

ВІДГУК

офіційного опонента, к.т.н., доцента кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка Гузика Дмитра Володимировича на дисертаційну роботу Габи Крістіни Олексіївни “Підвищення ефективності систем теплопостачання модифікацією теплоносія”, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.03 – вентиляція, освітлення та теплогазопостачання

Актуальність теми дисертації. Робота присвячена актуальній проблемі енергозбереження у системах теплопостачання шляхом зміни технології ведення водно-хімічного режиму систем теплопостачання. Актуальність роботи підтверджується її виконанням відповідно до Законів України ”Про теплопостачання”, ”Про енергозбереження”, а також в рамках бюджетних науково-дослідних тем з відповідними назвами і номерами держреєстрації.

Метою роботи стала розробка та наукове обґрунтування більш ефективної технології обробки теплоносія – води фізико-хімічним способом для інтенсифікації теплообміну і зменшення витрат енергії на генерацію і транспорт. Для досягнення поставленої мети виконано усі необхідні і достатні завдання.

Об’єктом дослідження визначено модифікований триетаноламіновим ефіром жирних кислот теплоносій - воду для системи теплопостачання з водогрійними котлами.

Предметом дослідження стали тепломасообмінні та гідродинамічні процеси, що впливають на ефективність систем теплопостачання з водогрійними котлами при модифікації теплоносія. У роботі застосовано фундаментальні та прикладні методи дослідження теплофізичних властивостей рідин, тепловіддачі конвекцією та гідродинаміки із

застосуванням теорій подібності і моделювання, а також сучасні методи проведення експериментальних досліджень та обробки отриманих даних.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні та побудові удосконаленої фізичної моделі підвищення ефективності тепломасообміну між поверхнею нагріву - стінкою труби та теплоносієм за рахунок руйнування відкладень, утворення захисної плівки зі збільшенням корозійної стійкості і зменшенням шорсткості поверхні. Отримано теплофізичні властивості (кінематичну в'язкість, густину, питому теплоємність, коефіцієнт поверхневого натягу, коефіцієнт теплопровідності) водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот з масовою концентрацією 5-20 мг/л. Виявлено вплив комбінованого застосування водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот та поля природних магнітів напруженістю 0,1- 0,25 мТл між поверхнею нагріву та теплоносієм на ефективність тепломасообмінних процесів.

Практичне значення отриманих результатів підтверджене розробкою схем реалізації технології модифікування теплоносія для систем теплопостачання, які перебувають в експлуатації, та нових систем, що вводяться в експлуатацію. Розроблено методику інженерного розрахунку водно-хімічного режиму систем теплопостачання з модифікованим теплоносієм. Результати впроваджені у роботу проектних та експлуатуючих організацій.

Особистий внесок здобувача полягає у визначенні мети і постановці завдань, розробці фізичної моделі, чисельних дослідженнях, проведенні комплексу експериментальних досліджень, підготовці і опублікуванні отриманих результатів.

Публікації. Основні результати дисертації доповідались і обговорювались на дев'яти міжнародних науково-практичних конференціях, семінарах починаючи з 2011 р. Результати роботи опубліковано у 10 наукових статтях, у тому числі у п'яти фахових наукових виданнях України, одна - у іноземному міжнародному виданні.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел інформації і одного додатку. Загальний обсяг дисертаційної роботи - 160 сторінок тексту, 68 рисунків, 18 таблиць. Список використаних джерел містить 150 найменувань.

Зміст дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05.23.03 - вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.

Зміст автореферату розкриває основні положення дисертації, у достатній мірі відтворює структуру і обсяг роботи.

Аналіз змісту дисертації.

У **вступі** до дисертаційної роботи містяться основні загально прийняті положення, а саме автором обґрунтована актуальність теми дисертації, сформульовані мета і задачі досліджень, викладені наукова новизна та практична значимість отриманих результатів, наведені дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок.

У **першому розділі** проведено детальний огляд технологій ведення водно-хімічного режиму систем теплопостачання, визначено їх недоліки. Проаналізовано використання поверхнево-активних речовин у теплоенергетиці, розглянуто їх вплив на тепломасообмін і гідродинаміку. Встановлено умови використання таких речовин у якості модифікаторів у системах теплопостачання з водогрійними котлами. Сформульовано мету і завдання дослідження. Аналіз літературних джерел виконано ретельно і критично.

У **другому розділі** представлено характеристики модифікатора теплоносія - триетаноламінового ефіру жирних кислот. Проведено моделювання теплообміну на поверхнях нагріву у присутності шару відкладень різного типу і товщини, побудовано фізичну модель. Дано теоретичне обґрунтування механізму руйнування відкладень під впливом адсорбційного середовища, утворення гідрофобної плівки. Встановлено, що на зниження міцності впливає поверхневий натяг, концентрація та

температура середовища. Обґрунтовано використання магнітних шламовідокремлювачів.

У **третьому розділі** проаналізовано параметри роботи систем теплопостачання з водогрійними котлами. Представлено експериментальні дослідження кінетики накопичення та відшарування відкладень, проникної здатності модифікованого теплоносія, оцінено ступінь захисту водогазопровідної сталі від корозії. Результатом дослідження є визначення оптимальних концентрацій модифікатора для запобігання накипоутворення, руйнування відкладень та захисту від корозії. Також виявлено підвищення інтенсивності проникнення модифікатора у капілярно-пористе тіло та відшарування відкладень при комбінованому використанні водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот та поля природних магнітів

Четвертий розділ присвячений дослідженню теплофізичних та гідравлічних характеристик модифікованого теплоносія. Представлено аналітичні та експериментальні дослідження теплофізичних властивостей водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот, зокрема густини, кінематичної в'язкості, теплоємності, коефіцієнту теплопровідності, а також коефіцієнту поверхневого натягу. Встановлено, що модифікація теплоносія у діапазоні робочих температур систем теплопостачання впливає на кінематичну в'язкість та коефіцієнт поверхневого натягу. Результатом дослідження є також коефіцієнт тепловіддачі та коефіцієнт гідродинамічного опору.

У **п'ятому розділі** створено технологічні схеми для систем теплопостачання двох типів: для систем, які перебувають в експлуатації, та нових систем, що вводяться в експлуатацію. Розроблено методику інженерного розрахунку систем теплопостачання з модифікованим теплоносієм. Наведено результати промислових досліджень. Виконано техніко-економічне зіставлення технології ведення водно-хімічного режиму модифікацією теплоносія триетаноламіновими ефірами жирних кислот з класичною технологією та стабілізаційною обробкою теплоносія. Оцінено

переваги з точки зору впливу на навколишнє середовище та енергоресурсозбереження.

Загальні **висновки** дисертації відповідають меті і задачам, які поставила здобувач при проведенні досліджень і в достатній мірі відображають найбільш вагомі наукові і практичні результати одержані в дисертаційній роботі.

Тексти дисертації і автореферату є ідентичними за змістом, і у авторефераті представлено основні положення дисертації. Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими і мають високу наукову та практичну цінність для підвищення ефективності систем тепlopостачання вдосконаленням технологій ведення водно-хімічного режиму.

Зауваження по роботі.

1. Твердження автора, що “від 20 до 70% теплової енергії, отриманої від спалювання палива, не доходять до споживача через втрати в теплоенергетичних установках і теплових мережах”, дуже сміливе і, на мою думку, не відповідає стану сучасних систем централізованого тепlopостачання.
2. В роботі велика увага приділяється розгляду питань накипоутворення та корозії на теплообмінних поверхнях в генераторах теплоти систем тепlopостачання, але при розгляді фізичних моделей передачі теплоти розглядається “чиста” стінка труби зі сторони розташування продуктів горіння, хоча, фактично на практиці ці відкладення значно впливають на теплообмін.
3. В другому розділі роботи необхідно було б представити математичну модель процесів, що відбуваються в водяних генераторах систем тепlopостачання. Це дало б змогу конкретизувати розрахунки під конкретні нагрівачі (водотрубні чи газотрубні, з горизонтальним чи вертикальним розташуванням теплообмінних труб, врахувати термін їх експлуатації, вид відкладень в залежності від якісних показників води,

яка використовується і, як результат, надати практичні рекомендації для експлуатаційників.

4. Не зрозумілим є вибір автора при проведенні досліджень зі швидкості корозії сталі марки Ст.3 температурного режиму $18 \pm 1^\circ\text{C}$, який суттєво відрізняється від розрахункових температур в системах теплопостачання.
5. Для “чистоти” усіх експериментальних досліджень, проведених здобувачем і представлених у третьому розділі, в якості не модифікованої рідини варто було б досліджувати не воду, що була взята з водопроводу м. Київ, а пом’якшену воду, що за своїми характеристиками була б близька до теплоносія з теплових мереж столиці.
6. В четвертому розділі при проведенні експериментальних досліджень для визначення коефіцієнту поверхневого натягу модифікованого теплоносія автор не вірно записує формулу (4.13). Для більш коректного запису необхідно враховувати щільність або питому вагу рідини.
7. На початку п’ятого розділу автор наводить принципові технологічні схеми існуючих систем теплопостачання та тих систем, що проектуються. При цьому на схемах спостерігаються помилки в розташуванні технологічного обладнання, що на практиці унеможливить їх використання за призначенням.
8. Викликає сумнів проведення здобувачем техніко-економічного аналізу застосування ПАР на прикладі водогрійної котельні з котлами ТВГ-8 в той час, як натурний експеримент було проведено в котельні з котлами НИИСТу-5. Доречно було б і економічні розрахунки вести для котельні, де відбувались натурні дослідження.
9. Для робіт такого спрямування за лаштунками бажано було б отримати інженерну методику чи рекомендації по застосуванню запропонованої

методики, якою можна скористатись як проектувальникам так і експлуатаційникам теплотехнічного обладнання теплових мереж.

Зауваження по викладенню тексту роботи.

До рівняння (3.1) тексту дисертації та рівняння (4) автореферату невірно надані розмірності величин: так різниця маси у автора вимірюється як $[\text{г}/(\text{см}^2/\text{час})]$. В той час як повинно бути: $[\text{г}/(\text{см}^2 \times \text{год})]$. На рис. 3.1 роботи помилково вентиль позначено як манометр. На сторінці 94 тексту дисертації простежується дублювання матеріалу

Висновок по роботі.

Дисертаційна робота Габи Крістіни Олексіївни є завершеним науковим дослідженням. За текстом дисертації є посилання на усі літературні джерела. Текст дисертації читається легко і зрозуміло. Структура, зміст і обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам і являє собою завершену структуровану науково - дослідну роботу з поєднанням прикладних теоретичних і експериментальних досліджень, за результатами яких отримано більш енергоефективну та екологічну технологію ведення водно-хімічного режиму систем теплопостачання.

Наукова і практична цінність дисертації не викликає сумнівів. Висновки і рекомендації претендента на наукову ступінь мають реальну практичну значимість і можуть бути використані у водно-хімічному господарстві централізованих систем теплопостачання. Достовірність основних теоретичних положень дисертації підтверджена результатами експериментальних досліджень.

Автореферат і опубліковані роботи адекватно відображають основні результати дисертації. Дисертація відповідає вимогам паспорта спеціальності 05.23.03 – вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.

Вказані зауваження не знижують, в цілому, якість наукових досліджень та отриманих результатів. Дисертація повністю відповідає встановленим вимогам до кандидатських дисертацій, а її автор Габа Крістіна Олексіївна заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата

технічних наук за спеціальністю 05.23.03 - вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук, доцент кафедри

теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Полтавського національного технічного університету

імені Юрія Кондратюка



Д.В. Гузик

27.05.2016 р.

Підпис к.т.н., доцента Д.В. Гузика

Засвідчую.

В.о. проректора з наукової та інноваційної роботи

Полтавського національного технічного університету

імені Юрія Кондратюка



В.В. Муравльов