

В настоящее время обществом международных операторов газозовов и газовых терминалов (ОМОГТ) разработаны принципы обращения с СПГ на судах и терминалах, которыми необходимо руководствоваться при его использовании.

Основная проблема внедрения системы использования газа на судах – это размещение емкостей СПГ, которые требуют большего пространства, нежели емкости для традиционного топлива. Поэтому в ближайшее время, очевидно, потребителями СПГ станут суда, у которых есть значительные свободные пространства. Это ледоколы, паромы, ро-ро, суда снабженцы, буксиры, земснаряды.

По прогнозам к 2020 году и далее СПГ займет около 20% общего бункеровочного топлива.

Вчерашний день предлагал нам, как вариант решения проблемы, выбор между низкосернистым тяжелым и дизельным топливом. Но постоянный рост цен на традиционное топливо в комплексе с высочайшими экологическими требованиями вынуждают искать новые и относительно дешевые пути решения проблемы. Один из них – использование в РФ на судах сжиженного природного газа.

М.Х. Садеков, Ю.Б. Стасевич
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СНИЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ СУДОВЫМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ ПУТЕМ ПЕРЕВОДА ИХ НА ВОДОТОПЛИВНУЮ ЭМУЛЬСИЮ

Дизель, вырабатывая механическую энергию за счет окисления топлива воздухом, в процессе работы осуществляет непрерывный тепломассообмен с окружающей атмосферой. Он забирает воздух и потребляет топливо, затем выбрасывает отработавшие газы, состоящие из части воздуха и продуктов окисления топлива. Таким образом, воздух, поступающий в цилиндр дизеля, совершает определённый термодинамический цикл, претерпевая при этом химические изменения, в результате чего превращается в ОГ – сложную газовую смесь со множеством компонентов. Четыре компонента – N_2 , O_2 , CO_2 и H_2O – составляют свыше 99–99,9% объёма газа, остальные 0,1–1,0% объёма ОГ – это примеси, которые являются вредными для окружающей среды.

При выпуске в атмосферу ОГ обычно рассеиваются и вступают в контакт с человеком уже в сильно разбавленном состоянии. Концентрация ряда вредных компонентов и температура газов в основном снижаются до безопасного уровня, но бывают зоны, где это вещество концентрируется в количествах, оказывающих вредное действие на живой организм и природу. Это обстоятельство заставляет искать пути снижения вредных веществ. К наиболее опасным веществам можно отнести CO , NO_x , SO_2 , бенз(а)пирен, альдегиды (А), углеводороды (УВ).

Для нейтрализации отрицательных последствий от работы дизелей на окружающую среду большой интерес представляет применение ВТЭ, что позволяет существенно уменьшить содержание вредных веществ, (NO_x , сажи) в выпускных газах при сохранении или даже улучшении топливной экономичности. Накоплен определённый опыт эксплуатации различных по конструктивному исполнению установок на судах речного флота, таких как ВТЭ-1, ВТЭ-2, ВТЭ-3 (НГАВТ), УЗГС-5000 (СПбГУВК), ТОК-2 (ВГАВТ), УПЭ-1 с электролизером (ВГАВТ) и др.

Положительное влияние применения ВТЭ на токсичность и топливную экономичность подтверждается следующими результатами.

В экспериментах ВГАВТ на дизеле 6 VD 26/20 AL-1 [39] при работе на ВТЭ моторного топлива ДТ ГОСТ 1667-68 с содержанием воды 10–12 %, получено снижение

дымности (по шкале БОШ) более чем в 2 раза, существенное снижение эмиссии NO_x и CO по сравнению с работой дизеля на чистом моторном топливе. При этом зафиксировано уменьшение b_e на 5–7 %.

Еще более впечатляющие результаты достигнуты на дизелях типа ЧН 18/20 и ЧН 16/17 [17,16]. При работе дизеля ЧН 16/17 на ВТЭ дизельного топлива ГОСТ 305-82 с содержанием воды 40–45% получено снижение эмиссии CO в 5–8 раз, NO_x в 3–5 раз, сажи – более чем в 10 раз. Удельный эффективный расход топлива при этом уменьшился на 15–18 г/(кВт·ч).

По результатам исследований, проведенных специалистами кафедры ЭСЭУ ВГАВТ на двигателях типа Г70-5 (6ЧРН36/45) эксплуатирующихся судов речного

флота, можно отметить, что при $\text{fop} = 15$ у.п.к.в. при работе на дизельном топливе эмиссия NO_x линейно зависит от содержания C_w воды в топливе. Чем больше C_w , тем существенно снижается e_{NO_x} . Характер изменения максимальной температуры цикла T_{max} в зависимости от C_w примерно такой же, что и для NO_x при этом T_{max} при различных режимах уменьшается на 200 К в случае повышения C_w от 0 до 40%. Кривая удельного эффективного расхода топлива имеет вид пологой параболы с минимумом расхода топлива при $C_w = 10\%$.

Карпов Л.Н., Волосатов О.С. [18] обобщили результаты исследований и испытаний судовых дизелей на ВТЭ с содержанием воды в 5–20%. Они подтверждают улучшение топливной экономичности на 2–4% при эксплуатации на номинальной нагрузке до 5 % на долевых нагрузках.

Введение воды в топливо снижает дымность выпускных газов и содержание в них оксидов азота на 20–50%. Применение ВТЭ приводит к увеличению периода задержки воспламенения, скорости нарастания давления в цилиндре двигателя, продолжительности впрыскивания топлива некоторому смещению максимума давления газов в сторону кривой расширения.

Эффект снижения расхода топлива при сгорании ВТЭ объясняется тем, что полнота сгорания топлива увеличивается вследствие снижения выхода CO примерно на 10 % и сажи примерно на 11%; составляющая теплового баланса с выпускными газами уменьшается примерно на 70%; теплоотдача в поршень и крышку цилиндра снижается примерно на 3,5%, а в охлаждающую воду примерно на 5,5%. Анализ показывает, что при работе на ВТЭ имеет место повышение среднего индикаторного давления вследствие снижения потерь энергии на кривой сжатия и увеличения давления газов на кривой расширения.

В экологическом отношении использование ВТЭ в паровых котлах является эффективным методом сокращения уровня загрязнения атмосферы токсичными выбросами. Испытания [1, 4, 5] показывают, что при сжигании ВТЭ в продуктах сгорания уменьшается концентрация оксидов азота и углерода, а также сажи.

Оксиды азота NO_x при сжигании жидкого топлива образуются в результате окисления молекулярного азота воздуха NO_{xb} и азотосодержащих соединений топлива NO_{xt} . Суммарное количество окислов азота ($\text{NO}_{\text{xb}} + \text{NO}_{\text{xt}}$) определяется температурным уровнем в топке, содержанием кислорода (избыточного воздуха) в зонах генерации NO_{xb} и NO_{xt} и временем пребывания этих продуктов в высокотемпературных зонах.

При сгорании ВТЭ снижение содержания NO_x происходит за счет вторичного дробления капель топлива и улучшения их смешения с воздухом, при этом интенсифицируется процесс горения и сокращается время контакта реагентов для образования окислов азота в начальных зонах факела отдельных горелок [2].

Продукты неполного сгорания топлива (оксиды CO и сажа) образуются, как и окислы азота, в начальной зоне факела и определяются видом топлива, условиями его распыливания, испарения и смешения с окислителем. Изменение концентрации CO с повышением влагосодержания имеет различный характер в зависимости от коэффициента избытка воздуха α . При больших значениях α в газах не обнаружено влияние влагосодержания ВТЭ на содержание окиси углерода, объемная концентрация кото-

рой не превышает 0,06–0,09 %. При $\alpha < 1,25$ влияние на концентрацию СО в продуктах сгорания значительно. Увеличение влагосодержания ВТЭ до 20% приводит к снижению содержания оксидов углерода с 0,7 до 0,12% (т.е. в 5,8 раза).

Один из основных продуктов неполного сгорания топлива – сажистые частицы. При увеличении влагосодержания ВТЭ до 25% их содержание уменьшается на 70–80%. Влияние влагосодержания ВТЭ на концентрацию сажи сохраняется (в отличие от содержания СО) на всех эксплуатационных режимах при изменении коэффициента избытка воздуха в диапазоне $\alpha = 1,18 \dots 1,33$.

Комплексным методом воздействия на образование вредных веществ в факеле является сжигание обводненного топлива в виде ВТЭ. В этом случае благодаря существенному улучшению процессов распыливания топлива (вторичного дробления капель) и смесеобразования значительно уменьшается образование продуктов неполного сгорания и улучшаются условия их последующего выгорания. Ускорение начальных стадий процесса горения при минимальных избытках воздуха благоприятно скажется на уменьшении образования «топливных» окислов азота.

Одновременно с перечисленными положительными явлениями при сжигании ВТЭ уменьшается скорость отложений на газовой стороне поверхностей нагрева котла (вследствие уменьшения сажеобразования), что увеличивает срок эксплуатации котла между чистками.

Список литературы:

- [1] Иванов В.М. Топливные эмульсии. М.: АН СССР, 1970.
- [2] Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.

И.С. Сухарев
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СТРАТЕГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРАТОРА ПУЛЬПЫ В СОСТАВЕ ЗЕМСНАРЯДА ДЛЯ ДОБЫЧИ САПРОПЕЛЯ

Гидротранспорт сапропеля в современных грунтонасосных установках производится со значительными энергозатратами, связанными с вязко-пластичными свойствами грунта. Аэрирование пульпы при добыче сапропеля естественной влажности является важнейшим способом повышения энергоэффективности грунтозаборной установки. На практике установлено, что снижение потерь на трение происходит при достижении мелкодисперсной структуры течения смеси сапропель-воздух, когда пузырьки воздуха равномерно распределены по всему объему пульпы [3]. Изучение свойств системы сапропель-воздух позволит определить оптимальные параметры режима течения смеси и конструкции аэратора, которые повысят энергетическую эффективность грунтонасосной установки.

Течение вязко-пластичной жидкости в каналах является важнейшим предметом исследования при изучении свойств сапропеля. Согласно [1] необходимо установить параметры течения смеси сапропель-воздух. Для двухфазной смеси перепад давления составит:

$$\Delta P = \frac{64}{Re'_{пл}} \frac{l}{D} \frac{\rho'(U'_{см})}{2}, \quad (1)$$

где l – длина канала, м;