



УДК 621.187.7:662.61-634.2

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ОТ ОКСИДОВ СЕРЫ

### EFFICIENCY OF METHODS OF CLEANING PRODUCTS OF COMBUSTION FROM OXIDES SULFUR

**Модина М.А.**

доцент кафедры  
безопасность жизнедеятельности,  
Государственный морской  
университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова  
marishamodina@yandex.ru

**Шкода В.В.**

доцент кафедры физики и электротехники,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков имени А.К. Серова  
vshkoda@mail.ru

**Кашин Я.М.**

заведующий кафедрой  
электротехники и электрических машин,  
Кубанский государственный  
технологический университет;  
профессор кафедры  
авиационного и радиоэлектронного оборудования,  
Краснодарское высшее военное  
авиационное училище летчиков имени А.К. Серова  
jlms@mail.ru

**Аннотация.** Морской транспорт – один из важнейших компонентов общественного и экономического развития, поглощающий значительное количество ресурсов и оказывающий серьезное влияние на природную среду. Важность решения задач защиты атмосферы от вредных выбросов морских судов определяется тем, что загрязнения от судовых дизелей и котлов составляют наиболее существенную долю от всех видов транспорта. В статье рассматривается проблема снижения и эффективности методов очистки продуктов сгорания от оксидов серы.

**Ключевые слова:** морские суда, выбросы, оксид серы, способы очистки.

**Modina M.A.**

Assistant Professor safety of life,  
Admiral F.F. Ushakov State Maritime University  
marishamodina@yandex.ru

**Shkoda V.V.**

Associate Professor  
of Physics and Electrical Engineering,  
Krasnodar Higher Military  
A.K. Serov Aviation School of Pilots  
vshkoda@mail.ru

**Kashin Ya.M.**

Head of department electrical engineering  
and electrical machines,  
Kuban State Technology University;  
department Professor  
of aviation and radio electronic equipment,  
Krasnodar Higher Military  
A.K. Serov Aviation School of Pilots  
jlms@mail.ru

**Annotation.** Maritime transport is one of the most important components of social and economic development, absorbing a significant amount of resources and having a serious impact on the natural environment. The importance of the task of protecting the atmosphere from emissions of vessels is determined by the fact that pollution from marine diesel engines and boilers are the most significant share of all modes of transport. The article deals with the problem of reducing and efficiency of methods of purification of combustion products from sulfur oxides.

**Keywords:** ships, emissions, sulfur oxide, cleaning method.

**З**агрязнение атмосферного воздуха – сложная и многоаспектная проблема. Среди источников загрязнения атмосферы можно выделить главные – промышленность, электростанции и транспорт. Основными источниками вредных веществ, поступающих в атмосферу, являются продукты горения и переработки органических топлив. Наибольшую опасность представляет собой загрязнение соединениями серы, которые выбрасываются в атмосферу при сжигании топлива. Основным оксидом серы, образующимся при сжигании серосодержащего топлива морских судов является диоксид серы  $SO_2$  [1, 2, 3]. Неудовлетворительное состояние атмосферного воздуха ведет к росту численности заболеваний дыхательных путей и онкологического типа. Это обстоятельство приводит к необходимости ограничения выбросов веществ, содержащихся в обработавших газах.

Предотвратить загрязнение атмосферного воздуха оксидами серы можно с помощью следующих мероприятий:

- предварительная очистка топлива от соединений серы. Технически эта технология освоена, но затраты на её осуществление в настоящее время велики. При очистке жидких топлив (мазатов) путем гидрогенизации стоимость топлива возрастает на 50–80 % [2, 3];



• топливopодготовка и регулировка режимных параметров. К этим методам (для транспортных систем) возможно изменение конструктивных параметров (форма камеры сгорания, усовершенствование форсунки и др.), применение рециркуляции выхлопных газов, использование катализаторов, применение водотопливных эмульсий [2]. В настоящее время в судовых котлах в связи с увеличением стоимости топлива применяется более дешевое остаточное топливо с повышенными значениями вязкости, механических примесей, асфальтенов, серы, золы и т.д. Применение такого топлива, а также водотопливных эмульсий (ВТЭ) на его основе приводит к изменению технических и экологических характеристик систем котлов. В экологическом отношении использование ВТЭ в паровых котлах является эффективным методом сокращения уровня загрязнения атмосферы токсичными выбросами [4].

• сокращения выброса диоксида серы достигается различными технологиями очистки уходящих газов. Наиболее распространенный метод – мокрый процесс, когда уходящие газы, например, барботируют через раствор известняка, в результате чего образуются сульфит или сульфат кальция [5]. К простейшим мокрым методам относятся абсорбция с помощью воды, а также более емких поглотителей органического происхождения (ксилидин, диметиланилин и др.) или водных растворов неорганических веществ (щелочи, аммиачная вода, известняковая и известковая пульпа и др.). Преимущества мокрых методов очистки заключается в их высокой эффективности, дешевизне реагентов, возможности одновременного улавливания летучей золы, относительно малых массогабаритных показателей установок [2]. К мокрым методам относятся содово-электролитический, содово-сульфитный Шова-Денко, цитратный и метод Веллман-Лорд [4]. Уменьшение выбросов оксидов серы возможно путем использования скруббера [2]. Очистка газов от примесей с помощью скрубберов относится также к мокрым способам очистки. Этот способ основан на промывке газа жидкостью (обычно водой) при максимально развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью;

• применение сухих методов очистки. Процесс улавливания  $SO_2$  из продуктов сгорания твердыми сорбентами происходит за счет преимущественной ее адсорбции поверхностью сорбента. Поэтому, как величина, так и характер поверхности сорбентов играют важную роль при очистке газа сухими методами. К наиболее разработанным и перспективным методам очистки дымовых газов от  $SO_2$  с применением углеродных сорбентов относятся методы Рейнлюфт, Бергбау-Форшунг и окисномедный. В качестве сорбентов при сухих методах очистки применяются различные марки активированных углей, силикагели, синтетические смолы и другие. Процесс поглощения газов происходит на поверхности твердых сорбентов и сопровождается капиллярной конденсацией и химическими реакциями (хемосорбция). К сожалению, установки сухих методов очистки имеют большие массогабаритные показатели и более высокую удельную стоимость очистки [2, 3, 4].

Основными аппаратами, определяющими эффективность работы схемы очистки дымовых газов от газообразных примесей при использовании мокрых методов, являются абсорберы, а сухих методов – адсорберы. Конструкции абсорберов весьма многообразны, однако, для очистки продуктов сгорания наиболее часто применяются абсорберы поверхностные, насадочные, барботажные (в том числе и с подвижной насадкой) и абсорберы (скрубберы) Вентури [2].

В результате использования технологий очистки, рассмотренных в данной статье, можно добиться радикального снижения выбросов оксидов серы.

### Литература:

1. Носков А.С., Пай З.П. Технологические методы защиты атмосферы от вредных выбросов на предприятиях энергетики / СО РАН; Институт катализа; ГПНТБ. – Новосибирск, 1996. – 156 с.
2. Комплексная очистка дымовых газов теплогенерирующих установок : монография / К.Б. Комиссаров, С.А. Лутков, А.В. Филь. – Ростов н/Д. : Филиал ФГОУ ВПО «Морская государственная академия имени адмирала Ф.Ф. Ушакова» в г. Ростове-на-Дону, 2007. – 134 с.
3. Вострикова М.А. Анализ эффективности работы систем очистки дымовых газов морских судов от примесей при использовании абсорберов и скрубберов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015.
4. Стаценко В.Н. Техничко-экологические особенности использования водотопливных эмульсий в судовых котлах / В.Н. Стаценко, В.М. Суменков // Судостроение: научно-технический производственный журнал. – 2011. – № 6 (Ноябрь-декабрь). – С. 33–35.

### References:

1. Noskov A.S., Pai Z.P. Technological methods of atmospheric protection from harmful emissions at power engineering enterprises / Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Institute of Catalysis; GPNTB. – Novosibirsk, 1996. – 156 p.
2. Complex cleaning of the flue gases of the heat generating installations: monograph / K.B. Komissarov, S.A. Lutkov, A.V. Fil. – Rostov-on-Don : A branch of the Admiral F.F. Ushakov Marine State Academy in Rostov-on-Don, 2007. – 134 p.



3. Vostrikova M.A. Analysis of the efficiency of the sea-vessel flue gas purification systems operation from the admixtures using the absorbers and scrubbers // Vestnik of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. – 2015.
4. Statsenko V.N. Technical and ecological peculiarities of the use of the water-fuel emulsions in the ship boilers // Shipbuilding: scientific and technical production journal. – 2011. – № 6 (November-December). – P. 33–35.