

УДК 662.995:662.61

ВПЛИВ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СУДНОВОГО ДОПОМІЖНОГО КОТЛА

Єпіфанов О. А.¹, Димо Б. В.², Пацурковський П. А.³, Язловецький А. В.⁴

¹к.т.н, доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
epifanov.nuk@gmail.com;

²к.т.н, професор, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
dymobv@gmail.com;

³к.т.н, доцент, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
pavlo.patsurkovskiy@nuos.edu.ua;

⁴асистент,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
andrei.yaz83@gmail.com

Анотація. Отримано дані про вплив рециркуляції димових газів на основні характеристики роботи суднового допоміжного котла типу Ольборг ОМ ТСІ паропродуктивністю 20,0 т/год. Рекомендовано коефіцієнт рециркуляції в діапазоні 10...15 %. При таких значеннях коефіцієнта рециркуляції опір газоповітряного тракту котла підвищується на 11,7...24,8 %, а викиди оксидів азоту знижуються на 32,5...43,9 %. Дослідження проводилося із застосуванням методу математичного моделювання.

Ключові слова: судновий допоміжний котел; рециркуляція димових газів; викиди оксидів азоту, спалювання палива, зниження шкідливих викидів.

За останнє десятиліття значно посилилися вимоги з боку Міжнародної морської організація (ІМО) до викиду шкідливих токсичних речовин (NO_x, SO₂) в складі відпрацьованих газів суднових енергетичних установок [1]. З 2016 набули чинності посилення норм у зонах контролю емісій оксидів азоту на 80% (рівень Tier III). У зв'язку з цим потрібна розробка і впровадження на суднах методів зниження викидів забруднюючих речовин до атмосфери.

Актуальність роботи обумовлена відсутністю даних щодо впливу рециркуляції газів на показники економічності та екологічності роботи суднових допоміжних котлів.

Аналіз літературних даних показав, що одним з найбільш ефективних і дешевих методів зниження викидів оксидів азоту є метод рециркуляції відпрацьованих газів до топки котла (табл.1).

Таблиця 1. Ефективність методів зниження викидів NO_x (мазут)

Метод	Допалювання палива	Зменшення надлишку повітря	Стадійна подача повітря	Рециркуляція димових газів	Впорскування води або пари
Ефективність, %	50	40	30	50	30

Для оцінки впливу рециркуляції димових газів на техніко-економічні та екологічні показники роботи суднового допоміжного котла було розроблено розрахункову комп'ютерну модель, яка дозволяє визначати: адіабатну і середньоінтегральну температури в зоні активного горіння (ЗАГ), температури на виході з топки та відхідних газів котла, а також температуру змішування дуттєвого повітря і газів рециркуляції; паропродуктивність котла, теплосприйняття топки і конвективного паротвірного пучка; втрату теплоти з газами і коефіцієнт корисної дії

котла; аеродинамічний опір газоповітряного тракту, продуктивність і потужність дуттєвого вентилятора; викиди оксидів азоту.

Тепловий та аеродинамічний розрахунки котла виконано на основі рекомендацій [2-4]. Для розрахунку виходу оксидів азоту використані рекомендації робіт [5]. В якості об'єкту дослідження прийнято судновий парової допоміжний котел Aalborg OM-TSi [1].

На рис.1 наведені графіки залежностей температур, що характеризують роботу топки: адіабатної, середньоінтегральної в ЗАГ і на виході з топки в залежності від коефіцієнта рециркуляції. Як видно з графіків, рециркуляція димових газів в діапазоні 0 ... 20 % призводить до зниження адіабатною температури в топці на 273 оС (з 1919 до 1646 оС), середньоінтегральної в ЗАГ – на 239 оС (з 1773 до 1534 оС), а температури газів на виході з топки – на 77 оС (з 1300 до 1233 оС). Необхідно відмітити значне зниження середньоінтегральної температури в ЗАГ, що визначає утворення оксидів азоту.

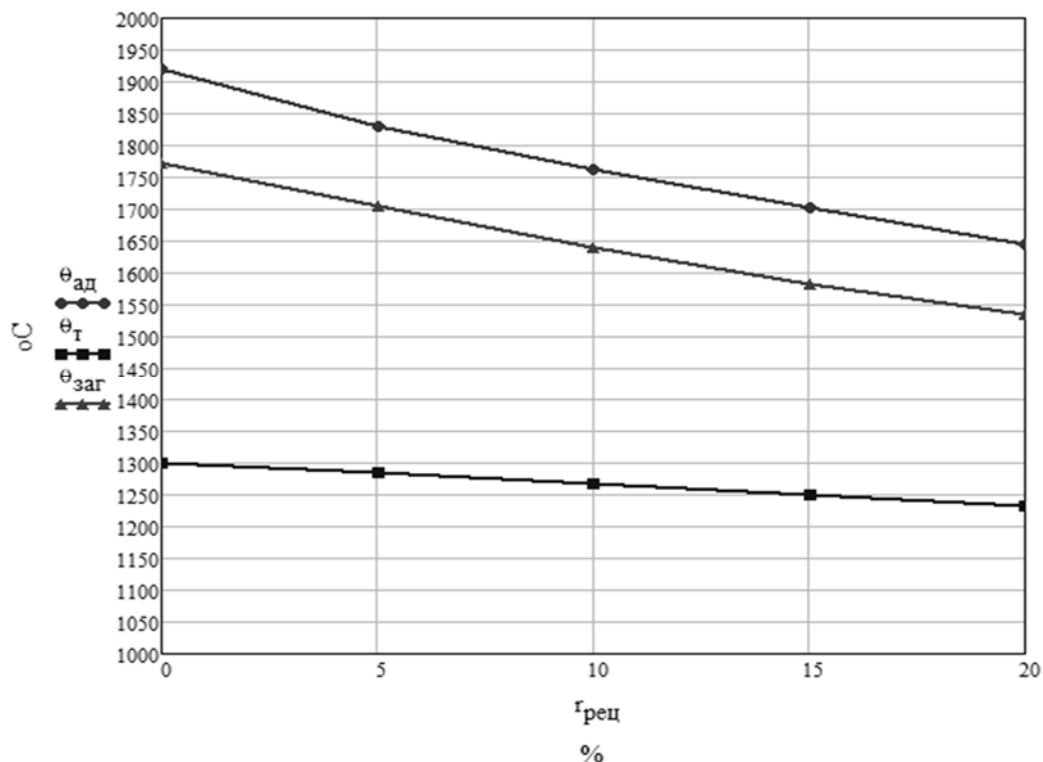


Рис. 1. Залежність температур: адіабатної $\theta_{\text{ад}}$, на виході з топки $\theta_{\text{г}}$, середньоінтегральної $\theta_{\text{заг}}$ від коефіцієнта рециркуляції $\Gamma_{\text{рец}}$

Встановлено, що температура відхідних газів котла підвищується на 11 оС, а температура газоповітряної суміші на вході в дуттєвий вентилятор – на 38 оС. Зростання втрати теплоти з відхідними газами призводить до зменшення коефіцієнта корисної дії котла з 89,2 до 88,7%, рис. 2.

Рециркуляція газів і підвищення температури газоповітряної суміші призводить до зростання продуктивності дуттєвого вентилятора на 36,5 %. Зі збільшенням коефіцієнта рециркуляції ступінь зниження викидів оксидів азоту сповільнюється, а ступінь підвищення газового опору котла зростає (рис. 3), що обумовлено квадратичною залежністю газового опору котла від швидкості газів.

При коефіцієнті рециркуляції до 15 % зниження викидів оксидів азоту досягає 44 %, а підвищення опору газоповітряного тракту котла становить прийнятну з економічної точки зору величину 25 %.

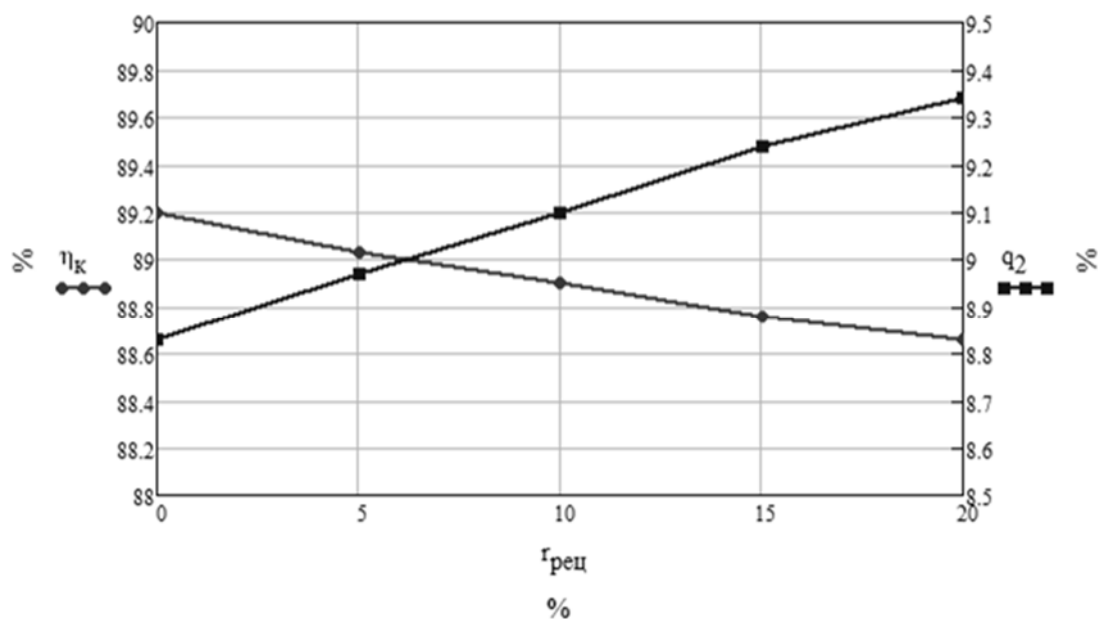


Рис. 2. Залежність коефіцієнта корисної дії котла (η_k) і втрати теплоти з газами (q_2) від коефіцієнта рециркуляції ($\Gamma_{рец}$)

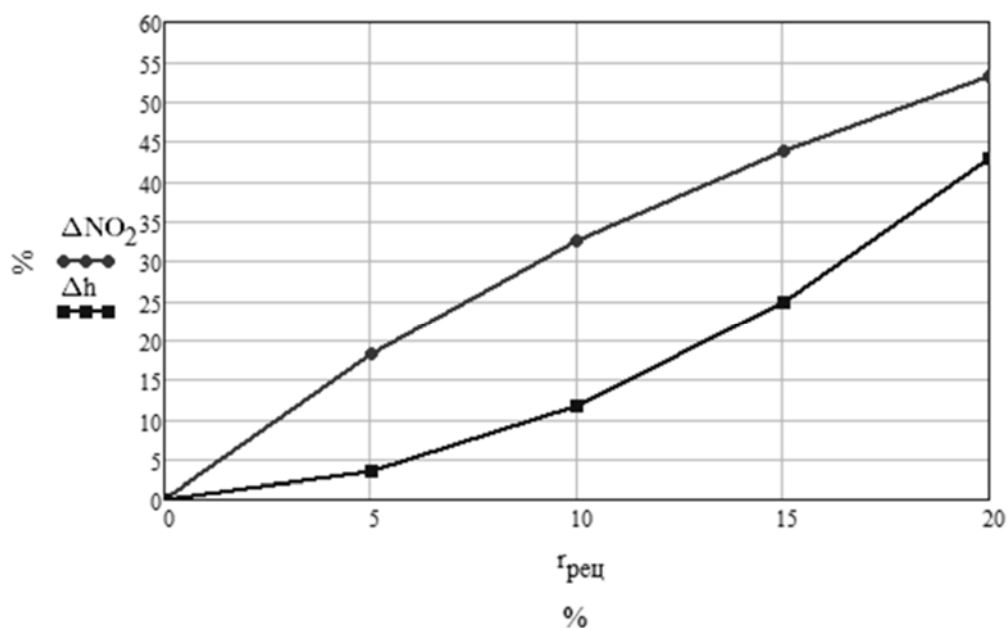


Рис. 3. Залежність зниження викидів окислів азоту (ΔNO_2) і підвищення газового опору котла (Δh) від ступеня рециркуляції газів в топку ($\Gamma_{рец}$)

Таким чином, за результатами дослідження було встановлено, що оптимальний ступінь рециркуляції газів знаходиться в межах 10...15 %, що відповідає зниженню викидів окислів азоту в діапазоні від 33% до 44%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Єпіфанов, О. А. Конструкції судових котлів. Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2016. 198 с.
2. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). (1998). 3-е изд., переработанное и дополненное / РАО ЕС России, ВТИ, НПО ЦКТИ; [редкол.: А. А. Абрютин и др.]. СПб: Изд-во НПО ЦКТИ. 256 с.

3. Аэродинамический расчет котельных установок. (Нормативный метод). Л.: Энергия, 1977. 255 с.
4. Хряпченков, А. С. Судовые вспомогательные и утилизационные котлы: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Судостроение, 1988. 296 с.
5. РД 153-34.02.304-2003. Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. Москва: ОАО «ВТИ», 2003. 42 с.

Influence of flue gases recirculation on technical, economical and ecological indicators of ship auxiliary boiler performance

Yepifanov A. A.¹, Dymo B. V.², Patsurkovskiy P.A.³, Yazlovetsky A.V.⁴

¹⁻⁴Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. The aim of the work is to evaluate the impact of flue gases recirculation into the furnace on the technical, economic and ecological characteristics of the ship's auxiliary boiler. The recirculation coefficient in the range of 10 ... 15 % is recommended to choose on the basis of the study results. The given values of the recirculation coefficient correspond to an increase in the resistance of the gas-air path of the boiler by 25 %, as well as a decrease in nitrogen oxide emissions by 44 %. The research was carried out using the methods of computer simulation.

Keywords: ship auxiliary boiler; flue gases recirculation; nitrogen oxide emissions, fuel combustion, reduction of harmful emissions.

УДК 656.621.626

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ІНТЕГРАЦІЇ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ІННОВАЦІЙНИМИ ПІДХОДАМИ РОЗБУДОВИ СУЧАСНОЇ РІЧКОВОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Козловський О. В.

здобувач ступеня доктора філософії PhD,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

м. Харків, Україна

alex.kozlovskiy@gmail.com

Анотація: Україна іде в авангарді інноваційних змін пріоритетів у напрямі зміщення акцентів на види перевезень. Україна, підписавши Угоду про асоціацію з ЄС, зобов'язана виконувати ініціативи стратегії розвитку річкового транспорту на основі національної транспортної політики. Мета та основні цілі Стратегії чітко визначають перспективу розвитку внутрішнього водного транспорту України та створення конкурентоспроможного, безпечного і привабливого для бізнесу внутрішнього водного транспорту. Україна як держава, яка підтримує світові тенденції переходу до зелених технологій та екологічних методів управління глобальними технологічними процесами.

Ключові слова: зелені технології, річковий транспорт, інфраструктура, внутрішні водні шляхи, навколишнє середовище.

Євросоюз активізував напрям розвитку річкового транспорту протягом останнього десятиріччя. Україна іде в авангарді інноваційних змін пріоритетів у напрямі зміщення акцентів на види перевезень з огляду на необхідність досягнення в сучасній економіці держави глобальних стратегічних цілей, одна з яких – зменшення енергозалежності економіки країни. Другою ціллю є скорочення викидів парникових газів в атмосферу, а також забезпечення конкурентоспроможності української транспортної системи та високого рівня мобільності [1].