Міністерство освіти і науки України

Чорноморський державний університет

Імені Петра Могили

УДК 620.92:504.06

**ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕПЛОХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ЗБАЛАНСОВАНОГО ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ І ТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.**

*Реферат наукової праці*

Автор:

Воскобойнікова Наталія Олександрівна,

к.т.н., доцент кафедри екології та природокористування Чорноморського державного університету імені Петра Могили

Миколаїв - 2014

Однією з проблем, що стоять перед людством, є питання забезпечення екологічної безпеки, яка значною мірою визначається джерелами та рівнем виробництва і споживання енергії. Використання традиційних енергетичних ресурсів призводить до накопичення твердих відходів (зола, шлаки, відпрацьовані мастила); викидання в атмосферу продуктів згоряння – пиловидних частинок і кислотних оксидів (СО, СО2, NOx, SOx), що спричиняє глобальний парниковий ефект; забруднення поверхневих і ґрунтових вод, які в кінцевому рахунку негативно позначаються на здоров’ї людей.

На сучасному етапі розвитку теорії екологічної безпеки основна увага приділяється розробленню науково обґрунтованого системного підходу до вирішення проблем техногенної небезпеки, спричиненої функціонуванням багатьох галузей промислового виробництва, водночас проблеми екологічної безпеки комунального сектора, зокрема, систем теплохолодозабезпечення, на які припадає близько 40% від загального забруднення атмосфери, залишаються мало вивченими.

Перехід на альтернативні джерела енергії – вітрову, сонячну, геотермальну, енергію біомаси – дозволяє, з одного боку, відмовитися від імпорту вартісних енергоносіїв і забезпечити споживачів гнучкими локальними енергетичними установками, а з іншого, що найголовніше – суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища. Аналіз науково-технічної інформації вказує на те, що, використовуючи сприятливі кліматичні умови півдня України, варто було б пожвавити і розширити встановлення сонячних установок і вітрогенераторів. Науковий підхід до розв’язання цієї екологічної проблеми, звичайно, вимагає поступового заміщення традиційних енергоносіїв альтернативними з дотриманням оптимального їх співвідношення.

На основі поєднання альтернативних і традиційних енергоресурсів у рамках концепції «*Green buildings*» (Д. Джонсон, І. Актар) створено математичні моделі та системи автоматичного управління енергозабезпеченням будівель. Проте, вони дозволяють оцінити лише показники енергоефективності, не даючи оцінки рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення при комплексному використанні в них альтернативних і традиційних джерел енергії. Розроблення цього аспекту проблеми підвищення рівня екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення будівель шляхом збалансованого перерозподілу потоків енергії між альтернативними та традиційними джерелами є, безперечно, актуальним і на часі.

**Мета праці –** підвищення рівня екологічної безпеки теплохолодозабезпечення будівель шляхом перерозподілу енергії між альтернативними і традиційними джерелами.

Досягнення поставленої мети забезпечується розв’язанням таких завдань:

* аналіз чинників формування екологічної небезпеки систем теплохолодозабезпечення будівель;
* розвиток методичних підходів до оцінки екологічного стану процесу теплохолодозабезпечення шляхом обґрунтування індикаторів та комплексного індексу екологічної безпеки на основі аналізу чинників формування екологічної небезпеки систем теплохолодозабезпечення;
* розробка математичної моделі перерозподілу потоків енергії між альтернативними і традиційними джерелами в системах теплохолодозабезпечення будівель, яка б дозволила оптимізувати індекс екологічної безпеки процесу теплохолодозабезпечення;
* розробка алгоритму підвищення екологічної безпеки теплохолодо-забезпечення шляхом оптимального перерозподілу енергії між альтернативними та традиційними джерелами;
* моделювання та оптимізація перерозподілу потоків енергії між альтернативними і традиційними джерелами в системах теплохолодозабезпечення в заданих природно-антропогенних умовах за індексом екологічної безпеки.

Об’єкт дослідження–екологічна безпека процесу теплохолодозабезпечення будівель з використанням традиційних і альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження– управлінняекологічною безпекою систем теплохолодозабезпечення будівель перерозподілом потоків енергії між традиційними та альтернативними джерелами енергії.

Методи дослідження.При обґрунтуванні індикаторів та індексу екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення використано теоретичні методи системного підходу й порівняльного аналізу. При розробці математичної моделі перерозподілу енергопотоків між альтернативними і традиційними джерелами застосовувалися методи балансового моделювання, елементи теорії ймовірності і математичної статистики. Як основний метод дослідження використано метод математичного моделювання з реалізацією моделей на ЕОМ (пакети *Маthlab, SPSS Statistica, MS Excel*). При оптимізації індексу екологічної безпеки системи теплохолодозабезпечення застосовано метод нелінійного програмування, а саме, метод зовнішніх штрафних функцій. Репрезентативність результатів дослідження перевірена експериментальним та статистичним методами.

**Наукова новизна:**

* вперше запропоновано індикатори екологічної безпеки систем теплохолодо-забезпечення, які чутливі до співвідношення потоків енергії між альтернативними і традиційними джерелами, завдяки чому дозволяють проводити порівняльну оцінку систем теплохолодозабезпечення;
* отримали подальший розвиток методичні засади формування комплексного індексу екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення, який базується на обгрунтованих індикаторах та враховує різнорідність впливів даних систем на навколишнє середовище і цінність різних компонентів довкілля для людини;
* удосконалено математичну модель перерозподілу енергії в системах теплохолодозабезпечення між альтернативними і традиційними джерелами, яка, на відміну від існуючих моделей, дозволяє оптимізувати параметри систем теплохолодозабезпечення за показником індексу екологічної безпеки збалансованим поєднанням різних альтернативних джерел енергії в системі та обсягів заміщення традиційних джерел альтернативними.

**Практична значимість:**

Розроблений алгоритм підвищення екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення будівель на основі перерозподілу вітрової та сонячної енергії між підсистемами гарячого водопостачання, опалення, кондиціювання і очистки води забезпечує зростання індексу екологічної безпеки альтернативних систем на 15-35%.

Запропоноване додаткове генерування з регульованою продуктивністю корисного продукту (патенти України № 41269, № 66037) дозволило підвищити ефективність використання альтернативних джерел енергії на 15-20%.

Вперше для природно-антропогенних умов Миколаївської області на прикладі окремої житлової будівлі за показником індексу екологічної безпеки вирішено оптимізаційну задачу теплохолодозабезпечення та здійснено порівняльну оцінку екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення різних типів.

Спроектовано та впроваджено геліосистеми гарячого водопостачання головного корпусу та гуртожитків Чорноморського державного університету імені Петра Могили (Акт впровадження № 03/-506 від 22.01.2014 р.). Виконано експериментальні дослідження геліосистеми гарячого водопостачання головного корпусу, результати яких підтвердили адекватність розробленої математичної моделі на рівні 92%.

**Основний зміст праці**

В дослідженні на основі аналізу науково-технічної інформації в галузі теоретичних основ оцінки екологічної безпеки, використання вітрової і сонячної енергії в системах теплохолодозабезпечення будівель, підходів до моделювання енергетичних потоків в альтернативних системах теплохолодозабезпечення виявлено основні загрози екологічній безпеці внаслідок функціонування систем теплохолодозабезпечення: забруднення атмосферного повітря газоподібними викидами, теплове забруднення довкілля, використання кисню повітря для процесу горіння традиційного палива, утворення твердих відходів, відчуження території під розміщення систем теплохолодозабезпечення та їх відходів, забруднення водних ресурсів, незворотне водовикористання, шумове забруднення, радіаційне забруднення, зменшення біорізноманіття екосистеми, які в кінцевому наслідку впливають на здоров’я людей. Встановлено ряд недоліків існуючих показників, критеріїв та індикаторів екологічної безпеки (оцінка впливу лише на окремі компоненти екосистем, використання валових показників впливу, застосування територіальних характеристик), які ускладнюють їх використання для комплексної оцінки екологічної безпеки процесів теплохолодозабезпечення.

Розроблено методику оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення на основі використання як традиційних, так і альтернативних джерел енергії. З цією метою обґрунтовано індикатори екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення, які враховують різноплановість їх впливу на навколишнє середовище і здоров’я людини, а також дають можливість виконувати порівняльну оцінку екологічної безпеки за різних технічних характеристик систем.

Для комплексної оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення запропоновано індекс екологічної безпеки (*ІЕБ*), який виражається через обґрунтовані індикатори, враховує вплив на усі сфери навколишнього середовища: атмосферу, літосферу, гідросферу, біосферу, соціосферу та цінність різних компонентів довкілля для людини:



де *Іj* – індикатор екологічної безпеки для *j*-того середовища (індикатори забруднення атмосферного повітря, теплового забруднення, використання кисню, утворення твердих відходів, відчуження території, забруднення водних ресурсів, незворотного водовикористання, шумового забруднення, радіаційного забруднення, біорізноманіття екосистеми); *dj* – коефіцієнт вагомості *j*-того середовища. Коефіцієнти вагомості середовищ визначаються на основі експертних оцінок з урахуванням цінності різних компонентів довкілля для людини як центру піклування в системі екологічної безпеки.

З метою розробки математичної моделі перерозподілу енергії між альтернативними і традиційними джерелами запропоновано альтернативну систему теплохолодозабезпечення будівлі на основі вітрової та сонячної енергії з компенсуванням енергодефіциту традиційними джерелами (рис. 1).



**Рис. 1.** Функціональна схема альтернативної системи теплохолодозабезпечення будівлі

На основі запропонованої функціональної схеми, аналізу існуючих математичних моделей та розробленої методики оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення створено математичну модель процесу перерозподілу потоків енергії між альтернативними і традиційними джерелами, яка дозволяє моделювати та оптимізувати параметри системи теплохолодозабезпечення за показником індексу екологічної безпеки залежно від обсягів заміщення традиційних джерел альтернативними, балансу різних альтернативних джерел (зокрема, вітрової та сонячної) та принципів акумулювання надлишкової енергії. Цільова функція задачі оптимізації має вигляд:



де *А* – площа поверхні геліоколектора, м2; *Іі* – інтенсивність потоку сонячної радіації, що надходить на поверхню колектора, Вт/м2; *η0* – ефективний оптичний ККД колектора; *К* – сумарний коефіцієнт тепловтрат геліоколектора,Вт/(м2·ºС); *Tвн*– температура всередині приміщення, °С; *Tнсі* – температура навколишнього середовища протягом досліджуваного *і-*того проміжку часу, °С; *Рі* – тривалість сонячного сяяння протягом досліджуваного періоду часу, с; *Срі* – коефіцієнт потужності вітроустановки; *D*– діаметр вітроколеса, м; *ρп* – густина повітря, кг/м3; *v* – швидкість вітру, м/с; *ηел* – ККД генератора; *ηмех* – ККД трансмісії; *ηев* – ККД електричного водонагрівача; *tі* – проміжок часу, с; *сп* – питома теплоємність повітря, Дж/(кг∙°С); *Кn* – коефіцієнти тепловтрат *n*-ного елемента огороджувальних конструкцій, Вт/(м2∙°С); *Fn* – площа поверхні *n*-ного елемента огороджувальних конструкцій, м2; °С; *r* – поправочний коефіцієнт при розрахунку інфільтрації повітря в приміщення; *L* – об’ємні витрати повітря, що видаляється, не компенсовані приточним повітрям, м3/с∙м2; *k* – коефіцієнт врахування впливу внутрішнього потоку в конструкціях; *qвт* – сумарні питомі тепловиділення Вт/м2; *Fпідл* – площа підлоги, м2; *N* – кількість жителів, ос.*;g* – середні витрати гарячої води на одну людину, л/(люд.∙с); *св* – питома ізобарна теплоємність води,Дж/(кг∙°С); *ρв* – густина води, кг/л; *Тгв* – температура води в системі гарячого водопостачання, °С; *Tхі* – температура холодної води, °С; *β* – коефіцієнт, що характеризує втрати тепла трубопроводами в системі гарячого водопостачання; *Тхт* – початкова температура теплоносія в акумуляторі, °С; *AАК* – площа поверхні акумулятора, м2.

На основі функціональної схеми та математичної моделі розроблено алгоритм підвищення екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення шляхом перерозподілу потоків вітрової та сонячної енергії між підсистемами гарячого водопостачання, опалення, кондиціювання та очистки води з максимальним рівнем заміщення традиційних ресурсів альтернативними та повним використанням надлишкової енергії, виробленої альтернативними джерелами, за рахунок не лише акумулювання в тепловому акумуляторі, а й додаткового генерування з регульованою продуктивністю корисного продукту (патенти України № 41269, № 66037).

За розробленою моделлю виконано математичне моделювання процесу перерозподілу енергії між альтернативними і традиційними джерелами в системах теплохолодозабезпечення окремої житлової будівлі в кліматичних умовах м. Миколаєва та для території Миколаївської області в цілому, оцінено рівень екологічної безпеки даних систем, а також вирішено оптимізаційну задачу за показником індексу екологічної безпеки.

Результати моделювання довели, що врахування перерозподілу енергопотоків дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки альтернативної системи на 35%; а застосування оптимального рішення робить можливим підвищення індексу екологічної безпеки альтернативної системи в порівнянні з традиційною на вугільному паливі на 63%. Результати дослідження зміни індексу екологічної безпеки при впровадженні вітрових та сонячних установок в існуючі системи теплохолодозабезпечення різних регіонів Миколаївської області (Баштанського, Вознесенського, Миколаївського, Очаківського, Первомайського) показали можливість його підвищення на 50-55%.

**Результати виконаного дослідження впроваджено:**

* У виробництво при моделюванні, проектуванні та експлуатації геліосистем гарячого водопостачання головного корпусу та двох гуртожитків Чорноморського державного університету (ЧДУ) імені Петра Могили, які забезпечують гарячою водою кухні, душові та вбиральні в гуртожитках, а також душові спортзалу та їдальню головного корпусу (Акт впровадження № 03/-506 від 22.01.2014 р.). Протягом експлуатації (2009-2012 р.р.) геліосистеми виробили 662 Гкал теплової енергії, що забезпечило досягнення економічного ефекту на рівні (Довідка про економічну ефективність № 03/-1298 від 30.08.2013):
* для геліосистеми головного корпусу – 36 тис. грн. (Витрати на розробку та встановлення геліоустановки склали 39 тис. грн. Геліосистема головного корпусу протягом 2009-2012 р.р. виробила 116 Гкал теплової енергії, що дозволило заощадити 75 тис. грн. Період окупності склав 2,8 роки);
* для геліоустановки гуртожитку по вул. Чигрина, 82 – 58 тис. грн. (Витрати на розробку та встановлення геліоустановки склали 52 тис. грн. Геліосистема гуртожитку протягом 2009-2012 р.р. виробила 307 тис. кВт∙год електроенергії, що дозволило заощадити 110 тис. грн. Період окупності склав 2,2 роки);
* для геліоустановки гуртожитку по вул. вул. Крилова, 19 Г – 66 тис. грн. (Витрати на розробку та встановлення геліоустановки склали 53 тис. грн. Геліосистема гуртожитку протягом 2009-2012 р.р. виробила 328 тис. кВт∙год електроенергії, що дозволило заощадити 119 тис. грн. Період окупності склав 2,3 роки).

Загальний економічний ефект, досягнутий від впровадження геліоустановок, протягом 2009-2012 років склав 160 тис. грн.

* У навчально-виховний процес ЧДУ імені Петра Могили при викладанні курсів «Техноекологія», «Альтернативні джерела енергії», «Енергозаощаджуючі технології», керівництві курсовими роботами з дисципліни «Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища» протягом 2008-2013 років (Акт впровадження № 03/ -253 від 05.11.2013 р.).
* У проектні рішення на ПАТ «Український науково-дослідний інститут технології суднового машинобудування» протягом 2012-2013 р.р. при розробці двох робочих проектів будівництва зон відпочинку в розділі «Екологічні рішення та енергозбереження», що забезпечило заощадження енергетичних ресурсів на рівні 200 Гкал або 29 т.у.п. на рік.
* У проекті «Стратегії сталого розвитку міста Миколаєва на 2014 – 2030 рр.», при розробці Розділу 7 «Пріоритетні напрямки сталого розвитку міста Миколаєва», а саме: «Пріоритету D: Розвиток високоефективної системи житлово-комунального господарства для забезпечення комфортного та безпечного проживання населення». В рамках проекту виконано моделювання індексів екологічної безпеки для систем теплохолодозабезпечення будівель різних типів у природно-кліматичних умовах м. Миколаєва, оцінено можливість підвищення екологічної безпеки існуючих систем за рахунок оснащення їх вітровими та сонячними установками, розроблено рекомендації щодо підвищення рівня екологічної безпеки процесу теплохолодозабезпечення комунального сектору (Довідка про впровадження № 107/08/05 від 22.01.2014).

Результати досліджень доповідались та обговорювались на наукових конференціях різних рівнів, а саме: міжнародних енергоекологічних конгресах «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2006, 2007); міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми екологічної безпеки» (Кременчук, 2005, 2010); міжнародних науково-практичних конференціях «Ольвійський форум: Пріоритети України в геополітичному просторі» (Ялта, 2006-2013; Севастополь, 2012); IV Міжнародній науково-практичній конференції «Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні» (Львів, 2007);II Міжнародній науково-технічній конференції «Муніципальна енергетика: Проблеми, рішення» (Миколаїв, 2007); щорічних науково-методичних конференціях «Могилянські читання» (Миколаїв, 2005-2013); Всеукраїнських наукових конференціях студентів, магістрантів і молодих вчених «Екологічні проблеми регіонів України» (Одеса, 2007, 2009); науково-практичній конференції «Природоохоронні аспекти відновлюваної енергетики» (Миколаїв, 2012); науково-практичній конференції «Шляхи забезпечення екологічної безпеки населених пунктів України» (Миколаїв, 2012); IV Міжнародному форумі «Трансфер технологій та інновації: Інноваційний розвиток та модернізація економіки» (Київ, 2012); ІХ Міжнародній конференції «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (Мінськ, 2013); VІ Всеукраїнському з’їзді екологів з міжнародною участю (Вінниця, 2013); ІІ Міжнарожній науково-практичній конференції "Енергоефективний університет" (Київ, 2013).

За результатами проведених досліджень опубліковано 28 наукових робіт, з них: 13 – у фахових наукових виданнях з технічних наук; 10 тез доповідей на наукових конференціях; 2 патенти України.

**Висновки**

У даній роботі наведено нове вирішення науково-прикладної задачі підвищення екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення шляхом перерозподілу потоків енергії між альтернативними та традиційними джерелами, що дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля.

1.  Обгрунтовано індикатори екологічної безпеки систем теплохолодо­забезпечення, які дозволяють проводити порівняльну оцінку систем з різними технічними характеристиками на основі врахування перерозподілу потоків енергії між альтернативними та традиційними джерелами.

2.  Запропоновано індекс комплексної оцінки екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення на основі системи обґрунтованих індикаторів, який враховує різнорідні аспекти впливу на навколишнє середовище і вагомість різних видів техногенного впливу на людину.

3.  Запропоновано математичну модель перерозподілу енергії в системах теплохолодозабезпечення між альтернативними і традиційними джерелами, яка дозволяє оптимізувати обсяги заміщення традиційних джерел та баланс різних альтернативних джерел за показником індексу екологічної безпеки на 15-35% в умовах Миколаївської області.

4.  Розроблено алгоритм підвищення екологічної безпеки систем теплохолодозабезпечення будівель шляхом перерозподілу потоків вітрової і сонячної енергії між підсистемами гарячого водопостачання, опалення, кондиціювання та очистки води з максимальним рівнем заміщення традиційних ресурсів альтернативними та повним використання надлишкової енергії (патенти України № 41269, № 66037), що забезпечує підвищення ефективності використання альтернативних джерел енергії на 15-20% та ІЕБ на рівні 0,73, що є оптимальним в природно-кліматичних умовах м. Миколаєва.

5.  На прикладі окремого житлового будинку доведено можливість підвищення індексу екологічної безпеки альтернативної системи в порівнянні з традиційною на вугільному паливі на 63%. Для різних регіонів Миколаївської області (Баштанського, Вознесенського, Миколаївського, Очаківського, Первомайського) показана можливість його підвищення впровадженням вітросонячних установок на 50-55%.

6.  На основі отриманих результатів досліджень розроблено і оптимізовано геліосистеми гарячого водопостачання, які впроваджено в Чорноморському державному університеті імені Петра Могили (Акт впровадження № 03/-506 від 22.01.2014 р.). Загальний економічний ефект склав 160 тис. грн. (Довідка № 03/-1298 від 30.08.2013). Результати роботи впроваджені у виробництво, навчально-виховний процес та в стратегію розвитку регіону.