

УДК 697.9

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ВИДАЛЯЄМОГО ПОВІТРЯ З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ БУДІВЕЛЬ

ПЕТРЕНКО В.О.^{1*}, к.т.н., доц.,
ГОЛЯКОВА І.В.², к.т.н., доц.,
РОДЬКІНА О.В.³, асп.

^{1*} Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

² Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, ORCID ID: 0000-0001-7185-7202

³ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, ORCID ID: 0000-0002-1680-3452

Анотація. Забезпечення параметрів мікроклімату можливо за допомогою систем кондиціонування повітря, які є великими споживачами традиційних видів енергії (вугілля, мазут, газ). Спалювання цих видів енергії призводить до забруднення навколишнього середовища. Атмосферне повітря є одним з основних життєво важливих елементів навколишнього природного середовища. В даний час в багатьох країнах забруднення повітряного басейну вже перевищило можливий рівень адаптації живих організмів, в тому числі, організму людини. У найбільш розвинених країнах вже розроблена програма захисту атмосфери, що базується на довгострокових прогнозах забруднення повітря, а так само на загальнодержавній концепції захисту атмосфери. Велика увага цій проблемі приділяється і на Україні. Зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище можливо шляхом розробки технологій екологічно чистих систем життєзабезпечення, в яких використовуються поновлювані джерела енергії. При цьому якість підтримки параметрів мікроклімату не повинно погіршуватися, так як це призведе до зниження працездатності та самопочуття людини. Отже, на сьогоднішній день актуальним є розробка ефективних систем життєзабезпечення, що забезпечують зниження викидів в навколишнє середовище. **Мета.** Метою даної роботи є розробка системи кондиціонування з рекуперацією видаляемого повітря з метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель. **Результати.** Розглянувши кожну систему життєзабезпечення будівлі окремо, а саме системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, встановлено, що забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель неможливо без комплексної роботи цих систем. Система опалення здатна підтримувати на заданому рівні температуру внутрішнього повітря, що відповідає умовам теплового комфорту і вимогам технологічного процесу. Система вентиляції здатна забезпечити підтримку на необхідному рівні широкого набору параметрів повітря: температура (не у всіх випадках), рухливість (швидкість), відносна вологість (не у всіх випадках), запиленість, концентрація шкідливих речовин. Система кондиціонування повітря, на відміну від припливно-витяжної вентиляції, забезпечує не тільки необхідну зміну повітря в приміщенні, але і автоматично підтримує задані умови в ньому не залежно від зовнішніх кліматичних факторів і внутрішнього режиму роботи в приміщенні. **Практична значимість.** Система кондиціонування з рекуперацією видаляемого повітря дозволить поліпшити мікроклімат в приміщеннях будівель, а також підвищити продуктивність праці людини.

Ключові слова: параметри мікроклімату; опалення; вентиляція; кондиціонування повітря; системи

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ

ПЕТРЕНКО В.О.^{1*}, к.т.н., доц.,
ГОЛЯКОВА И.В.², к.т.н., доц.,
РОДЬКІНА О.В.³, асп.

^{1*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

² Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, ORCID ID: 0000-0001-7185-7202

³ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, ORCID ID: 0000-0002-1680-3452

Аннотация. Обеспечение параметров микроклимата возможно с помощью систем кондиционирования воздуха, которые являются большими потребителями традиционных видов энергии (уголь, мазут, газ). Сжигание этих видов энергии приводит к загрязнению окружающей среды. Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов окружающей природной среды. В настоящее время во многих странах загрязнение воздушного бассейна уже превысило возможный уровень адаптации живых организмов, в том числе, организма человека. В наиболее развитых странах уже разработана программа защиты атмосферы, базирующаяся на долгосрочных прогнозах загрязнения воздуха, а так же на общегосударственной концепции защиты атмосферы. Большое внимание этой проблеме уделяется и на Украине. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду возможно путем разработки технологий экологически чистых систем жизнеобеспечения, в которых используются возобновляемые источники энергии. При этом качество поддержания параметров микроклимата не должно ухудшаться, так как это приведет к снижению работоспособности и самочувствия человека. Следовательно, на сегодняшний день актуальным является разработка эффективных систем жизнеобеспечения, обеспечивающих снижение выбросов в окружающую среду. **Цель.** Целью данной работы является разработка системы кондиционирования с рекуперацией удаляемого воздуха с целью обеспечения оптимальных параметров микроклимата в помещениях зданий. **Результаты.** Рассмотрев каждую систему жизнеобеспечения здания в отдельности, а именно системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, установлено, что обеспечение оптимальных параметров микроклимата в помещениях зданий не возможно без комплексной работы этих систем. Система отопления способна поддерживать на заданном уровне температуру внутреннего воздуха, отвечающую условиям теплового комфорта и требованиям технологического процесса. Система вентиляции способна обеспечить поддержание на требуемом уровне широкого набора параметров воздуха: температура (не во всех случаях), подвижность (скорость), относительная влажность (не во всех случаях), запыленность, концентрация вредных веществ. Система кондиционирования воздуха, в отличие от приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивает не только необходимую смену воздуха в помещении, но и автоматически поддерживает заданные условия в нем независимо от внешних климатических факторов и внутреннего режима работы в помещении. **Практическая значимость.** Система кондиционирования с рекуперацией удаляемого воздуха позволит улучшить микроклимат в помещениях зданий, а также повысить производительность труда человека.

Ключевые слова: параметры микроклимата; отопление; вентиляция; кондиционирование воздуха; системы

DEVELOP A CONDITIONING SYSTEM WITH HEAT RECOVERY EXHAUST AIR TO ENSURE OPTIMUM MICROCLIMATE IN THE BUILDINGS

PETRENKO V. O. ^{1*}, *PHD., ass. prof.*,
GOLJAKOVA I. V. ², *PHD., ass. prof.*,
RODKINA O. V. ³, *PHD stud.*

^{1*} Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 756-34-92, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

² Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0001-7185-7202

³ Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-1680-3452

Abstract. Ensuring microclimate parameters is possible with the help of air conditioning systems, which are large consumers of traditional energy sources (coal, oil, gas). Combustion of these forms of energy leads to environmental pollution. Atmospheric air is one of the main natural environment vital elements. Currently, in many countries, air pollution has exceeded the allowed level of adaptation of living organisms, including the human body. In most developed countries have already developed a program to protect the atmosphere, based on long-term forecasts of air pollution, as well as on the national concept of the protection of the atmosphere. Much attention is paid to this issue, and Ukraine. Reducing the environmental impact on the environment is possible through the development of technologies environmentally friendly life-support systems that use renewable energy sources. The quality of maintenance of microclimate parameters should not deteriorate as it would lead to reduced efficiency and human health. Therefore, today is the actual development of efficient life-support systems, to ensure reduction of emissions into the environment. **Purpose.** The aim of this work is to develop a conditioning system with heat recovery exhaust air to ensure optimum microclimate in the buildings. **Findings.** Let us consider each of the building life-support system alone, namely, the heating, ventilation and air conditioning, it was found that the provision of optimal parameters of the microclimate in the buildings is not possible without the work of these complex systems. The heating system is able to maintain a given level of internal temperature of the air that meets the

conditions of thermal comfort and process requirements. The ventilation system is able to ensure the maintenance of the required level of a wide set of air parameters: temperature (in all cases), mobility (speed), relative humidity (not in all cases), dust, concentration of harmful substances. The air conditioning system, as opposed to the ventilation, not only provides the necessary air change in the room, but also automatically maintains the set conditions it is not dependent on external climatic factors and the internal mode in the room. *Practical value.* The air conditioning system with heat recovery exhaust air will improve the microclimate in the buildings, as well as improve productivity of man.

Keywords: the parameters of the microclimate; heating; ventilation; air conditioning; systems

Вступ

На здоров'я, самопочуття, а також працездатність людини впливає ряд факторів. Вчені виділяють такі основні фактори, як внутрішня і радіаційна температура, відносна вологість і рухливість повітря [4, 5, 9]. Всі ці фактори нормуються у вигляді оптимальних і допустимих величин [6, 11].

При різних комбінаціях перерахованих факторів параметрів мікроклімату відчуття людини можуть виявлятися однаковими.

Внутрішня температура є основним фактором, який впливає на стан людини, так як при відхиленні від оптимальних або допустимих величин працездатність людини буде різко падати.

Атмосферна вологість майже не впливає на стан людини при комфортних або близьких до них температурах. Однак вона грає важливу роль в зоні випарного регулювання теплообміну. У сухій атмосфері волога з поверхні шкіри випаровується значно швидше, ніж у вологому.

Рухливість повітря робить теплову дію, навіть при відсутності будь-яких змін температури повітря. Воно посилює розсіювання тепла з поверхні шкіри двома способами: збільшує конвективну тепловіддачу, якщо температура рухомого повітря, нижче температури шкіри.

Отже, підтримання параметрів мікроклімату в межах найбільш оптимальних для життєдіяльності людини дозволяє знизити споживання теплової енергії, одержуваної від спалювання невідновлюваних енергоресурсів, за рахунок їх оптимізації та використання відновлюваної енергії.

Мета

Метою даної роботи є розробка системи кондиціонування з рекуперацією видаленого повітря з метою забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель.

Результати

В даний час вже існує ряд систем, які забезпечують тепловий комфорт приміщень, але вони мають свої недоліки.

Система опалення здатна підтримувати на заданому рівні температуру внутрішнього повітря, що відповідає умовам теплового комфорту та вимогам технологічного процесу [3, 10].

Система вентиляції здатна забезпечити підтримання на необхідному рівні широкого набору параметрів повітря: температура (не у всіх випадках),

рухливість (швидкість), відносна вологість (не у всіх випадках), запиленість, концентрація шкідливих речовин [1, 2].

Для забезпечення необхідної, згідно санітарних норм, якості повітряного середовища, необхідна постійна зміна повітря в приміщенні, замість видаленого (витяжного) повітря, після відповідної обробки, повинно подаватися свіже повітря.

Система вентиляції, як правило, не має пристрою для охолодження та осушення повітря. Тому в теплий період року вона не завжди здатна забезпечити підтримання температури і вологості в приміщенні на оптимальному рівні. Враховуючи це, система вентиляції зазвичай розраховується на підтримку не оптимальних, а допустимих параметрів внутрішнього повітря. Тим не менш, при певних станах зовнішнього повітря, система вентиляції не здатна забезпечити навіть допустимі параметри. Наприклад, влітку при високій вологості зовнішнього повітря (близько 100 %) неможливо забезпечити в приміщенні з надлишками вологи відносну вологість внутрішнього повітря в межах 75 %.

Система кондиціонування повітря, на відміну від припливно-витяжної вентиляції, що забезпечує не тільки необхідну зміну повітря в приміщенні, але і автоматично підтримує задані умови в ньому незалежно від зовнішніх кліматичних факторів і внутрішнього режиму роботи в приміщенні [7].

У систему кондиціонування входить обладнання для необхідних процесів обробки припливного повітря (очищення, нагрівання і охолодження, зволоження і осушення) та його подання, а також джерела тепло - та холодопостачання, насоси і труби для переміщення тепло - і холодоносія, пристрої для розподілу повітря, місцеві доводчики (підігрівачі, охолоджувачі, зволожувачі) та засоби автоматичного регулювання, дистанційного керування та контролю.

Система кондиціонування повітря є найбільш складною, досконалою і потужною системою, яка в комплексі з огорожувальними конструкціями будівель здатна забезпечити в приміщенні підтримку всіх заданих параметрів повітря на необхідному рівні із заданою ступенем забезпеченості (надійності).

З вище викладеного випливає, що комплексне використання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря дозволить нам регулювати всі параметри мікроклімату і підтримувати їх в оптимальних межах. За рахунок цього людина буде відчувати комфорт, і його продуктивність праці буде підвищуватися. Але і в комплексних системах є свої недоліки.

Система кондиціонування промислових, житлових та громадських будівель [12], недоліком якої є низька енергоефективність за рахунок використання високотенційних енергоносіїв.

Система опалення та охолодження житлових та громадських будівель [8], недоліком такої системи є неможливість акумулювання тепла для його використання в періоди пікового зниження температур зовнішнього повітря, що знижує санітарно-гігієнічні властивості мікрокліматичних умов.

Ми вдосконалили розглянуті системи кондиціонування промислових, житлових та громадських будівель, в яких наявність нових елементів дозволяє підтримувати всі параметри мікроклімату в оптимальному діапазоні та тим самим розширювати функціональні можливості системи, покращуючи санітарно-гігієнічний стан приміщення.

Розроблена нами система кондиціонування з рекуперацією видаляемого повітря промислових, житлових та громадських будівель (рис. 1) містить у собі зовнішній забірник повітря 1, ґрунтовий повітряний теплообмінник 2, припливний вентилятор 3, рекуператор 4, тепловий насос 5, з'єднанні між собою за допомогою повітроводів. Припливна 6 та витяжна 7 решітки встановлені в приміщенні 8. Видалення повітря з приміщення здійснюється за допомогою витяжного вентилятора 9. Зовнішній викид повітря 10 здійснюється після випарника теплового насоса. Для зволоження повітря після конденсатора теплового насоса встановлено зволожувач 11. Для догріву повітря та осушення після його зволоження до необхідної температури та вологості встановлено електричний повітрянагрівач 12.

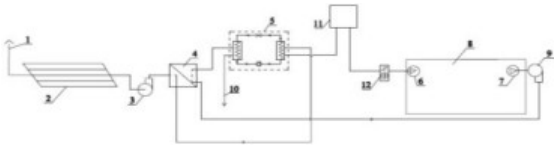


Рис.1. Система кондиціонування з рекуперацією видаляемого повітря / Conditioning system with air recovery vydalyayemoho:

1 – зовнішній забірник повітря, 2 – ґрунтовий повітряний теплообмінник, 3 – припливний вентилятор, 4 – рекуператор, 5 – тепловий насос, 6 – припливна решітка, 7 – витяжна решітка, 8 – приміщення, 9 – витяжний вентилятор. 10 – зовнішній викид повітря, 11 – зволожувач, 12 – електричний повітрянагрівач

Робота системи відбувається наступним чином. Повітря, яке забирається з вулиці через зовнішній забірник повітря 1, проходить через ґрунтовий повітряний теплообмінник 2, де відбирається тепло з ґрунту. Далі підігріте повітря подається за допомогою припливного вентилятора 3 на рекуператор 4, де догрівається видаленим з приміщення повітрям. Після рекуператора повітря підігрівається до заданої температури у тепловому насосі 5, після чого зволожується у зволожувачі повітря 11. Далі повітря осушується або підігрівається до нормативних параметрів припливного повітря в електричному повітрянагрівачі 12, який виконує роль додаткового нагрівника припливного повітря на випадок недостатнього його нагріву у ґрунтовому теплообміннику або тепловому насосі.

Повітря, яке видаляється з приміщення через витяжну решітку 7 за допомогою витяжного вентилятора 9, подається на рекуператор 4, де віддає частину тепла припливному повітрю, після чого поступає в тепловий насос 5 для підігріву припливного повітря, а інша частина тепла видаляється через зовнішній викид повітря 10.

Наукова новизна та практична значимість

Вдосконалена система кондиціонування промислових, житлових та громадських будівель дозволяє підтримувати всі параметри мікроклімату в оптимальному діапазоні.

Використання системи кондиціонування з рекуперацією видаляемого повітря дозволить знизити споживання теплової енергії, одержуваної від спалювання невідновлюваних енергоресурсів, за рахунок їх оптимізації та використання відновлюваної енергії.

Висновок

Таким чином, запропонована схема системи кондиціонування промислових, житлових та громадських будівель розширює функціональні можливості системи, покращує санітарно-гігієнічний стан приміщення та дозволяє ефективно використовувати систему кондиціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ананьев В.А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. / В.А. Ананьев и др. – М.: Евроклимат, 2001. – 406 с.
2. Беликов А.С. Моделирование и оптимизация микроклиматических условий и параметров систем жизнеобеспечения помещений / А.С. Беликов, С.З. Полищук, А.О. Петренко, В.О. Петренко, Е.Г. Кушнир, А.С. Полищук. – Днепропетровск: ЧМП «Экономика», 2013. – 176 с.
3. Калинина Н.П. Влияние условий труда на его производительность / Н.П. Калинина, В.Г. Макушин. – М.: Экономика, 1970. – 144 с.

4. Короткова Л.И. Системы обеспечения микроклимата гражданских зданий: Учеб. Пособие / Л.И. Короткова, Г.Н. Трубицына. -2-е изд. – Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, – 2003. – 74 с.
5. Кувшинов Ю.Я. Основы обеспечения микроклимата зданий: Учеб. для вузов. / Ю.Я. Кувшинов, О.Д. Самарин. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 200 с.
6. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Общие требования: стандарт / ГОСТ 12.1.005-88;. – Введ.01.01.89 // Система стандартов безопасности труда. – М. – Ч.1. –С.165-239. – . М.,1996. - Изм.1 (ИУС.2000.N9).
7. Патент на корисну модель 06887 Україна, МПК F24D 5/00. Система опалення та охолодження житлових та громадських будівель / Петренко В.О., Житченко І.В.; замовник та власник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». – № u 200704784; заяв. 01.07.2009; опубл. 04.11.2009, Бюл. № 6.
8. Патент на корисну модель 27924 Україна, МПК F24F7/02. Система панельно-променевого обігріву та охолодження житлових та громадських будівель / Л.Г. Чесанов, В.О. Петренко, А.О. Петренко; замовник та власник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». – № u 200704784; заяв. 28.04.2007; опубл. 26.11.2007, Бюл. № 19.
9. Петренко В.О. Условия формирования микроклимата в помещениях / В.О. Петренко, А.О. Петренко, И.В. Голякова // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Сб. научн. тр. №70. – Ч. 2. – Днепропетровск, ПГАСА, 2013. – с. 156–161.
10. Пыркков В.В. Особенности современных систем водяного отопления / В.В. Пыркков. – К.: II ДП «Таю справи», 2003. – 176 с.
11. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : ДСН 3.3.6.042-99. –[Введ. От 1999-01-12]. – К.: Мін. охорони здоров'я, 1989. – 15 с. (Санитарные нормы).
12. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Е.В. Стефанов. – С.-П.: Изд-во «АВОК-Северо-Запад», 2005.

REFERENCES

1. Anan'ev V. A. System of ventilation and conditioning. Theory and practice. / V. A. Ananyev and others – M.: euroklimat, 2001. – 406 p. (in Russian).
2. Belikov A.S. Modelling and optimization of channel microclimate and life support systems of the room / A.S. Belikov, S.Z. Polishchuk, A.O. Petrenko, V.O. Petrenko, E.G. Kushnir, A.S. Polishchuk. - Dneproetrovsk: NMP "Economy", 2013. - 176 p. (in Russian).
3. Kalinina N. P. The influence of working conditions on the productivity / N. P. Kalinina, V. G. Makushin. – M.: Economics, 1970. – 144 p. (in Russian).
4. Korotkova L. I., Trubitsyn G. N. Systems of microclimate control of civil buildings: Proc. Textbook - 2nd ed. Magnitogorsk: MGTU im. G. I. Nosova, – 2003. – 74 p. (in Russian).
5. Kuvshinov U. Y., Samarina O. D. Basics microclimate of buildings: Proc. for higher education institutions. - M.: Publishing house of the Association building universities, 2012. – 200 p. (in Russian).
6. General hygiene requirements for working zone air. General requirements: standard / State standard 12.1.005-88;. – Introductio.01.01.89 // System of occupational safety standards. - M. - H. 1.-P. 165-239. - . M., 1996. - ISM.1 (MIS.2000.N9). (in Russian).
7. Patent for korisnu model 06887 UKRAINE, IPC F24D 5/00. Seared system that oholodzheniya zhitloviy that Gromadska budivel / Petrenko V.O., Zhitchenko I.V.; zamovnik that vlasnik SHEE "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture" - U number 200704784; appl. 01.07.2009; publ. 04.11.2009, Bull. Number 6. (in Ukrainian).
8. Patent for Utility Model 27924 Ukraine, IPC F24F7 / 02. System Panel-beam heating and cooling of residential and public buildings / LG Chesanov, VA Smith, A. Petrenko; customer and owner SHEE "Dnieper State Academy of Construction and Architecture." - U number 200704784; statements. 28.04.2007; publ. 26.11.2007, Bull. Number 19. (in Ukrainian).
9. Petrenko V.O. Conditions of formation of indoor climate / V.O. Petrenko, A.O. Petrenko, I.V. Golyakova // Building, materials sciences, mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue№70. – Part 2. – Dnipropetrovs'k, PSAES, 2013. – p. 156-161. (in Russian).
10. Pyrkov V. V. Peculiarities of modern hot water heating systems. – K.: II DP "Ty business", 2003. – 176 p. (in Russian).
11. Santen normi mccrocklin of virobnichih primer : SSN 3.3.6.042-99. –[Introductio. From 1999-01-12]. – K.: Mn. Aharoni health, 1989. – 15 p. (Sanitary norms). (in Ukrainian).
12. Stefanov E.V. Ventilation and air conditioning. - St.-P. : Publishing house "Avoca North-West", 2005. (in Russian).

Стаття надійшла в редколегію 16.09.2016