

УДК 662.758.2-3

А.Г. Данилян, В.И. Чимшир, А.И. Найденев

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕВОДА СУДОВ РЕЧНОГО ФЛОТА
НА ВОДОТОПЛИВНУЮ ЭМУЛЬСИЮ**

Проведен анализ использования различных видов топлив на речных судах. Показана перспектива использования водотопливной эмульсии на речных судах. Раскрыт процесс сгорания водотопливной эмульсии в среднеоборотном судовом двигателе. Предложена принципиальная схема подготовки водотопливной эмульсии в судовых условиях. Произведен расчет эффективности использования водотопливной эмульсии на примере перевозки железорудного концентрата из порта Измаил до порта Линц.

Ключевые слова: водотопливная эмульсия, речные суда, топливо-подготовка, гомогенизатор, тяжелое топливо.

Проведено аналіз використання різних видів палива на річкових суднах. Показана перспектива використання водопаливної емульсії на річкових суднах. Розкрито процес згоряння водопаливної емульсії в середньооборотному судновому двигуні. Запропоновано принципову схему підготовки водопаливної емульсії в судових умовах. Зроблено розрахунок ефективності використання водопаливної емульсії на прикладі перевезення залізорудного концентрату з порту Ізмаїл до порту Лінець.

Ключові слова: водопаливна емульсія, річкові судна, паливонідготовка, гомогенізатор, важке паливо.

The analysis of various aspects fuels usage on river boats is carried out. Usage prospect of fuel-water emulsion is shown on river boats. The combustion process of a water-fuel emulsion in medium-reverse marine engine is uncovered. The schematic diagram of a water-fuel emulsion preparation in ship conditions is offered. Calculation of efficiency of a water-fuel emulsion usage in terms of transportation iron-ore concentrate from port Izmail to port Linz is effected.

Keywords: a water fuel emulsion, river boats, fuel preparation, the homogenizer, heavy fuel.

Введение. Использование природного газа и водотопливной эмульсии (ВТЭ) на речных судах значительно может снизить бункеровочную составляющую в чартере перевозок. Двигателя, использующие природный газ (DualFuel), находят свое применение на различных флотах. Одними из первых природный газ, в качестве топлива для речных судов, стали использовать китайские судовладельцы. До 2015 года они расширили сферу использования, создав ряд морских буксиров с двигателями Wartsila 34DF для прибрежного морского плавания с составами до 20-25 тыс. тонн.

Хороших практических результатов по использованию ВТЭ на морских судах достигли европейские судоходные компании. Эти результаты с успехом могут быть использованы на речных судах и судах смешанного плавания Украинских судоходных компаний, где в качестве основного топлива, на сегодняшний день, используется легкое или так называемое светлое топливо (ДЛ).

В последнее время, намечена тенденция удорожания перевозок, в связи с планомерным ростом цен на бункерное топливо, которое достигло на начало 2015 год следующей цены:

- ДЛ - 1000 -1050 \$;
- IFO180 – 680 – 700 \$;
- IFO 380 – 620 – 640 \$.

На данный момент цены на топливо резко упали по бункерным плацам мира, но этот факт не может быть принят в расчет, так как мир столкнулся с конкурентной борьбой принципов стран ОПЕК против США и РФ. По прогнозам экспертов цены в ближайшее время вернуться на прежний уровень, а в дальнейшем значительно его превзойдут.

Речной флот Украины работает на ДЛ, которое при составлении чартер-партии составляет 70 % и более ее конечной цены. Над вопросом снижения бункеровочной составляющей как основной статьи расхода при транспортировке груза занимается большое количество специалистов в ведущих отечественных и зарубежных институтах и лабораториях.

После анализа ряда опубликованных работ, можно выделить два основных направления, таких как: применение сжиженного природного газа (СПГ, англ. LNG – liquefied natural gas; преимущественно метан, CH₄); применение водотопливной эмульсии (ВТЭ).

В рамках данного исследования предлагается рассмотреть возможность использования на речных судах ВТЭ на основе тяжелого топлива марки IFO-380 с 30 % включением пресной воды, с созданием данной смеси в судовых условиях.

Целью исследования является разработка технологии получения водотопливной эмульсии в судовых условиях.

Изложение основного материала. Преимущества применения СПГ значительно превышают применение ВТЭ на современном этапе развития обеих технологий. Применение СПГ решает проблему со снижением транспортных расходов и полным обеспечением экологической безопасности морских и речных перевозок.

На сегодня, существует ряд проблем, препятствующих широкому применению этой технологии. Из них можно выделить следующие:

- низкий темп обновления флота. Известно, что более эффективным является переход речных судов на метан, причем такой переход возможен только на новостроящихся судах, так как перевод уже существующего флота на этот вид топлива пока не имеет широкой мировой практики по причине больших затрат и несогласованности с надзорными

органами по причине невозможности обеспечения необходимой безопасности мореплавания;

- отсутствие объектов бункеровки. Несмотря на перспективность использования метана на флоте, строительство бункеровочных объектов не коснулось наших границ и сопредельных государств, в настоящее время ближайшие объекты бункеровки судов жидким метаном находятся в Германии и Латвии.

Таким образом, на данный момент есть смысл рассмотреть вариант перехода речных судов на тяжелое топливо. Широко известно, что без использования ВТЭ перевод речного флота на тяжелые сорта топлива практически невозможен, это связано с установкой громоздкого и энергоемкого оборудования для топливоподготовки тяжелых сортов топлива (IFO 80, IFO 120, IFO 180, IFO 380 и др.), которое используется на крупнотоннажных морских судах. Если учесть, что современные гомогенизаторы способны создавать гомогенную однородную смесь, которая остается стабильной от 18 месяцев и более, то становится очевидным, что приготовление ВТЭ будет более целесообразно в условиях береговых бункеровочных баз, снизив тем самым судовые расходы.

Конструкция системы топливоподдачи с включенным в себя гомогенизатором незначительно отличается от стандартной. Тем самым снижается сложность переоборудования.

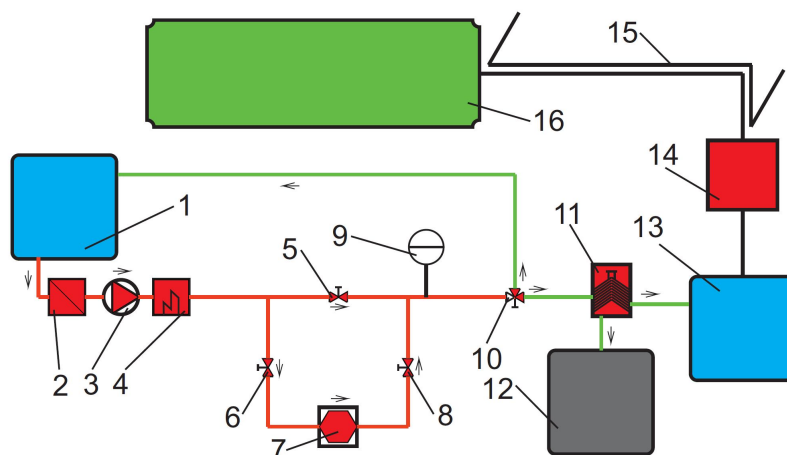


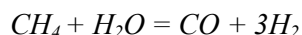
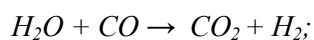
Рис. Общая схема гомогенизации тяжелого топлива:
1 – танк запаса IFO 380; 2 – топливный фильтр; 3 – топливный насос;
4 – подогреватель топлива; 5 – перепускной клапан;
6 – клапан входа на гомогенизатор; 7 – гомогенизатор;
8 – клапан выхода с гомогенизатора;
9 – электронный блок управления; 10 – 3-х ходовой клапан;
11 – сепаратор; 12 – шлам; 13 – расходной танк;
14 – бустерная установка; 15 – спутники; 16 – ДВС

На рисунке топливо IFO 380 из танка смешанного топлива (1) проходит фильтр (2) и топливным насосом (3) подается на подогреватель (4), откуда топливо может проходить напрямую без гомогенизатора (7) прямо на сепаратор (12) и далее в расходной танк (13). Электронный блок (9) управляет всей схемой, закрывая байпасный клапан (5), открывает клапан на вход (6) и выход (8) на гомогенизатор, где производится ВТЭ заданной структуры. Далее полученная смесь подается на сепаратор и расходной танк (13).

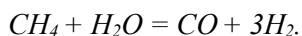
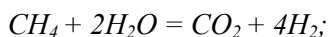
В отличие от обезвоженного топлива ВТЭ, обладает большей теплоемкостью и большим коэффициентом теплопередачи, поэтому прогрев капель после распыливания осуществляется с такой же скоростью, что и обезвоженного топлива. Размером глобул воды определяется количество потенциальной энергии, которой обладает частица, следовательно, для разрушения такой частицы необходимо затратить определенное количество энергии. Момент измельчения капли топлива приближается к фазе интенсивного испарения, что создает благоприятные условия для ускорения предпламенных процессов. На поверхности глобул воды ВТЭ сосредотачиваются наиболее тяжелые фракции высоковязкого топлива, обладающие наибольшим количеством кинетической энергии, поэтому они концентрируются на внешней поверхности факела. Таким образом, высоковязкие фракции отделяются от легких фракций и затем интенсивно распыливаются до высокодисперсного состояния в воздушном заряде. Высокодисперсные частицы равномерно с высокой скоростью перемещаются в камере сгорания, взаимодействуя с соседними частицами, разрушают асфальтные смолистые соединения.

Водная фаза гомогенного топлива частично диссоциирована, а в дальнейшем с повышением температуры при активизации сгорания ионная реакция диссоциации воды принимает ускорение. Полученный избыток атомов водорода при диссоциации замещает затраченную энергию на процесс диссоциации воды. Участие полученного водорода в процессе диссоциации увеличивает количество продуктов сгорания.

Сам процесс горения имеет видоизмененный характер, потому что в начальном процессе гомогенизации на молекулярном уровне создаются легкие газовые дистиллятные фракции, при этом высокая степень дисперсности фракций дает наилучшее смещение топлива с зарядом воздуха, а значит, при этих условиях ускоряется начало воспламенения топлива в процессе горения. В рабочем органе гомогенизатора происходит интенсификация кавитационного процесса, вследствие которого, при бомбардировке гидротоков после процесса схлопывания газовых пузырьков и замещения пустот ими, происходит высвобождение тепловой и кинетической энергии, позволяющей диссоциировать начальную ВТЭ на кислород (О) и водород (Н), что дает при сгорании смеси повышение (ускорение) термохимической реакции в камере сгорания.



и далее на водород и гидроксил



Используя исследовательские материалы по подготовке ВТЭ с различными процентными соотношениями, вода-топливо, можно остановиться на 30 % содержания воды в топливе. Для получения гомогенной смеси используются различные типы современных гомогенизаторов зарубежного производства: УКДГ – 89М, TRGA, система обработки судового топлива PSSF – Pretreatment System of Ship Fuel производства фирмы BIMONT – SLOVENIA, UFH REDISER Cavitation – производство Германия. Подбор системы ВТЭ для речного флота необходимо производить на основе энергоемкости установки, ее надежности, габаритов и совершенства процесса гомогенизации, особенно важно знать последние опытные образцы, способные работать одновременно с эффектом воздействия ультразвука, кавитации и электромагнитного поля на обрабатываемую смесь. Современная установка получения ВТЭ для речных судов с производительностью – $Q = 1 \text{ м}^3$ потребляет около 2-3 кВт/час, основные затраты энергии расходуются на подогрев ВТЭ перед двигателем 80-90 °С.

Существует закономерность, от снижения вязкости ВТЭ около 20-25 %, снижение температуры смеси при нагревании не произойдет, необходимо будет подогревать смесь для достижения диапазона вязкости перед ТНВД 10-15 сСт с теми же затратами энергии, что и для тяжелого топлива IFO 380. Здесь необходимо использовать энергию внутреннего контура главных двигателей 70-80 °С для подготовки ВТЭ с дальнейшим подогревом в электрическом топливонагревателе с доведением до заданной вязкости.

Очевидно, что перевод работы флота на ВТЭ в конечном счете снизит фрахтовую ставку за тонну перевезенного груза из порта «А» в порт «В».

Приведем пример конкретного расчета перевозки одной тонны железорудного концентрата из п. Измаил до п. Линц (Австрия) судами Украинского Дунайского пароходства по объявленной фрахтовой ставке – 32 \$. Рассмотрим использование топлива марки IFO 380 в ВТЭ: $1000 - 700 = 300\$$, удешевление фрахтовой ставки без расходов на подготовку ВТЭ, составит 30 %, $32 \times 0,3 = 9,6 \$$, отсюда новая фрахтовая ставка будет $32 - 9,6 = 22,4\$$.

В расчет не принята экономия от использования ВТЭ, которая опытным путем определена от 5 до 15 %, отсюда $1000 \times 0,05 = 50$ \$, это тот резерв, который с остатком покрывает наши все расходы на приготовление ВТЭ [2].

Выводы. Как показали проведенные исследования, расход топлива в судовых дизелях, с переводом на ВТЭ, снижается на 10-15 %, в котлоагрегатах на 8-10 %. Кроме того, в энергетических установках, работающих на водно-топливной эмульсии, кроме снижения расхода топлива, достигается значительное улучшение экологических характеристик уходящих газов. В дизелях, работающих на ВТЭ с водосодержанием 17-30 %, эмиссия NO_x уменьшается на 30-37 %, SO_2 на 50 %, H_2S и несгоревших углеводородов в несколько раз [3].

Вместе с тем перевод двигателей на ВТЭ речного флота Украины имеет под собой определенные сложности несмотря на то, что эти затраты в десятки раз ниже, чем переход на двигатели DualFuel. Мы столкнемся с проблемой необходимости повышения мощности судовых электростанций для установки топливонагревателей в системе топливонагрева тяжелого топлива.

Режимы маневрирования судов и работа на малых оборотах потребует дальнейшего изучения процессов наполнения заряда и сгорания ВТЭ в цилиндре двигателя для обеспечения безопасности мореплавания. Подобный вопрос на судах с двигателями DualFuel надзорными органами разрешен с ограничениями, т.е. работа двигателя в автоматическом режиме переводится на легкое топливо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сеземин А.В. Уменьшение выбросов оксидов азота серийного судового двигателя путем организации рабочих процессов [Текст]: Дис. ... канд. тех. наук / А.В. Сеземин. – М., 2014. – 145 с.
2. Данилян А.Г. Не упустить время, не потерять богатства // Транспорт. – 2013. – № 11. – С.65-68.
3. Андриющенко С.П. Уменьшение выбросов оксидов азота с отработавшими газами судовых дизелей посредством применения эмульсии дизельного топлива с водой [Текст]: Дис. ... канд. тех. наук / С.П. Андриющенко. – М., 2014. – 129 с.
4. Оборудование для корабельного топлива [Электронный ресурс]. – Режим доступа : \WWW/ URL: [http:// afuelsystems.com/ru/trga/s164.html](http://afuelsystems.com/ru/trga/s164.html) – 16.03.2015 г. – Загл. с экрана.

5. *Эффективность применения воднотопливной эмульсии (ВТЭ) в дизельных двигателях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \WWW/ URL: [http:// vortexfuel.com.ua/burning.html](http://vortexfuel.com.ua/burning.html) – 20.03.2015 г. – Загл. с экрана.*

Стаття надійшла до редакції 10.09.2015

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор кафедри «Суднові енергетичні установки та технічна експлуатація флоту» Одеського національного морського університету **В.Г. Івановський**

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія та проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» Одеського національного морського університету **О.В. Демідюк**