

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Логвинюка Максима Олександровича

на тему «**Зниження викидів оксидів азоту в промислових котлах шляхом ступеневого спалювання**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»

Актуальність теми дисертації.

Зменшення викидів оксидів азоту NO_x у промислових котлах є ключовим завданням для адаптації теплоенергетичного сектору України до сучасних екологічних стандартів. У зв'язку з поступовою гармонізацією українського екологічного законодавства до європейського щодо контролю викидів забруднюючих речовин, промислові підприємства змушені впроваджувати ефективні заходи для зниження NO_x , викиди яких є однією з основних причин атмосферного забруднення.

Ситуація ускладнюється значним зношенням існуючих котельних установок, які були побудовані багато десятиліть тому і вже не відповідають сучасним екологічним вимогам. Через високу вартість комплексної реконструкції реалізація екологічних програм часто відкладається. Досвід розвинутих країн світу, що первинні методи, такі як ступінчасте спалювання палива, є ефективними, економічно доцільними та дозволяють знизити викиди NO_x на 50–70% без значних капіталовкладень.

Програма екологічної модернізації в рамках Енергетичної стратегії України до 2035 року передбачала також масштабне впровадження заходів зі зниження викидів NO_x . Оскільки капітальна реконструкція обладнання триває роками і потребує значних коштів, оптимальним рішенням може бути є модернізація існуючих котлів за допомогою доступних технологій, особливо це стосується газомазутних котлів.

Таким чином, обране дослідження є актуальним, оскільки сприяє зменшенню негативного впливу енергетики на довкілля, продовженню експлуатації котельного обладнання, оптимізації витрат підприємств та інтеграції України в європейську систему екологічного регулювання. Результати можуть бути широко впроваджені в теплоенергетичній галузі, сприяючи сталому розвитку та підвищенню екологічної безпеки.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше проведено порівняння двох методик для теплового розрахунку топкових камер котлів та процесів утворення оксидів азоту, що використовуються в світі та в Україні.

2. Отримано подальший розвиток методики теплового розрахунку топкової камери котла з використанням системи емпіричних рівнянь з можливістю розраховувати утворення оксидів азоту в окремих зонах топкової камери.

3. Набула подальшого розвитку теорія ступеневого спалювання природного газу в топковій камері котла, для зменшення утворення оксидів азоту. В роботі запропоновано та обґрунтовано розподіл повітря між пальниками та соплами третинного повітря.

4. Вперше побудовано регресивну модель прогнозування утворення оксидів азоту та хімічного недопалу, при різному навантаженні котла від 40 до 100%, із застосування двоярусного компонування пальників та з додаванням сопел третинного повітря.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Логвинюка Максима Олександровича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Енергетичне машинобудування».

Дисертаційна робота Максима ЛОГВИНЮКА є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у пріоритетні тематичні напрями наукових досліджень і науково-технічних розробок, затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України від 30 квітня 2024 р. № 476, а саме – «Енергоефективність і енергозбереження, ринки енергоресурсів» розділу «Енергетика та енергоефективність» та «Моделювання та прогнозування стану навколишнього природного середовища, технології подолання негативних впливів на нього» розділу «Раціональне природокористування»

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Логвинюка Максима Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертації викладено доступно з використанням загальноживаної термінології та дотриманням принципів академічної доброчесності.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури на 73 джерела та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 142 сторінки.

У вступі викладено підстави для вибору теми, її відповідність актуальним викликам енергетичної галузі, окреслено коло досліджуваних проблем, визначено мету, задачі, методологічну базу, наукову новизну й прикладне значення роботи.

В першому розділі виконано аналіз джерел викидів оксидів азоту в котлах, класифікацію існуючих методів їх зниження, зокрема – ступінчастого спалювання, і виявлено проблеми адаптації цих методів до українських умов.

В другому розділі показано розробку інженерних інструментів для оцінки процесів в паливневій камері: емпіричні зональні моделі та більш точні диференціальні моделі з урахуванням горіння та теплообміну. Представлено алгоритми регресійного аналізу.

В третьому розділі продемонстровано, як моделі працюють на конкретному прикладі, описано методику порівняння з експериментальними даними, визначено похибки та межі достовірності розрахунків.

Четвертий розділ присвячений оцінці ефективності реалізації ступінчастого спалювання при різних режимах подачі повітря, визначено оптимальні параметри для досягнення нормативних екологічних показників без зниження ефективності котлоагрегату.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 3 наукових публікаціях здобувача, серед яких 2 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого–третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У вступі Практичне значення дисертаційної роботи викладено неповно. Воно не полягає тільки в прикладах практичного застосування.
2. В першому розділі не приведено значення нормативу гранично-допустимого викиду оксидів азоту (500 мг/м^3), яке є чинним, оскільки Директива 2015/2093/ЄС для середніх спалювальних установок ще не введена в екологічне законодавство України. В тексті не вказано яким нормативним документам відповідають значення таблиць 1.3, 1.4.
3. В огляді первинних режимно-технологічних методів зниження утворення оксидів азоту не приведено аналізу впливу цих методів на спалювання палива, який є, як правило, негативний.
4. Присутні неточності в переклад термінів. Reburning – це трьохступінчасте спалювання, а Tangential firing – тангенціальне спалювання, а не горіння, воно стосується саме спалювання – способу організації горіння палива.
5. У висновках до першого розділу мають бути визначені задачі, рішення яких викладається в наступних розділах роботи, але цього нема.
6. Моделювання виконано для стандартних пальникових пристроїв із типовими параметрами подачі газоповітряної суміші. Водночас у роботі відсутній аналіз впливу конструктивних особливостей пальників іншого типу на формування факела, процеси змішування та відповідні екологічні характеристики, зокрема рівні утворення оксидів азоту та оксиду вуглецю.
7. У роботі застосовано модель подачі третинного повітря через сопла, розташовані в кутових зонах паливнєвої камери. Водночас не обґрунтовано вибір саме такого компонування, а також не розглянуто вплив альтернативного розташування сопел, зокрема на бічних екранах паливні, на аеродинамічні характеристики факела та екологічні показники процесу горіння.
8. У процесі моделювання в роботі використовувалося паливо з фіксованою теплотою згоряння. При цьому не проведено аналізу змін екологічних показників за умов збереження теплової потужності при використанні палива з іншими характеристиками. Крім того, не враховано вплив варіацій хімічного складу та калорійності палива на інтенсивність утворення NO_x , CO .
9. У таблиці 4.1 представлені результати лише для варіантів розподілу повітря за ярусами пальників, при яких відношення коефіцієнтів надлишку повітря верхнього ярусу до нижнього перевищує 1. Водночас у роботі не виконано аналіз теплогідродинамічних та екологічних характеристик процесу горіння для випадків, коли зазначене відношення менше 1, що обмежує повноту дослідження впливу стратифікації повітря на параметри зони активного горіння й утворення викидів забруднюючих речовин.

10. У таблицях 4.1–4.2 незрозумілим залишається підхід автора до вибору одиниць вимірювання концентрацій шкідливих речовин: зокрема, оксиди азоту подано в мг/м³, тоді як концентрацію оксиду вуглецю – у %.

Але висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну позитивну оцінку роботи, наукової новизни та практичного значення отриманих результатів.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Логвинюка Максима Олександровича на тему «Зниження викидів оксидів азоту в промислових котлах шляхом ступеневого спалювання» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Логвинюк Максим Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Офіційний опонент:

Заступник директора з наукової роботи
Інституту теплоенергетичних технологій
Національної академії наук України,
доктор технічних наук, професор

Ігор ВОЛЬЧИН



«28» травня 2025 року