| $w$                              | Стенка  |
| <u>Единицы измерения</u>         |   |
| Вт                               | Ватт  |
| К                                | Кельвин   |
| м                                | Метр  |
| <u>Аббревиатуры</u>              |   |
| ЭО                               | Энергоактивное ограждение   |

## Введение

В настоящее время в связи с энергетическим кризисом все большее внимание уделяется климатизации жилых и общественных зданий на основе альтернативных источников энергии. В этой сфере интерес вызывают энергоактивные ограждения [1], так как, во-первых, они многофункциональны: одновременно являются теплоизоляцией сооружений (особенно в холодные и теплые периоды года) и источниками энергии; во-вторых, позволяют обеспечить, в соответствии с принятыми в Европе нормативными показателями, энергопотребление и теплопотери за счёт необходимых физико-технических свойств и преобразования солнечного излучения в тепловую энергию нагретого теплоносителя [2, 3].

Цель настоящей работы заключается в определении и обосновании оптимальной конструкции таких энергоактивных ограждений. Задачей исследования является обоснование научного подхода к выбору основных геометрических размеров энергоактивных ограждений. Впервые предлагаются энергоактивные покрытия с регулируемыми физико-техническими свойствами, что позволит обеспечить низкие нормативные показатели энергопотребления и теплопотерь.

## Теоретическая часть

Процессы теплопередачи в энергоактивных ограждениях имеют специфические отличия от аналогичных процессов в обычных ограждающих конструкциях [4, 5], что связано с конструктивными особенностями таких элементов. В отличие от гелиоколлекторов ЭО является конструкцией с большей протяженностью и размерами. Вторая особенность энергоактивного ограждения – это его тепловое взаимодействие с ограждающими конструкциями самого здания, на котором оно расположено. Третьей особенностью является возможность размещения во внутреннем объеме ЭО подвижных жалюзи, регулирующих поток солнечного излучения [6, 7]. Поэтому решение вопросов оптимальной конфигурации ЭО, обеспечивающего максимальную эффективность данных процессов, представляется актуальной задачей.

В [8–10] показано, что только пассивным утеплением ограждающих конструкций нельзя добиться соответствующего принятым нормативам уменьшения теплопотерь, поскольку происходит интенсивный теплообмен с окружающей средой. Энергоактивные ограждения исключают появление «мостиков холода», повышают тепловое сопротивление ограждения и предотвращают выпадение конденсата, пагубно влияющего на теплоизолирующие и другие эксплуатационные характеристики конструкций [11–16]. Однако малоизученным остается вопрос прогнозирования теплопереноса в ЭО, в которых использованы инновационные достижения в области преобразования энергии возобновляемых источников [17, 18].

Энергоактивное ограждение не просто преобразует энергию альтернативных источников, в первую очередь тепловую энергию солнечного излучения, тепло окружающей среды, но и одновременно является многослойным ограждающим элементом конструкции здания. При этом, в отличие от обычной ограждающей конструкции, в ЭО потери тепла внешней стороной ограждения минимальны. Энергия, которая попадает на функциональную поверхность ЭО, рекуперируется и используется для обеспечения микроклимата внутренних помещений (в холодный период – отопление, в летний – кондиционирование). При прогнозировании поведения тепловых потоков в энергоактивном ограждении следует учитывать, что в данном случае хорошая теплоизоляция на активной поверхности не должна затруднять процесс преобразования солнечного излучения в тепловую энергию, необходимую для создания условий, соответствующих требованиям нормативов. Одновременно с этим должен обеспечиваться потребный низкий уровень тепловых потерь. Существует еще целый ряд допущений, которые необходимо учитывать при решении конкретной задачи расчета теплопроводности слоев в ЭО. В первую очередь требуется правильно определить краевые условия [19].

## Постановка задачи

Точность прогнозирования эффективности преобразования солнечного излучения и эффективности функционирования энергоактивных ограждений в системе энергообеспечения сооружений зависит от многих факторов.

В первую очередь, это информация о:

- тепловом потоке, поступающем от солнечного излучения;
- градиенте температур внутри самого ЭО и сооружения, на котором расположена эта конструкция;
- распределении температур по горизонтали и вертикали внутри объема ограждающих конструкций сооружения;
- теплообмене между ЭО и окружающей средой.

Для определения оптимального состава и конфигурации системы энергообеспечения еще на этапе проектирования необходимо иметь информацию о закономерностях теплообмена внутри конструкции и с окружающим воздухом и стенками здания при наличии или отсутствии солнечного излучения.

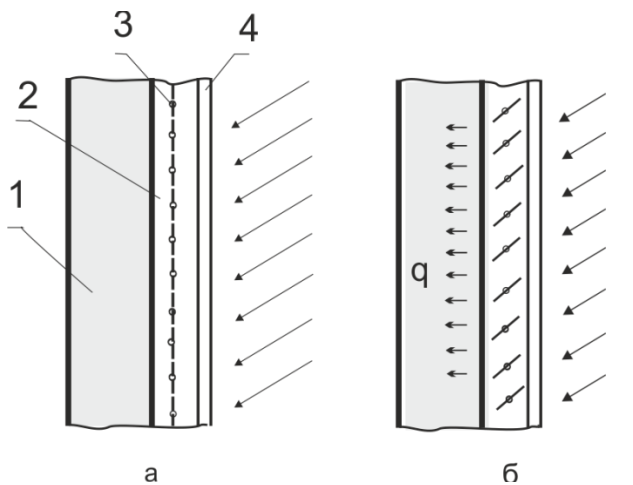
## Результаты и их обсуждение

В настоящей работе рассматривается упрощенная конструкция ЭО, представленная на рис. 1. Данное ЭО содержит светопрозрачный защитный слой 4, который формирует воздушную прослойку 2 между самой стенкой и слоем 4. Внутри воздушной прослойки находятся подвижные жалюзи 3. Они имеют с одной стороны светоотражающее покрытие, кото-



рое в летний период (рис. 1а) при закрытых жалюзи отражает солнечное излучение, проходящее через светопрозрачный защитный слой. Другая сторона жалюзи имеет покрытие, хорошо поглощающее солнечное и тепловое излучение. При раскрытых жалюзи (рис. 1б) в переходной период обеспечивается хорошее теплопоглощение. За счет этого в воздушной прослойке, прилегающей к стене помещения, повышается температура. Одновременно светоотражающее покрытие жалюзи обеспечивает хорошие лучепроводящие свойства энергоактивного ограждения в переходный период. Для этого в рабочем состоянии жалюзи открыты (рис. 1б) и пропускают солнечное излучение. Оно поглощается стеной помещения 1, на которую нанесен специальный слой, поглощающий солнечное излучение. Такой же слой имеется на обратной стороне жалюзи.

Преимуществом такой конструкции является возможность варьирования притока солнечного излучения, за счет изменения угла раскрытия жалюзи. Для максимального эффекта функционирования ЭО толщина воздушного зазора 2 должна быть не больше двух толщин пограничного слоя, который будет развиваться у элементов конструкций, показанных на рис. 1. Это необходимо для исключения образования развитой конвекции внутри воздушного зазора 2, которая будет интенсифицировать процесс теплопередачи через ЭО, что является нежелательным для летнего периода.



**Рис. 1.** Схематическая конструкция энергоактивного ограждения: 1 – стена помещения; 2 – воздушный зазор; 3 – подвижные жалюзи; 4 – светопрозрачный защитный слой  
**Fig. 1.** Schematic design of energy-active fence:  
 1 – room wall; 2 – air gap; 3 – movable blinds;  
 4 – translucent protective layer

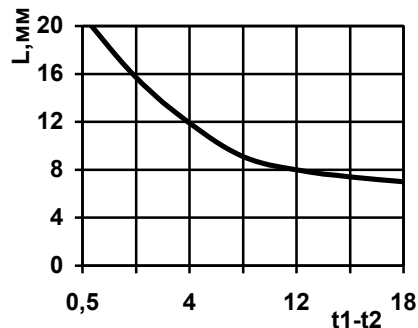
Для зимнего периода при закрытых жалюзи явление конвекции будет полностью исключено.

Наружную воздушную прослойку между поворотными жалюзи и светопрозрачным защитным слоем можно сделать вентилируемой. В летний период съем тепла может осуществляться для нужд горячего водоснабжения, а циркуляция воздуха во

внешней воздушной прослойке может производиться принудительно (например, вентиляторами). При этом вся система стенового энергоактивного ограждения интегрируется в систему вентиляции здания.

Для определения теплового потока  $q$  (Вт) и распределения температуры  $T$  внутри энергоактивного ограждения целесообразно сделать ряд допущений. Энергоактивное ограждение является многослойной конструкцией. Каждый из слоев может состоять из материалов с различными физико-техническими свойствами. При определении теплового потока  $q$ , поступающего в стенку помещения летом и зимой, необходимо учесть физико-технические особенности каждого слоя, то есть коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , удельную теплоемкость  $C$  и плотность  $\rho$ , спектральные характеристики светопрозрачного защитного слоя. В данном случае зависимостью характеристик от температуры для каждого из материалов можно пренебречь. При определении граничных условий на внешнем прозрачном покрытии необходимо учесть два типа одновременного подвода и отвода тепла к нему: излучение и конвекция.

Рассмотрим вначале летний режим, представленный на рис. 1а. Здесь возможна реализация двух вариантов режима: теплоизоляционного и со съемом тепла при наличии вентиляции. При теплоизоляционном режиме необходимо исключить явление конвекции в воздушных зазорах 2 (рис. 1). Для этого толщина самого воздушного зазора должна быть меньше определенного значения, приведенного на рис. 2.



**Рис. 2.** Предельные значения ширины воздушной прослойки, при которой во всей полости отсутствует конвекция [20]  
**Fig. 2.** Limit values for the width of the air layer, in which there is no convection in the entire cavity [20]

Толщина воздушной прослойки, при которой можно пренебречь конвекцией, примерно равна двум толщинам пограничного слоя, развивающегося около вертикальной стенки [21]. Рост толщины ламинарного пограничного слоя вдоль вертикальной стенки в случае свободной конвекции можно определить по уравнению:

$$\delta = 4,234 \sqrt{\frac{\mu \lambda X}{C_p \beta \rho_f^2 g \Delta T}} \quad (1)$$

Расчет по соотношению (1) для параметров воздуха, взятых при температуре 25 °С, приведен на рис. 3. Разность температур  $\Delta T$  принималась равной

5 °С, что соответствует перепаду температур между стенками воздушного зазора.

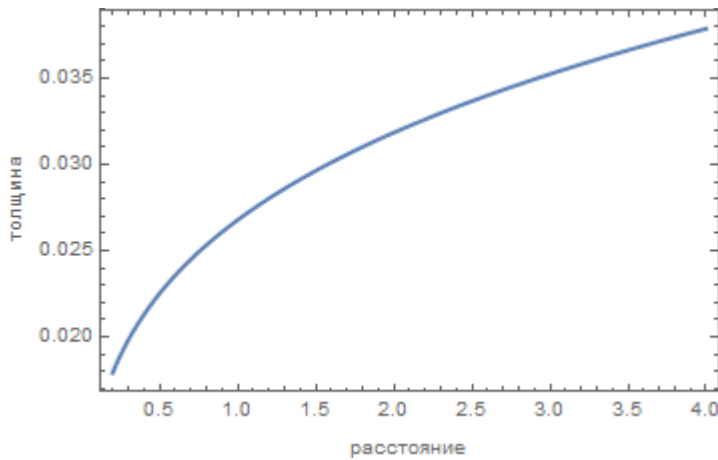


Рис. 3. Толщины ламинарного пограничного слоя вдоль вертикальной стенки в случае свободной конвекции

Fig. 3. The thickness of the laminar boundary layer along the vertical wall in the case of free convection

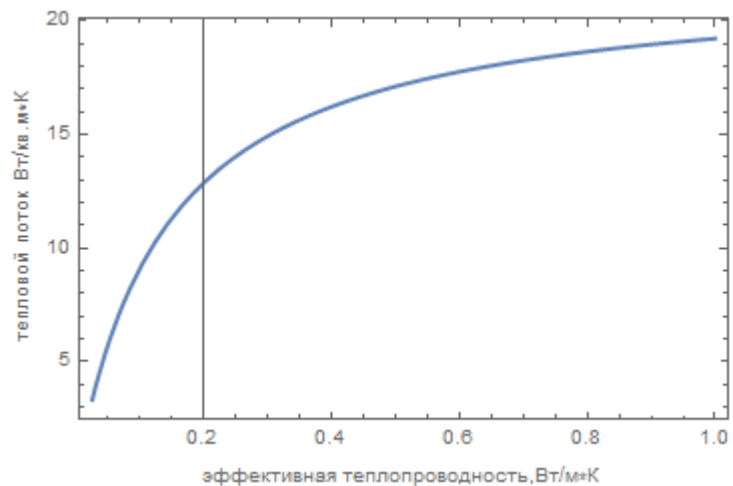
Сравнительный анализ данных рис. 2 и 3 показал, что при толщинах воздушных зазоров в ЭО в пределах 3 ÷ 8 мм конвекция в них будет отсутствовать и основным механизмом передачи тепла через них будет теплопроводность.

Известно, что наличие конвекции в зазорах приводит к интенсификации процесса теплопередачи через него. Это в целом обуславливает увеличение теплового потока через ЭО. При расчете эффект конвекции рассматривался с помощью коэффициента эффективной теплопроводности, учитывающего интенсифицирующее действие конвекции. Коэффициент эффективной теплопроводности  $\lambda_i$  изменялся в пределах 0,025 ÷ 1 Вт/м<sup>2</sup>·К, что увеличило общий тепловой поток, который рассчитывается по соотношению (2):

$$q = \frac{T_0 - T_i}{\frac{1}{\alpha_0} + \sum_{l=1}^{l=n} \frac{\delta_l}{\lambda_l} + \frac{1}{\alpha_i}} \quad (2)$$

Степень этого увеличения представлена на рис. 4. Толщина воздушных зазоров  $\delta_l$  принималась равной 0,008 м. При отсутствии конвекции плотность теплового потока  $q$  через ЭО (см. рис. 1) составляла 3,19 Вт/м<sup>2</sup>. Толщина кирпичной стенки  $l$   $\delta_l$  принималась равной 0,5 м, температура внутри помещения  $T_i$  была 20 °С, снаружи 45 °С, коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_i$  и  $\alpha_0$  5 Вт/м<sup>2</sup> · К и 10 Вт/м<sup>2</sup> · К соответственно. Если же на стене отсутствует ЭО, то плотность теплового потока при тех же условиях составит 22 Вт/м<sup>2</sup>.

Рис. 4. Влияние конвекции в зазорах на увеличение теплового потока через ЭО  
Fig. 4. Effect of convection in the gaps on the increase in the value of the heat flux through the EAF



Таким образом, наличие ЭО уменьшает поступление теплоты в жаркий летний день с 22 Вт/м<sup>2</sup> до 3,19 Вт/м<sup>2</sup> при условии отсутствия конвекции в воздушных зазорах ЭО. При этом ЭО позволяет регулировать тепловой поток в пределах 60 %.

Теперь рассмотрим тепловые потоки изнутри помещения наружу в зимний период для стены с ЭО при закрытых жалюзи. Предположим, что температура наружного воздуха составляет -25 °С. В этих условиях плотность теплового потока со стороны внутреннего помещения в окружающую среду, рас-

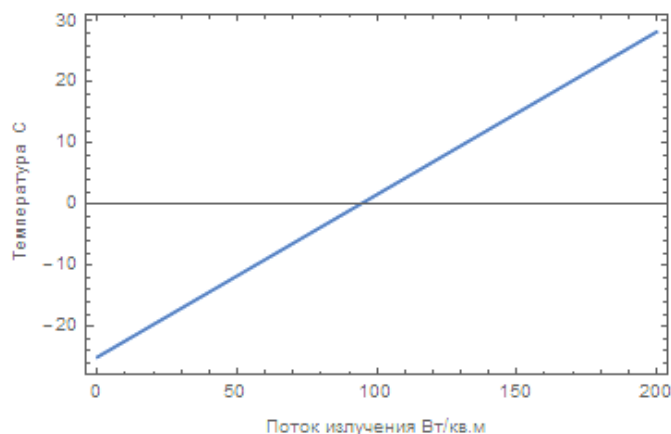


считанная по соотношению (1), при наличии ЭО и тех же теплофизических параметрах будет составлять  $5,75 \text{ Вт/м}^2$  и без него –  $54 \text{ Вт/м}^2$ , то есть в зимний период ЭО будет работать более эффективно, чем в летний.

В случае если жалюзи открыты и во внутренний объем ЭО поступает тепловой поток излучения  $I$  за счет прямого и диффузного излучений, то эффективность ЭО еще более возрастает. Для определения теплового потока, теряемого зданием с ЭО при наличии излучения, было сделано предположение, что весь этот тепловой поток извне поглощается стенкой, нагревает ее до температуры  $T_w$  и за счет теплопроводности со слабым интенсифицирующим действием конвекции переносится назад в окружающую среду [22–25], то есть выполняется равенство:

$$I = \frac{T_w - T_0}{\frac{2\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_0} + \frac{\delta_g}{\lambda_g}}, \quad (3)$$

где  $\lambda_g$  равен  $0,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ; а  $\delta_g = 0,005 \text{ м}$ .



Если данные рис. 6 для температуры несущей стенки  $T_w$  использовать для определения теплового потока, поступающего из внутреннего помещения в ЭО только за счет теплопроводности, то необходимо соотношение:

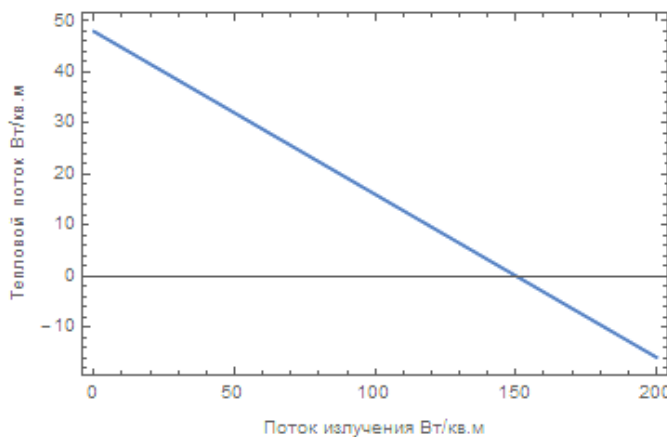
$$q = \frac{\lambda_w}{\delta_w} (T_w - T_i), \quad (4)$$

где  $\lambda_w$  равно  $0,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ ;  $\delta_w = 0,5 \text{ м}$ .

Результаты расчета по соотношению (4) приведены на рис. 7.

Рис. 7. Значения теплового потока, поступающего из внутреннего помещения в ЭО

Fig. 7. The values of the heat flow from the indoor room to the EAF



Расчетная схема для этого случая представлена на рис. 5 (при этом пренебрегаем тепловым потоком, поступающим из внутреннего помещения).

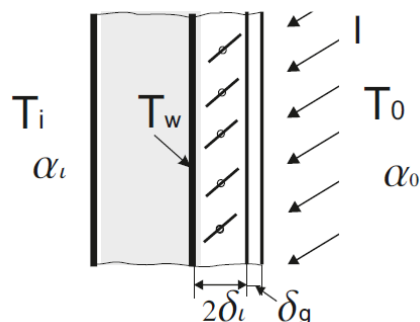


Рис. 5. Расчетная схема стенки с ЭО для осенне-зимнего периода  
Fig. 5. Calculation scheme of the wall with EAF for the autumn-winter period

Тогда изменение температуры стенки  $T_w$ , рассчитанное по соотношению (3) при разных значениях теплового потока  $I$ , приведено на рис. 6.

Рис. 6. Изменение температуры несущей стенки  $T_w$  в зависимости от потока солнечного излучения, поступающего через ЭО

Fig. 6. The bearing wall temperature change depending of the amount of solar radiation flow through the EAF



Из анализа данных рис. 7 следует, что уже при значении теплового потока  $150 \text{ Вт/м}^2$  стенка с ЭО становится практически адиабатной, то есть через нее потери тепла не будет. При превышении этого значения теплового потока можно говорить о дополнительном нагреве помещения за счет энергии излучения.

### Заключение

Эффективность функционирования систем энергообеспечения, использующих энергию альтернативных источников, зависит от выбора конструкции энергоактивных ограждений, которые применяются как элемент преобразования поступающей энергии. При правильном выборе конструкции энергоактивного ограждения инновационная система позволяет в 3 раза уменьшить энергозатраты на горячее водоснабжение и существенно увеличить теплоизоляционные свойства здания. Тем самым будут снижены затраты на поддержание оптимального теплового режима в течение года, так как при внешнем потоке излучения больше  $150 \text{ Вт/м}^2$  будет реализовываться режим подогрева здания.

### Список литературы

- Унаспеков, Б.А. Энергосбережение в тепловых пунктах жилых и общественных зданий. Ч. 1. Общая модель теплового пункта [Текст] / Б.А. Унаспеков [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 4. – С. 31–36.
- Маляренко, В.А. Возможности интеграции электроэнергии в системах горячего водоснабжения ЖКХ [Текст] / В.А. Маляренко [и др.] // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – № 3(121). – С. 53–58.
- Ганжа, А.Н. Выбор рациональных параметров отпуска теплоты от источника системы теплоснабжения [Текст] / А.Н. Ганжа, В.Н. Подкопай // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2013. – № 8 (114). – С. 8–14.
- Ливчак, В.И. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития [Текст] / В. И. Ливчак // Энергосбережение. – 2000. – № 2. – С. 4–9.
- Шарапов, В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Текст] / В.И. Шарапов, П.В. Ротов. – М.: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.
- Carbonell, D. Simulations of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems for Domestic Hot Water and Space Heating [Текст] / D. Carbonell [et al.] // Energy Procedia. – 2014. – Vol. 48. – P. 524–534.
- Редько, О.Ф. Комбинированные системы теплоснабжения с возобновляемыми источниками тепла [Текст] / О.Ф. Редько [и др.] // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – № 10 (129). – С. 42–46.
- Амерханов, Р.А. Аккумулирование теплоты в системах теплоснабжения сельского хозяйства [Текст] / Р.А. Амерханов, А.А. Долинский, Т.В. Морозюк // Промышленная теплотехника. – 2002. – № 1. – С. 106–108.
- Мацевитый, Ю.М. Оценка энергетической эффективности системы электротеплоаккумуляционного отопления административных зданий [Текст] / Ю.М. Мацевитый, Н.Г. Ганжа, А.В. Хименко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2011. – № 10. – С. 9–16.
- Сетюков, В.Б. Аккумулирование энергии в домах с нулевым энергопотреблением [Текст] / В.Б. Сетюков // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – №8 (126). – С. 17–22.
- Гертис, К. Здания XXI века – здание с нулевым потреблением энергии [Электронный ресурс] / К. Гертис // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2012. – № 4. (дата обращения: 25.12.2016).
- Нуждин, В.Н. Новая жизнь центрифуги или аккумулирование энергии [Текст] / В.Н. Нуждин, А.А. Просвирнов // Атомная стратегия. – 2007. – № 27. – С. 3–12.
- Ганжа, А.Н. Анализ эффективности теплонасосной системы утилизации теплоты от компрессорной установки с учетом взаимного влияния эксплуатационных характеристик оборудования [Текст] / А.Н. Ганжа [и др.] // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2013. – № 5 (111). – С. 14–18.
- Ганжа, А.М. Компьютерное моделирование процессов в сложных теплообменных аппаратах [Текст] / А.М. Ганжа, Н.А. Марченко // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт»: сб. науч. трудов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – № 9. – С. 113–120.
- Кельтон, В. Имитационное моделирование [Текст] / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.
- Тарасова, В.О. Анализ эколого-энергетических характеристик современных чиллеров и тепловых насосов при работе с неполной нагрузкой [Текст] / А. Тарасова, Д. Х. Харлампида // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2013. – №11 (117). – С. 35–41.
- Мацевитый, Ю.М. Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное внедрение в Украине [Текст] / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, А.С. Клепанда // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2014. – № 2 (120). – С. 2–17.
- Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference]. – Las Vegas, 2005.



19. Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference]. – Zurich, 2008.

20. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference [Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference]. – Tokyo, 2011.

21. New generation of geothermal Danfoss thermal pumps [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.danfoss.com/> (дата обращения: 25.12.2016).

22. Энергоактивные ограждения / Патент № 201014333, Украина, МПК F24J2/50, E04B1/76. 2011. Бюл. №14 // В.О. Габринец, Г.И. Заривняк, С.О. Митрохов, Л.В. Накашидзе.

23. Габринец, В.О. Особенности построения энергоэффективных ограждений в составе систем энергообеспечения на основе ВИЭ [Текст] / В. О. Габринец [и др.] // Возобновляемая энергетика. – 2010. – № 3. – С. 31–34.

24. Накашидзе, Л.В. Основные требования к энергоактивным ограждениям [Текст] / Л. В. Накашидзе // Возобновляемая энергетика. – 2013. – № 1. – С. 48–51.

25. Накашидзе, Л.В. Энергосбережение при внедрении комплексных систем энергообеспечения сооружений с энергоактивными ограждениями [Текст] / Л.В. Накашидзе // Возобновляемая энергетика XXI века: Материалы XV юбилейной международной научно-практической конференции. – К., 2014. – С. 152–154.

## References

1. Unaspekov B.A. et al. Ënergosbereženie v teplovyh punktah žilyh i obšestvennyh zdaniy. Part 1. Obšaa model' teplovogo punkta. *Izvestiâ Tomskogo politehničeskogo universiteta*. 2012;(321/4):31–36 (in Russ.).

2. Malyarenko V.A., Scherbak I.E., Kolotilo I.D., Lisak L.V. Vozmožnosti integracii elektroënergii v sistemah gorâcego vodosnabženia ŽKH. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2014;(3):53–58 (in Russ.).

3. Ganja A.N., Podkopai V.N. Vybór racional'nyh parametrov otpuska teploty ot istočnika sistemy teplosnabženia. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2013;(8):8–14 (in Russ.).

4. Livčpak V.I. Ënergosbereženie v sistemah centralizovannogo teplosnabženia na novom ètape razvitiâ. *Ënergosbereženie*. 2000;(2):4–9 (in Russ.).

5. Sharapov V.I., Rotov P.V. Regulirovanie nagruzki sistem teplosnabženia. Moscow: Izdatel'stvo "Novosti teplosnabženia" Publ., 2007 (in Russ.).

6. Carbonell D., Haller M.Y., Philippen D., Frank E. Simulations of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems for Domestic Hot Water and Space Heating. *Energy Procedia*. 2014;(48):524–534 (in Eng.).

7. Redko O.F., Taradai O.M., Chernokrylyuk V.V., Esin E.S. Kombinirovannye sistemy teplosnabženia s vozobnovlâemymi istočnikami tepla. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2014;(10):42–46 (in Ukr.).

8. Amerhanov R.A., Dolinskii A.A., Morozyuk T.V. Akkumulirovanie teploty v sistemah teplosnabženia sel'skogo hozâjstva. *Promyšlennaâ teplotehnika*. 2002;(1):106–108 (in Russ.).

9. Matsevity Yu.M., Ganja N.G., Himenko A.V. Ocenka ènergetičeskoj èffektivnostisistema èlektroteploakkumulâcionnogo otoplenia administrativnyh zdaniy. *Ënergosbereženie. Ènergetika. Ènergoaudit*. 2011;(10):9–16 (in Russ.).

10. Setukov V.B. Akkumulirovanie ènergii v domah s nulevym ènergotrebleniem. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2014;(8):17–22 (in Russ.).

11. Gertis K. Zdaniâ XXI veka – zdanie s nulevym potrebleniem ènergii. *Èlektronnyj žurnal ènergoservisnoj kompanii "Èkologičeskie sistemy"*. 2012;(4) (in Russ.).

12. Nuzhdin V.N., Prosvirnov A.A. Novaâ žizn' centrifugi ili akumulirovanie ènergii. *Atomnaâ strategiâ*. 2007;(27):3–12 (in Russ.).

13. Ganja A.N., Bratuta E.G., Kruglyakova O.V., Podkopai V.N., Chubarova V.V. Analiz èffektivnosti teplonasosnoj sistemy utilizacii teploty ot kompressornoj ustanovki s učetom vzaëmnoho vliâniâ èkspluatacionnyh karakteristik oborudovaniâ. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2013;(5):14–18 (in Russ.).

14. Ganja A.M., Marchenko N.A. Komp'üternoe modelirovanie processov v složnyh teploobmennyh apparatah. *Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta "Har'kovskij politehničeskij institut": sb. nauč. trudov*. Kharkov: NTU "HPI" Publ., 2010;(9):113–120 (in Ukr.).

15. Kelton V., Lou A. Imitacionnoe modelirovanie. SPb.: Piter; Kiev: Izdatel'skaâ gruppa BHV Publ., 2004 (in Russ.).

16. Tarasova V.O., Harlampidi D.H. Analiz èkologo-ènergetičeskikh karakteristik sovremennyh čillerov i teplovyh nasosov pri rabote s nepolnoj nagruzkoj. *Ënergosbereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2013;(11):35–41 (in Ukr.).





17. Matsevity Yu.M., Chirkin N.B., Klepanda A.S. Ob ispol'zovanii teplovyh nasosov v mire i čto tormozit ih širokomashtabnoe vnedrenie v Ukraine. *Ènergobereženie, ènergetika, ènergoaudit*. 2014;(2):2–17 (in Russ.).
18. Reports at the 8th IEA Heat Pump Conference. – Las Vegas, 2005 (in Eng.).
19. Reports at the 9th IEA Heat Pump Conference. – Zurich, 2008 (in Eng.).
20. Reports at the 10th IEA Heat Pump Conference. – Tokyo, 2011 (in Eng.).
21. New generation of geothermal Danfoss thermal pumps. Available at: <http://www.danfoss.com/> (25.12.2016) (in Eng.).
22. Gabrinets V.O., Zarivniak G.I., Mitrohov S.O., Nakashidze L.V. Ènergoaktivnye ograždeniâ. Patent no. 201014333, Ukraine, MPK F24J2/50, E04B1/76 / 2011, bul. #14 (in Ukr.).
23. Gabrinets V.O., Markov V.L., Mitrohov S.O., Zarivniak V.I., Nakashidze L.V. Osobennosti postroeniâ ènergoèffektivnyh ograždenij v sostave sistem ènergoobespečeniâ na osnove VIÈ. *Vozobnovlâemaâ ènergetika*. 2010;(3):31–34 (in Ukr.).
24. Nakashidze L.V. Osnovni vimogi do energoaktivnih ogorodžen'. *Vozobnovlâemaâ ènergetika*. 2013;(1):48–51 (in Ukr.).
25. Nakashidze L.V. Ènergobereženie pri vnedrenii kompleksnyh sistem ènergoobespečeniâ sooruzhenij s ènergoaktivnymi ograždeniâmi. *Vozobnovlâemaâ ènergetika XXI veka: Materialy XXV ùbilejnoj meždunarodnoj naučno-praktičeskoj konferencii*. Kiev, 2014, pp. 152–154 (in Ukr.).

Транслитерация по ISO 9:1995



**SOLAR POWER INTERNATIONAL**

POWERED BY **SEIA** Solar Energy Industries Association and **Smart Electric Power Alliance**

**The largest solar trade show in North America**

- ✓ 18,000+ attendees
- ✓ 650+ exhibitors
- ✓ 24 hours of dedicated networking opportunities.

Solar Power International (SPI) generates success for solar energy professionals and the global solar industry. SPI sets the standard for solar events as the fastest growing and largest solar show in North America as recognized by *Trade Show Executive* and *Trade Show News Network*. SPI has also been among the Gold 100 for seven years running and named “Stickiest Show Floor” by *Trade Show Executive* for the innovative ways in which attendees stay engaged.

With its breadth of industry experts sharing their knowledge and exhibitions from the industry's pacemakers, SPI is the leader among solar trade shows.

[www.solarpowerinternational.com](http://www.solarpowerinternational.com)

