

ВІДГУК

офіційного опонента
кандидата технічних наук,
Бондзика Дмитра Леонтійовича,
заступника завідувача відділу
енерготехнологічного використання твердого палива
Інституту вугільних енерготехнологій
НАН України,

на дисертаційну роботу **Галянчука Ігоря Романовича**
«Моделювання конвективних теплопередавальних систем парових котлів
ТЕС»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова
теплоенергетика

Дисертація Галянчука І.Р. є рукопис, що складається з анотації, вступу,
4 розділи, висновків, списку використаних літературних джерел із 104
найменувань та 5 сторінок додатку. Загальний текст роботи викладений на 186
сторінках і містить 37 рисунків та 18 таблиць.

1 Актуальність теми

Важливим напрямком розвитку об'єктів теплоенергетики України є
максимальне енергозбереження під час виробництва тепло- та електроенергії.
Це зумовлено підвищенням цін на енергоносії, а також відпрацьованим
ресурсом основного обладнання ТЕС, що посилює необхідність підвищення
ефективності використання енергії палива, зниження металоємності
теплопередавальних систем.

В котельних установках теплообмінники конвективних поверхонь нагріву
визначають ступінь утилізації тепла продуктів згоряння, а їх удосконалення дає
значний внесок у вирішення вказаних проблем.

Управління тепловими процесами, які містять сукупність конвективних
поверхонь нагріву, вимагає певних знань характеристик роботи усіх елементів

парового котла, як об'єкта регулювання. Це зумовлено тим, що теплообмінник або сукупність теплообмінників є складовою частиною системи утилізації тепла продуктів згоряння парових котлів ТЕС. Отже визначення оптимальних характеристик взаємозв'язаних теплообмінників є необхідним для проектування ефективних технологічних установок, що працюють в умовах різних навантажень.

Основним завданням для конвективних поверхонь нагріву котлів є підвищення ефективності роботи котлоагрегату в цілому в режимах від мінімального до максимального навантаження і забезпечення максимально можливого ККД котла або теплопередавальної системи.

Вдосконалення існуючих теплопередавальних технологій, а також розроблення і проектування нових є неможливим без використання сучасних методів їх моделювання.

На сьогоднішній день розроблені методи розрахунків та досліджень автономних теплообмінників, а не взаємозв'язаних. Для їх розрахунків передбачено використання номограм. Ці методи вже не відповідають теперішнім потребам та можливостям щодо застосування прикладних програм для розрахунків на комп'ютерах, тому для підвищення ефективності їх роботи безумовно актуальним є моделювання теплопередавальних систем.

Таким чином, у сучасних умовах експлуатації ТЕС дисертаційна робота Галянчука І.Р. «Моделювання конвективних теплопередавальних систем парових котлів ТЕС» є своєчасною, актуальною та має наукове і практичне значення для енергетичної галузі України.

2 Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів, висновків та положень представлених у роботі базується на коректному використанні математичного апарату і підтверджена тим, що отримані результати не

суперечать висновкам відомих наукових положень. Висновки і рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, підтверджені експериментальними дослідженнями шляхом аналізу, узагальнення і систематизації.

В роботі використано теоретичні та експериментальні методики розрахунків включаючи моделювання процесів конвективних теплопередавальних систем парових котлів ТЕС.

В результаті експериментальних досліджень виконано оцінку адекватності розроблених моделей теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів, внаслідок внесених режимних змін.

Всі розділи дисертації логічно взаємопов'язані, змістовно підпорядковані сформульованій меті дослідження.

3 Наукова новизна роботи

1. Розроблено методичні основи побудови моделей теплопередавальних систем взаємозв'язаних теплообмінників об'єктів теплоенергетики.

2. Вдосконалено методику режимних розрахунків теплопередавальних систем взаємозв'язаних теплообмінників на основі відомих вхідних та вихідних температур теплоносіїв.

3. Розроблено нові моделі теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів ТПП-312, ТПП-210А, ТП-100, ТП-92 та ТП-10 теплових електричних станцій.

4. Вперше отримано результати розрахунку безрозмірних режимних коефіцієнтів K_{IN} теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів ТПП-312, ТПП-210А, ТП-100, ТП-92 та ТП-10 в номінальному режимі роботи. Досліджено взаємний вплив вхідних та вихідних температур на процес перенесення тепла від гріючого до нагріваних теплоносіїв.

4 Практичне значення роботи

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що автором сформовано схеми та моделі конвективних теплопередавальних систем поверхонь нагріву парових котлів ТПП-312, ТПП-210А, ТП-100, ТП-92, ТП-10 ТЕС, які орієнтовано на практичне застосування в різних режимах роботи. Ці моделі дозволяють прогнозувати вихідні параметри теплоносіїв, при зміні вхідних параметрів, аналізувати роботу теплообмінних апаратів без виконання реальних трудозатратних випробувань, що часто є складним завданням.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на Трипільській, Бурштинській, Добротвірській ТЕС.

Отримано автором нову методику режимних розрахунків, яка використовується у навчальному процесі для спеціальностей: 144 «Теплоенергетика», 143 «Атомна енергетика» в Національному університеті «Львівська політехніка».

Розроблено способи регулювання температури пари проміжного перегріву в пускових режимах котла.

Усі впровадження підтверджені відповідними актами.

5 Редакційний аналіз

Текст дисертації та автореферату викладено чітко, послідовно і доступно, рисунки інформативні, читання формул не викликає труднощів. Оформлення дисертації відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» та ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлювання».

6 Відповідність тексту автореферату і дисертації

Текст автореферату в цілому адекватний змісту, структурі та основним положенням дисертації.

7 Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Основні наукові положення, що повністю розкривають зміст та основні результати дисертаційної роботи, викладено в 12 опублікованих наукових працях, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних (1 – Scopus, 1 – Index Copernicus), 4 публікації у матеріалах міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій та отримано 2 патенти України на винахід.

8 Аналіз основного змісту роботи

У **першому розділі** здійснено огляд літературних джерел та висвітлено значну кількість напрацювань з удосконалення методів теплових розрахунків теплообмінників. Встановлено потребу у змінах існуючих підходів та методів до теплових розрахунків теплообмінників взаємозв'язаних між собою теплоносіями.

Встановлено, що на даний час є потреба досліджень впливу режимних і конструктивних змін на теплообмінники, стан яких в експлуатаційних умовах відрізняється від проектного, а застосування класичних методів перевірочних розрахунків ускладнюється труднощами отримання необхідної інформації про фактичне значення параметрів та стан поверхонь нагріву теплообмінників.

У **другому розділі** для аналізу термодинамічних процесів в енергоустановці запропоновано комплект елементів, який є зручним для моделювання теплопередавальних систем. Для представлення моделей енергоустановок, у всьому діапазоні роботи, виділено об'єктні, режимні, а також узагальнені безрозмірні параметри, які дають можливість представляти характеристики теплопередавальної системи.

Для дослідження системи конвективних поверхонь нагріву парового котла достатнім є використання лише конвективного теплообмінника. Сукупність таких взаємозв'язаних теплообмінників утворює конвективну теплопередавальну систему парового котла, яка є розімкненою і в ній існують зовнішні зв'язки потоків.

В даному розділі сформовано нові методичні підходи до розрахунків як окремих теплообмінників, так і систем взаємозв'язаних теплообмінників.

У підсумку сформовано нові підходи до формування і застосування моделей теплообмінників та теплопередавальних систем, які дають змогу виконувати режимні розрахунки теплопередавальних систем парових котлів ТЕС.

У **третьому розділі** виконано моделювання теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів ТПП-312, ТПП-210А, ТП-100, ТП-92 та ТП-10 ТЕС України. На основі розроблених моделей теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву отримано залежності режимних коефіцієнтів K_{iN} .

Досліджено взаємний вплив вхідних та вихідних температур теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів на процес перенесення тепла від гріючого до нагріваних теплоносіїв.

У **четвертому розділі** здійснено розрахунки та проведено аналіз розроблених моделей теплопередавальних систем конвективних поверхонь нагріву парових котлів ТПП-312, ТПП-210А, ТП-100, ТП-92 та ТП-10.

Для оцінки адекватності розроблених моделей наведено результати експериментальних досліджень в результаті яких встановлено, що похибка між розрахунковими та експериментальними даними для повітропідігрівника парового котла ТП-210А складає 1,6 %, для повітропідігрівника парового котла ТП-100 похибка складає 2,5 %, для повітропідігрівника котла ТП-92 - 2,7 %, для повітропідігрівника котла ТП-10 - 2,0 %.

В результаті моделювання та аналізу роботи впорскувальних пристроїв (змішувачів потоків) парових котлів запропоновано нові способи регулювання температури пари проміжного перегріву.

9 Зауваження по дисертації

1. В п.4 наукової новизни є фраза «Досліджено взаємний вплив вхідних та вихідних температур...». Процес дослідження не є сам по собі результатом і не може бути елементом наукової новизни. Можливо слово «Досліджено» варто було замінити на «Визначено»
2. В роботі приймається лінійна залежність вихідної температури від вхідної. В реальності деякі об'єктні параметри (такі як теплоємність) є змінними і нелінійним. Варто було б оцінити похибку лінеаризованого підходу.
3. На с.45 дисертації вказаний у формулі (2.25) параметр R_{1x} , який не розшифровано
4. На рис.2.9 дисертації не вказано, якій температурі відповідають криві а, б і в
5. На рисунках 3.1-3.6, 3.10-3.11, 3.13-3.14, 4.1-4.7 дисертації позначення розмірності вказано не правильно, або у вигляді градуса, або зовсім без розмірності.
6. На с.101 прийнято, що у номінальному режимі передавана теплова потужність в теплообмінниках С3, С4 і С5 є однаковою, але на основі чого було це припущення незрозуміло.
7. Вважаю, що моделювання ТПС для 5 котлів, які принципово не відрізняються, а відмінності є тільки в кількості елементів і їх з'єднаннями, є зайвим. 2-3 було б достатньо.
8. На с.138 дисертації для котла ТПП-312 вказано, що «похибка між розрахунковими значеннями отриманими за моделлю і експериментальними склала 0,6 %». При розрахунковій різниці

температур 6 °С та експериментальній 7 °С відносна похибка складатиме 14,2%. Хоча, можна відзначити, що абсолютну похибку в 1 °С можна вважати несуттєвою.

9. Вважаю, що для демонстрації адекватності побудованих моделей в роботі мало б бути наведено більше експериментальних даних.
10. На с.162 дисертації використовуються несистемні одиниці тиску - кГ/см^2 , замість них варто використовувати Па, МПа.

Вказані зауваження носять непринциповий характер і не знижують загальної високої оцінки дисертаційної роботи Галянчука І.Р. та можуть бути враховані у подальшій науковій роботі автора.

10 Висновок про відповідність дисертації вимогам «Постанови КМУ від 24.07.2013 р. №567 пп. 9, 11, 12, 13»

Дисертаційна робота Галянчука Ігоря Романовича «Моделювання конвективних теплопередавальних систем парових котлів ТЕС» є повністю завершеною науково-дослідною працею, яка виконана особисто автором і вносить суттєвий вклад у вирішення надзвичайно важливої для України задачі – оптимізація і підвищення ефективності роботи конвективних поверхонь ТЕС шляхом розробки нових моделей конвективних теплопередавальних систем. За актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційна робота відповідає всім вимогам пп. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, що висуваються до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика, а також профілю спеціалізованої вченої ради Д 35.052.04.

Вважаю, що автор дисертаційної роботи «Моделювання конвективних теплопередавальних систем парових котлів ТЕС» Галянчук Ігор Романович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент, к.т.н.,
заступник завідувача відділу енерготехнологічного використання твердого палива
Інституту вугільних енерготехнологій
НАН України


_____ Д.Л.Бондзик



зв. к.т.н. Бондзик
(Берешина Л.В.)