

УДК 628.87

## РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ КОТЕДЖА

**ПЕТРЕНКО А.О.**<sup>1\*</sup>, к.т.н., доц.

**ПЕТРЕНКО В.О.**<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

**ГОЛЯКОВА І.В.**<sup>3</sup>, к.т.н., асс.

**БАЛИЧЕВ І.І.**<sup>4</sup>, студент

**ПАТОНЯ Є В.**<sup>5</sup>, студент

<sup>1\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: miheuevaiga@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-7185-7202

<sup>4</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92

<sup>5</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-92

**Анотація. Мета.** Здоров'я і працездатність людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату і повітряного середовища житлових і громадських будівель. У гігієнічних цілях треба прагнути до створення в житлі оптимальних мікрокліматичних умов. Розробка системи опалення будинку - це досить складне, але відповідальне завдання, від якого повністю залежатиме комфортна і затишна обстановка для людини. Проблемою сьогодення, є неухильний ріст енергоспоживання системою опалення, в зв'язку з подорожанням непоновлюваних джерел енергії і наше завдання забезпечити нормальну температурну обстановку всередині приміщення з найбільшою енергоефективністю. Таким чином, підвищення комфортності в приміщенні за рахунок підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в будь-якій точці приміщення, направлене на поліпшення умов життєдіяльності людини, є актуальним науково-практичним завданням сьогодення. **Методика.** Аналіз теоретичних й експериментальних робіт із науковим узагальненням; математичне моделювання; експериментальні дослідження впливу параметрів мікроклімату на самопочуття людини; обробка результатів експериментальних досліджень методами математичної статистики на ЕОМ. **Результати.** В результаті аналізу теоретичних й експериментальних даних із науковим узагальненням, а також математичного моделювання досліджень параметрів мікроклімату планується визначити шляхи для визначення режимів роботи гібридної системи опалення для забезпечення найбільшої енергоефективності роботи, без погіршення мікрокліматичних умов, необхідних для перебування людини. **Практична значимість.** Запропонована методика дозволить побачити і оцінити можливі шляхи підвищення енергоефективності в гібридній системі опалення.

*Ключові слова:* мікроклімат; системи життєзабезпечення; параметри мікроклімату; людина; самопочуття

## РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ КОТТЕДЖА

**ПЕТРЕНКО А.О.**<sup>1\*</sup>, к.т.н., доц.

**ПЕТРЕНКО В.О.**<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

**ГОЛЯКОВА И.В.**<sup>3</sup>, к.т.н., асс.

**БАЛЫЧЕВ И.И.**<sup>4</sup>, студент

**ПАТОНЯ Е В.**<sup>5</sup>, студент

<sup>1\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-92, e-mail: miheyevaira@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>4</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-92

<sup>5</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-92

**Аннотация. Цель.** Здоровье и работоспособность человека в значительной степени определяются условиями микроклимата и воздушной среды жилых и гражданских зданий. В гигиенических целях надо стремиться к созданию в помещении оптимальных микроклиматических условий. Разработка системы отопления дома - это достаточно сложное, но ответственное задание, от которого полностью будет зависеть комфортная и уютная обстановка для человека. Проблемой нынешнего времени, есть неуклонный рост энергопотребления системой отопления, в связи с подорожанием невозобновляемых источников энергии и наше задание обеспечить нормальную температурную обстановку внутри помещения с наибольшей энергоэффективностью. Таким образом, повышение комфортности в помещении за счет поддержки оптимальных параметров микроклимата в любой точке помещения, направленное на улучшение условий жизнедеятельности человека, повышения производительности труда, снижения расходов тепловой энергии на обеспечение параметров микроклимата, является актуальным научно-практическим заданием нынешнего времени. **Методика.** Анализ теоретических и экспериментальных работ с научным обобщением; математическое моделирование; экспериментальные исследования влияния параметров микроклимата на самочувствие человека; обработка результатов экспериментальных исследований методами математической статистики на ЭВМ. **Результаты.** В результате анализа теоретических и экспериментальных данных с научным обобщением, а также математического моделирования исследований параметров микроклимата планируется определить пути для определения режимов работы гибридной системы отопления для обеспечения наибольшей энергоэффективности работы, без ухудшения микроклиматических условий, необходимых для пребывания человека. **Практическая значимость.** Предложенная методика позволит увидеть и оценить возможные пути повышения энергоэффективности в гибридной системе отопления.

*Ключевые слова:* микроклимат; системы жизнеобеспечения; параметры микроклимата; человек; самочувствие

## DEVELOPMENT OF POWER MACHINERY EFFECTIVE HYBRID HEATING SYSTEM COTTAGE

PETRENKO A.O.<sup>1\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D*

PETRENKO V.O.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D*

GOLYAKOVA I.V.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ph D*

BALYCHEV I.I.<sup>4</sup>, *student*

PATONYA E.V.<sup>5</sup>, *student*

<sup>1\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Dnieper State Academy of Construction and Architecture", st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Dnieper State Academy of Construction and Architecture", st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Dnieper State Academy of Construction and Architecture", st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. +38 (056) 756-34-92, e-mail: miheyevaira@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>4</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Dnieper State Academy of Construction and Architecture", st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. +38 (056) 756-34-92

<sup>5</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Dnieper State Academy of Construction and Architecture", st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine Tel. +38 (056) 756-34-92

**Annotation. Goal.** Health and human performance largely determined by the conditions of the microclimate and air environment of residential and public buildings. In hygienic purposes it is necessary to strive to create the best indoor microclimate conditions. The development of the heating system at home - it's quite difficult but important task, which will depend entirely comfortable and cozy environment for the person. The problem of the present time, there is a steady increase in energy heating system, in connection with rising non-renewable energy sources, and our job is to ensure the normal temperature environment inside the building with the highest energy efficiency. Thus, improving the comfort in the room through the support of optimal microclimate parameters at any

point in the room, aimed at improving the conditions of human life, increase productivity, reduce the cost of thermal energy to provide the parameters of the microclimate, it is an actual scientific and practical tasks of the present time. **Methods.** Analysis of theoretical and experimental work with the scientific generalization; math modeling; Experimental study of the effect of microclimate on the health of the person; processing of the results of experimental studies of methods of mathematical statistics on the computer. **Results.** An analysis of the theoretical and experimental data with the scientific generalization, as well as mathematical modeling studies of microclimate is planned to identify ways to determine the operating conditions of the hybrid heating system to ensure maximum working efficiency without sacrificing microclimate conditions necessary for human habitation. **The practical significance.** The proposed method allows to see and evaluate the possible ways to improve the energy efficiency of the hybrid heating system.

*Keywords:* climate; support system; microclimate parameters; man; health

### Постановка проблеми

Здоров'я і працездатність людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату і повітряного середовища житлових і громадських будівель.

У гігієнічних цілях треба прагнути до створення в житлі оптимальних мікрокліматичних умов.

Розробка системи опалення будинку - це досить складне, але відповідальне завдання, від якого повністю залежатиме комфортна і затишна обстановка для людини. Проблемаю сьогодення, є неухильний ріст енергоспоживання системою опалення, в зв'язку з подорожанням непоновлюваних джерел енергії і наше завдання спробувати забезпечити нормальну температурну обстановку всередині приміщення з найбільшою енергоефективністю.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вітчизняними і зарубіжними гігієністами [1, 2] встановлений зв'язок між мікрокліматом в житлі і на робочому місці і станом здоров'я людини. Формування мікроклімату приміщень житлових і громадських будівель відбувається під впливом великої кількості чинників. Комфортними вважаються такі умови, при яких людина, знаходячись в приміщенні і не відчуває дискомфорту (перегрівання або переохолодження). Стан комфорту - це суб'єктивне почуття, що виникає у людей під впливом комплексних дій параметрів мікроклімату [2]. З технічної точки зору важливими є параметри, які можливо змінювати системами життєзабезпечення цілодобово. Зокрема інтерес представляють чинники, пов'язані з тепловідчуттям. Системи життєзабезпечення будівель дозволяють регулювати температуру внутрішнього повітря  $t_{in}$ , °C, відносну вологість,  $\varphi_{in}$ , % і рухливість,  $v_{in}$ , м/с, для підтримки параметрів мікроклімату необхідних для проживання і відпочинку людини. Частиною або всі ці параметри може підтримувати система опалення, в залежності від способу опалення. Але постає питання зниження використання не поновлюваних видів енергії. Основним чинником, що визначає енергоефективність систем опалення, являється їх здатність забезпечити подання необхідної кількості

тепла в потрібний час і в потрібне місце залежно від зовнішніх умов і побажань споживача [3].

### Виділення раніше не вирішених задач

В даній статті ставиться задача намітити шляхи для вирішення проблеми з оцінки параметрів мікроклімату в приміщенні протягом опалювального періоду з урахуванням зміни, як зовнішнього так і внутрішнього мікроклімату. Використати при проектуванні ці дані та запроєктувати гібридну систему опалення, з метою зменшення використання не відновлюваних джерел енергії.

Визначити і класифікувати основні режими роботи даної системи для забезпечення найбільшої енергоефективності роботи, без погіршення мікрокліматичних умов, необхідних для перебування людини.

### Мета

Визначити режими роботи гібридної системи опалення для забезпечення найбільшої енергоефективності роботи, без погіршення мікрокліматичних умов, необхідних для перебування людини.

### Викладення основного матеріалу

Нинішній розвиток технологій приводить до поліпшення рівня життя людини, його приміщення все частіше розглядається не просто як місце перебування, а як місце гарного «самопочуття» і комфорту і це вимагає подальшого поліпшення комфортних параметрів мікроклімату в приміщенні, що спричиняє за собою збільшення споживання енергії. Збільшення споживання традиційної непоновлюваної енергії приведе до подальшого забруднення навколишнього середовища.

Аналіз загального споживання енергії показав, що понад 40% первинної енергії доводиться на будівлі, останнє на промисловість і транспорт (дивись рис. 1).

Якщо розглянути споживання енергії в різних будівлях можна побачити що лівова частка споживання енергії доводиться на системи мікроклімату (дивись рис. 2).

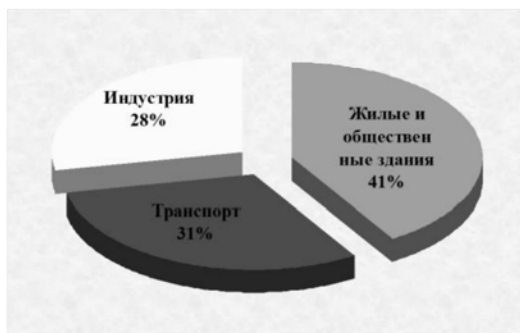
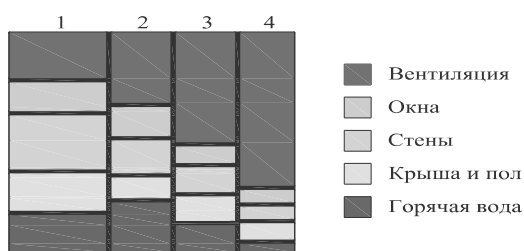


Рис. 1. Споживання первинної енергії / Consumption of primary energy



- 1 - частные дома  
 2 - многоквартирные дома  
 3 - офисные и общественные здания  
 4 - промышленные здания

Рис. 2. Розподіл витрати енергії в будівлях / Average energy consumption in buildings

Використання поновлюваних джерел, зменшення забруднення довкілля і енергозатрат, формування якості внутрішнього середовища в приміщеннях є одним з найголовніших напрямів подальшого розвитку систем життєзабезпечення людей у приміщеннях.

Підтримка комфортних мікрокліматичних умов у помешканнях будинків базується на забезпеченні нормативних значень мікрокліматичних параметрів (температури повітря  $t_{в}$ , відносної вологості  $\varphi_{в}$ , рухливості повітря  $v_{в}$ ) системами життєзабезпечення, від яких залежать умови проживання.

Тарифи ростуть, енергозбережні технології розвиваються, а український споживач продовжує жити на широку ногу, з одного боку ми попадаємося на маркетингові гасла, які не завжди несуть правдиву інформацію, з іншої - власним не бажанням розібратися і тягою до спрощення там, де це не допустимо. Оцінка доцільності вкладень в енергозбереження зараз стоїть перед усіма нами. Стоїть завдання на вже наявних технологіях отримати коректні технічні дані, розробити логіку розрахунку, а потім порівняти отримані результати.

У цій статті ми спробуємо підняти питання підбору і методики розрахунку гібридної (газоелектричною) системи опалювання.

Підвищення енергоефективності в гібридній системі опалювання, планується досягати за рахунок зниження витрати енергії шляхом:

– переходу електричної системи опалювання на поверхнево-розвинений низькотемпературний обігрів;

– оптимізації роботи системи водяної (з газовим котлом) і електричної (з використанням двотарифного або тритарифного лічильника) систем опалення;

– розрахунок системи опалення на більш високі температури зовнішнього повітря (при максимальних температурах зовнішнього повітря, планується спільне використання двох систем).

Проведені дослідження променисто-конвективного режиму в приміщеннях в холодний період року при різних технологіях обігріву показали, що найбільш ефективним є поверхнево-розвинений низькотемпературний обігрів. Тому в якості опалювальних приладів планується використання низькотемпературних гріючих елементів, встановлених в огорожувальних конструкціях приміщень.

До переваг цієї технології опалення слід віднести [4, 5]:

- 1) поєднання нагрівальних елементів з будівельними конструкціями;
- 2) зниження витрати матеріалу і трудових витрат на монтаж;
- 3) зниження асиметричності променевого теплообміну людиною і довір'ям приміщення;
- 4) поліпшення інтер'єру приміщення.

При цьому температуру внутрішнього повітря можна понизити на 1-2 °С, в порівнянні з її нормативним значенням. Це приведе до зниження тепловтрат від 2 до 5%.

З 1.04.2015 року набувають чинності зміни відносно тарифного коефіцієнта на електроенергію для населення (Рис. 3). У період з 23-00 до 7-00 (тариф ніч) коефіцієнт 0,5 до діючого тарифу. Іншими словами вартість за спожиту електроенергію вночі для населення складе 50%.

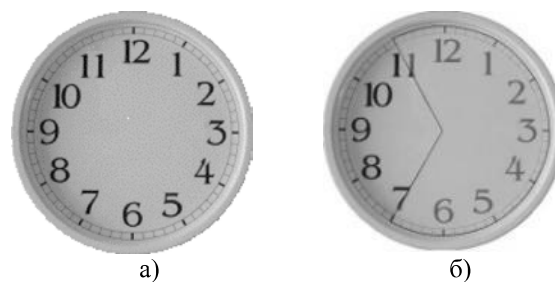


Рис. 3. Тарифи для двотарифних лічильників електроенергії: а – "День" з 7-00 до 23-00 коефіцієнт до тарифу 1,0; б – "Ніч" з 23-00 до 7-00 коефіцієнт до тарифу 0,5 / Tariffs for electricity meters with two rates: a - "Day" from 7-00 to 23-00 to the tariff rate of 1.0; b - "Night" from 23-00 to 7-00 to the tariff rate of 0.5

Або використання обліку по трьох зонах (тритарифний облік електроенергії). Облік по трizonних тарифах, диференційованих по періодах часу (Рис. 2).

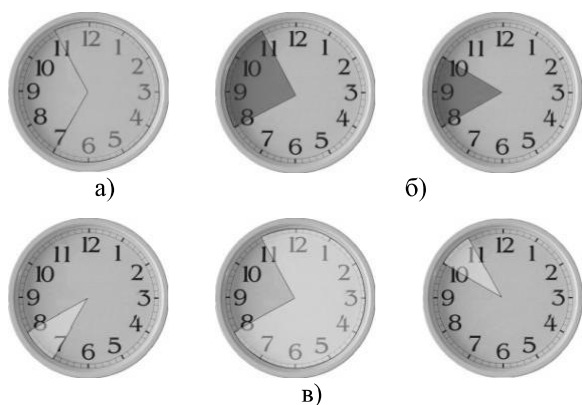


Рис. 2. Тарифи для тритарифних лічильників електроенергії: а – 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23 до 7 години); б – повний тариф в напівніковий період (з 7 до 8 години, з 11 до 20 години, з 22 до 23

години); в – 1,5 тарифу в години максимального навантаження енергосистеми (з 8 до 11 години та з 20 до 22 години) / Tariffs for electricity meters with three tariffs: a - 0.4 hours a night rate at the minimum load power (from 23 to 7:00); B - full fare at half the peak period (7 to 8 hours, 11 to 20 hours, 22 to 23 hours); in - tariff in 1.5 hours maximum load power (from 8 to 11 hours and from 20 to 22 hours)

Расчет системы отопления на более высокие температуры наружного воздуха (при максимальных температурах наружного воздуха, планируется совместное использование двух систем).

**Выводы:** Предложенная методика позволит увидеть и оценить возможные пути повышения энергоэффективности в гибридной системе отопления.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Губернский Ю.Д., Корневская Е.И. Гигиенические основы кондиционирования микроклимата жилых и общественных зданий. М.: "Медицина", 1978.-192 с.

Gubernskiy Y., Korenevskaya E.I. Gigienicheskie osnovy kondicionirovaniya mikroklimate zhilyh i obshchestvennykh zdaniy [Hygienic bases microclimate conditioning of residential and public buildings]. Moscow, "Medicine", 1978.-192 p.

2. Банхиди, Л. Тепловой микроклимат помещений / Л. Банхиди. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с. Bankhidi L. Teplovoiy mikroklimat pomecheniy [Thermal indoor climate]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1981. 248 p.

3. Грановский В.Л. Энергоэффективные системы отопления: тенденции, практика, проблемы // АВСК.- 2011.- № 8.

Granovskiy V. Energoeffektivnyye sistemy otopeniia: tendentsii, praktika, problemy [Energy-efficient heating systems: trends, practice, problems]. AVOK, 2011.- № 8.

4. Петренко А.О. Качество микроклимата жилищной среды и системы его обеспечения / Л.Г. Чесанов, В.О. Петренко, А.О. Петренко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2007. – № 40. – С. 27-31.

Chesanol L.G., Petrenko V.O., Petrenko A.O. Kachestvo mikroklimate zhilichnoy sredy i sistemy ego obespecheniia [The quality of the housing environment and the climate system to ensure its]. Building, materials sciences, mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue №40 – Dnipropetrovs'k, PSAES, 2007. – p. 27-31.

5. Петренко А.О. Современные методы оценки теплообмена человека с окружающей средой в помещении / Л.Г. Чесанов, В.О. Петренко, А.О. Петренко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2008. – № 46. – С. 29-35.

Chesanol L.G., Petrenko V.O., Petrenko A.O. Sovremennyye metody otsenki teploobmena cheloveka s okruzhayushchey sredoy v pomeshchenii [Modern methods of estimation of heat exchange with the environment in the room]. Building, materials sciences, mechanic engineering: Collection of scientific papers Issue №46 – Dnipropetrovs'k, PSAES, 2008. – p. 29-35.

6. Моделирование и оптимизация микроклиматических условий и параметров систем жизнеобеспечения помещений: монография /А.С. Беликов, С.З. Полищук, А.О. Петренко, В.О. Петренко, Е.Г. Кушнир, А.С. Полищук. – Днепропетровск: ЧМП «Экономика», 2013. – 176 с.

Belikov A.S, Polishchuk C.Z., Petrenko A.O., Petrenko V.O., Kuchnir Ye.G., Polishchuk A.C. Modelirovanie i optimizatsiya mikroklimatechikh usloviy i parametrov sistem zhizneobespecheniya pomeshcheniy [Modelling and optimization of micro-climatic conditions and parameters of the life support systems of buildings]. Dnipropetrovs'k, Ekonomika Publ., 2013. 176 p.

Статья рекомендована к публикации д-ром.техн.наук, проф. С. З. Полищуком (Украина)  
д-ром. техн. наук, проф. Л.С. Савиным (Украина)

Статья поступила в редколлегию 08.09.2015