

УДК 628.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ
ЛОКАЛЬНОЙ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНОЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Кушнерук В.И., к.т.н., доцент,
Панов В.Г., к.т.н.,
Укроборонпром, Государственное предприятие «НИИ Шторм», Одесса

Исаев В.Ф., к.т.н., доцент,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
isaevv5@gmail.com

Бурдыка Л.Ф.,
Частное «Научно-производственное предприятие «КАРЕ», Одесса

Панов А.В.,
IT-фирма «Qoints Inc», Торонто, Канада

Аннотация. Проведено исследование работы локальной приточно-вытяжной системы вентиляции в условиях учебного процесса. Система включает в себя: зональную приточно-вытяжную систему вентиляции с рекуператором; блок с датчиками температуры воздуха в помещении и содержания углекислого газа CO₂; систему автоматизации. Исследовалось комплексное воздействие приточно-вытяжной системы при различных режимах ее работы на организм человека по следующим параметрам: определение уровня звукового давления в помещении; определение воздухопроизводительности приточной и вытяжной части системы; эффективность работы рекуператора; изменение содержания углекислого газа; констатация характеристики самочувствия человека при работе системы на основе анкетирования.

Ключевые слова: рекуператор, датчик, температура, углекислый газ, микроклимат, локальная вентиляция, кондиционирование.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ
ЛОКАЛЬНОЇ ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНОЇ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Кушнерук В.І., к.т.н., доцент,
Панов В.Г., к.т.н.,
Укроборонпром, Державне підприємство «НДІ Шторм», Одеса

Ісаєв В.Ф., к.т.н., доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
isaevv5@gmail.com

Бурдика Л.Ф.,
Приватне «Науково-виробниче підприємство «КАРЕ», Одеса

Панов А.В.,
IT-фірма «Qoints Inc», Торонто, Канада

Анотація. Проведено дослідження роботи локальної припливно-витяжної системи

вентиляції в умовах навчального процесу. Система включає в себе: зональну припливно-витяжну систему вентиляції з рекуператором; блок з датчиками температури повітря в приміщенні і змісту вуглекислого газу CO₂; систему автоматизації. Досліджено комплексний вплив припливно-витяжної системи при різних режимах її роботи на організм людини за такими параметрами: визначення рівня звукового тиску в приміщенні; визначення повітря виробництва припливної і витяжної частини системи; ефективність роботи рекуператора; зміна вмісту вуглекислого газу; констатація характеристики самопочуття людини при роботі системи на основі анкетування.

Ключові слова: рекуператор, датчик, температура, вуглекислий газ, мікроклімат, локальна вентиляція, кондиціонування.

A STUDY OF THE OF THE LOCAL ENERGY SAVING VENTILATION SYSTEM EFFECTIVENESS

Kushneruk V., Ph.D., Assistant Professor,

Panov V., Ph.D.,

Ukroboronprom, the State enterprise «RI Shtorm», Odessa,

Isaev V., Ph.D., Assistant Professor,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

isaevv5@gmail.com

Burdyka L.,

Private enterprise «Scientific Industry Production Company «KARE»

Panov A.,

IT-company «Qoints Inc», Toronto, Canada

Abstract. Significance of energy saving technologies introduction in the design of new and modernization of old buildings is proved. Work of local energy saving ventilation system for the lecture hall of the University in terms of the educational process is considered. The system includes: the device of local ventilation with heat recovery and microprocessor-based control unit containing the sensors of the concentration of carbon dioxide CO₂, temperature and humidity of the air in the room. The combined impact of the system on the human body under different regimes of ventilation of the audience is studied. The following parameters were studied: long-term changes in concentration of carbon dioxide CO₂ depending on the fan power and the number of people in a lecture hall; the efficiency of the heat recuperator; a change in the magnitude of the noise contamination of the room with different capacities of fans. Subjective assessment of students' and teachers' well-being in the system based on their survey and questionnaire was conducted. Multi-factor efficiency of the proposed system was defined. Practical recommendations for selecting elements when designing systems of local energy saving ventilation for the premises with the mental nature of the work were provided. Ways of improving devices zoned ventilation, in particular – introduction to control unit sensors temperature and humidity of the outside air were outlined. The need for artificial ionization of indoor air in the room with a large number of people was noted.

Keywords: the heat exchanger, sensor, temperature, carbon dioxide, climate, local ventilation, air-conditioning.

Введение. Создание нормального микроклимата в аудиториях высших учебных заведений затруднено высокой стоимостью оборудования и энергоносителей, а также низкой тепловой эффективностью зданий. Подавляющее большинство зданий ВУЗов построено несколько десятилетий назад. Централизованные системы вентиляции и кондиционирования

воздуха в этих зданиях в своем большинстве не используются. Воздухообмен в помещениях осуществляется за счёт неорганизованной естественной вентиляции через окна и форточки. При этом повышенная инфильтрация наружного воздуха ведёт к потерям тепла, а недостаточная – к ухудшению качества воздуха в помещениях и повышению в нем содержания углекислого газа.

Анализ последних исследований и публикаций. Основным показателем эффективности работы приточно-вытяжной вентиляции в аудиториях ВУЗов является содержание биоэфлюентов на рабочем месте [1]. Индикатором биоэфлюентов для такого класса помещений является углекислый газ. Имеется множество исследований о составе воздуха и отрицательном влиянии углекислого газа на организм человека [2-4]. Повышенная концентрация CO_2 во вдыхаемом воздухе (гиперкапния) приводит к ухудшению снабжения тканей кислородом, что в свою очередь, вызывает ряд отрицательных физиологических реакций организма. К недостатку кислорода в крови наиболее чувствителен мозг. Поэтому длительное пребывание в плохо проветриваемом помещении влечёт за собой уменьшение умственной работоспособности, ухудшение кратковременной и долговременной памяти, рассеянность внимания, сонливость, раздражительность и т.д.

Актуальность комплексного подхода к функционированию приточно-вытяжной вентиляции анализируемых помещений, обусловлена задачами энергосбережения и обеспечения качества воздушной среды. На рис. 1 представлена внедренная конструкция локальной приточно-вытяжной системы вентиляции.

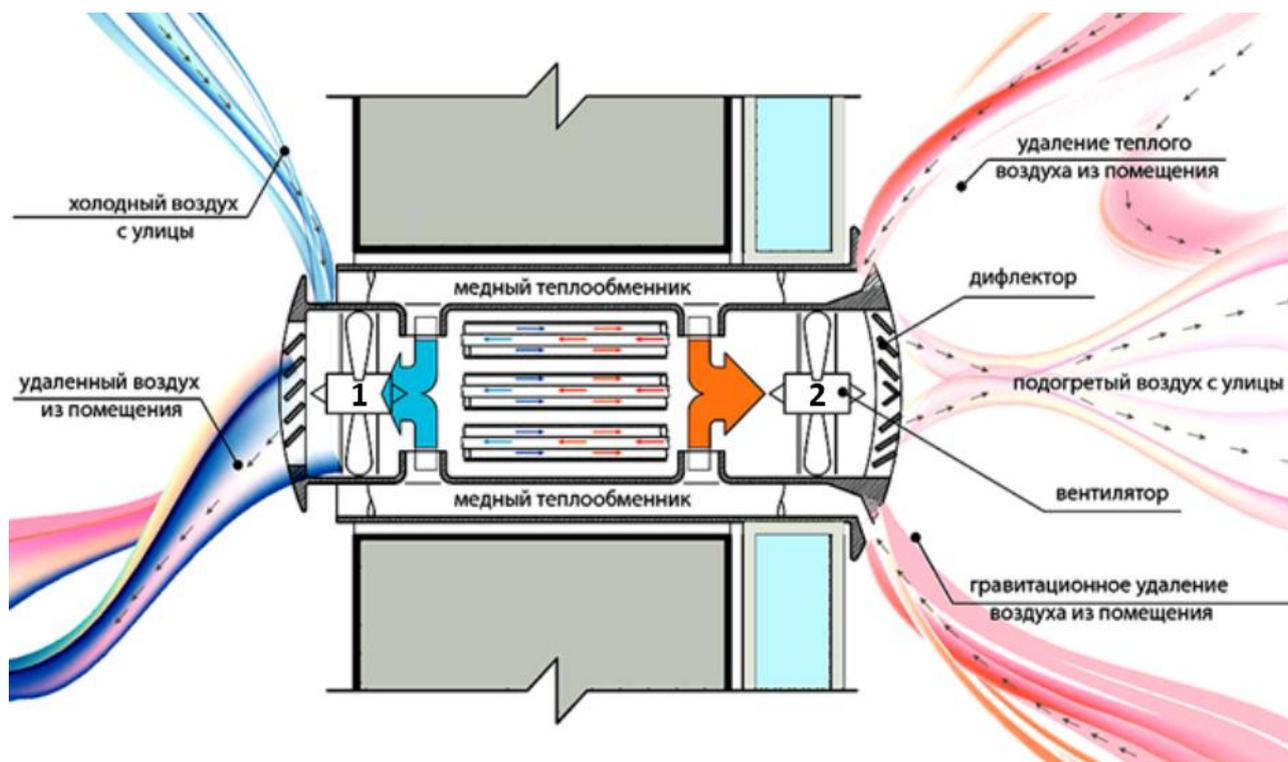


Рис. 1. Локальная приточно-вытяжная система вентиляции:

1 – вытяжной вентилятор, обеспечивающий удаление воздуха; 2 – приточный вентилятор, осуществляющий подачу свежего воздуха

Такую возможность предоставляет внедрение локальных приточно-вытяжных систем вентиляции с постоянным мониторингом содержания в воздухе углекислого газа. Хотя теоретически концепция комплексного влияния множества факторов воздушной среды на организм человека была обоснована достаточно давно [2-4], техническая реализация такого решения сдерживалась прежде всего отсутствием на рынке недорогих датчиков измерения CO_2 .

Рядом зарубежных фирм [5] освоен выпуск датчиков на основе, так называемой NDIR-технологии (Non Dispersive Infra Red), использующей способность углекислого газа

поглощать излучение в ИК диапазоне. Эти датчики обладают высокой чувствительностью, стабильными параметрами и сроком службы не менее 5 лет.

Постановка задачи. К основным параметрам воздушной среды помещения относятся: концентрация углекислого газа и кислорода, температура и влажность воздуха, а также пахучих веществ и аэроионов активированного кислорода. В ряду этих факторов углекислый газ, как токсичный в больших концентрациях продукт, занимает первое место [1, 4].

Природный воздух содержит около 0,035% диоксида углерода. Низкие концентрации газов принято измерять в миллионных долях – ppm (part per million). Природная концентрация CO₂ составляет 350 ppm. В выдыхаемом человеком воздухе концентрация CO₂ достигает 5% (50000 ppm). В учебных аудиториях содержание углекислого газа растёт и при недостаточной вентиляции может многократно превысить природные значения. Это приводит к ряду нежелательных последствий, что иллюстрирует рис. 2 [2].

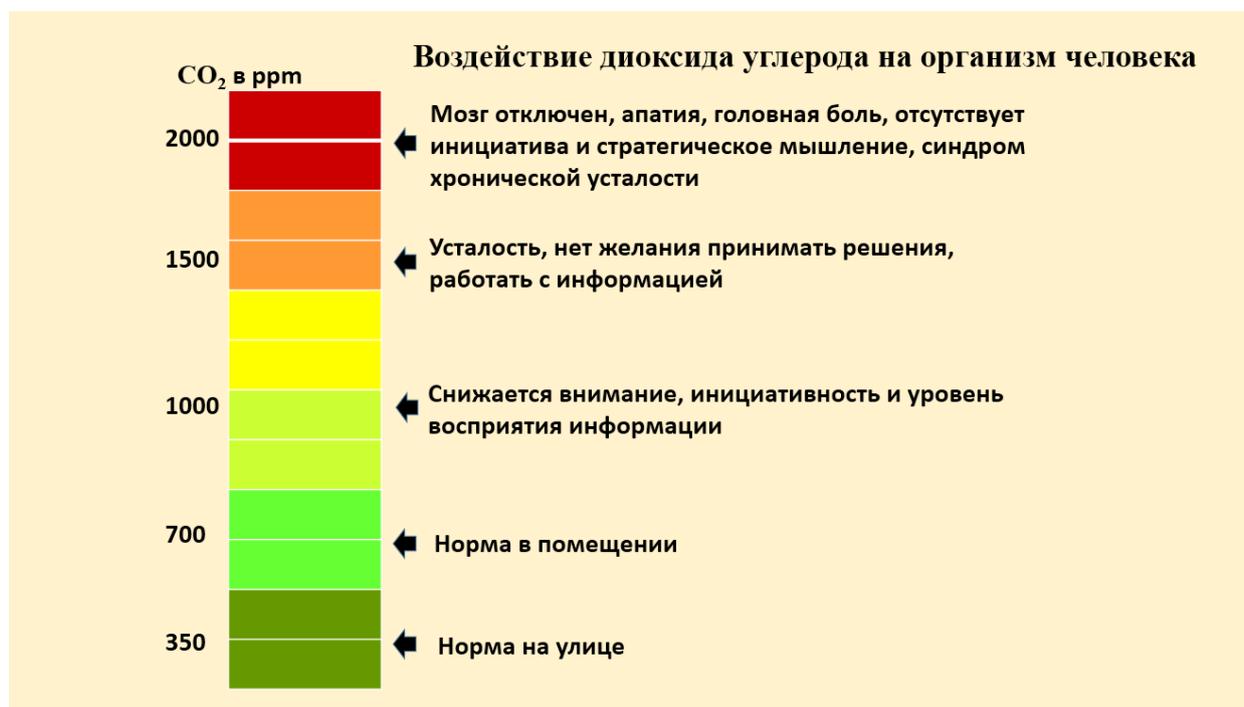


Рис. 2. Влияние концентрации CO₂ на самочувствие человека

Анализ данных на рис. 2 [2-4] показывает, что в диапазоне концентраций CO₂, до 800 ppm практически не заметно каких-либо реакций организма. В районе от 1000 до 1500 ppm мозг незначительно снижает свою активность. Выше 2000 ppm угнетение мозговой деятельности становится уже отчётливо ощутимым. Для недопущения опасной для здоровья концентрации CO₂ необходимо её контролировать и при достижении предельного значения оперативно включать систему вентиляции.

Система локальной приточно-вытяжной вентиляции должна минимизировать расходы энергии на отопление и вентиляцию воздуха, то есть включать в себя рекуператор тепла. Рекуперация тепла осуществляется за счёт теплообмена между холодным наружным и теплым воздухом помещения. Потоки теплого и холодного воздуха должны проходить через теплообменник специальной конструкции (рис.1). Экономия тепла может быть обеспечена режимом «вентиляции по потребности», то есть – включением системы только, когда это необходимо и выключением её при достижении в помещении заданной концентрации диоксида углерода.

На первом этапе исследований задача состояла в том, чтобы студенческую аудиторию снабдить системой приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией, а управление вентиляторами организовать с учётом концентрации CO₂ в ней. Необходимо было изучить,

как работает такая система вентиляции и ответить на следующие вопросы:

- как изменяется величина концентрации CO_2 в учебной аудитории с неорганизованной естественной вентиляцией в течение учебной пары в зависимости от количества студентов;
- как изменяется воздушный режим аудитории при включении системы локальной вентиляции на разных уровнях её мощности (воздухопроизводительности);
- определение удельной (в расчете на одного студента) воздухопроизводительности системы для обеспечения приемлемого содержания углекислого газа в воздухе аудитории заданных размеров;
- насколько система локальной вентиляции повышает уровень шума в аудитории.

Последний вопрос имеет немаловажное значение, поскольку превышение уровня звукового давления в помещении непосредственно сказывается на показателях умственной работоспособности [6].

Объект исследования и аппаратура. Исследования проводились в Одесской государственной академии строительства и архитектуры с февраля по апрель 2017 г. в аудитории размерами $6 \times 5,5 \times 3$ м, т.е. объёмом около 100 м^3 , где была смонтирована экспериментальная установка.

В качестве устройства использовалась приточно-вытяжная система вентиляции с рекуператором Prana-250 со следующими измеренными параметрами:

- максимальная производительность по притоку воздуха – до $100 \text{ м}^3/\text{час}$;
- максимальный КПД рекуперации – 45%.

Контроль концентрации CO_2 в воздухе помещения осуществлялся при помощи разработанного в НИИ «Шторм» совместно с НПП «КАРЕ» прибора «Датчик-измеритель концентрации CO_2 » (рис. 3).

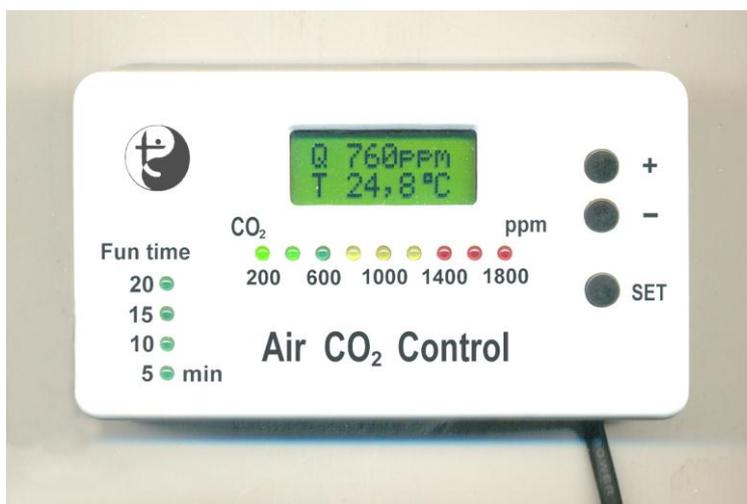


Рис. 3. Датчик-измеритель концентрации CO_2

Прибор представляет собой микропроцессорное устройство для контроля трёх параметров воздушной среды: концентрации углекислого газа, температуры и относительной влажности. Контролируемые параметры выводятся на цифровой дисплей.

Для непрерывного, с записью данных в ПК, мониторинга концентрации CO_2 и температуры воздуха использовался прибор Mini CO_2 Monitor – MT8057 с прилагаемым к нему программным обеспечением.

Уровень шума фиксировался шумомером «Robotron 00014» с измерительным конденсаторным микрофоном типа М-102.

Результаты исследования. Исследовались следующие характеристики системы.

1. Измерения уровня шума от системы приведены в табл. 1. Начальный фоновый показатель при отключенных вентиляторах составлял 30 дБА. Согласно [6, 7] для помещений с умственным характером труда допустимый уровень шума составляет 50 дБА.

Таблица 1 – Зависимость уровня шумового давления в аудитории от скорости вращения рабочего колеса приточного вентилятора

Скорость вращения рабочего колеса вентилятора, в относительных единицах	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Уровень шума, дБА	40	42	44	48	50	53	58	65	68

При скорости вращения рабочего колеса вентилятора выше 6-ти единиц уровень звукового давления в аудитории превышает допустимое значение.

2. Аэродинамические параметры вентиляционной установки:

– воздухопроизводительность приточного вентилятора в режиме «максимальное проветривание» – около 100 м³/час;

– воздухопроизводительность агрегата составила по притоку – 90 м³/час, по вытяжке – 30 м³/час.

3. По содержанию в воздухе аудитории СО₂ при разных скоростях вращения рабочих колес вентиляторов и количеству в ней людей собран достаточно большой массив информации.

На рис. 4 представлен один из графиков компьютерного мониторинга концентрации СО₂ и температуры воздуха в аудитории. Из графика видно, что при количестве 20 человек в аудитории, воздухопроизводительности приточного вентилятора в 90 м³/час, вытяжного вентилятора – 30 м³/час вполне достаточно, чтобы поддерживать уровень СО₂ в аудитории не выше 1000 ppm.

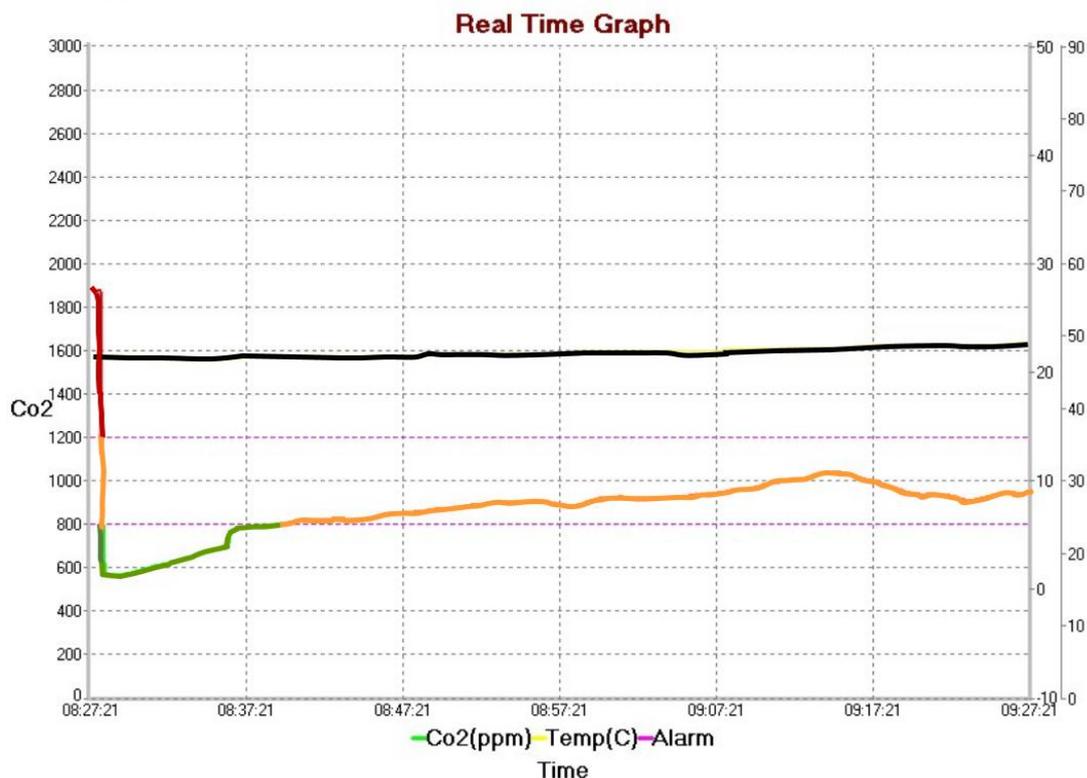


Рис. 4. Изменение температуры воздуха в аудитории (верхняя кривая) и концентрации СО₂ (нижняя кривая) при воздухопроизводительности по притоку 90 м³/час

На рис. 4 в 8:27 контроллер содержания СО₂, подключенный к компьютеру само калибровался (вертикальная линия на графике) и зафиксировал 590 ppm углекислого газа. В 8:35 содержание СО₂ превысило 700 ppm. В этот момент автоматика приточно-вытяжной системы включила в работу вентиляторы. С этого момента времени и до 9:27 содержание углекислого газа стабилизировалось и изменялось с 800 до 980 ppm. Из графика следует, что

расхода приточного воздуха в размере 4,5 м³/час на одного человека недостаточно для того, чтобы поддерживать содержание диоксида углерода не более 700 ppm.

Заметим, что величина подачи приточного воздуха в аудиториях, регламентируемая нормативными документами [1, 6, 7], варьируется от 20 до 40 м³/час на одного человека.

4. Субъективная оценка самочувствия студентов и преподавателей подтверждает, что при количестве людей в аудитории более 10 человек, когда концентрация СО₂ достигает 1500 ppm, начинают проявляться признаки снижения умственной работоспособности.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать ряд следующих выводов.

1. Задача экономии тепла с одновременным поддержанием необходимого для дыхания качества воздуха может быть решена применением локальных приточно-вытяжных систем вентиляции с рекуперацией тепла и контролем содержания в воздухе помещения диоксида углерода.

2. Необходимы дальнейшие исследования для помещений с умственным характером труда по определению минимально необходимого расхода воздуха для поддержания содержания углекислого газа на уровне 700 ppm.

Представленные исследования – начало работы в направлении создания систем контроля микроклимата в аудиторных помещениях, которые бы решали проблему энергосбережения в комплексе с задачей качества воздуха в нём.

В данный момент планируются монтаж и испытания приточно-вытяжных систем в различной конфигурации. Устройство контроля параметров воздушной среды дополнится датчикам температуры и влажности наружного воздуха, что позволит повысить экономичность системы за счёт выбора режимов её работы с учётом изменения погоды. Следующим шагом станет оснащение системы ионизатором воздуха. Известно, что в воздухе помещений создается так называемая аэроионная недостаточность [3, 8]. Отсутствие в воздухе аэроионов активированного кислорода – супероксида, оказывается не менее опасным, чем повышение в нём концентрации СО₂.

Литература

1. Стандарт АВОК 2.1-2008 Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена. – М., 2008. – 33 с.
2. Аретинский А.Н. Интеллектуальные биотехнические системы автоматического регулирования параметров воздушной среды обитаемых помещений / А.Н. Аретинский, В.Г. Панов, К.В. Ольшевский, В.И. Мещеряков, Л.Ф. Бурдыка // Арсенал XXI века. – Киев, Вып.1, 2010. – С. 120-141.
3. Воейков В.Л. Благотворная роль активных форм кислорода / В.Л. Воейков // МИС-РТ. – Ижевск, Сборник №24-1, 2001. – С. 2-15.
4. Маршак М.Е. Физиологическое значение углекислоты / М.Е. Маршак. – М.: Медицина, 1969. – 144 с.
5. Коваль Ю.А. Датчики газа FIGARO / Ю.А. Коваль // Мир автоматизации. – Киев, №4, 2006. – С. 18-23.
6. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М., 1989. – 95 с.
7. ГОСТ 30494-2011 Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Стандартинформ, 2013. – 15 с.
8. Гольдштейн Н.И. Биофизические аспекты физиологического действия экзогенного супероксида на животных: дис. докт. биол. наук: 03.00.02: защищена 26.10.00; утв. 20.02.01 / Гольдштейн Наум Исакович. – М.: МГУ, 2000. – 227 с.

Стаття надійшла 14.06.2017