

ВІДГУК

офіційного опонента Ганжі А.М. на дисертаційну роботу Казарової Інни Олександрівни «Підвищення ефективності систем енергопостачання за рахунок впровадження когенерації», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації складає 194 сторінки, серед них: 134 сторінок основного тексту, 41 рисунок, 19 таблиць, 5 додатків на 25 сторінках, 142 найменування літературних джерел.

Актуальність теми дисертаційної роботи та її відповідність планам наукових досліджень

Сучасний стан промислового комплексу України характеризується постійним збільшенням вартості енергоносіїв. Частина споживання паливно-енергетичних ресурсів припадає на об'єкти комунальної енергетики, які мають значний потенціал впровадження енергозберігаючих технологій. Одним з напрямків енергозбереження є застосування електрогенеруючого устаткування на існуючих котельнях. Ця практика широко використовується у розвинених країнах світу та є вельми актуальною для України.

На сучасному етапі становлення децентралізованого енергопостачання України дуже важливим є узагальнення існуючих рішень та створення комплексного підходу до вибору електрогенеруючого устаткування з урахуванням режимів експлуатації котлів на котельнях.

Комунальна енергетика України має у своєму складі більш ніж 100 тис. котлів, що говорить про значний потенціал впровадження енергозбереження на теплогенеруючих об'єктах, шляхом реконструкції котелень у міні-ТЕЦ, при встановленні сучасних газопоршневих двигунів, паротурбінних установок та газотурбінних установок малої потужності, а також використанні замкнених паротурбінних циклів на низькокиплячих робочих тілах. Раціональний та обґрунтований вибір технічного рішення дозволить максимально ефективно використовувати паливно-енергетичні ресурси.

Саме цим питанням присвячені дослідження, проведені в даній дисертаційній роботі, що визначає безперечну актуальність поданих матеріалів.

Вх. 52/117 6/9 12.03.2018

Тематика дисертаційної роботи відповідає Закону України «Про енергозбереження» № 74/94-ВР від 01.07.1994 р., пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки. Матеріали, які представлені у дисертаційній роботі, є узагальненням наукових результатів, отриманих автором з 2011 по 2017 роки як одного з виконавців науково-дослідних робіт за плановими держбюджетними темами і господарськими договорами кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова.

Оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеність в цілому

Перший розділ присвячений аналізу робіт з проблеми енергозбереження у різних сферах народного господарства, зокрема на об'єктах комунальної енергетики України та при утилізації скидної теплоти малого потенціалу під час генерації теплової енергії.

Значна увага в розділі приділена опису існуючих підходів до впровадження енергоощадних заходів на основі застосування електрогенеруючого устаткування на теплогенеруючих об'єктах комунальної енергетики. Виконано аналіз літературних джерел та базового програмного комплексу з математичного моделювання теплових схем, що використовується під час розрахунку теплових схем пропонуванних енергетичних установок.

Подані цікаві матеріали з оцінки доцільності переведення теплогенеруючих об'єктів комунальної енергетики України у режим когенерації шляхом реалізації різних типів електрогенеруючого устаткування.

Розглянуто такий важливий напрям розв'язання задач енергозбереження, як переведення районних котельень у малі ТЕЦ із застосуванням ГПД, ПТУ або ГТУ.

Проведено аналіз доцільності реалізації турбін на низькокиплячих робочих тілах стосовно скидної теплоти котельних агрегатів.

Слід зазначити достатню повноту матеріалів першого розділу, в якому розглянуті особливості впровадження електрогенеруючого устаткування малої потужності на об'єктах комунальної енергетики під час розв'язання задач енергозбереження та сформульовано основні напрями наукових досліджень.

У *другому розділі* наведено структуру математичної моделі енергоустановок, яка адаптована автором для розв'язання поставлених задач.

У розділі також наведено рівняння, що враховують термодинамічні властивості робочих тіл при розрахунку турбінних циклів на різних теплоносіях.

Наведено особливості розрахункових досліджень з визначення електричної потужності замкнених паротурбінних циклів при використанні теплоти малого потенціалу на теплогенеруючих об'єктах.

Розділ завершує опис розробленої і використовуваної в процесі дослідження техніко-економічної моделі, що дозволяє проводити оцінки витрат на вироблення електричної та теплової енергії, визначати собівартість енергії, яка виробляється, і прибуток від її реалізації, а також шляхи вдосконалення роботи енергокомплексу у цілому.

Третій розділ присвячений побудові алгоритму аналізу котельного парку з позиції розрахунку та підбору параметрів при перетворенні їх у міні-ТЕЦ. За результатами отримано структуру та послідовність проведення аналізу режимів роботи котелень й розрахункових досліджень з визначення техніко-економічної доцільності переведення котелень у режим когенерації.

За результатами аналізу фактичних режимів експлуатації районних котелень та витрат на виробництво теплової енергії визначено, що значне місце у її вартості займає електроенергія, а фінансові витрати на її придбання знаходяться на другому місці у формуванні собівартості продукції. Це говорить про доцільність та актуальність впровадження електрогенеруючого устаткування на теплогенеруючих об'єктах.

Важливим висновком цього розділу, досить переконливо показаним автором, є те, що об'єкти комунальної енергетики мають значний потенціал впровадження енергоощадних заходів на основі реалізації електрогенеруючого устаткування.

Четвертий розділ присвячено напряму енергозбереження – застосуванню ГТУ та ГПД на котельнях при переведенні їх у міні-ТЕЦ.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано велику кількість виробників енергетичного устаткування зазначеного типу, відзначені переваги й недоліки електрогенеруючих установок. Проведені дослідження показали, що особливістю комунальної енергетики є суттєва зміна навантажень протягом року, тому режими роботи двигунів можуть бути глибоко змінними. Це необхідно враховувати під час переведення котелень у режим когенерації.

Автором виконано великий обсяг розрахункових досліджень з визначення перспектив впровадження ГТУ та ГПД на котельнях при переведенні їх у міні-ТЕЦ, що дозволить виробляти електроенергію на власні потреби без зміни теплового навантаження. Вибір саме ГПД ґрунтується на вагомих аргументах з посиленням на літературні джерела.

З використанням вдосконаленої техніко-економічної моделі на досить високому рівні виконано техніко-економічне обґрунтування, яке показує доцільність впровадження когенерації на основі реалізації ГПД.

У *п'ятому розділі* вирішується важлива задача переведення районних котелень, які мають у своєму складі парові котли, у режим когенерації за рахунок застосування турбін на водяній парі. Автором розглянуто можливість реалізації паротурбінного циклу на районній котельні, провівши оцінку балансів витрат палива, електроенергії, потоків теплоти і води.

Досить цікавим було побачити у якості прикладу котельню міста Харкова. Для обраного об'єкту дослідження проведено розрахунки з визначення техніко-економічної доцільності переведення котельні у режим когенерації. Результати досліджень показали найбільш раціональний варіант розширення котельні. Необхідно відзначити, що результати досліджень передані КП «Харківські теплові мережі» для подальшого використання.

У *шостому розділі* представлені досить новий для малої енергетики України напрям, пов'язаний з використанням турбоустановок на низькокиплячих робочих тілах з метою утилізації скидної теплоти технологічних процесів.

Пропонується реалізація турбоустановок на низькокиплячих робочих тілах при використанні теплоти димових газів котельних агрегатів, що дозволить виробляти електричну енергію без додаткового палива та частково покривати власні потреби котелень у електричній енергії.

Обрано низку робочих тіл для яких проведено розрахункові дослідження з визначення потужності паротурбінного циклу на прикладі утилізації теплоти димових газів котельного агрегату ПТВМ-100 згідно паспортних даних та за фактичних режимів роботи. Аналіз режимів роботи котлів показав, що з точки зору підвищення їх економічності навантажуються не більше ніж на 60 %.

При врахуванні фактичних режимів експлуатації котельного устаткування виконані розрахункові дослідження з вибору робочого тіла та

раціональної теплової схеми. За результатами запропоновано універсальне технічне рішення, яке може отримати широке розповсюдження.

Дисертація є завершеною науковою роботою. Зміст роботи повністю відображує результати наукових досліджень та практичних розробок.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендації та їхня достовірність

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, сформульованих у дисертації, забезпечується коректною постановкою завдань; використанням сучасних засобів обчислювальної техніки та даних експериментальних досліджень; узгодженням результатів розрахункових досліджень з результатами інших авторів; апробацією результатів роботи на наукових, науково-практичних конференціях, семінарах та нарадах; успішним використанням результатів роботи.

Використані в дисертаційній роботі методи та методики досліджень, а також методи оцінки достовірності одержаних результатів, дозволяють стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які подані до захисту, є обґрунтованими та достовірними.

Наукова новизна роботи

- систематизовано підходи впровадження когенераційних технологій до об'єктів комунальної енергетики;
- виконано оцінку потенціалу та можливостей інтеграції існуючих когенераційних технологій до теплопостачальних підприємств комунальної енергетики;
- вперше (за результатами розрахункових досліджень) оцінено можливість впровадження замкнених паротурбінних циклів на різних робочих тілах з урахуванням фактичних режимів експлуатації котельних установок на комунальних котельнях та обрано робоче тіло, що найбільш підходить;
- вперше здійснено узагальнення підходів до вибору електрогенеруючого устаткування при реалізації когенераційних установок на підставі проведення техніко-економічного обґрунтування щодо вдосконалення теплових схем котелень.

Значення одержаних результатів для науки і практики

Наведені в дисертаційній роботі підходи дозволяють обирати раціональне технічне рішення при переведенні об'єктів комунальної енергетики у режим когенерації та більш ефективно використовувати паливно-енергетичні ресурси.

Результати досліджень передані КП «Харківські теплові мережі» для подальшого впровадження енергозберігаючих заходів при переведенні котелень у режим когенерації.

Отримані результати застосовуються у відділі оптимізації процесів і конструкцій турбомашин ІПМаш НАН України та навчовому процесі кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова.

Повнота викладу в опублікованих роботах

Основні результати дисертації опубліковані у 16 наукових виданнях, сім з яких – у спеціалізованих наукових виданнях та одна стаття в журналі, що входить до наукометричної бази Scopus.

Дисертаційна робота і автореферат написані відповідно до сучасних вимог до науково-технічних текстів. Автореферат і висновки по роботі повністю відповідають основному змісту дисертації.

Зауваження по дисертаційній роботі

1. По тексту присутня невідповідність кількості котлів та котелень у комунальній енергетиці України: на стор. 2 вказано 35 тис. котелень і 114 тис. котлів, а на стор. 25 вже вказується 16 тис. котелень і 50 тис. котлів.

2. Викликає сумнів твердження про збільшення теплових потужностей (стор. 58), коли, навпаки, теплові навантаження споживачів постійно зменшуються (відмова від теплопостачання, утеплення будинків та ін.).

3. Неясно, чому для визначення властивостей робочих тіл використовується удосконалене рівняння Ван-дер-Ваальса (у формі Пенга-Робінсона), коли є більш точні рівняння (наприклад Редліха-Квонга, 11-коефіцієнтне рівняння Старлінга-Хаана та ін.). Сучасна обчислювальна техніка дозволяє враховувати ці рівняння. Чому не був наведений порівняльний аналіз розрахунків по цим рівнянням?

4. На стор. 73 наведено розрахунок простого терміну окупності проєкту встановлення парової турбіни. Неясно, як він пов'язаний з розрахунком капітальних вкладень і до чого тут присутня питома вартість електричної потужності 900 доларів США за 1 кВт.

5. Джерело теплопостачання Орджонікідзевського району (ТЕЦ-4) колись уже було теплоелектроцентральною, де, крім теплової, вироблялась електрична енергія. Чому при порівнянні варіантів встановлення турбоустановок у цьому джерелі не згадується про вихідний варіант та відновлення теплоелектроцентралі, яка була, з її модернізацією. З тексту дисертації випливає, як буд-то, там теплоелектроцентралі ніколи не було.

6. При вивченні рис. 3.11 стало незрозуміло, що автор має на увазі під терміном "градусо-дні", і чому вони є від'ємними.

7. Невідомо з якою метою у розділі 3 наводиться детальний опис системи теплопостачання міста Харкова та джерел, коли можна було обмежитися описом типового джерела.

8. Незрозуміло, яким чином відноситься до розділу 4 наведена у висновках до цього розділу фраза "Проведено аналіз роботи підприємства КП «Харківські теплові мережі», на підставі якого обрані підходи щодо переведення котелень в розряд міні-ТЕЦ", коли це все зроблено у розділі 3.

9. Незрозуміло, чому у посиланні на рис. 6.4 говориться про навантаження опалення по місяцях, а на рисунку приведена питома витрата електроенергії.

10. Висновки до роботи присвячені техніко-економічним аспектам впровадження когенерації на окремих об'єктах, а одержані наукові результати там представлені недостатньо.

11. По тексту дисертації присутні некоректні терміни та русизми. На стор. 2 помилково приведений шифр спеціальності "Теплоенергетика" як 141, а насправді вона має шифр 144.

Висновки

Наведені зауваження не впливають на загальне позитивне ставлення до дисертаційної роботи, яка виконана на досить високому науковому рівні. Претендентом отримані нові наукові і практичні результати, які спрямовані на розв'язання важливої науково-технічної проблеми енергозбереження на основі впровадження електрогенеруючих установок різних типів до об'єктів комунальної енергетики, реалізуючи тим самим принципи когенерації. Зміст роботи відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

За актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, обґрунтованістю та достовірністю наукових положень, висновків та

рекомендацій у цілому дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., в частині кандидатських дисертацій.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота Казарової Інни Олександрівни «Підвищення ефективності систем енергопостачання за рахунок впровадження когенерації» відповідає встановленим вимогам, а її автор заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри теплотехніки

та енергоефективних технологій

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»



А. М. Ганжа

Підпис: Ганжа А.М.

ЗАСВІДЧУЮ:

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Заковоротний О.Ю.

03 03 20 18 р.

