

ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко Д.В., Касаткин И.П. и др. Причины аварийности морских судов и повышение безопасности плавания. //Морской флот, №3. – 2009. – с.59-63.
2. Скороходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д. Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания. Вестник МГТУ, т.13, №4/1, 2010. – с.719-729.
3. Фунтусов А.А. Возраст судов как фактор аварийности морского флота // Транспортное дело России. Актуальные вопросы безопасности и эффективности транспортного комплекса. – М.: Спец. Выпуск №7. – 2006. – с.176-178.
4. Фунтусов А.А. Оценка влияния возраста морского транспортного судна на безопасность и эффективность его эксплуатации. – Дис. на соискание степени к.т.н.. – Владивосток, 2008.
5. Кацман Ф.М., Ершов А.А. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства. – Санкт-Петербург. // Транспорт РФ, №5, 2006.
6. IMO Maritime Safety Committee: Interim Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment («Временное Руководство по применению Формальной Оценки Безопасности»), MSC Circular 829, London, 1997.

Міхєєв О.І.

ЩОДО ПИТАННЯ ПРО ПРИЧИНИ АВАРІЙНОСТІ ТОРГОВЕЛЬНОГО ФЛОТУ

У статті наведена класифікація можливих причин аварій на морських суднах. Зроблено кількісний порівняльний аналіз цих причин, надані рекомендації із застосування найбільш ефективних превентивних заходів з метою усунення аварій на флоті.

Ключеві слова: аварія, обставини, екіпаж, флот, злагодженість.

Miheev A.

CONCERNING THE CAUSES OF ACCIDENTS ON BOARD MERCHANT SHIP'S

The article gives the classification of possible causes of marine accidents. A quantitative and comparative analysis of the causes is given. The recommendations on applying proper preventive measures aimed at avoiding casualties at sea are elaborated.

Keywords: accident, circumstances, ship's crew, merchant fleet, seamanship.

УДК 621.444:629.5.03-8

Андрєєв А.А., Пирисунько М.А.

РЕЦИРКУЛЯЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ЯК ЗАСІБ ПОЛПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СУДНОВИХ ДВЗ

Розглянуті перспективи використання системи рециркуляції відпрацьованих газів ДВЗ. Рециркуляція відпрацьованих газів ДВЗ є найбільш зручним і найменш «шкідливим» з точки зору погіршення показників двигуна способом зниження викидів оксиду азоту (NO_x). Вона має перевагу над іншими відомими способами, такими як зменшення кута випередження загорання, зниження ступеня стиснення, подача води тощо, оскільки характеристики

потужності змінюються несуттєво. Високі питомі показники теплоємності таких компонентів, як водяна пара і двоокис вуглецю забезпечують зменшення температури полум'я в середині камери згоряння і, тим самим, знижують кількість оксидів азоту.

Ключові слова: рециркуляція відпрацьованих газів, оксиди азоту (NO_x), камера згоряння.

Постановка проблеми. Вплив шкідливих викидів суднових дизелів на глобальний екологічний стан повітряного басейну є обмеженим і оцінюється в 5-7 % від загальної кількості викидів шкідливих речовин стаціонарними енергетичними установками і сухопутними транспортними засобами. Однак, через відносно велику агрегатну потужність судові дизелі можуть бути основним джерелами забруднення атмосфери в таких локальних зонах як порти, акваторії річок, особливо на території міст. Викиди шкідливих речовин в атмосферу з відпрацьованими газами судових дизелів є одним з головних забруднювачів повітряного басейну, прилеглого до судноплавних акваторій річок. При цьому основна увага фахівців, які займаються проблемами підвищення екологічної безпеки судових дизелів, направлена на питання, що стосуються очищення відпрацьованих газів дизелів від оксидів азоту NO_x . Вирішення проблеми токсичності випускних газів судовими двигунами регламентується вимогами Міжнародної Морської Організації (ІМО).

Мета роботи – аналіз перспектив використання системи рециркуляції відпрацьованих газів ДВЗ для поліпшення їхніх екологічних показників.

Виклад основного матеріалу. Погіршення екології повітряного середовища, що спостерігається в даний час, призводить до необхідності посилення норм на токсичні викиди, насамперед від транспортних засобів, у яких досить суттєве місце займають судові енергоустановки і, в першу чергу, судові двигуни внутрішнього згоряння.

Вирішення проблеми забруднення повітряного басейну Світового океану викидами шкідливих речовин, зокрема оксидами азоту NO_x з відпрацьованими газами судових дизелів пов'язано, насамперед, зі створенням вискоелективних технологій зниження концентрації NO_x на випуску з дизельної установки, і це повною мірою відноситься як до суден, що проектуються та будуються, так і до суден, що знаходяться в експлуатації.

Екологічні характеристики дизельних двигунів визначаються головним чином вмістом у продуктах згоряння оксидів азоту NO_x , які за індексом токсичності значно перевершують інші шкідливі компоненти відпрацьованих газів.

Згідно з Додатком VI Міжнародної Конвенції із запобігання забруднення з суден (MARPOL) «Обмеження на викиди NO_x » з січня 2016р. усі нові судна повинні будуть відповідати стандартам рівня III, які передбачають зниження викидів на 80 % в порівнянні зі стандартами рівня I, для експлуатації в зонах, позначених як зони контролю викидів NO_x (рис. 1).

Продукти згоряння в циліндрі дизелів утворюються в основному в результаті хімічних реакцій окислення складових палива киснем повітря і в результаті з'єднання кисню та азоту, які містяться в повітрі, зі складовим палива та продуктами згоряння, що протікають протягом робочих процесів «згоряння – розширення». Токсичними елементами в продуктах згоряння дизельного палива елементарного складу ($C + H + S + O = 1$) є: озон (O_3), сажа (C), оксид вуглецю (CO), оксиди азоту (NO, NO_2), аміак (NH_3), діоксид сірки (SO_2), сірководень (H_2S), сірковуглець (CS_2), метан (CH), метил (CH_3), формальдегід (H_2CO) і бензопірен ($C_{20}H_{12}$) [1].

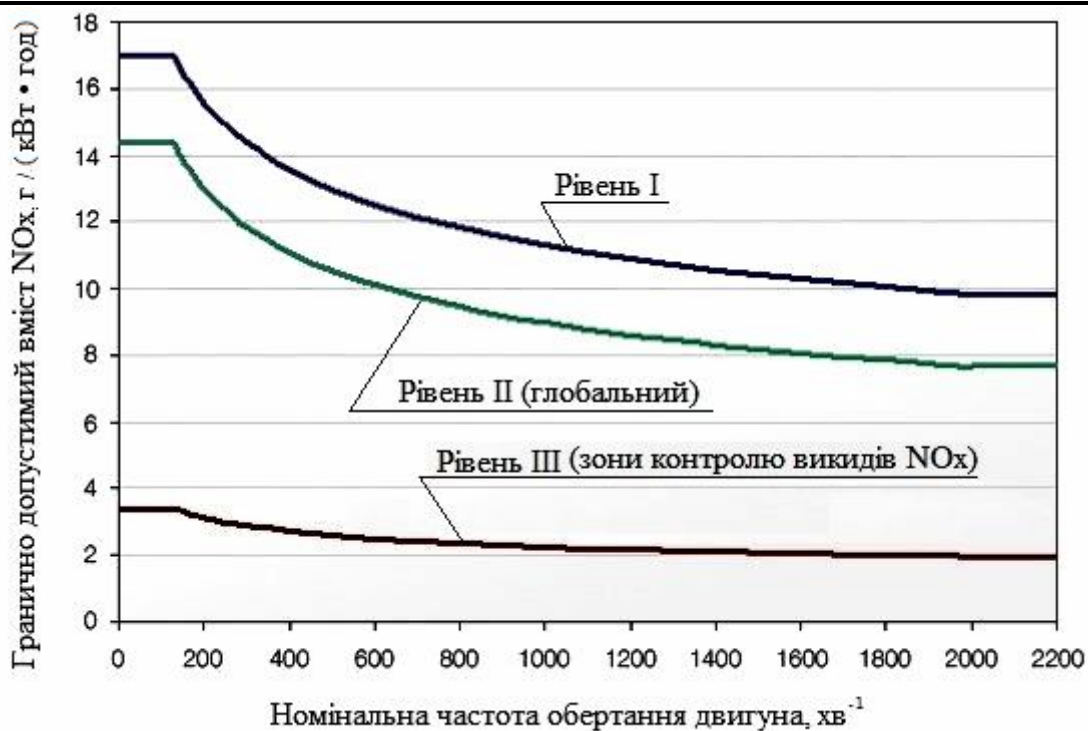


Рис. 1. Обмеження на викиди NOx відповідно до вимог MARPOL

Суднові дизелі дають близько 7 % світових викидів NOx, і регулярно проводяться дослідження, пов'язані з пошуком ефективних способів зниження шкідливих викидів суднових дизелів у експлуатаційних режимах при одночасному забезпеченні невисоких експлуатаційних витрат. Таким чином, зниження викидів оксидів азоту NOx з відпрацьованими газами суднових дизелів є одним з найбільш актуальних завдань, що стоять перед дослідниками в галузі підвищення екологічної безпеки суднових енергетичних установок.

Для суднових дизелів розроблені різні способи зниження концентрації NOx у відпрацьованих газах. До них відносяться: селективне каталітичне і селективне некаталітичне очищення (SCR і SNCR – Selective Catalytic Reduction і Selective No Catalytic Reduction), рециркуляція відпрацьованих газів (EGR – Exhaust Gas Recirculation), застосування системи упорскування води (Water Injection System – WIS), застосування подвійного упорскування, вдосконалення паливної апаратури, застосування паливних присадок, оптимізація робочого процесу [2]. При використанні SCR-установки можуть виникати проблеми, які пов'язані із підтримкою динамічних характеристик двигуна і стабільної роботи турбокомпресора.

Удосконалення ДВЗ, які експлуатуються, є актуальною задачею сьогодення. Швидкий прогрес та все жорсткіші вимоги Міжнародної Морської Організації (ІМО) вимагають все новіших, потужніших, економічних та екологічних двигунів. У цій роботі вибрано шляхом вирішення даних проблем встановлення системи рециркуляції відпрацьованих газів. Продуктивність використання способу рециркуляції відпрацьованих газів пояснюється тим, що у відпрацьованих газах завжди є такі компоненти, як пари води і двоокис вуглецю. Вони мають високі питомі значення теплоємності, що призводить до зменшення температури полум'я всередині камери згорання і тим самим знижують оксиди азоту.

Рециркуляція відпрацьованих газів – EGR (Exhaust Gas Recirculation) – полягає в тому, що частина цих газів з випускного колектора подається до продувочного ресивера. Розбавлення наддувочного повітря відхідними газами знижує вміст кисню у повітрі із 21 до 13 %. Це дозволяє різко скоротити викид до атмосфери шкідливих речовин за рахунок мінімального погіршення енергетичної ефективності двигуна.

Зниження NO_x методом рециркуляції обумовлене наявністю у відхідних газах діоксиду вуглецю з високою теплоємністю, що знижує температуру в камері згоряння. Поряд із цим через часткове заміщення повітря відпрацьованими газами зменшується концентрація кисню у зоні горіння. У результаті чого через уповільнення процесу згоряння знижується максимальний пік температури. Принципова схема системи EGR показана на рис 2.

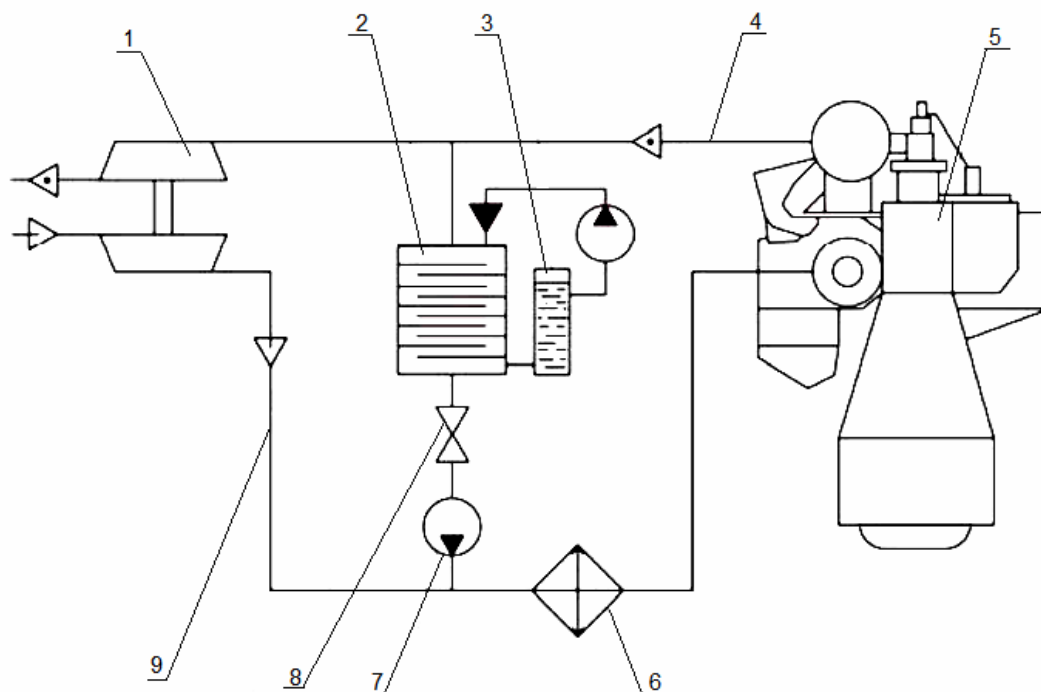


Рис.2. Принципова схема рециркуляції відпрацьованих газів (EGR схема):

1 – газотурбонагнітач; 2 – водяний скруббер, 3 – водяна цистерна, 4 – газова магістраль; 5 – ДВЗ; 6 – охолоджувач наддувочного повітря; 7 – насос; 8 – керуючий клапан; 9 – повітряна магістраль

Високонапірний газотурбонагнітач прокачує відпрацьовані гази через водяний скруббер (газоочишувач) у високонапірний ресивер продувочного повітря. Скруббер охолоджує гази, одночасно видаляючи SO_x і тверді частинки за рахунок їх промивання, перш ніж повторно направити їх у камеру згоряння.

У той самий час у компанії «Kawasaki» виявили, що 28 % рециркуляція відпрацьованих газів забезпечила на 69 % зниження викидів NO_x на двигуні 5S70MC фірми «MAN» при невеликому підвищенні вихлопу і витрати палива [7]. Інженери фірми «Wartsila» виявили, що 6 % рециркуляція відпрацьованих газів забезпечила 22 % зниження викидів NO_x на тестовому малообертovому двигуні 4RTX54 при зростанні теплового навантаження на компоненти двигуна і збільшення температури вихлопних газів [8].

Інженери фірми «Wartsila» розробляють механізм внутрішньої рециркуляції відпрацьованих газів в двотактних двигунах як більш ефективний засіб із зниження викидів шкідливих речовин [5,6]. При зниженні висоти продувних каналів приплив продувочного повітря в циліндр зменшується, а, отже, в циліндрі залишається більше вихлопних газів для наступного циклу. Зниження продувних каналів також збільшує розрахунковий інтервал робочого ходу поршня, що приводить до зниження витрати палива. Для подолання підвищеного теплового навантаження на двигун з вбудованим механізмом рециркуляції відпрацьованих газів інженери «Wartsila» розробляють методику, яка передбачає введення води під час такту стиснення, щоб довести температуру в камері згоряння до потрібної без застосування вбудованого механізму рециркуляції відпрацьованих газів. Температура в

камері згоряння досить висока щоб уникнути кислотних відкладень. Закачування води також знижує викиди NO_x .

Перепуск частини відпрацьованих газів дозволяє змінити хімічний склад заряду, знизити вміст вільного кисню в камері згоряння. Дослідження показують, що введення рециркуляції зменшує вихід NO_x , але відбувається збільшення виходу, а також димності, особливо при великих навантаженнях дизеля, близьких до номінальної. Питома витрата палива на номінальному режимі, як правило, перевищує вихідні значення витрати для дизеля без рециркуляції і зі збільшенням ступеня рециркуляції ще більше зростає.

З серпня 2008 року до березня 2010 року фірмою «MAN» була розроблена, спроектована і виготовлена перша система рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) для двотактних суднових дизелів. Прототип системи рециркуляції відпрацьованих газів був встановлений і зараз частково експлуатується на судні Alexander Maersk.

У двигунах, що працюють на паливі поганої якості, рециркуляція відпрацьованих газів може призвести до засмічення і корозії. Наліт, що залишається в результаті охолодження і очищення вихлопних газів на судах, що використовують мазут, містить сірку, від якої важко позбутися.

Висновки. Рециркуляція відпрацьованих газів знижує температуру згоряння, тим самим знижуючи викиди NO_x . Вона знижує температуру згоряння за рахунок збільшення питомої теплоємності газів в циліндрі та зниження загальної концентрації кисню. Рециркуляція відпрацьованих газів сприяє збільшенню тривалості згоряння та зниженню температури згоряння. Рециркуляція відпрацьованих газів дозволяє різко скоротити викид до атмосфери шкідливих речовин за рахунок мінімального погіршення енергетичної ефективності двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Филиппов А.З. Токсичность отработавших газов тепловых двигателей. – Киев; Вища школа, 1990. – 160 с.
2. Гладков С.А., Лерман Е.Ю. Создание малотоксичных дизелей морских судов. – Л.: Судостроение, 1990. – 180 с.
3. Куценко Е.В. Разработка метода очистки газов от оксидов азота с использованием продуктов термического разложения твердого карбамида: Дисс. на соиск. учен. степ. к.т.н. – М., 2004.
4. Vestergren, R., "Single-digit NO_x Emissions for Cruise Vessels", Wartsila NSD Marine News, 1999.
5. Paro, D., "Development of the Sustainable Engine", 23rd CIMAC Congress, 2001.
6. Mikulicic, N., "Exhaust Emissions: Next Steps for Low-speed Two-stroke Engines", Wartsila NSD Marine News, 1999.
7. Marine Engineering Review, "The Green Diesel". 1997.
8. Holtbecker, R. and M. Geist, "Emissions Technology, Sulzer RTA Series, Exhaust Emissions Reduction Technology for Sulzer Marine Diesel Engines". 1998, Wartsila NSD.

Андреев А.А., Пирисунько М. А.

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СУДОВЫХ ДВС

Рассмотрены перспективы использования системы рециркуляции отработавших газов ДВС. Рециркуляция отработавших газов ДВС является наиболее удобным и наименее «вредным» с точки зрения ухудшения показателей двигателя способом снижения выброса оксидов азота (NO_x). Она имеет преимущество над другими известными способами, такими как уменьшение угла опережения зажигания, снижение степени сжатия, подача воды и т.п., поскольку мощностные характеристики изменяются незначительно. Высокие удельные значения теплоёмкости таких компонентов, как водяные пары и двуокись углерода обеспечивают уменьшение температуры пламени внутри камеры сгорания и, тем самым, снижают количество оксидов азота.

Ключевые слова: рециркуляция отработавших газов, оксиды азота (NO_x), камера сгорания.

Andreev A., Pirisunko M.

EXHAUST GAS RECIRCULATION WAYS TO IMPROVE ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF THE VESSELS DIESEL ENGINES

In this article the prospects of use exhaust gas recirculation system (EGR) in diesel engine. EGR system is the most convenient and the least harmful way for the reducing NO_x emissions in terms of deterioration of the engine. EGR system has the advantage over other methods, such as compression ratio, water injection and other, because a power characteristic changes fractionally. High specific heat capacity values of components such water vapor and carbon dioxide provides a reduction temperature of fire inside the combustion chamber and reduces the amount of nitrogen oxides.

Keywords: exhaust gas recirculation, nitrogen oxides (NO_x), combustion chamber.

УДК 681.3.06.14

Свиридов В.И.

РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Предлагается подход, позволяющий прогнозировать остаточный ресурс узлов и деталей по фактическому уровню вибрации насосных агрегатов и механизмов в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: прогнозирование ресурса, метод, подшипники, насос, эксплуатация.

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-техническими задачами. Переход на техническое обслуживание и ремонт по состоянию предполагает наличие диагностического обеспечения для судового оборудования и механизмов в эксплуатационных условиях.

Наряду с определением ТС насосного агрегата в конкретный момент времени и поиском дефектов одной из важнейших проблем их создания и эксплуатации является прогнозирование состояния, заключающееся в предсказании либо ТС насосного агрегата в прогнозируемый момент времени, либо временного интервала, в течение которого насосный агрегат не изменит своего состояния.

Необходимо отметить, что разработанные до настоящего времени методы прогнозирования не дают возможность предсказать внезапные отказы, т.е. отказы, характеризующиеся резким изменением параметров ТС насосного агрегата, в частности ПК, до предельного значения. Прогнозировать с определенной степенью точности можно постепенные отказы, характеризующиеся постепенным изменением параметров ТС и обусловленные износом тел и дорожек качения подшипников и старением смазки [2].

Основой для прогнозирования ТС ПК, как и для многих других технических объектов, является аналитическое прогнозирование, при котором по многомерному вектору состояний S_n (S_1, S_2, \dots, S_n) или диагностических сигналов X_m (X_1, X_2, \dots, X_n), измеренному в моменты $t_1, \dots, t_1, \dots, t_k$, необходимо определить их значение в моменты t_j ($j = k+1, \dots, k+L$).

Аналитическое прогнозирование ТС объектов основывается на объективном