



ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

С. И. Монах¹, А. А. Афанасьев², Л. П. Андриюшкина, Е. Н. Шапошник

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,

2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ms0660101047@mail.ru, ²aleksey7536@ukr.net

Получена 04 июня 2018; принята 21 сентября 2018.

Аннотация. Повышение энергоэффективности жилых и общественных зданий, отвечающее современным концептуальным основам создания «здорового» и энергоэффективного здания («healthy» and energy efficiency building), перспективно за счет повышения эффективности таких затратных инженерных систем, как системы вентиляции. Одними из основных направлений повышения эффективности вентиляционных систем являются активная рекуперация трансмиссионного потока теплоты и уменьшение воздухообмена без снижения уровня комфортности в помещении. В работе дается анализ этих направлений и методики расчета их эффективности.

Ключевые слова: энергосберегающие системы вентиляции, активная рекуперация, приточный воздух, инфильтрация, микроклимат, ограждающая конструкция, экономайзерный эффект, пористый утеплитель, воздухопроницаемость, воздушная прослойка, качество воздуха, предельно допустимая концентрация.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

С. І. Монах¹, О. А. Афанасьєв², Л. П. Андриюшкіна, Є. М. Шапошник

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,

2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: ¹ms0660101047@mail.ru, ²aleksey7536@ukr.net

Отримана 04 червня 2018; прийнята 21 вересня 2018.

Анотація. Підвищення енергоефективності житлових і громадських будівель, що відповідає сучасним концептуальним основам створення «здорової» і енергоефективної будівлі («healthy» and energy efficiency building), перспективне за рахунок підвищення ефективності таких витратних інженерних систем, як системи вентиляції. Одними з основних напрямів підвищення ефективності вентиляційних систем є активна рекуперация трансмісійного потоку теплоти і зменшення повітрообміну без зниження рівня комфортності в приміщенні. У роботі дається аналіз цих напрямів і методики розрахунку їх ефективності.

Ключові слова: системи вентиляції, що зберігають енергію, активна рекуперация, припливне повітря, інфільтрація, мікроклімат, огорожувальна конструкція, економайзерний ефект, пористий утеплювач, повітропроникність, повітряний прошарок, якість повітря, гранично допустима концентрація.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

Svetlana Monah¹, Aleksey Afanasev², Liliya Andrushkina, Evgeniy Shaposhnik

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

E-mail: ¹ms0660101047@mail.ru, ²aleksey7536@ukr.net

Received 04 June 2018; accepted 21 September 2018.

Abstract. Increase of energy efficiency of dwellings and public building, answering modern conceptual bases of creation of «healthy» and energy efficiency building («healthy» and power efficient building) is perspective due to the increase of efficiency of such expense engineering systems as system of ventilation. One of basic directions of increase of efficiency of vent systems are active recuperation of transmission stream of warmth and reduction of ventilation without the decline of level of comfort in an apartment. The analysis of these directions and methodology of calculation of their efficiency in-process is given.

Keywords: energy-saving ventilation systems, active recovery, fresh air, infiltration, microclimate, enclosing structure, economizing effect, porous insulation; air permeability, air layer, air quality, maximum permissible concentration.

В жилых и общественных зданиях, построенных согласно требованиям второго этапа по энергосбережению, потери тепла на инфильтрацию и вентиляцию становятся сравнимы с потерями тепла через ограждающие конструкции, т. е. составляют около 50 % и более (без учета ГВС).

Анализ современных систем вентиляции и кондиционирования воздуха показывает, что по сравнению с традиционными техническими решениями потенциал энергосбережения может достигать 50–80 % [1], что подчеркивает актуальность темы исследований. Это относится к применению утилизаторов теплоты вытяжного воздуха для нагрева приточного, к системам с переменным расходом воздуха, к системам «порового проветривания», вентилируемым воздушным прослойкам, к оптимизации аэродинамических и гидравлических режимов систем, к применению инженерного оборудования высоких классов энергетической эффективности.

По результатам проведенных аналитических исследований – наиболее перспективными направлениями повышения энергоэффективности вентиляционных систем, отвечающими современным концептуальным основам создания «здорового» и энергоэффективного здания («healthy» and energy efficiency building), являются направления, приведенные на рисунке.

Одним из направлений активной рекуперации трансмиссионной теплоты является создание «экономайзерного эффекта» при «поровом проветривании». В последние годы ученым-материаловедам удалось значительно понизить плотность некоторых экологически чистых неорганических материалов (пеночеромабетоны, газо- и пенобетоны и др.), что позволило рассматривать их как энергоэффективные материалы.

При инфильтрации наружного воздуха через однородное ограждение из этих материалов в воздушную среду помещений не выделяются вредные для здоровья продукты распада полимерных материалов в отличие от слоистых конструкций с использованием вспученных пластмасс. Такие наружные ограждения с упорядоченной капиллярно-пористой структурой могут быть использованы как «экономайзерные» конструкции, способствующие улучшению микроклимата помещений. К тому же они обладают способностью к очистке воздуха от агрессивных веществ путем выноса последних в диффундирующем потоке водяного пара к наружной поверхности, а затем в атмосферу.

Главным преимуществом «экономайзерных» конструкций является их воздухопроницаемость, способствующая стабильному воздухо-

обмену помещений и благоприятным экологическим параметрам внутренней среды проживания без использования специальных приточных отверстий [2].

Молярный перенос воздуха через толщю наружного ограждения к внутренней поверхности может рассматриваться как гидродинамический поток в пористых средах ($Re < 5$). Он возникает при давлении наружного воздуха, превышающем давление внутреннего ($\Delta P = P_{н} - P_{в}$).

Расчет точной величины молярного переноса воздуха является сложной математической задачей, связанной с решением полной системы дифференциальных уравнений теплопереноса и определением потенциалов переноса теплоты и массы.

При создании расчетной модели «экономайзерного эффекта» в процессе инфильтрации воздуха через пористое ограждение принимают ряд допущений [3]. С учетом принятых условий, в соответствии с теорией строительной теплофизики [4], можно в качестве математической модели «экономайзерного эффекта» рассматривать дифференциальное уравнение переноса тепла для одномерной задачи при отсутствии источников и стоков теплоты в стационарном состоянии и при движении фильтрационного потока влажного воздуха:

$$\frac{d^2 t}{dx^2} - w \cdot c_a \cdot \frac{dt}{dx} = 0. \quad (1)$$

Формула (1) для определения температуры внутренней поверхности τ_b и теплового потока q_u на внутренней поверхности ограждения при инфильтрации с учетом граничных условий и после преобразований имеет вид:

$$\tau_b = t_n + (t_e - t_n) \cdot \frac{e^{c_a \cdot w \cdot R} - 1}{e^{c_a \cdot w \cdot R_0} - 1}, \quad (2)$$

$$q_u = \frac{C_b \cdot w \cdot e^{c_a \cdot w \cdot R}}{e^{c_a \cdot w \cdot R_0} - 1} \cdot (t_e - t_n). \quad (3)$$

Тепловой поток q_u , входящий из помещения в ограждение, является расчетным при определении теплопотерь.

В вышеприведенных формулах t_n и t_b – наружная и внутренняя температура воздуха °C; C_b – удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг·°C; w – расход воздуха, кг/м²·ч.

Приближенное значение разницы давлений воздуха по обе стороны ограждения с наветренной стороны ниже нейтральной зоны здания, т. е. потенциала переноса массы, определяется по формуле [4]:

$$\Delta P = -0,8 \cdot \left[-g(\gamma_n - \gamma_e) \cdot H - 0,6 \frac{(0,6 \cdot v)^2 \cdot \gamma_n}{2} \right], \quad (4)$$

где H – расстояние по высоте от середины этажа до нейтральной зоны, м;

v – расчетная скорость ветра, м/с;



Рисунок. Направления повышения энергоэффективности вентиляционных систем.

γ_n, γ_v – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³.

Подогретый в результате экономайзерного эффекта при инфильтрации воздух в количестве $w_{инф}$, кг/м²·ч, уменьшает как необходимое количество наружного воздуха в системе вентиляции здания на величину $\Delta w_{вент}$, кг/м²·ч, так и количество тепла на его подогрев:

$$Q_e = 0,28 \cdot \Delta w_{вент} \cdot \gamma_n \cdot (t_e - t_n). \quad (5)$$

Количество инфильтрующегося воздуха $w_{инф}$, кг/м²·ч, равно:

$$w_{инф} = \Delta P / \Delta R_n, \quad (6)$$

где ΔP – определяется по формуле (4), Па;

ΔR_n – сумма сопротивлений воздухопроницанию всех слоев ограждения, м²·ч·Па/кг.

Поступающий с внутренней поверхности ограждения воздух будет иметь температуру гораздо выше температуры приточного воздуха в системе естественной вентиляции, но ниже температуры внутреннего воздуха:

$$t_n < \tau_{инф} < t_e.$$

Следовательно, при большом количестве инфильтрующегося воздуха через пористую структуру наружного ограждения минимизируются тепловые потери помещения, так как трансмиссионный тепловой поток через эту конструкцию в основном используется на нагрев наружного холодного воздуха. Учет такого эффекта «порового проветривания» через структуру наружной стены позволяет экономить тепловую энергию, поскольку при традиционном способе вентиляции помещений наружный воздух или забирает тепло внутренней воздушной среды, или может предварительно подогреваться в случае механической приточной системы. Для количественной оценки «экономайзерного эффекта» в процессе инфильтрации воздуха через пористое ограждение был проведен численный эксперимент.

Выполненные расчеты показывают, что экономайзерный эффект повышается с увеличением высоты здания, а также с уменьшением сопротивления воздухопроницанию R_n ограждения.

Экономия тепла достигает 10–13 % при использовании в наружном ограждении материалов с повышенной воздухопроницаемостью.

Поиск наиболее дешёвых и эффективных энергосберегающих решений – одна из главных задач, решаемых в процессе создания энергоэффективного здания.

К таким решениям можно отнести наружные ограждения с вентилируемыми воздушными прослойками, которыми могут быть оборудованы существующие здания во время их реконструкции.

Вентилируемая воздушная прослойка располагается в толще наружного ограждения обычно ближе к его наружной поверхности и может вентилироваться наружным воздухом с выходом в помещение. При этом происходит утилизация части теплового потока и возникает энергосберегающий эффект, величина которого зависит от целого ряда геометрических и теплоэнергетических параметров (поперечного сечения и длины прослойки, её месторасположения в конструкции, температуры наружного и внутреннего воздуха, скорости его движения, коэффициента теплообмена и др.).

Аналитическое решение по определению количества утилизированной в прослойке теплоты представляет собой сложную задачу нестационарного теплопереноса.

Эта задача была значительно упрощена В. Н. Богословским, который решил систему уравнений теплового баланса для элемента dx наружного ограждения, ввёл понятие среднесуточных значений температуры воздуха t_x в сечении x прослойки для совмещенного покрытия здания и разработал соответствующую расчетную модель [4].

Основываясь на вышеупомянутой расчётной модели, для наружной стены с вентилируемой воздушной прослойкой можно составить следующую систему уравнений.

Значение среднесуточной температуры t_c воздуха в сечении x прослойки определяется по формуле:

$$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}, \quad (7)$$

где величина t_c :

$$t_c = C_0 / D_0. \quad (8)$$

Параметры C_0 и D_0 являются комплексными оценочными критериями, связанными с коэффициентами теплообмена и термическими сопротивлениями конструктивных слоёв наружного ограждения.

Параметр A из уравнения (7) определяется по формуле:

$$A = \alpha_k \cdot D_0 / (G \cdot c), \quad (9)$$

где α_k – коэффициент конвективного теплообмена между воздухом в прослойке и её поверхностями, принятый равным [4]:

$$\alpha_k = 3,25 \cdot \delta_{np}^{-0,2} \cdot v_{np}^{0,8}, \quad (10)$$

где δ_{np} – высота прослойки, м;

v_{np} – скорость движения воздуха в прослойке, м/с.

Через прослойку проходит количество воздуха:

$$G = v_{np} \cdot \rho \cdot \delta_{np} \cdot \delta_{np}^I, \quad (11)$$

где ρ – плотность приточного воздуха, кг/м³;

δ_{np}^I – ширина прослойки, м;

c – удельная теплоёмкость воздуха,

$c = 1\,005$ Дж/(кг·°С).

Определение энергосберегающего эффекта вентилируемой воздушной прослойки также проведено с помощью численного эксперимента.

В ходе численного эксперимента определена зависимость температуры воздуха t_x в воздушной прослойке от расстояния до входа в прослойку. Очевидно, что при низких температурах $t_{п}$ приточного воздуха ограничивается область применения данного способа утилизации тепла, так как при этом не только велика вероятность обильного конденсата на поверхности прослойки со стороны помещения, но и её обледенения вблизи входа наружного воздуха.

Для снижения вероятности образования конденсата при положительных значениях $t_{п}$ канал на внутренней поверхности прослойки целесообразно закрыть пластиной из окрашенного металлического листа, практически не имеющего термического сопротивления. Со стенки канала в водоприёмную ёмкость будет стекать конденсат, при испарении которого уменьшается такой неблагоприятный параметр микроклимата отапливаемого помещения, как недостаточная влажность воздуха, имеющий место при работе нагревательных отопительных приборов.

Для определения в количественном выражении энергосберегающего эффекта предложенного варианта утилизации теплового потока был рассчитан расход тепла Q_1 на подогрев необходимого количества вентиляционного воздуха до температуры воздуха в помещении (t_p) при его поступлении напрямую из наружной среды. Полученное значение затем сравнивается с количеством тепла Q_2 , необходимого на подогрев до этой же температуры воздуха, поступившего из воздушной прослойки.

Энергосберегающий эффект для 1, 2, 3, 4 и 5 этажей десятиэтажного типового жилого здания при температуре приточного воздуха +1 °С составил 8–46 %, а при температуре приточного воздуха –20 °С – 11–48 %.

Очевидно, что для более высоких зданий этот способ утилизации тепла не рекомендуется из-за возможности возникновения технических трудностей по эксплуатации воздушной прослойки (установка более мощного вентилятора, вибрация экранирующей пластины и др.).

Известно, что существенное сокращение воздухообмена может обеспечивать адекватное повышение энергоэффективности вентиляционных систем. Однако сокращение воздухообмена не должно вызывать снижения уровня комфортности в помещении.

Известны два способа определения необходимого воздухообмена в помещении [5–10] – на основе удельных норм воздухообмена и на основе расчета допустимых концентраций загрязняющих веществ.

В первом случае необходимое качество воздуха обеспечивается за счет подачи в помещение определенного количества наружного воздуха в зависимости от назначения помещения и режима его эксплуатации; во втором – необходимое качество воздуха обеспечивается за счет подачи в помещение определенного количества наружного воздуха в зависимости от величины и характеристик загрязняющих веществ в помещении.

Применение второго способа, базирующегося на балансе вредностей в вентилируемом объеме, является физически обоснованным и позволяет определять величину необходимого воздухообмена с учетом загрязнений наружного воздуха и уровня комфортности в помещении. Его использование применительно к общественным зданиям затруднительно, так как состав и величина поступающих в помещение вредных выделений часто неопределены.

На практике применяются оба способа или их комбинация.

По известным методикам [11–13] были проведены расчетно-аналитические исследования по определению концентрации вредных веществ и необходимого воздухообмена, в результате которых можно сделать ряд выводов. Расчетный метод по определению необходимого воздухо-

обмена в помещениях общественных зданий позволяет учитывать концентрацию углекислоты в наружном воздухе, уровень комфортности (качества воздуха) в помещении, изменение режимов эксплуатации систем вентиляции. Уменьшение воздухообмена в помещениях общественных зданий, а следовательно, экономия энергии возможна при использовании абсорберов углекислого газа, применение которых экономически оправдано для обеспечения качества воздуха в помещениях, когда загрязнение наружного воздуха существенно или когда по тем или иным причинам нет возможности подавать с помощью вентиляции необходимое количество воздуха для поддержания комфортного и безопасного уровня углекислого газа в помещении, а абсорберы являются дополнением к вентиляции.

Литература

1. Научно-технический отчет «Разработка справочного пособия по лучшим отечественным и зарубежным практикам энергоэффективности инженерного оборудования, инженерных систем, зданий и сооружений с использованием маркировки энергетической эффективности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.label-ee.ru>. – Дата обращения 17.02.2018.
2. Береговой, А. М. Эффект энергосбережения в помещении с естественной вентиляцией в условиях инфильтрации воздуха через наружную стену / А. М. Береговой, А. В. Мальцев, М. А. Дерина, А. В. Гречишкин // Региональная архитектура и строительство. 2013. № 3. С. 140–144.
3. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей здания / под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5 изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
4. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
5. Вентиляция AERECO. Энергоэффективность и энергосбережение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aereco.ru>. – Дата обращения 15.02.2018.
6. ASHRAE 62-1999. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
7. Стандарт АВОК-1-2004. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена [Электронный ресурс]. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2004. – Режим доступа: http://www.gosthelp.ru/text/AVOK_Standart_12004Zdaniyaz.html.
8. European standard EN 13779:2005. Ventilation for nonresidential buildings – Performance require-

Снижение «вентиляционных» потерь тепла возможно не только за счет дорогостоящих и не всегда возможных к применению технологий утилизации тепла удаляемого воздуха. Существенная часть «вентиляционных» потерь тепла от 16,8 до 30,5 % может быть сэкономлена с помощью «вентиляции по потребности», в частности с помощью технологии гигрорегулируемой вентиляции AERECO.

Повышение энергоэффективности жилых и общественных зданий перспективно за счет повышения эффективности таких затратных инженерных систем, как системы вентиляции.

Одними из основных направлений повышения эффективности вентиляционных систем являются активная рекуперация трансмиссионного потока теплоты и уменьшение воздухообмена без снижения уровня комфортности в помещении.

Reference

1. Scientific and technical report «Development of a reference manual on the best domestic and foreign practices of energy efficiency of engineering equipment, engineering systems, buildings and structures using energy efficiency markings». Mode of access: <http://www.label-ee.ru>. Date of access 17.02.2018.
2. Beregovoy, A. M.; Maltsev, A. V.; Derina, M. A.; Grechishkin, A. V. Energy-saving effect in the premise with natural ventilation in terms of air infiltration through exterior wall. In: *Regional architecture and construction*, 2013, No. 3, pp. 140–144.
3. Fokin, K. F.; ed. by Tabunschikov, Yu. A.; Gagarin, V. G. Construction heat engineering enclosing parts of the building. 5th ed., revision. Moscow: AVOK-PRESS, 2006. 256 p.
4. Bogoslovskiy, V. N. Construction Thermophysics. Moscow: Vishchaya shkola, 1982. 415 p.
5. Aereco ventilation. Energy efficiency and energy saving. Mode of access: <http://www.aereco.ru>. Date of access 15.02.2018.
6. ASHRAE 62-1999. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
7. Standard AVOK-1-2004. Residential and public buildings. Air change rate. Moscow: AVOK-PRESS, 2004. Mode of access: <http://www.gosthelp.ru/text/AVOKStandart12004Zdaniyaz.html>.
8. European standard EN 13779:2005. Ventilation for nonresidential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. 75 p.
9. GOST R EN 13779–2007. Ventilation for nonresidential buildings – performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Moscow: Standartinform, 2008. 44 p.

- ments for ventilation and room-conditioning systems. – 75 с.
9. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 44 с.
 10. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – performance requirements for ventilation and roomconditioning systems.
 11. Губернский, Ю. Д. Сколько воздуха нужно человеку для комфорта? [Электронный ресурс] / Ю. Д. Губернский, Е. О. Шилькрот // АВОК. 2008. № 4. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3996.
 12. ASHRAE Standard 62-2001, 2004. Ventilation for Acceptable Air Quality.
 13. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
 14. Ахмяров, Т. А. Создание наружных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты / Т. А. Ахмяров, А. В. Спиридонов, И. Л. Шубин // Энергосбережение. 2014. № 6. С. 26–33.
 15. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
 16. Erdmann, C. A. Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study. Revisited: analyses of the 100 building dataset / C. A. Erdmann, K. C. Steiner, M. G. Apte; Indoor Environment Dept., Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.
 17. Clements-Croome, DJ. Work performance, productivity and indoor air / DJ. Clements-Croome // SJWEH Suppl. 2008. № 4.
 18. Chung-Yen, Lua. Oxidative DNA damage estimated by urinary 8-hydroxydeoxyguanosine and indoor air pollution among non-smoking office employees / Lua Chung-Yen, Maa Yee-Chung, Lina Jia-Min, Chuang ChunYu, Fung-Chang Sunga. Institute of Environmental Health, National Taiwan University College of Public Health.
 19. Kajtar, L. Influence of carbon dioxide pollutant on human well being and work intensity / L. Kajtar et al. // Healthy Buildings. Lisbon, Portugal. 2006.
 10. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – performance requirements for ventilation and roomconditioning systems.
 11. Gubernskiy, Yu. D.; Shilkrot, E. O. How much air a person needs for comfort? In: *ABOK*, 2008, No. 4. Mode of access: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3996.
 12. ASHRAE Standard 62-2001, 2004. Ventilation for Acceptable Air Quality.
 13. GOST 30494-96. Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures.
 14. Akhmiarov, T. A.; Spiridonov, A.V.; Shubin, I. L. The creation of the external walling with high level of thermal protection. In: *Energoberezhniye*, 2014, Issue 6, pp. 26–33.
 15. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and the Council of 19th May 2010 on the energy performance of buildings.
 16. Erdmann, C. A.; Steiner, K. C.; Apte, M. G. Indoor carbon dioxide concentrations and sick building syndrome symptoms in the base study. Revisited: analyses of the 100 building dataset. Indoor Environment Dept., Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, USA.
 17. Clements-Croome, DJ. Work performance, productivity and indoor air. In: *SJWEH Suppl.*, 2008, No. 4.
 18. Chung-Yen, Lua; Yee-Chung, Maa; Jia-Min, Lina; ChunYu, Chuangc; Fung-Chang, Sunga. Oxidative DNA damage estimated by urinary 8-hydroxydeoxyguanosine and indoor air pollution among non-smoking office employees. Institute of Environmental Health, National Taiwan University College of Public Health.
 19. Kajtar, L. Influence of carbon dioxide pollutant on human well being and work. In: *Healthy Buildings*. Lisbon, Portugal, 2006.

Монах Светлана Игоревна – кандидат технических наук, доцент кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения и вентиляции.

Афанасьев Алексей Анатольевич – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения и вентиляции.

Андрюшкина Лилия Петровна – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения и вентиляции.

Шапошник Евгений Николаевич – магистрант кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: энергоресурсосбережение в системах теплоснабжения и вентиляции.

Монах Світлана Ігорівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання та вентиляції.

Афанасьєв Олексій Анатолійович – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання та вентиляції.

Андрушкіна Лілія Петрівна – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання та вентиляції.

Шапошник Євген Миколайович – магістрант кафедри теплотехніки, теплогазопостачання і вентиляції ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: енергоресурсозбереження в системах теплопостачання та вентиляції.

Monah Svetlana – Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Thermal engineering, heat gas supply and ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: storage of energy and resources in the systems of heat supply and ventilation.

Afanasev Aleksey – Master's student, Thermal engineering, heat gas supply and ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: storage of energy and resources in the systems of heat supply and ventilation.

Andrushkina Liliya – Master's student, Thermal engineering, heat gas supply and ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: storage of energy and resources in the systems of heat supply and ventilation.

Shaposhnik Evgeniy – Master's student, Thermal engineering, heat gas supply and ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: storage of energy and resources in the systems of heat supply and ventilation.