

**Секція:** Енергетика та енергозбереження

4. Науково-технічні проблеми дослідження енергетичних систем та комплексів. 4.1. Дослідження загальних властивостей, техніко-економічних закономірностей та тенденцій розвитку енергетичних систем і комплексів.

**Назва пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки згідно з Законом України:** Енергетика та енергоефективність

### АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за завершеною науково-дослідною роботою за **2013 - 2014 роки**

(Характер НДР: **прикладне дослідження/розробка**)

**1. Тема НДР:** Удосконалення теплових схем систем централізованого та автономного теплопостачання за рахунок впровадження альтернативних та місцевих енергетичних ресурсів.

**2. Керівник НДР:** д-р техн. наук, проф. Саф'янц Сергій Матвійович

**3. Номер державної реєстрації НДР:** 0112U008494

**4. Номер облікової картки заключного звіту:** 0215U006130

**5. Назва вищого навчального закладу, наукової установи:** ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

**6. Терміни виконання:** початок - 01.01.2013, закінчення - 31.12.2014

**7. Обсяг коштів, виділених на виконання НДР за весь період (згідно з запитом / фактичний):** 260 / 206,655 тис.грн.

**8. Короткий зміст запиту:**

**Предмет дослідження:** Предметом дослідження є система критеріїв, умов та показників, які дають можливість проводити оцінку енергетичної ефективності різних видів систем теплопостачання в житлово-комунальному господарстві України та розробляти рекомендації щодо їх реконструювання, за рахунок використання альтернативних та місцевих енергоносіїв.

**Об'єкт дослідження:** Об'єктом дослідження є системи централізованого та автономного теплопостачання у житлово-комунальному господарстві України, які включають джерела теплопостачання – центральні райони котельні, теплоелектроцентралі, автономні та індивідуальні котельні.

**Мета науково-дослідної роботи:** Мета проекту полягає в розробці методик проектування теплових схем та визначенні раціональних режимів регулювання теплових навантажень на підставі критеріїв ефективності систем теплопостачання з урахуванням існуючих умов та наявності альтернативних та місцевих видів енергоносіїв.

**Основні завдання, задачі чи проблеми, які необхідно було вирішити для досягнення мети:** Провести аналіз сучасного стану теплопостачання в житлово-комунальному господарстві України, провести оцінку переваг та недоліків існуючих систем; провести огляд використання різних систем теплопостачання у інших країнах; вивчення можливостей використання електричної енергії для виробництва теплової енергії в сфері житлово-комунального господарства з метою зниження вартості послуг як в системах з прямим перетворенням електричної енергії у теплову, так і в системах з тепловими насосами; визначення критеріїв удосконалення схем теплопостачання, технічної можливості і економічної доцільності реконструкції; вибір раціональних схем реконструкції існуючих та проектування нових систем теплопостачання будівель з метою використання альтернативних джерел.

**9. Опис процесу наукового дослідження:** Для визначення енергетичної ефективності процесів перетворення енергії використовується термодинамічний аналіз, одним з видів якого є ексергетичний аналіз, що дозволяє визначити міру термодинамічної досконалості різних установок. В той же час, ексергетичний підхід до визначення ефективності отримання теплової і електричної енергії в схемі їх комбінованого виробництва, як відзначають багато дослідників, не дозволяє адекватно

зробити розділення витрат енергії первинного джерела. Внаслідок цього, прийняті в різних країнах методи визначення витрат палива і, відповідно, тарифів на вироблену енергію в комбінованому циклі не базуються на термодинамічних методах. Таким чином, можливості оптимізації структури джерел виробництва теплової та електричної енергії в масштабах країни за критерієм найбільшої енергоефективності сильно обмежені.

Основним недоліком ексергетичного методу є те, що ексергія, будучи мірою робото спроможності теплової енергії, в той же час не може служити еквівалентом роботи, виробленої в комбінованому циклі. У реальній установці неможливо отримати роботу, рівну ексергії джерела теплової енергії. Таким чином теплота, оцінювана в комбінованому циклі по її ексергії, є переоціненою.

Авторами запропоновано і апробовано метод аналізу термодинамічної ефективності систем, заснований на приведенні виробленої енергії до одного виду. Суть методу в тому, що замінюючи один вид енергії еквівалентом іншого, ми враховуємо ступінь досконалості реального циклу, в якому ця енергія може бути перетворена. Якщо ступінь термодинамічної досконалості цього циклу прийняти рівною одиниці, то оцінка ефективності системи стає рівною її ексергетичного ККД. Тобто, запропонований метод є більш загальним.

Еквівалент роботи для теплової енергії визначається як множення її ексергії на відносний коефіцієнт роботоспроможності деякого реального циклу. Однак визначення цього коефіцієнта вкрай важко, оскільки можливість використання теплової енергії відносно низького потенціалу для виробництва роботи практично не реалізується.

У той же час роботу, вироблену в комбінованому циклі, можна замінити тепловим еквівалентом. Цей еквівалент визначається як кількість теплоти, яку можна отримати в реальному тепловому насосі з даної роботи. Використання теплового еквівалента роботи більш перспективно, так як в даний час використання електроенергії для виробництва теплоти в теплових насосах є реальною можливістю. Застосування теплових насосів можливо як в комбінованій, так і в роздільній схемах виробництва теплової та електричної енергії. І якщо в роздільній схемі тепловий насос може підвищити енергетичну ефективність виробництва теплової енергії, то в комбінованій схемі він, по суті, є установкою, що дозволяє регулювати співвідношення виробництва теплової та електричної енергій. Таким чином, можливість використання теплових насосів в роздільній схемі, значно знижує термодинамічне перевагу комбінованої схеми, і підвищує вимоги до когенераційної установки.

Введення в термодинамічний аналіз енергетичних еквівалентів, заснованих на дослідженні процесів перетворення енергії в реальних циклах, відкривається необхідність аналізу реальних, альтернативних один одному схем, які конкурують між собою за багатьма показниками.

**Таблиця 1.**

**Результати етапів (відповідно до технічного завдання)**

№ з/п	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
1	Визначення критеріїв удосконалення схем тепlopостачання, технічної можливості і економічної доцільності реконструкції. Вибір структури та конфігурації джерел залежно від типу	Визначення шляхів удосконалення систем тепlopостачання у житлово-комунальному господарстві України за допомогою альтернативних джерел енергії. Критерії та показники оцінки можливості реконструкції існуючих та проектування	Визначено шляхи удосконалення систем тепlopостачання у житлово-комунальному господарстві України за допомогою альтернативних джерел енергії. Критерії та показники оцінки можливості реконструкції існуючих та проектування

№ з/п	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати етапу	Отримані результати етапу
	споживача та властивостей альтернативних енергоносіїв. Визначення критерію оптимальності схеми теплопостачання.	нових систем теплопостачання з використанням альтернативних джерел енергії. Публікація 5 статей, 4 випускних робіт магістрів та спеціалістів. Підготовка учбового посібника.	нових систем теплопостачання з використанням альтернативних джерел енергії. Опубліковано 5 статей, 4 випускних робіт магістрів та спеціалістів. Підготовлено 1 учбовий посібник. Захищено 1 кандидатську та 1 докторську дисертацію.
2	Розробка математичних моделей та принципів теплових схем систем централізованого та автономного теплопостачання з використанням альтернативних і відновлюваних джерел енергії.	Математичні моделі та принципові теплові схеми систем централізованого та автономного теплопостачання з використанням альтернативних і відновлюваних джерел енергії. Публікація 5 статей, 4 випускних робіт магістрів та спеціалістів. Захист 1 кандидатської дисертації. Підготовка до захисту 1 докторської дисертації. Публікація монографії.	Розроблено Математичні моделі та принципові теплові схеми систем централізованого та автономного теплопостачання з використанням альтернативних і відновлюваних джерел енергії. Опубліковано 5 статей, 4 випускних робіт магістрів та спеціалістів. Публікація монографії.

**10. Наукова новизна та значимість отриманих наукових результатів:** В роботі запропоновано метод енергетичних еквівалентів, заснований на вдосконаленому ексергетичному аналізі. На підставі цього методу авторами роботи запропоновано новий науковий підхід до визначення ефективності виробництва теплової та електричної енергії в комбінованому циклі.

В основі методу розділення витрат палива в комбінованому циклі лежить визначення інтегрального критерію, що характеризує ефективність використання енергії паливних ресурсів в альтернативній схемі споживача, що є частиною роздільної схеми. Вперше запропоновано критерій, який визначає по суті цінність електричної енергії по відношенню до теплової в залежності від конкретних умов, а також може враховувати стратегію розвитку систем теплопостачання, направлену на поширення використання відновлювальних джерел енергії, покращення стану навколишнього середовища, підвищення енергетичної безпеки та інше. Таких підхід робить умови конкуренції комбінованої та роздільної схем теплоелектропостачання більш прозорими та керованими.

Також, за допомогою визначення відповідного критерію споживача, запропонована методика враховує вплив властивостей абонентів на ефективність роботи джерела теплоелектропостачання, чого не було раніше. Розробка має переваги перед світовими аналогами.

Запропонований підхід має особливе значення при проектуванні схем виробництва теплової та електричної енергії, і може бути використаний в суміжних галузях науки і техніки.

**11. Відмінні риси і перевага отриманих результатів (продукції) над вітчизняними або зарубіжними аналогами чи прототипами:** В роботі запропоновано комплексний підхід до аналізу теплоенергетичної системи: джерело-транспорт-споживач за допомогою нового вдосконаленого термодинамічного методу шляхом створення відповідних математичних моделей та визначення критеріїв, умов та показників, які дають можливість проводити оцінку ефективності систем теплопостачання та розробляти рекомендації щодо їх удосконалення, зокрема, за допомогою використання альтернативних джерел енергії.

Сучасні напрями вдосконалення систем теплопостачання включають: впровадження систем комбінованого виробництва теплової та електричної енергії в міні-ТЕЦ з застосуванням когенераційних установок на базі газопоршневих і газотурбінних двигунів; використання теплових насосів в системах вентиляції, опалення, гарячого водопостачання, а також створення єдиних систем опалення та кондиціювання будівель; використання систем регенерації теплової енергії вентиляційного повітря; оптимізація графіків електроспоживання за рахунок збільшення навантаження в нічний час, у тому числі і для виконання навантажень теплопостачання і т.д. Однак у різних схемах одне і те ж обладнання може виконувати різні функції. Наприклад, тепловий насос в роздільній схемі є засобом підвищення енергетичної ефективності системи, а в тепловій схемі міні-ТЕЦ, обладнанням, що дозволяє регулювати співвідношення виробництва теплової та електричної енергії з метою оптимізації графіків електроспоживання.

Також розроблена методика проектування джерел теплопостачання з використанням теплових насосів та іншого устаткування, що використовує альтернативні та місцеві енергетичні ресурси на базі єдиних критеріїв. Це дозволяє оптимізувати потужності обладнання з метою досягнення найкращих техніко-економічних показників. Існуючі методики не дозволяють враховувати альтернативні варіанти підбору устаткування. Запропонований комплексний підхід, який відображається у відповідній методиці, дозволяє однозначно визначити найбільш ефективну схему джерела теплопостачання для конкретного типу споживача а також параметри реконструкції всієї системи, з урахуванням таких показників, як енергетична ефективність, екологічна безпека, обґрунтований потенціал використання відновлювальної енергії, надійність та інші, і відповідає сучасним вимогам та рівню досліджень у галузі теплопостачання.

Відповідно до цього визначені шляхи удосконалення систем теплоелектропостачання з урахуванням властивостей паливно-енергетичного комплексу України та потенціалу його розвитку та запропоновані рекомендації щодо впровадження альтернативних та місцевих енергетичних ресурсів у теплових схемах централізованого та автономного теплопостачання.

**12. Практична цінність результатів та продукції:** Методика та рекомендації щодо проектування нових та реконструкції існуючих систем теплопостачання дозволить виконувати раціональний вибір потужності нового обладнання, розробляти економічні режими роботи устаткування, і, таким чином, підвищити конкурентоспроможність використання альтернативних джерел енергії, що, враховуючи істотне покращення екологічних показників має велику інвестиційну привабливість. Впровадження нових схем дозволить істотно знизити використання природного газу у теплопостачанні, що також має велике соціально - економічне значення.

З комунальними підприємствами ККП «Донецькміськтепломережа», КП «Тепломережа», ОКП «Донецьктеплокомуненерго» досягнуті домовленості щодо участі ДонНТУ у проектуванні теплових схем джерел теплопостачання з використанням альтернативних та відновлювальних джерел енергії на договірних засадах, але бойові дії у цьому регіоні вимушують відкласти практичне впровадження досягнутих результатів.

**13. Використання результатів у навчальному процесі:** По результатам НДР оновлені наступні курси лекцій:

- «Джерела теплопостачання»;
- «Теплові мережі»;
- «Альтернативні джерела енергії»;

- «Використання вторинних енергоносіїв».

Створено нові лабораторні роботи по курсу «Джерела тепlopостачання».

#### 14. Результативність виконання науково-дослідної роботи

Таблиця 2.

№ з/п	Критерії	Заплановано (відповідно до запиту)	Виконано (за результатами НДР)	% виконання
1	<b>Публікації колективу виконавців НДР:</b>			
	1.1. Статті у журналах, що входять до наукометричних баз даних	2	3	150
	1.2. Публікації в матеріалах конференцій, що входять до наукометричних баз даних	0	0	0
	1.3. Статті у журналах, що включені до переліку наукових фахових видань України	5	8	160
	1.4. Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України	10	10	100
	1.5. Монографії, опубліковані за рішенням Вченої ради ВНЗ (наукової установи)	1	2	200
	1.6. Підручники, навчальні посібники з грифом МОНмолодьспорт України (МОН України)	0	0	0
	1.7. Навчальні посібники без грифу МОНмолодьспорт України (МОН України)	0	1	>100
	1.8. Словники, довідники	0	0	0
2	<b>Підготовка наукових кадрів:</b>			
	2.1. Захищено докторських дисертацій за тематикою НДР	1	1	100
	2.2. Подано до розгляду у спеціалізовану вчену раду докторських дисертацій за тематикою НДР	0	0	0
	2.3. Захищено кандидатських дисертацій за тематикою НДР	1	1	100
	2.4. Подано до розгляду у спеціалізовану вчену раду кандидатських дисертацій за тематикою НДР	0	0	0
	2.5. Захищено магістерських робіт за тематикою НДР	8	8	100
3	<b>Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності, які створено за тематикою НДР:</b>			

№ з/п	Критерії	Заплановано (відповідно до запиту)	Виконано (за результатами НДР)	% виконання
	3.1. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) України	4	5	125
	3.2. Подано заявок на отримання патенту України	0	0	0
	3.3. Отримано патентів (свідоцтв авторського права) інших держав	0	0	0
	3.4. Подано заявок на отримання патенту інших держав	0	0	0
4	Участь з оплатою у виконанні НДР:			
	4.1. Студентів	3	1	33
	4.2. Молодих учених та аспірантів	3	2	66

**15. Бібліографічний перелік монографій, підручників, посібників, словників, довідників, наукових статей, інших публікацій; подані заявки та отримані патенти; теми захищених та поданих до розгляду у спеціалізовану вчену раду дисертацій** (за матеріалами досліджень за період виконання НДР):

Захищені кандидатські та докторські дисертації:

1. Бірюков, Олексій Борисович. Розвиток наукових основ ефективного управління теплотехнічними процесами систем виробництва безперервнолітої заготовки та її раціональної теплової обробки. Дисертація д-ра техн. наук, 2013.

2. Саф'янц, Артем Сергійович. Удосконалення теплообмінних процесів при виробництві теплової енергії у котлах малої потужності, її передачі та споживанні. Дисертація канд. техн. наук, 2013.

Перелік підручників та монографій:

1. Бірюков А.Б. Энергоэффективность и качество тепловой обработки материалов в печах. Монография. - Донецк: «Ноулидж», 2012.- 247с.

2. Бірюков А.Б. Совершенствование теплотехнических параметров систем производства непрерывнолитой заготовки и ее тепловой обработки. Монография. - Донецк: «Ноулидж», 2013.- 471с.

3. Бірюков А.Б., Басок Б.И., Курбатов Ю.Л., Новікова О.В. Теплоэнергетика металлургического производства. Учебное пособие. - Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2013.- 228 с

Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності

1. Теплонасосна установка повітряного опалювання, охолодження та гарячого водопостачання. / Саф'янц С. М., Колесніченко Н. В., Константинов Г. Ю., Бурлакова Д.Є., Саф'янц А. С. // Патент на корисну модель № 80238 Бюл. №10 от 27.05.2013

2. Реактор для отримання синтез-газу / Бірюков О.Б., Гнітійов П.О. // Патент на корисну модель 81539 С01В 3/38 Бюл. № 13, 2013 р.

3. Пристрій для одержання вуглецевих наноматеріалів / Бірюков О.Б., Альохіна Н.В. // Патент на корисну модель №79606 С01В 31/02 Бюл. № 8, 2013 р.

4. Спосіб виробництва метанолу з синтез-газу / Бірюков О.Б., Дробот С.Г. // Патент на корисну модель №79500 С07С29/152 Бюл. №8, 2013 р.

5. Спосіб інтенсифікації конвективного теплообміну / Бірюков О.Б., Гавриленко Б.В., Скоробогатова І.В., Гнітійов П.О. // Патент на корисну модель №85127 F28F 13/10 Бюл. №21, 2013 р.

Основні публікації:

1. О путях снижения потребления природного газа в коммунальном хозяйстве

- Украины / Н.В. Колесниченко, Д.Е. Бурлакова, Ю.М. Магера // Энергетика. Энергосбережение. Энергоаудит. – 2014. – №1. – С.2-10.
2. Целесообразность утилизации вторичных тепловых энергоресурсов в горнорудной промышленности на основе внедрения теплонасосных технологий / А.С. Сафьянц, С.В. Гридин, Н.В. Колесниченко // Metallurgical and mining industry. – 2013. – №3(279). – С. 103-112.
3. Billet CC's mould heat engineering parameters monitoring system / A.B. Birukov // Metallurgical and mining industry. – 2014. – №1. – Р. 44-48
4. Методика расчета и исследование процесса газификации твердого топлива по смешанной схеме / Бирюков А.Б. // Metallurgical and mining industry. – 2014. – №3. – С. 55-58
5. Diagnostics of reactors hydrodynamic parameters pyrolytic carbon nanomaterials synthesis when used a limited number of sensors / A.B. Birukov, G.O. Zaika // The International Summer School «Nanotechnology: from fundamental research and practice conference «Nanotechnology and nanomaterials» (NANO – 2013) – Lviv, August 25 – September 1, 2013. – Р. 268.
6. Анализ перспектив повышения коэффициента теплопередачи в теплообменных аппаратах рекуперативного типа / А.Б. Бирюков // Сб. научн. трудов ДонНТУ. – 2013. – №1(16)-2(17) С. 182-188.
7. Оценка параметров работы двухвалковой МНЛЗ на основе анализа процесса теплопередачи/ А.Б. Бирюков // Metallurgical and mining industry. – 2013. – №5. – С. 97-100.
8. Аэродинамическая характеристика дымового тракта печного агрегата и ее использование для анализа мероприятий по совершенствованию тепловой работы печи / А.Б. Бирюков // Металл и литье Украины. – 2013. – №7. – С. 18-21
9. Компьютерная модель расчета показателей работы системы теплоснабжения жилого массива / А.С. Сафьянц, С.В. Гридин, А.Л. Попов, Д.Л. Безбородов, Е.К. Сафонова // Математичне моделювання. – 2013. – №1 (26). – С.50-54.
10. Сафьянц А.С. К вопросу о проектировании бинарного источника отопления «котел - тепловой насос» / А.С. Сафьянц // Промышленная теплотехника. – 2012. – №7. – С.33.
11. Про використання теплових насосів для покриття навантажень гарячого водопостачання та опалення / В.В. Кравцов, С.В. Гридин, А.С. Саф'янц, В.В. Карнаух // Обладнання та технології харчових виробництв. – 2012. – №29. – С. 106-114.

Опубліковано більш 10 статей та тезисів в матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України. Захищено 4 випускних робіт спеціалістів та 8 випускних робіт магістрів.

**16. Використання результатів НДР в промисловості (інших галузях):** 3 комунальними підприємствами ККП «Донецькміськтепломережа», КП «Тепломережа», ОКП «Донецьктеплокомуненерго» досягнуті домовленості щодо участі ДонНТУ у проектуванні теплових схем джерел тепlopостачання з використанням альтернативних та відновлювальних джерел енергії на договірних засадах, але бойові дії у цьому регіоні вимушують відкласти практичне впровадження досягнутих результатів.

**17. Кількість персоналу, що брав участь у виконанні НДР:**

Кількість штатних співробітників: 0, кількість сумісників (окрім студентів): 6, кількість молодих учених з оплатою: 2, кількість студентів з оплатою: 1. Всього: 7.

**18. Рішення вченої (наукової, науково-технічної) ради** від 11.12.2014 протокол №1 про закінчення роботи.

**Керівник роботи:**

\_\_\_\_\_ С.М. Саф'янц  
підпис

**В.о. ректора**

\_\_\_\_\_ Я.О. Ляшок  
підпис

**МП**