

**КАЧЕСТВО ВОЗДУХООБМЕНА В ПОМЕЩЕНИИ С ЭФФЕКТОМ ОЧИЩЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Федосов С.В., Федосеев В.Н., Логинова С.А., Воронов В.А., Емелин В.А.

Федосов Сергей Викторович

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
г. Москва, Россия. 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26.

Федосеев Вадим Николаевич, Воронов Владимир Андреевич, Емелин Виктор Александрович
Ивановский государственный политехнический университет,

г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21.

Логинова Светлана Андреевна

Ярославский государственный технический университет,

г. Ярославль, Россия. 150023, г. Ярославль, Московский пр., д.88.

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru, 4932421318@mail.ru, sl79066171227@yandex.ru

Проблема энергосбережения и повышение энергоэффективности зданий, приобретает актуальность создания энергосберегающих комфортных помещений и систем обеспечения микроклимата. Жилые здания и сооружения с их инженерным теплообеспечением - системой отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования и вентиляции потребляют значительное количество тепловой и электрической энергии. Задача рационального использования энергоресурсов связана с исследованием процессов теплообмена в помещении, прогнозированием температурно-влажностного режима, напрямую влияющего на микроклимат помещения, его теплозащитные свойства, надежность и безопасность окружающей среды. В статье рассматривается усовершенствование системы вентиляции, функциональность управления её работой с использованием процесса очищения воздуха от углекислого газа посредством увлажнения окружающего воздуха, тем самым обеспечивая допустимое качество воздуха и температурно-влажностного режима с учетом современной воздушной теплонасосной системы, встроенной в помещение, совместно с приточно-вытяжной вентиляцией.

Ключевые слова: воздушная теплонасосная система, микроклимат помещения, системы вентиляции, увлажнитель воздуха, концентрация углекислого газа

**THE QUALITY OF INDOOR AIR EXCHANGE WITH THE EFFECT
OF ENVIRONMENTAL PURIFICATION**

Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Loginova S.A., Voronov V.A., Emelin V.A.

Fedosov Sergey Viktorovich

National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Moscow, Russia. 129337, Moscow, Yaroslavl highway, 26.

Fedoseev Vadim Nikolaevich, Voronov Vladimir Andreevich, Emelin Viktor Alexandrovich
Ivanovo State Polytechnic University,

Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.

Loginova Svetlana Andreevna

Yaroslavl State Technical University,

Yaroslavl, Russia. 150023, Yaroslavl, Moskovsky pr., 88.

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru, 4932421318@mail.ru, sl79066171227@yandex.ru

The problem of energy saving and increasing the energy efficiency of buildings is becoming relevant to the creation of energy-saving comfortable rooms and microclimate systems. Residential buildings and structures with their engineering heat supply - heating, hot water supply, air conditioning and ventilation systems consume a significant amount of thermal and electrical energy. The task of rational use of energy resources is associated with the study of heat and mass transfer processes in a room, predicting the temperature and humidity regime, which directly affects the microclimate of the room, its heat-shielding properties, reliability and safety of the environment. The article discusses the improvement of the ventilation system, the functionality of controlling its operation using the process of purifying the air from carbon dioxide by humidifying the ambient air, thereby ensuring the acceptable air quality and temperature and humidity conditions, taking into account the modern air heat pump system built into the room, together with the supply and exhaust ventilation.

Key words: air heat pump system, room microclimate, ventilation systems, air humidifier, carbon dioxide concentration

В настоящее время эффективность и производительность предлагаемой системы теплоснабжения помещения современной воздушной теплоснасосной системой, встроенной в помещение, совместно с приточно-вытяжной вентиляцией позволяет обеспечить качественный микроклимат и чистоту воздуха в помещении [1-4]. Переход в массовом жилищном строительстве на герметичные окна со стеклопакетами наряду с положительными факторами, такими как уменьшение теплопотерь и снижение шума в помещениях, приводит к ухудшению воздухообмена в помещении с традиционными системами естественной вентиляции.

При современном проектировании строений требуются новые критерии проектирования (конструирования) с комплексным подходом решений воздухообмена, вентиляции, теплообеспечения помещения [5, 6]. Несмотря на то, что воздушная среда помещений защищена от непосредственного воздействия на неё окружающей внешней среды (атмосферы) ограждающими конструкциями строения, её параметры и внутренняя воздушная среда в определённых условиях могут оказать неблагоприятное воздействие на самочувствие человека, а также на характер ведения технологических процессов.

К основным параметрам микроклимата помещения относим:

Температуру внутреннего воздуха - $t_e, ^\circ C$;

Температура внутренней поверхности

ограждающих конструкций - $t_{в.п.}, ^\circ C$;

Влажность воздуха - $\varphi, \%$;

Подвижность воздуха - $v, м/с$;

П.Д.К. - предельно допустимая концентрация вредных веществ CO_2 .

Придание внутренней воздушной среде

помещений необходимых (заданных) параметров, позволяющих обеспечить достойное функционирование в строениях живых объектов, технологических процессов, осуществляется сегодня группой ученых МГСУ-ИВГПУ, создавая комплексы комбинированных технических средств, таких как: энергоэффективные воздушные теплоснасосные системы теплообмена, интегрированные с приточной вентиляцией и устройством чистоты воздуха [7-9].

В рабочей зоне помещения температура и состояние воздуха обусловлены теплообменом с приточной вентиляцией воздуха, создавая смешанную воздушную среду микроклимата чистого воздуха [10]. Технологическое решение и последовательность вышеописанного процесса теплообеспечения и теплообмена в организации строительного объекта состоит в следующем:

1. Принцип работы воздушной теплоснасосной системы, задача которой обеспечить теплоснабжением объект, заключается в заборе из окружающего пространства объекта воздух для теплоснасосного устройства, создающего тепло, нагревая теплоноситель в буферном аккумуляторе (рис. 1). Теплоноситель нагревает отопительные приборы, отвечающие за теплообеспечение, температуру и состав воздуха в помещении.

2. Процесс приточного наружного воздуха синхронно компенсирует вытяжной воздух объекта для теплоснасосного устройства и в то же время обеспечивает помещение свежим «чистым» воздухом.

3. Смешанный состав воздуха в помещении приобретает новые теплофизические параметры «чистого» воздуха (по требованию заказчика), с дополнительно-принудительной антивирусной обработкой.

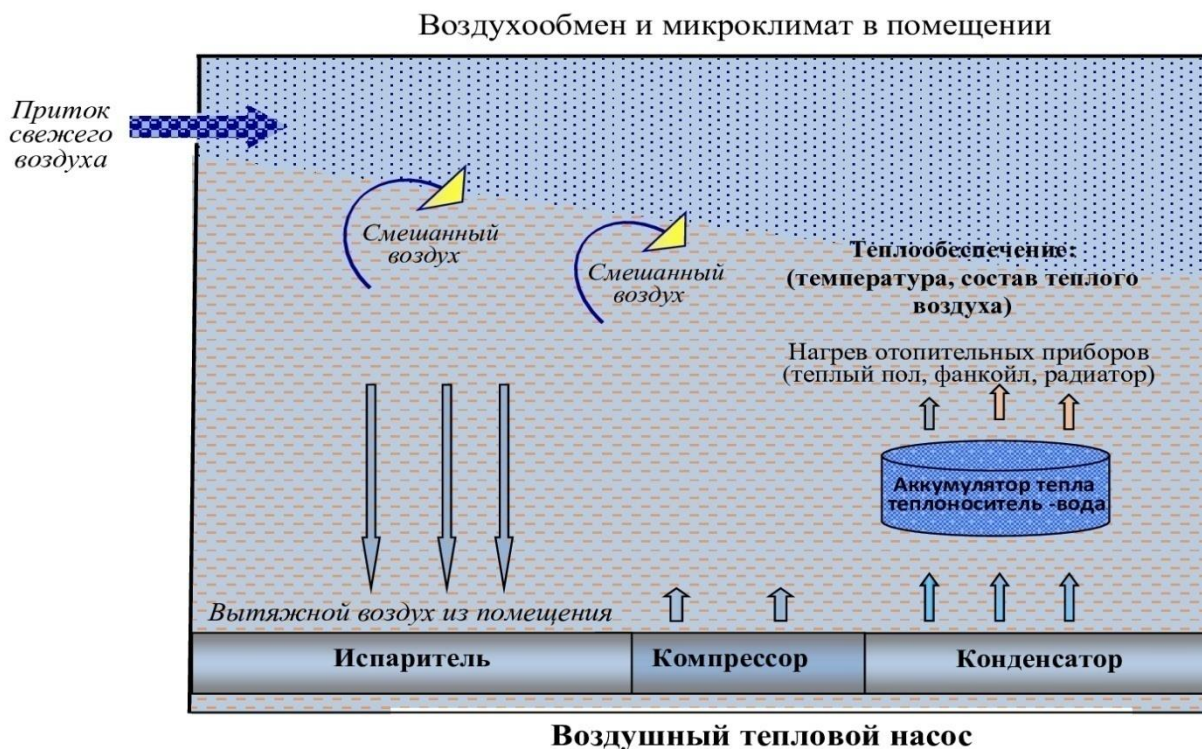


Рис. 1. Схема теплообеспечения и воздухообмена помещения воздушным тепловым насосом и приточной вентиляцией
 Fig. 1. Scheme of heat supply and air exchange of the room by an air heat pump and supply ventilation

Комфортная обстановка в помещении здания определяется качеством микроклимата, санитарно-эпидемиологической безопасностью, оптимальным тепловлажностным режимом, высоким качеством воздуха и содержанием углекислого газа CO_2 [11]. Приточная вентиляция, участвуя в воздухообмене, обеспечивает совместный теплообмен. Воздух, подаваемый в помещение, приточной системой вентиляции, перемешиваясь с воздухом помещения, имеет параметры тепловлажностного состояния, отличные от параметров воздуха существовавших в помещении.

Приточный смешанный воздух подлежит контролю прибором CO_2 (рис. 2), который оценивает параметр «чистота – загрязнение» углекислым газом окружающее пространство. Согласно принятым стандартам, качество воздуха в помещении классифицируют по концентрации углекислого газа CO_2 [12] (рис.3).

В настоящее время существует датчик-детектор CO_2 - прибор, измеряющий концентрацию углекислого газа в помещении. Этот прибор представляет собой спектрометр-сенсор. Принцип действия основан на способности, инфракрасного излучения световой волны, изменяться под воз-

действием концентрации углекислого газа.

В датчике концентрации CO_2 используется ИК светодиод, который функционирует в диапазоне длины волны инфракрасного излучения, которая не воспринимается человеческим зрением. Световые индикаторы показывают допустимые нормы (зеленый, желтый, красный), имеется встроенный звуковой сигнал [13].

С целью очищения воздуха от углекислого газа (загрязнений, размножения вирусов и инфекции) применяем «увлажнитель – очиститель», который конструктивно помещают в воздуховод приточного потока.

Следует отметить, что основными источниками загрязнения воздушной среды помещений согласно « PPt » (в %), являются:

- Строительные и отделочные материалы – 30 ÷ 50%;
- Продукты жизнедеятельности человека – 10 ÷ 30%;
- Работа бытовых приборов и бытовая химия ~ 10%;
- Поступление загрязненного атмосферного воздуха – 20 ÷ 40%.



Рис. 2. Датчик углекислого газа
Fig. 2. Carbon dioxide sensor



Рис.3. Схема допустимых норм показателя концентрации углекислого газа
Fig.3. Scheme of permissible norms of the carbon dioxide concentration index

Учеными МГСУ - ИВГПУ разработано устройство увлажнения воздуха для получения эффекта очищения CO_2 в окружающем воздухе помещения, где требуется поддержание влажности не ниже установленных значений комфортного микроклимата, снижает уровень концентрации углекислого газа до приемлемого состояния.

Прибор содержит диффузор с соплом, камеру подвода воздуха, приточный воздуховод 1, конфузор 2, сопло 3, диффузор 4, трубку 5 подводящую жидкость, сжатый воздух 6, жидкость 7, воздуховод 8, регулируемый вентиль 9, магистраль подводящая сжатый воздух. При этом диффузор 4 с соплом 3 и конфузуром 2 расположены непосредственно в системе приточной вентиляции 1 и сообщены с емкостью, подводящей жидкость.

Давление воздуха над поверхностью жидкости 7 создается давлением воздушного потока, проходящего через приточный воздуховод 1, при этом диффузор 4 закреплен непосредственно на сопле 3 и является насадкой сопла, а рабочая часть сопла 3 расположена соосно диффузору 4 и воздуховоду 1 системы приточной вентиляции.

Диаметры конфузур 2, диффузора 4 рассчитываются исходя из скорости воздушного потока таким образом, чтобы проходящий через него объем воздуха был равен проходящему объему воздуха вдоль стенок воздуховода приточной вентиляции. Воздух внутри диффузора увеличивает скорость, создавая при этом разрежение, подавая жидкость через сопло. Затем диффузор расширяется, за счет чего создается турбулентный поток (рис. 4).

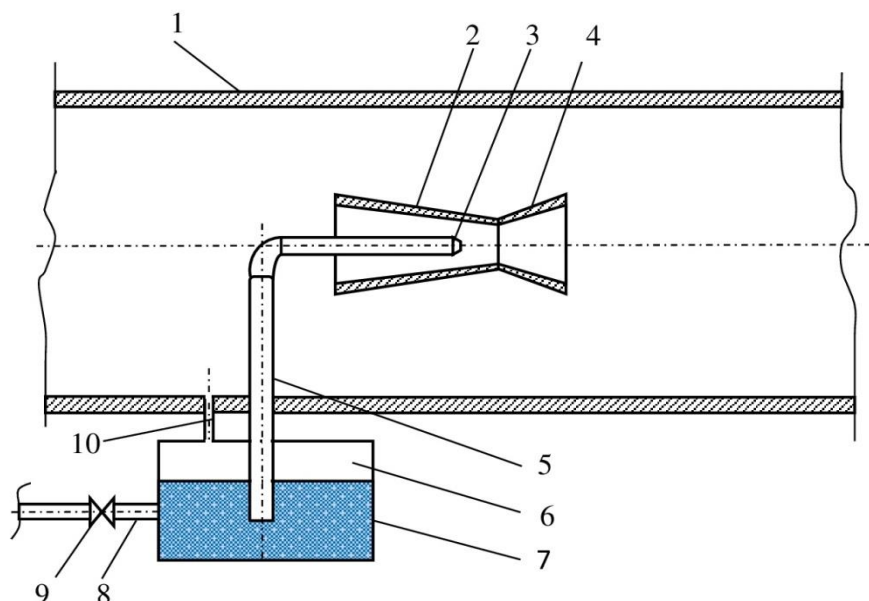


Рис. 4. Устройство увлажнения воздуха
Fig. 4. Air humidification device

Для снижения уровня углекислого газа и создания приемлемой чистоты окружающего воздуха используют технологию принудительной вентиляции с прибором CO₂.

Процесс управления идёт через контроллер в режиме включения вентилятора в тот момент, когда уровень углекислого газа превышен и отключается, когда уровень соответствует норме.

Вывод

Совместное применение предлагаемой системы теплообеспечения, обеспечивающей мик-

роклимат с принудительным притоком воздуха, датчиком CO₂, и встроенным устройством увлажнения окружающей среды, позволяет организовать максимально энергоэффективную, антивируснобезопасную чистоту воздуха.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Р.М., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Энергосберегающее отопление с функцией воздушного теплового насоса и микроклимата. Фундаментальные. Поисковые исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2017 году. Сборник научных трудов Российской академии архитектуры и строительных наук. Москва, 2018. С. 50–53. DOI: 10.22337/9785432302663-50-53
2. Энергоэффективные системы вентиляции для обеспечения качественного микроклимата помещений. АВОК. №5'2000
3. Качество внутреннего воздуха в зданиях, построенных в холодном климате АВОК. №2'2006.
4. Табунщиков А.Ю., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. М.: АВОК – ПРЕСС, 2002. 194 с.

REFERENCES

1. Aloyan R.M., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Energy-saving heating with the function of an air heat pump and microclimate. Fundamental. Exploratory research of the RAASN on scientific support for the development of architecture, urban planning and the construction industry of the Russian Federation in 2017. Collection of scientific papers of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. Moscow, 2018. P. 50-53. DOI: 10.22337/9785432302663-50-53
2. Energy-efficient ventilation systems to ensure a high-quality microclimate of the premises. AVOC. №5'2000.
3. Indoor air quality in buildings built in cold climates. AVOC. №2'2006.
4. Tabunshchikov A.Yu., Brodach M.M. Mathematical modeling and optimization of thermal efficiency of buildings. M.: AVOK - PRESS, 2002. 194 p.

5. **Мифтахова Э.Д.** Энергоэффективные системы вентиляции для обеспечения качественного микроклимата помещений. *Международный научный журнал Вестник науки*. 2020. № 6(27), Том.2. С. 192–195.
6. Рекомендации АВОК 5.2-2012 Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах жилых зданий.
7. **Федосов С.В., Федосеев В.Н., Емелин В.А.** Эффективность конструкции смесительной камеры при совместной работе с воздушной теплонасосной системой теплоснабжения помещений. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 1 (65). С. 94–100. DOI:10.6060/snt.20216501.0012
8. **Рей Д., Маймайкл Д.** Тепловые насосы. Пер. с англ. М.: Энергоиздат, 1982 224 с.
9. Инструкция по эксплуатации теплового насоса с передачей тепла от воздуха к воде <https://solar-dom.com/upload/pdf>.
10. **Федосов С.В., Федосеев В.Н., Зайцева И.А.** Рециркуляционный воздушный тепловой насос с рекуперацией: опыт применения. *АВОК. Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика*. 2020. № 8. С. 54–57.
11. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21).
12. ГОСТ Р ИСО 16000-26-2015 Национальный стандарт российской федерации воздух замкнутых помещений. Часть 26.
13. XINTEST HT-2000. Прибор для измерения концентрации углекислого газа в воздухе.
5. **Miftakhova E.D.** Energy-efficient ventilation systems to ensure a high-quality microclimate of premises. *International Scientific Journal Bulletin of Science*. 2020. N 6(27), Vol.2. P. 192-195.
6. AVOC Recommendations 5.2-2012 Technical recommendations for the organization of air exchange in apartments of residential buildings.
7. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Emelin V.A.** Efficiency of the mixing chamber design when working together with an air heat pump system for heating premises. *Modern high-tech technologies. Regional application*. 2021. N 1 (65). P. 94-100. DOI:10.6060/snt.20216501.0012
8. **Ray D., Maymichael D.** Heat pumps. Per. s angl. M.: Energoizdat, 1982. 224 p.
9. Operating instructions for a heat pump with heat transfer from air to water: <https://solar-dom.com/upload/pdf>
10. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Zaitseva I.A.** Recirculating air heat pump with recuperation: experience of application. *AVOK: Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermophysics*. 2020. N 8. P. 54-57.
11. SanPiN 2.2.4.548-96. 2.2.4. Physical factors of the production environment. Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises. Sanitary rules and regulations (approved Resolution of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Federation dated 01.10.1996 N 21).
12. GOST R ISO 16000-26-2015. National standard of the Russian Federation indoor air. Part 26.
13. XINTEST HT-2000. A device for measuring the concentration of carbon dioxide in the air.