Для цитирования: С.С. Добросмыслов, Н.Н. Рожкова, А.Ф. Рожков, М.А. Перькова, С.А. Алиев. Влияние воздушной прослойки на температурно-влажностные характеристики наружной ограждающей конструкции при внутреннем утеплении. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2021;48(2):81-91. DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-2-81-91

For citation: S.S. Dobrosmyslov, N.N. Rozhkova, A.F. Rozhkova, M.A. Perkova, S.A. Aliev. Influence of air layer on temperature and humidity characteristics of outer envelope structure with internal heat insulation. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2021; 48(2):81-91. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2021-48-2-81-91

**СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE**

УДК 697.147

DOI: 10.21822/2073-6185-2021-48-2-81-91

**ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ ПРОСЛОЙКИ НА ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУЖНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ
ПРИ ВНУТРЕННЕМ УТЕПЛЕНИИ**

^{1,2}, Добросмыслов С.С.,¹Рожкова Н.Н.,¹Рожков А.Ф.,¹Перькова М.А.,¹Алиев С.А.

¹Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук,
¹660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, д. 50, Россия,

²Сибирский федеральный университет,
²660041, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, 79, Россия

Резюме. Цель. В статье рассмотрен процесс тепло- и массообмена в наружной ограждающей конструкции при внутреннем утеплении. Для предотвращения выпадения конденсата предлагается использовать вентилируемый воздушный канал внутри стеновой конструкции. **Метод.** Исследование проводилось методами численного моделирования. Движение воздуха в канале описывалось решением уравнения Навье-Стокса в $k-\epsilon$ приближении. Выпадение конденсата рассматривалось в рамках совместного решения уравнений теплопроводности и диффузии. Решение задачи тепло и массообмена осуществлялось для конструкции при наличии внутреннего утепления; за слоем внутреннего утеплителя размещалась воздушный канал, в котором происходит движение воздуха при естественной или вынужденной конвекции. **Результат.** В рамках работы было показано, что использование воздушного канала существенно снижает тепловое сопротивление конструкции, причем повышение скорости воздушного потока приводит к уменьшению теплового сопротивления и снижению вероятности выпадения конденсата. Снижение теплового сопротивления при увеличении скорости воздушного потока в прослойки происходит быстрее, чем увеличение количества уносимой влаги. **Вывод.** По результатам работы установлено, что использование воздушного канала на протяжении всего периода эксплуатации здания не эффективно, а предлагается использовать данный канал периодический в зимний период времени для сушки выпавшего конденсата.

Ключевые слова: влажность, теплообмен, внутреннее утепление, численное моделирование, тепловое сопротивление, конденсат

**INFLUENCE OF AIR LAYER ON TEMPERATURE AND HUMIDITY CHARACTERISTICS
OF OUTER ENVELOPE STRUCTURE WITH INTERNAL HEAT INSULATION**

^{1,2}S.S. Dobrosmyslov,¹N.N. Rozhkova,¹A.F. Rozhkova,¹M.A. Perkova,¹S.A. Aliev

¹Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
¹50 Akademgorodok St., Krasnoyarsk 660036, Russia,

²Siberian Federal University,
²79 Svobodny Ave., Krasnoyarsk Region, Krasnoyarsk 660041, Russia

Abstract. Objective. The article addresses the process of heat and mass transfer in outer envelope structure with internal heat insulation. To prevent condensate formation, it is proposed to use a ventilated air duct inside the wall structure. **Methods.** The study was carried out using numerical simulation methods. Air movement in the duct was described by solving the Navier-Stokes equation in $k-\epsilon$

approximation. Condensate formation was analysed via joint resolution of heat conduction and diffusion equations. The problem of heat and mass transfer was addressed for a structure with internal heat insulation, behind the layer of which an air duct was located with air movement occurring due to natural or forced convection. Results. As part of the work, it was shown that the use of an air duct significantly reduces the thermal resistance of the structure, and an increase in the airflow rate leads to a decrease in thermal resistance and the likelihood of condensate formation. A decrease in thermal resistance with an increase in air flow rate into interlayers occurs faster than an increase in the amount of air-entrained moisture. Conclusion. Results of the work have shown that the use of an air duct throughout the entire period of operation of a building is not effective, but it is proposed to use this duct periodically in winter to dry the condensate.

Keywords: humidity, heat and mass transfer, internal heat insulation, numerical simulation, thermal resistance, condensate

Введение. На сегодняшний день значительная часть эксплуатируемых зданий не удовлетворяет требованиям по теплозащите (СП 50.13330.2012.Тепловая защита зданий: актуализированная версия – взамен СНиП 23-02-2003) вследствие того, что были возведены по нормативным требованиям СНиП II-3-79, где величина требуемого теплового сопротивления составляла $1 \text{ м}^2\text{С/Вт}$, в отличие от $3,6 \text{ м}^2\text{С/Вт}$, согласно современной проектной документации. Следовательно, при выполнении работ по реконструкции необходимо повышать энергоэффективность объектов [1]. Повышение энергоэффективности позволит существенно сократить затраты на отопление [1-4].

Однако в ряде случаев фасад таких зданий является объектом культурного наследия, что накладывает условия невозможности внешнего утепления [2], а утепление изнутри оказывается в таком случае единственным техническим решением, удовлетворяющим все вышеперечисленные требования. При этом не исключено смещение плоскости возможной конденсации в слоях внутреннего утепления [5], и как следствие возможного повышения вероятности выпадения конденсата, особенно в период с экстремальными температурами [7-9].

Основным фактором, влияющим на температурно-влажностный режим помещения, является климат местности [10-12]. Сохранение удовлетворительного тепло-влажностного режима в помещении и предотвращение выпадения конденсата является важной технической задачей [13], на решение которой направлено большое количество научных исследований [14-21], чтобы повысить энергоэффективность и долговечность наружных ограждающих конструкций. Экспериментальное исследование требует значительных капитальных вложений и не всегда целесообразно. Следовательно, наиболее оптимальный метод решения поставленной задачи это численное моделирование.

Постановка задачи. Предложим следующее техническое решение: при приведении зданий к требованиям ФЗ было проведено утепление конструкции изнутри. Для сушки данного утеплителя в конструкции стены расположен вентилируемый канал. Численное моделирование позволит оптимизировать режим функционирования ограждающей конструкции. Оценка эффективности использования данной конструкции может быть определена путем решения задачи тепломассообмена, включающая совместное решения уравнений теплопроводности и Навье-Стокса. Наличие уравнения Навье-Стокса практически всегда усложняет математическую модель и для упрощения математической задачи целесообразно использовать различные упрощения, наиболее простым из которых является модель турбулентности $k-\epsilon$.

Основным параметром, влияющим на процесс тепломассообмена в данных условиях, является скорость воздушного потока в канале с обязательным введением воздушного зазора между основной конструкцией и утеплителем. При этом циркуляция воздуха в канале может осуществляться как в процессе естественной конвекции из-за разницы температур, так и в процессе вынужденной конвекции при наличии специальных устройств, рассмотрение которых выходит за рамки поставленной задачи.

В тоже время, варьируя скорость воздушного потока, можно управлять тепломассообменом, меняя тепловое сопротивление и скорость выпадения конденсата. Интенсивность выпадения конденсата определяется внешней температурой, чем она ниже, тем интенсивность выше. Соответственно, рассматриваемую задачу целесообразно решать в экстремальных погодных условиях, согласно СП 131.13330.2018 Строительная климатология: актуализированная версия СНиП 23-01-99 - «это температура наиболее холодной пятидневки».

Целью данной работы является исследование режима функционирования наружной ограждающей конструкции при наличии внутреннего утепления для оптимизации режима работы вентиляционного канала.

Методы исследования. В ранее выполненных исследованиях была предложена физико-математическая модель, описывающая тепло-влажноперенос [7]. Однако при рассмотрении задачи тепло и массообмена в вентилируемом канале предложенную модель необходимо дополнить. Соответственно, при решении поставленной задачи можно воспользоваться следующей системой уравнений (1):

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \rho C_p (\vec{u} \nabla T) = 0 \\ \left(\frac{\partial}{\partial x} \mu \frac{\partial e}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \mu \frac{\partial e}{\partial y} \right) + (\vec{u} \nabla e) = 0 \\ E = 1,84 \times 10^{11} \exp \left(\frac{-5330}{T} \right) \\ \varphi = \frac{e}{E} 100\% \end{cases} \quad (1)$$

где λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м град); T - температура, К; μ - коэффициент паропроницаемости, кг/(с·м·Па); E - давление насыщенного водяного пара, Па; φ - относительная влажность, %; e - парциальное давление водяного пара, Па, $\vec{u}$ - вектор скорости, м/с.

В реальности, влажности воздуха не может быть больше чем 100 %, однако для оценки потенциальной возможности ограждающей конструкции введем величину, определенную следующим образом:

$$\text{если } \varphi > 1; I = \frac{1}{S_0} \iint \varphi dS \quad (2)$$

где S_0 - площадь расчетной области, м².

Данная величина характеризует интегральную вероятность выпадения конденсата в конструкции в процессе ее эксплуатации.

$$\begin{aligned} p(u \nabla u) &= \nabla [-pI + (\eta + \eta_T)(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F \\ \nabla u &= 0 \\ pu \nabla k &= \nabla [\eta + (\eta_T / \sigma_T) \nabla k] + \eta_T P(u) - p\varepsilon \\ pu \nabla \varepsilon &= \nabla [(\eta + \eta_T / \sigma_\varepsilon) \nabla \varepsilon] + \frac{C_{\varepsilon 1} \varepsilon \eta_T P(u)}{k} - \frac{C_{\varepsilon 2} p \varepsilon^2}{k} \\ P(u) &= \frac{\nabla u}{(\nabla u + (\nabla u)^T)}; \eta_T = p C_\mu k^2 / \varepsilon \end{aligned} \quad (3)$$

где p - давление, Па; η - динамическая вязкость, Па·с; F - поле внешних сил, Н/м³; k - кинетическая энергия объема, Дж/м³; C, σ - коэффициент учитывающий диффузию энергии.

Обсуждение результатов. В исследовании был рассмотрен конструкционно-теплоизоляционный блок - керамзитобетон на кварцевом песке, воздушный зазор, плиты минераловатные из каменного волокна, верхняя и нижняя решетка АМН-К 300х150, многпустотные плиты перекрытия. Геометрические размеры расчетной области представлены на рис. 1.

Рис. 1. Расчетная схема конструкции

1 – керамзитобетон, 2 – воздушный зазор, 3 – плиты минераловатные из каменного волокна, 4 – верхняя решетка АМН-К 300x150, 5 – нижняя решетка АМН-К 300x150, 6 – многпустотные плит перекрытия, 7 – воздушный канал, 8 – штукатурный слой (цементно-песчаный раствор)

Fig. 1. Design scheme of the structure

1-expanded clay concrete, 2 – air gap, 3 – mineral wool slabs made of stone fiber, 4 – upper grid AMN-K 300x150, 5 – lower grid AMN-K 300x150, 6 – multi-hollow floor slabs, 7 – air channel, 8 – plaster layer (cement-sand mortar)

Для решения задачи были применены тепло-влажностные и расчетные характеристики используемых строительных материалов, взятые из СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (табл. 1).

Таблица 1. Тепло-влажностные характеристики материалов, используемых в расчете наружных ограждающих конструкций

Table 1. Heat and humidity characteristics of materials used in the calculation of external enclosing structures

Материал Material	Коэффициент теплопроводности Coefficient of thermal conductivity λ_h Вт/(м·°C)	Коэффициент паропроницаемости Vapor permeability coefficient μ , кг/(м·с·Па)
Керамзитобетон на кварцевом песке Expanded clay concrete on quartz sand	0,56	$0,098 \cdot 10^{-11}$
Плиты минераловатные из каменного волокна Mineral wool slabs made of stone fiber	0,043	$0,31 \cdot 10^{-11}$
Железобетон Reinforced concrete	1,92	$0,03 \cdot 10^{-11}$
Штукатурка (цементно-песчаный раствор) Plaster (cement-sand mortar)	0,76	$2,5 \cdot 10^{-11}$

На рис. 2 приведены значения скорости воздуха в канале в зависимости от давления в верхней части решетки (4).

В качестве реальных эксплуатационных условий были выбраны значения парциального давления водяного пара и температуры воздуха наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0.92 согласно СП 131. 13330.2018 «Строительная климатология». Граничные условия, используемые в расчете, приведены в табл. 2. Плотность, вязкость воздуха были взяты при нормальных условиях.

Таблица 2. Граничные условия, используемые в расчете
Table 2. Boundary conditions used in the calculation

	Коэффициент теплоотдачи Heat transfer coefficient, α_v , $\alpha_n \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	Температура Temperature, $^\circ\text{C}$	Парциальное давление Partial pressure, e , Па
Внешняя External	23	-37	140
Внутренняя Internal	8,7	21	1367

Для решения задачи массопереноса в вентилируемом канале задавался перепад давлений от 0 до 6 Па, расчет велся с интервалом 1 Па.

Для повышения достоверности определения температурно-влажностных характеристик наружных ограждающих конструкций, задача (1) решалась для геометрических размеров, представленных на рис.1.

Расчет велся для условий эксплуатации А, а также для реальных условий эксплуатации, при которых значение скорости определялось в соответствии с давлением в верхней решетке на рис. 2.

Мы видим, что при значениях давления меньше 0,5 Па зависимость экспонентальная, а при дальнейшем росте давления – линейная. Расчет осуществлялся в программном комплексе Comsol Multiphysics 3.5a. Исходя из СП 50 требуемое тепловое сопротивление составляет 3,58 Вт/(м $^\circ\text{C}$), а ГСОП 6227 град/сут.

Для изучения зависимости скорости воздуха от перепада давлений в исследуемом воздуховоде решим уравнение Навье-Стокса в приближении к-е, результаты приведены на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость скорости воздуха в воздуховоде от приложенного давления
Fig. 2. Dependence of the air velocity in the duct on the applied pressure

Данный перепад давления можно создать с помощью естественной конвекции вследствие перепада температур. В случае если при этом скорость воздуха будет недостаточной, возможно использование различных технических устройств, приводящих к вынужденной конвекции, например, вентиляторов. Данный расчет необходимо проводить при проектировании воздуховода. Детальное изучение аэродинамических процессов выходит за рамки представленного исследования.

На рис. 3 приведены результаты расчета температуры и относительной влажности воздуха в порах материала при отсутствии движения воздуха и скорости 0,2 м/с в канале. Величина e/E характеризует потенциал выпадения влаги в исследуемой точке пространства, а при $e < E$ численно равна относительной влажности воздуха.

Рис. 3. Распределения температур и влажности воздуха в порах материала:

А – температура, при отсутствии движения воздуха в воздушной прослойке; Б – влажность воздуха, при отсутствии движения воздуха в воздушной прослойке; В – температура, при скорости воздуха 0,2 м/с; Г – влажность воздуха, при скорости воздуха 0,2 м/с.

Fig. 3. Distribution of temperature and humidity in the pores of the material:

A – temperature, in the absence of air movement in the air layer; B – air humidity, in the absence of air movement in the air layer; B – temperature, at an air velocity of 0.2 m/s; G – air humidity, at an air velocity of 0.2 m/s.

Согласно представленным результатам при увеличении скорости воздуха в воздушной прослойке происходит смещение изотерм по направлению к холодной стене рис. 3 (а и в), в тоже время значительно снижается относительная влажность воздуха в порах материала (б и г). При этом температура воздуха, выходящего из верхней решетки низкая и составляет для внешней температуры – 37 °С, составляет порядка – 20 °С. В случае прихода воздуха данной температуры в помещения будет образовываться конденсат. По сравнению с реальными условиями данная модель имеет ряд ограничений, таких как идеальные условия контакта воздуха в прослойке и несущей стеной.

В случае учета данного эффекта температура приточного воздуха незначительно повысится. Однако следует отметить, что использования данной конструкции при экстремальных температурах (самой холодной пятидневки) не целесообразно, так как приведет к образованию конденсата внутри помещения. В тоже время, смещение изотерм характеризует снижение общего теплового сопротивления стеновой конструкции.

В свою очередь, снижение теплового сопротивления приводит к увеличению плотности теплового потока и, как следствие, снижение относительной влажности в порах материала. На рис. 4 приведены зависимости теплового сопротивления и величины, рассчитанной по формуле (2) от скорости воздуха в воздушной прослойке.

А)

Б)

В)

Рис. 4. Зависимость теплового сопротивления (а) и вероятности выпадения влаги в материале (б) от скорости воздуха в воздушной прослойке, (в) зависимость средней температуры воздуха в воздушной прослойке от средней скорости воздуха в канале

Fig. 4. The dependence of the thermal resistance(a) and the probability of moisture loss in the material (b) on the air velocity in the air layer, (c) the dependence of the average air temperature in the air layer on the average air velocity in the channel

Полученные результаты описываются экспоненциальной зависимостью и могут быть представлены в следующем виде:

$$I \sim e^{-\beta_1 v} \quad (4, a)$$

$$R \sim e^{-\beta_2 v} \quad (4 б)$$

где I – потенциал выпадения влаги, R – тепловое сопротивление, $\text{м}^2 \times \text{град}/\text{Вт}$; β – декремент затухания, $\text{с}/\text{м}$.

Декремент затухания характеризует влияние скорости воздушного потока на снижения потенциала выпадения влаги и теплового сопротивления. Чем значение его больше, тем скорость воздуха больше влияет на уменьшение рассматриваемой величины. Декремент затухания (β) для теплового сопротивления выше, чем для вероятности выпадения влаги.

Данный результат показывает, что использование воздушной прослойки за утеплителем и постоянное ее функционирование не целесообразно, так как теплый воздух полностью нагревает утеплитель, расположенный на внутренней поверхности стены.

На рис. 5 представлено значение плотности потока влаги через верхнюю вентиляционную решетку.

Рис. 5. Значение плотности потока влаги через верхнюю вентиляционную решетку

Fig. 5. The value of the moisture flow density through the upper ventilation grate

Как следует из представленных результатов, зависимость потока влаги из канала от скорости воздуха в канале можно разделить на два участка.

Первый, от 0 до 0,25 м/с, на котором воздушный поток полностью насыщен влагой, а его величина не позволяет полностью высушить утеплитель. Второй, где скорость воздуха в канале более 0,25 м/с. На данном отрезке величина потока влаги из канала линейно зависит от скорости воздуха, следовательно, утеплитель высыхает полностью.

Вывод. Функционирование воздуховода на всем периоде эксплуатации здания не целесообразно, так как приводит к снижению энергоэффективности конструкции, причем потенциал выпадения конденсата снижается медленней, чем тепловое сопротивление.

В тоже время периодическое использование воздуховода позволяет удалять влагу, сконденсированную при внутреннем утеплении.

Следовательно, при эксплуатации зданий для просушки утеплителя необходимо периодически использовать данную систему.

При низких скоростях воздуха в прослойке происходит полное насыщение влагой. При увеличении скорости воздуха увеличивается массоперенос, и как следствие влага полностью удаляется из утеплителя.

Следовательно, при разработке проектов, предусматривающих внутреннее утепление, целесообразно проводить расчет тепло- и массопереноса влаги в конструкции.

Библиографический список:

1. Федеральный закон "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ (последняя редакция) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/
2. Федеральный закон № 73 «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002.
3. Андрейцева К.С. Особенности расчета температурных полей при проектировании ограждающих конструкций // Жилищное строительство. 2018. №6. С. 19-23.
4. Одокиенко Е.В., Алмаев А.Ю., Власова Ю.Ю. Оценка теплозащитных качеств наружных углов стен. // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции (заочной). 2015. С. 160-164.
5. Иванченко В.Т., Басов Е.В. Анализ методик расчета теплового баланса жилых зданий // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2019. №2. С. 94-97.
6. Перехоженцев А.Г. Проектирование наружных стен высотных зданий с заданным температурно-влажностным режимом // Вестник ВолгГАСУ. 2017. №48 (67). С. 48-60.
7. Добросмыслов С.С., Пылаева М.М., Огорельцева Н.В., Перькова М.А. Изменение теплофизических характеристик наружных ограждающих конструкций в условиях реального температурно-влажностного режима // Известия КГАСУ. 2018. №3 (45). С. 114-120.
8. Корниенко С.В. Расчет температурно-влажностного режима наружных углов стен // Строительные материалы. 2008. №12. С. 25-27.
9. Акопян К.А., Федотова Е.А. Температурно-влажностный режим в помещениях энергоэффективных зданий. // В сборнике: Проектирование и строительство автономных, энергоэффективных зданий сборник статей Международной научно-практической конференции. 2018. С. 13-16.
10. Гутман В.Н., Шевчук Н.О., Рапович С.П., Зубарик А.А. Совершенствование систем микроклимата путем разработки вентиляционных устройств нового поколения. // В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве Материалы Международной научно-практической конференции. 2009. С. 110-117.
11. Ломакина Н.Я. Климатическое районирование территории сибирского региона по температурно-влажностному и ветровому режиму пограничного слоя атмосферы // В сборнике: Современные проблемы географии и геологии к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 292-296.
12. Шкловер А.М. Температурный режим помещения и определение теплопотерь // АВОВ: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2012. № 4. С. 92-97.
13. Бровко И.С., Унайбаев Б.Б., Асыллова К.Б. Влияния природно-климатических факторов на теплообмен в здании И ИХ последствия // В сборнике: Проблемы строительного производства и управления недвижимостью Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. 2018. С. 131-134.
14. Михеева Ю.Л. Методика учета влияния климатических факторов на температурно-влажностный режим ограждающих конструкций // Сборник: Строительство и архитектура - 2015 материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВПО "Ростовский государственный строительный университет". 2015. С. 158.
15. Пат. 2308576, Российская Федерация, МПК E04C 2/00. Наружная стена многоэтажного здания (варианты); заявитель и патентообладатель Евсеев Л.Д., Ананьев А.И., Ананьев А.А., Евсеев П.Л. №2005127230/03; заявл. 08.30.2005; опубл. 20.10.2007, Бюл. №25. 7с.
16. Пат. 184835, Российская Федерация, МПК F24F 5/00. Агрегат охлаждения и осушения воздуха системы поддержания температурно-влажностного режима; заявитель и патентообладатель Пиндзин Л.Р., Ушаков П.В., Беленков О.В., Мифтахов Р.М., Теплов В.В., Лата Е.Н., Малунов В.А., Верещагин В.П., Антонов И.В. № 2017118615; заявл. 29.05.2017; опубл. 12.11.2018, Бюл. №32. 7с.
17. Пат. 193765, Российская Федерация, G05D 27/02. Устройство контроля и коррекции температурно-влажностного режима в сооружении; заявитель и патентообладатель Данилюк С.Г., Антипов Р.Е., Гребенников М.А., Логунов А.С. №2019106558; заявл. 07.03.2019; опубл. 14.11.2019, Бюл. №32. 4с.
18. Пат. 2285868, Российская Федерация, G05D 27/02. Способ вентиляции помещения; заявитель и патентообладатель Шарапов В.И., Артемов А.А., Марченко А.В. №200511167/06; заявл. 15.04.2005; опубл. 20.10.2006, Бюл. №29. 4с.
19. Кравчук В.Ю., Рымаров А.Г. Система реверсивной вентиляции для административных зданий // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 4. С. 161-169.
20. Осокина Я.А., Харитонов А.Ю. Современная система контроля температурно-влажностного режима при бетонировании массивных железобетонных конструкций // В сборнике: Современное оборудование, методы инструментального обследования и усиления зданий и сооружений Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. 2019. С. 37-44.

21. Минливалиев А.А., Зямбаев И.В. Разработка системы контроля температурно-влажностного режима в офисном здании // В сборнике: Научные труды студентов Ижевской ГСХА сборник статей: электронный ресурс. ФГБОУВО Ижевская ГСХА. Ижевск, 2018. С. 459-462.

References:

1. Federal'nyy zakon "Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otdel'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii" ot 23.11.2009 N 261-FZ (poslednyaya redaktsiya) [Federal Law "On Energy Saving and on Increasing Energy Efficiency and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation" dated 23.11.2009 N 261-FZ (last edition) http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (In Russ)]
2. Federal'nyy zakon № 73 «Ob ob'yekтах kul'turnogo naslediya (pamyatnikakh istorii i kul'tury) narodov Rossiyskoy Federatsii» ot 25.06.2002. [Federal Law No. 73 "On Cultural Heritage Objects (Historical and Cultural Monuments) of the Peoples of the Russian Federation" dated 25.06.2002. (In Russ)]
3. Andreytseva K.S. Features of the calculation of temperature fields in the design of building envelopes [Osobennosti rascheta temperaturnykh polei pri proektirovaniі ograzhdayushchih konstruktsij]. // Housing construction. 2018. No. 6. pp. 19-23. (In Russ)]
4. Odokienko E.V., Almaev A.Yu., Vlasova Yu.Yu. Assessment of the heat-shielding qualities of the outer corners of the walls [Ocenka teplozashchitnykh kachestv naruzhnykh uglov sten]. // In the collection: Urban planning, reconstruction and engineering support for sustainable development of the Volga cities collection of works of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference (in absentia). 2015. pp. 160-164. (In Russ)]
5. Ivanchenko V.T., Basov E.V. Analysis of methods for calculating the heat balance of residential buildings [Analiz metodik rascheta teplovogo balansa zhilykh zdaniy]. // Electronic network political journal "Scientific works of KubGTU". 2019. No. 2. pp. 94-97 (In Russ)]
6. Perekhzhentsev A.G. Design of the outer walls of high-rise buildings with a given temperature and humidity regime [Proektirovaniye naruzhnykh sten vysoknykh zdaniy s zadannym temperaturno-vlazhnostnym rezhimom]. // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and Architecture. 2017. No. 48 (67). pp. 48-60. (In Russ)]
7. Dobrosmyslov S.S., Pylaeva M.M., Ogoreltseva N.V., Perkova M.A. Changes in the thermophysical characteristics of external walling in real temperature and humidity conditions [Izmeneniye teplofizicheskikh harakteristik naruzhnykh ograzhdayushchih konstruktsiy v usloviyakh real'nogo temperaturno-vlazhnostnogo rezhima]. // News of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. 2018. No. 3 (45). pp. 114-120. (In Russ)]
8. Kornienko S.V. Calculation of the temperature and humidity regime of the outer corners of the walls [Raschet temperaturno-vlazhnostnogo rezhima naruzhnykh uglov sten]. // Building materials. 2008. No. 12. pp. 25-27. (In Russ)]
9. Akopyan K.A., Fedotova E.A. Temperature and humidity conditions in the premises of energy-efficient buildings [Temperaturno-vlazhnostnyy rezhim v pomeshcheniyakh energoefektivnykh zdaniy]. // Proektirovaniye i stroitel'stvo avtonomnykh, energoefektivnykh zdaniy sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018. pp. 13-16. (In Russ)]
10. Gutman V.N., Shevchuk N.O., Rapovich S.P., Zubarik A.A. Improving microclimate systems by developing a new generation of ventilation devices [Sovershenstvovaniye sistem mikroklimata putem razrabotki ventilyatsionnykh ustroystv novogo pokoleniya]. // Nauchno-tehnicheskij progress v selskhozaystvennom proizvodstve. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. V 3-h tomah. Glavnyy redaktor P.P. Kazakevich. 2009. pp. 110-117. (In Russ)]
11. Lomakina N. Y. Climatic zoning of the siberian region according to the temperature and humidity and wind regime the atmospheric boundary layer [Klimaticheskoe rajonirovaniye territorii sibirskogo regiona po temperaturno-vlazhnostnomu i vetrovomu rezhimu pogranichnogo sloya atmosfery]. // Sovremennyye problemy geografii i geologii k 100-letiyu otkrytiya estestvennogo otdeleniya v Tomskom gosudarstvennom universitete: materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastom. 2017. pp. 292-296. (In Russ)]
12. Shklover A.M. Room temperature and heat loss [Temperaturnyy rezhim pomeshcheniya i opredeleniye teplopoter]. // ABOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics. 2012. No 4. Pp. 92-97. (In Russ)]
13. Brovko I.S., Unajbaev B.B., Asylova K.B. Influence of climatic factors on heat and moisture exchange in a building and their consequences [Vliyaniya prirodno-klimaticheskikh faktorov na teplo-vлагоobmen v zdanii I ih posledstviya]. // Problemy stroitel'nogo proizvodstva i upravleniya nedvizhimost'yu Sbornik nauchnykh statey V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2018. pp. 131-134. (In Russ)]
14. Mikheeva Y. L. Methodology for taking into account the influence of climatic factors on the temperature and humidity conditions of building envelopes [Metodika ucheta vliyaniya klimaticheskikh faktorov na temperaturno-vlazhnostnyy rezhim ograzhdayushchih konstruktsiy]. // Stroitel'stvo i arhitektura - 2015 materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. FGBOU VPO "Rostovskiy gosudarstvennyy stroitel'nyy universitet", Soyuz stroiteley yuzhnogo federal'nogo okruga, Associatsiya stroiteley Dona. 2015. Pp. 158. (In Russ)]
15. Evseev L.D., Anan'ev A.I., Anan'ev A.A., Evseev P.L. The outer wall of a multi-storey building. Patent RF, No. 2005127231, 2005. (In Russ)]

16. Pindzin L.R., Ushakov P.V., Belenkov O.V., Miftahov R.M., Teplov V.V., Lata E.N., Malunov V.A., Vereshchagin V.P., Antonov I.V. Unit for cooling and dehumidification of air of the system for maintaining temperature and humidity conditions. Patent RF, no. 2017118615, 2017. (In Russ]

17. Danilyuk S.G., Antipov R.E., Grebennikov M.A., Logunov A.S. Device for control and correction of temperature and humidity conditions in the structure. Patent RF, no. 2005127231, 2019106558, 2019. (In Russ]

18. Sharapov V.I., Artemov A.A., Marchenko A.V. Room ventilation method. Patent RF, no. 2005111167/06, 2005. (In Russ]

19. Kravchuk V.Yu., Rymarov A.G. Reverse ventilation system for office buildings [Sistema reversivnoj ventilatsii dlya administrativnykh zdaniy]. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki.. 2017. Vol. 44. No 4. pp. 161-169. (In Russ]

20. Osokina YA.A., Haritonov A.YU. Modern temperature and humidity control system for concreting massive reinforced concrete structures [Sovremennaya sistema kontrolya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima pri betonirovanii massivnykh zhelezobetonnykh konstruktsiy]. // Sovremennoe oborudovanie, metody instrumental'nogo obsledovaniya i usileniya zdaniy i sooruzheniy Sbornik nauchnykh statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. pp. 37-44. (In Russ]

21. Minlivaliyev A.A., Zyambayev I.V. Development of the temperature and humidity control system in an office building [Razrabotka sistemy kontrolya temperaturno-vlazhnostnogo rezhima v ofisnom zdanii]. // Nauchnye trudy studentov Izhevskoj. GSKHA sbornik statej: elektronnyj resurs. FGBOU VO Izhevskaya GSKHA. Izhevsk, 2018. pp. 459-462. (In Russ]

Сведения об авторах:

Добросмыслов Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, научный сотрудник ФИЦ КНЦ СО РАН, доцент кафедры проектирования зданий и экспертизы недвижимости; dobrosmislov.s.s@gmail.com.

Рожкова Наталья Николаевна, старший преподаватель кафедры проектирования зданий и экспертизы недвижимости; severdom24@yandex.ru.

Рожков Александр Федорович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и управляемых систем; labsfu@yandex.ru.

Перькова Марина Александровна, старший преподаватель кафедры геометрического моделирования и компьютерной графики, аспирант кафедры строительных конструкций и управляемых систем; dero-gai@mail.ru.

Алиев Семур Асиф оглы, магистр кафедры проектирования зданий и экспертизы недвижимости; semyr.aliev97@yandex.ru.

Information about the authors:

Sergey S. Dobrosmyslov, Cand. Sci. (Technical), Researcher of the Federal Research Center of the KSC SB RAS, Assoc. Professor of the Department of Building Design and Real Estate Expertise dobrosmislov.s.s@gmail.com.

Natalia N. Rozhkova, Senior Lecturer at the Department of Building Design and Real Estate Expertise; severdom24@yandex.ru.

Alexander F. Rozhkov, Cand. Sci. (Technical), Assoc. Prof. of the Department of Building Structures and Controlled Systems; labsfu@yandex.ru.

Marina A. Perkova, Senior Lecturer of the Department of Geometric Modeling and Computer Graphics, Postgraduate Student of the Department of Building Structures and Controlled Systems; dero-gai@mail.ru.

Semur A. Aliev, Master in the Department of Building Design and Real Estate Expertise; semyr.aliev97@yandex.ru.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 27.05.2021.

Принята в печать 14.06.2021.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 27.05.2021.

Accepted for publication 14.06.2021.