

Кобелев Н. С., д-р техн. наук, проф.,  
Минко В. А., д-р техн. наук, проф.,  
Кобелев В. Н., канд. техн. наук,  
Семиненко А. С., старший преп.,  
Гуныко И. В., аспирант,  
Токарева А. В., студент,  
Тарасов Д. М., студент

Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ РЕШЕНИЕ В БИОСФЕРНЫХ СИСТЕМАХ ОТАПЛИВАЕМЫХ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ

tgvy-kstu6@yandex.ru

Рассмотрено одно из решений программы «Энергосбережение на 2010-2020 г. для предприятий Белгородской и Курской областей», заключающейся в локальном снижении тепловых потерь в окружающую среду из помещения за счет изменения условий теплообмена между отопительным прибором системы отопления и внутренней поверхностью наружного ограждения. Дано принципиальное конструктивное решение-устройство дополнительной локальной тепловой защиты наружных стен в системах теплоснабжения здания.

**Ключевые слова:** энергосбережение, тепловые потери, система отопления, биосферные системы, отопительный прибор, отражательная теплозащитная панель.

Разработанные по заданию правительства Курской области в соавторстве с коллективом Центра энергосберегающего оборудования и материалов, образованного на базе кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция» под руководством ректора ЮЗГУ С.Г.Емельянова «Программы энергосбережения на 2010-2020 г. для предприятий Курска и Курской области», содержит перечень коллективных мероприятий по внедрению энергосберегающих технологий и оборудования. Данные мероприятия также могут быть использованы и для Белгородской области. Стратегия энергосбережения состоит из комплекса долгосрочных высокочрезвычайных, среднесрочных и первоочередных мероприятий, которые позволяют повысить надежность и эффективность работы источников тепла и тепловых сетей, внутридомовых инженерных систем, автоматизированных систем отопления в зданиях, снизить расходы теплоносителей, горячей и холодной воды.

Одним из решений «Программы» является снижение тепловых потерь в окружающую среду при теплоснабжении зданий, особенно с расположением **отопительных приборов** системы отопления вблизи внутренней поверхности наружной стены помещения.

В рамках законодательства с 1995 г. согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» значительно ужесточились требования к термическому сопротивлению ограждающих строительных конструкций зданий. В соответствии с данным нормативным документом необходимо, чтобы теплотехнические характеристики ограждающих конструкций обеспечивали выполнение

не только санитарно-гигиенических условий, т.е. условий не выпадения конденсата на их внутренней поверхности ограждающих конструкций, но и принципов энергосбережения. Для климатических условий Курска и Курской области величина термического

сопротивления стен, обеспечивающего невыпадения конденсата составляет  $1,26(\text{м}^2\text{°C})/\text{Вт}$ , а по новым нормативам должно составлять  $2,95(\text{м}^2\text{°C})/\text{Вт}$ , при этом ожидается снижения энергопотребления на 40%.

Для обеспечения данных требований по теплозащите необходима реализация мероприятий по оптимизации строительных конструкций (использование ограждающих конструкций с эффективной теплоизоляцией и конструкцией окон с более высоким коэффициентом сопротивления теплопередачи и воздухопроницаемости). В связи с этим были проведены работы по энерготехническому обследованию существующего жилого фонда г. Курска и г. Белгорода, а именно домов серии 1-447с-11, 1-464А-9, 91-014/1.

Реализация методов по тепловой санкции дает возможность ликвидировать избыточные теплотери и сократить затраты тепла на поддержание микроклимата в зданиях рассматриваемых серий. Годовая экономия тепловой энергии после проведения мероприятий по дополнительной теплоизоляции наружных ограждений на отопление  $1 \text{ м}^2$  жилой площади и в целом по фонду представлена в таблице 1. В среднем срок окупаемости работ по тепловой изоляции ограждающих конструкций составляет 20 лет, но с увеличением роста тарифов на тепловую энергию эти работы будут востребованы [1].

Проведенные исследования характера потерь теплоты по площади наружного ограждения показали, что наиболее интенсивно отвод теплоты из отапливаемого помещения осуществляется локально в месте установки отопительного прибора системы отопления, который преимущественно расположен вблизи внутренней поверхности наружной стены и под подоконником.

В данном случае процесс теплообмена-передачи теплоты от отопительного прибора нагреваемому внутреннему воздуху осуществляется равномерно, как по объему отапливаемого

помещения, так и воздушной прослойки до стены конвективным теплообменом, с получением теплового излучения от корпуса отопительного прибора. Так, как обогреваемый объем воздушной прослойки между ним и внутренней поверхностью наружной стены значительно меньше, чем объем обогреваемого воздуха в отапливаемом помещении, то воздушная прослойка быстро нагревается, отдавая свое тепло наружной стене и далее, в качестве тепловых потерь, в окружающую среду.

Таблица 1

**Технико-экономические параметры дополнительной теплоизоляции наружных ограждений жилых зданий**

Серия жилых домов	Удельная годовая экономия тепла, Гкал/м <sup>2</sup>	Количество домов	Удельные затраты на дополнительную теплоизоляцию, тыс. руб/м <sup>2</sup>	Экономия тепла целом по фонду, Гкал в
Серия 1-447с-11 3-этажные	0,02	167	1,55	7092
Серия 1-447с-11 4-этажные	0,03	145	1,54	20453
Серия 1-447с-11 5-этажные	0,03	307	1,54	54130
Серия 1-464А-9	0,06	226	1,54	75798
Серия 91-014/1	0,19	172	1,6	184721

Сложный теплообмен описывается системой уравнений, состоящей из уравнений энергии, движения и сплошности, к которым добавляется условие однозначности.

Уравнение энергии однокомпонентной воздушной среды, поглощающей, испускающей и рассеивающей энергию, имеет вид [1]

$$\operatorname{div} \vec{q}_T + \operatorname{div} \vec{q}_K + \operatorname{div} \vec{q}_R = 0 \quad (1)$$

где  $q_T$ ,  $q_K$ ,  $q_R$  - соответственно векторы плотности теплового потока за счет теплопроводности, конвекции и радиации (излучения).

Перенос теплоты, как молекулярной, так и турбулентной, теплопроводностью в пограничном слое контакта внешней поверхности отопительного прибора и воздуха помещения описывает закон Фурье:

$$q_T = -\lambda_T \nabla T \quad (2)$$

здесь  $T$  - усредненное во времени локальное значение температуры в пограничном слое;  $\lambda_T$  - коэффициент турбулентного переноса теплоты, теплопроводностью в пограничном слое;

Конвективный перенос энтальпии

$$q_K = \rho c_p \omega_x T \quad (3)$$

где  $\rho$ ,  $c_p$ ,  $\omega_x$  - плотность, теплоемкость при постоянном давлении и скорость перемещения воздуха помещения в пограничном слое при контакте с внешней поверхностью отопительного прибора.

Радиационный перенос теплоты приближенно определяется зависимостью

$$q_R = -\lambda_p \nabla T \quad (4)$$

где  $\lambda_p = \frac{16\sigma_0 T^3}{3\bar{\alpha}}$  - радиационный коэффициент теплопроводности;

здесь  $\sigma_0$  - постоянная Стефана-Больцмана;  $\bar{\alpha}$  - средний коэффициент теплоотдачи в пограничном слое.

Полный поток определяется суммой потоков переносимых теплопроводностью, конвекцией и радиацией, т.е.

$$q = q_T + q_K + q_R \quad (5)$$

В тоже время, рассматривая поглощающую неизотермическую среду, как ограниченную плоскопараллельными стенками (наружная поверхность отопительного прибора и внутренняя поверхность наружной строительной поверхности-стены) имеем

$$q = \frac{T_0(T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} - 1 + \frac{3\bar{\alpha}l}{4}} \quad (6)$$

где  $T_1$  и  $T_2$ , а так же,  $A_1$  и  $A_2$  температуры и коэффициенты поглощения, соответственно, поверхностей отопительного прибора и стен;  $l$  - расстояние между поверхностями.

Тогда распределение температуры по внутренней поверхности стены определяется как

$$T_2^4 = T_1^4 - q \frac{3\bar{\alpha}l}{4T_0} \quad (7)$$

Следовательно, для снижения температуры ( $T_2$ ) внутренней поверхности стены и, соответственно, уменьшения потерь теплоты теплопро-

водностью по толщине наружного строительного ограждения, необходимо по выражению (7) увеличить второе слагаемое, т.е. обеспечить больше поступление теплоты в отапливаемое помещение, устраняя его из полости под подоконником.

Расстояние 1 между отопительным прибором - нагревательным элементом системы отопления и наружной поверхностью стены ограничивается СНиПом [2], а так же дизайном помещения. Поэтому энергосберегающие действия могут осуществляться по двум направлениям. Первое - увеличение усредненного коэффициента теплоотдачи ( $\bar{\alpha}$ ) за счет турбулизации пограничного слоя воздушной среды между отопительным прибором и стеной. Второе - увеличение суммарного теплового потока ( $q$ ) путем возрастания радиационной составляющей, например, установкой на внутренней поверхности стены отражающей конструкции.

Предлагается устройство - отражательная перегородка (рис.1) для дополнительной локальной теплозащиты наружных ограждений, выполненное, например, из полированного алюминия, как обладающего небольшим коэффициентом поглощения -  $\epsilon$  от 0,04 до 0,06 [3], что практически устраняет передачу теплоты через наружную стену в виде радиоактивной ( $q_p$ ) суммарного потока ( $q$ ) теплообменного аппарата. На поверхности 1 отражательной перегородки продольно по высоте выполнены попарно 2 криволинейные канавки 3. Касательная одной 4 из криволинейных канавок 3 каждой пары 2 имеет направление по движению часовой стрелки, а касательная другой 5 из криволинейных канавок 3 этой пары 2 имеет направление против движения часовой стрелки [4]. При этом расположение криволинейных канавок 3 осуществлено по секционному 6 не менее чем на трех уровнях 7. По мере поступления горячего теплоносителя в отопительный прибор системы отопления, суммарный тепловой

поток ( $q$ ) равномерно распространяется нагревая как воздух полного внутреннего объема всего помещения, так и воздушную прослойку между наружной поверхностью отопительного прибора и внутренней поверхностью наружной стены. В связи с незначительностью расстояния между отопительным прибором системы отопления и внутренней поверхностью наружной стены, по сравнению с объемом отапливаемого помещения, в воздушной прослойке воздух нагревается быстрее и в результате возникающей разности плотностей, начинает перемещаться по расположенным на поверхности 1 криволинейным канавкам 3 отражательной перегородке снизу вверх в пограничном слое 8. При перемещении в пограничном слое 8 на нижнем уровне 7 по одной 4 из пары 2 криволинейных канавок 3 секции 6 поток воздуха закручивается по направлению движения часовой стрелки, одновременно на другой 5 из этой пары 2 криволинейных канавок 3 поток воздуха закручивается по направлению против хода движения часовой стрелки. В результате на выходе из нижнего уровня 7 наблюдается встречное движение закрученных микропотоков поднимающегося вверх воздуха, что приводит к образованию микровзрывов и резкой турбулизации пограничного слоя [5]. Этот процесс перехода из ламинарного движения воздуха в пограничном слое 8 в турбулентный осуществляется на всех уровнях 7 поверхности 1 отражательной перегородки, что обеспечивает устранение потери теплоты конвективной составляющей ( $q_k$ ) суммарного потока ( $q$ ) отопительного прибора, т.е. не обогревается конвективно (из-за возросшей толщины турбулентно движущегося пограничного слоя) поверхность 1 отражательной перегородки и, соответственно, внутренняя поверхность наружной стены, а теплота передается на нагрев воздуха во внутрь объема отапливаемого помещения.

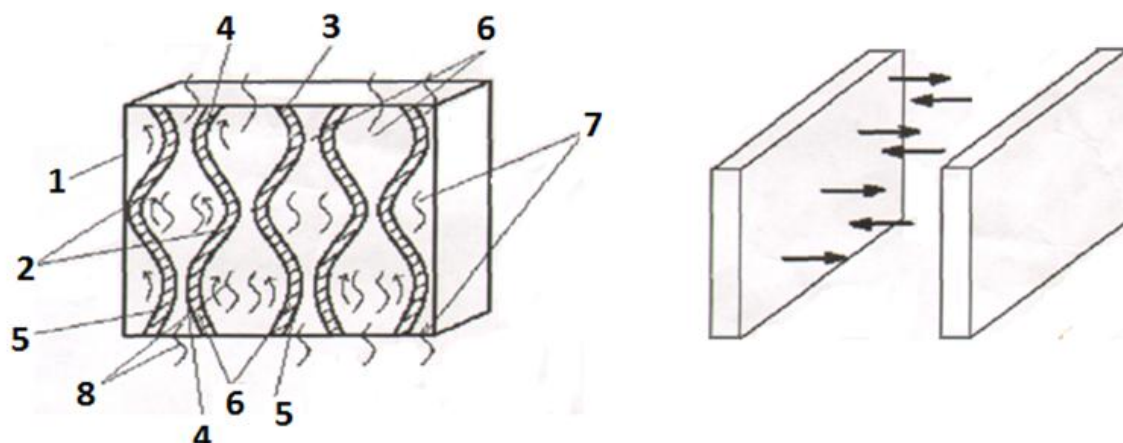


Рис 1. Отражательная перегородка наружной стены

**Выводы.**

1. Анализ мероприятий по обеспечению тепловой защиты жилого фонда городов Курска, Белгорода и их областей показал, что тепловые выбросы не только нарушают биосовместимые системы проживания людей, но и требуют дополнительных затрат на производство и транспортировку тепловой энергии потребителем.

2. Предложено принципиальное решение по снижению локальных теплотерь отопительным прибором системы отопления посредством панели, изменяющей условие теплообмена на внутренней поверхности.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Кобелев Н.С., Семечева Н.Е., Кобелев В.Н. Основные положения энергосберегающих решений в инженерных системах промышленных и жилых зданий/ Монография.- Курск, 2012., 131с.
2. Энергосбережение. Энергетический паспорт гражданского здания. Основные положения/ Минтопэнерго.М., 1999.
3. Кобелев Н.С., Емельянов С.Г. и др., патент РФ от 27.04.2013г, Устройство для дополнительной теплоизоляции наружных стен помещений эксплуатируемых зданий//2480560.