

УДК 621.431.74 – 185.3

О.П. Радченко, доцент, канд. техн. наук

А.Р. Мацкевич, А.В. Неменко, О.П. Чуб

Одесская национальная морская академия, ул. Дидрихсона 8, Одесса, Украина, 65029

Киевская государственная академия водного транспорта, ул. Репина 3, Севастополь, Украина, 99045

E-mail: rom1643@mail.ru

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА В СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Анализируются отказы топливной системы судовых энергетических установок при смене используемого бункера. Определена вероятность отказа и проанализирован механизм изменения эксплуатационных свойств топлива. Даны рекомендации по обеспечению наиболее безопасных условий смены используемого бункера при эксплуатации судна.

Ключевые слова: эксплуатация СЭУ, топливоподготовка, высоковязкое судовое топливо, отказ судовой топливной системы.

На протяжении последних десятилетий экономика морских перевозок подводит к использованию все более дешевых топлив. Это в большинстве своем высоковязкие компаундированные топлива нефтяного происхождения. Экономика морских перевозок определяет затраты на горюче-смазочные материалы, которые составляют не менее двух третей всех затрат операторов судов.

Цель исследований: определение вероятности отказов в топливных системах СЭУ связанных с потерей эксплуатационных свойств высоковязких судовых топлив, исследование физико-химического механизма такого изменения свойств, выработка рекомендаций к действиям экипажа в случаях, когда вероятность изменения эксплуатационных свойств топлива возрастает.

Проблемы, связанные со стабильностью и мониторингом эксплуатационных свойств судовых топлив испытывают тенденцию к росту из-за экономически вынужденного снижения качественных показателей топлива – его удешевления. В связи с этим в настоящей работе рассматриваются аспекты организации эксплуатации дизельэнергетической установки, обусловленные неизбежным смешением топлив его дополнительным нагревом и устранением негативных явлений, наблюдаемых в процессе топливоподготовки.

Применение различных по происхождению топлив связано с риском, состоящим в непредсказуемости смешения различных топлив, при переходе от одного бункера к другому. Суть проблемы скрыта, том, что два топлива при смешивании, неизбежном при переходе от заканчивающегося бункера к вновь принятому, могут дать смесь непригодную для использования. При этом каждое из топлив отдельно имеет эксплуатационные характеристики, удовлетворяющие требованиям конкретной СЭУ.

Отказ в таком случае может произойти в ряде элементов судовой системы подготовки и подачи топлива и топливной системы ДВС (рисунок 1). Наиболее часты случаи отказа сепарационной установки, случаи отказов элементов топливной системы высокого давления дизеля, а также фильтров, вискозиметров, подогревателей.

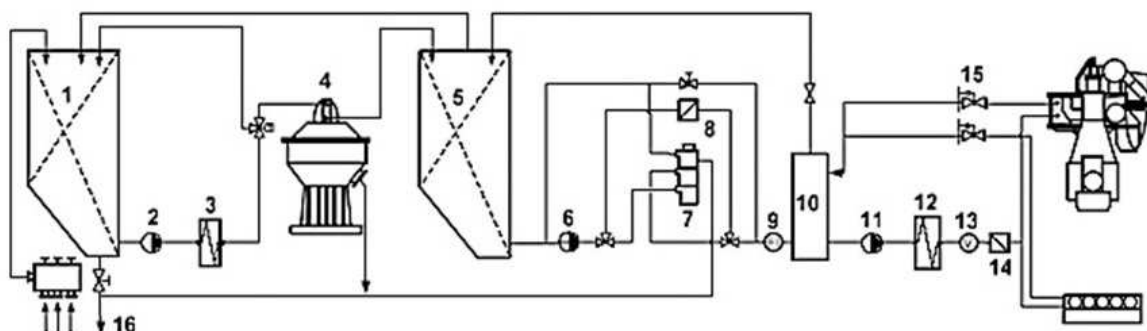


Рисунок 1 – Система подготовки и подачи топлива к гласному и вспомогательным дизелям:

- 1 – отстойный танк; 2 – насосы сепараторов; 3 – подогреватели топлива; 4 – центробежный сепаратор;
- 5 – расходная цистерна; 6 – подкачивающие насосы; 7 – основной фильтр; 8 – байпасный фильтр;
- 9 – расходомер; 10 – деаэрационный смесительный ресивер; 11 – циркуляционные насосы; 12 – нагреватели;
- 13 – вискозиметр; 14 – контрольные фильтры; 15 – клапана-регуляторы давления; 16 – отвод шлама

В рамках данного исследования произведена попытка определения вероятности отказа по причине смешения топлив. На краткосрочных курсах повышения квалификации плавсостава, проводимых в соответствии требованиями STCW-95, методом анкетирования было опрошено 122 действующих механика первого и второго разряда с суммарным морским цензом в должности комсостава 372,5 года (в расчет брался только опыт работы на судах, для которых основным является высоковязкое топливо). Целью опроса было определение суммарного числа различных отказов топливных систем, произошедших во время перехода от заканчивающегося бункера к вновь принятому. Оно составило 57 случаев. Таким образом, на один год эксплуатации условного судна пришлось 0,153 отказа. Или за 6,5 лет эксплуатации наблюдался один случай отказа. Статистическая погрешность такого исследования составила 9 %. Оценка статистической погрешности производилась расчетом доверительного интервала.

Следует отметить, что, несмотря на невозможность в рамках проведенного анкетирования оценить изменение полученной вероятности на протяжении последних лет, есть основание полагать, что этот показатель растет, ввиду следующих причин. Во-первых: это увеличение вязкости используемых топлив, то есть увеличения доли не прошедших возгонку и крекинг остаточных фракций нефти в топливе. Во-вторых: увеличения самих процедур смены топлива в системе из-за введения зон в мировом океане, в которых существуют ограничения по содержанию серы в судовых топливах.

Для выяснения механизма нарушения эксплуатационных свойств топлива необходимо обратиться к его физико-химическим свойствам. Судовое высоковязкое топливо [1] является дисперсной системой и получается в результате смешения дистиллятного дизельного топлива (до 30 %) с остатками перегонки нефти (70 % и более) с добавлением депрессорной (снижающей температуру застывания), стабилизирующей (предотвращающей расслоение) и других присадок (до 0,2 %).

Химия нефти представляет эти составляющие следующим образом. Дистиллятная фаза (газойль), является диспергирующей средой, включает в себя углеводороды с числом атомов углерода 14-17, насыщенные соединения (алканы, изоалканы) составляют 20-25 %, непредельные 75-80 % (циклические соединения). Остатки перегонки (мазуты), являются дисперсной фазой, состоят из молекул с числом атомов углерода 36-60, это различные цикланы 25-35 %, смолы 25-35 % и асфальтены 30-40 %.

Однако эксплуатационные свойства топлива это интегральные показатели всех представленных в нем веществ [2]. Более того нефти добытые в разных месторождениях неизбежно имеют отличия в химическом составе, что как следствие присуще и получаемым из них судовым топливам.

Многообразие веществ используемых в качестве присадок различными производителями топлив велико. В качестве депрессорных присадок используются, например, нефтеполимерные смолы или сополимеры этилена, в качестве стабилизирующих – различные поверхностно-активные вещества. Также существуют другие и многоцелевые присадки.

Приведенные особенности химического состава топлив обуславливают возможность протекания химических реакций при смешении топлив полученных различными путями. Наибольшую опасность для эксплуатационных показателей представляют реакции с участием депрессорных и стабилизирующих присадок. Несмотря на малую долю присадок в общей массе топлива их незначительная потеря в результате реакции может значительно изменить физические свойства топлива.

Основными последствиями в данном случае является снижение текучести (повышение вязкости) и скачек разности плотностей диспергирующей среды и дисперсной фазы с последующим расслоением фаз.

В эксплуатационном процессе СЭУ с традиционной системой топливоподачи с циркуляционным контуром тяжелого топлива, в таком случае, могут наблюдаться следующие факторы. В танках хранения – повышение вязкости, выпадение осадка, интенсивное образование отстоя. В системах перекачки – повышение нагрузки на насосы и гидравлического сопротивления вплоть до закупорки трубопроводов. В фильтрах грубой и тонкой очистки – скачок разницы давлений. В подогревателях – интенсивное образование отложений на поверхностях теплообмена, в сепараторе – интенсивное образование шлама, закупорка межтарелочного пространства, отверстий для разгрузки шлама, повышение вероятности срыва потока, в циркуляционном контуре – автоматическое повышение температуры (с целью сохранения удовлетворительной вязкости), в деаэраторе повышение интенсивности выделения испарений легких фракций топлива, в ДВС – скачок нагрузки на привод ТНВД, нестабильность работы дизеля, заклинивание пар трения ТНВД и форсунок.

Далее предлагается более детальный анализ конкретного отказа на танкере-химовозе 2008 года постройки «Petroline ocean». В процессе перехода на топливо (IFO-380) вновь принятого бункера произошли следующие события. После подачи в отстойный танк нового топлива, произошло смешение с заканчивающимся бункером в отношении 5:1. Запущена сепарационная установка с производительностью 80 % от номинальной с последующей подачей в расходной танк. Через 4 часа произошло автоматическое отключение сепаратора Mitsubishi Selfjector по причине низкого давления на выходе из сепаратора. В контуре подачи топлива к дизелю Man B&W серии MC-C наблюдалась повышенная на 6° температура (141 °C). Перепад давлений на автоматическом фильтре тонкой очистки Alfa-Laval – критический.

Разборка сепаратора показала, что произошло полное заполнение всех внутренних полостей сепаратора (за исключением передачи) не текучим веществом, по своим физическим свойствам близким к консистентной смазке. Также вещество заполнило сточный шламовый патрубок сепарационной установки. Шламовая цистерна, как было обнаружено при вскрытии, содержала насыпь нерастворенного вещества. В общей сумме объем нерастворенной субстанции составлял около 400 литров (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вид сепаратора топлива в состоянии частичной разборки после работы с аварийной смесью топлив

За время работы сепаратора с учетом падения производительности было принято сепаратором около 3000 литров топливной смеси. Таким образом, доля нерастворенной фазы, выделенной в результате реакции, составила 13,3 % от общего числа смеси (около 15 % от тяжелой фазы нефтепродукта).

При этом необходимо отметить, что бункеровка была проведена без нарушений требований компании, и смешивания топлив в танках хранения допущено не было. Режимы подогрева отстойного, расходного танков, сепарируемого топлива и циркуляционного контура не имели отклонений от рекомендуемых производителем норм.

Таким образом, заключением о причинах происшествия могут стать следующие выводы. В результате смешения топлив произошло взаимодействие составляющих, в результате которого было нарушено действие одной или нескольких присадок. Как следствие, действие межмолекулярных сил удерживающих тяжелые фракции и обеспечивающих их удовлетворительную пластичность и текучесть было значительно ослаблено. Разность плотностей дисперсной фазы и диспергирующей среды резко возросла. В условиях центробежной сепарации из смеси стала интенсивно выделяться тяжелая фаза с низкой (нулевой) текучестью, что сделало невозможным отведение ее из сепарационной установки в качестве шлама. Так стало неизбежным накопление ее во внутренних полостях сепаратора, шламовых трубопроводах, шламовом танке. Заполнение не текучей фазой проточной части барабана сепаратора привело к срыву сепарируемого потока. Автоматическое повышение температуры в циркуляционном контуре подачи топлива к ДВС стало следствием снижения текучести дисперсной фазы, интегральный показатель среды – кинематическая вязкость, повысилась и для ее восстановления система автоматического слежения увеличила подвод греющей среды к контуру.

Эксплуатационная практика на современном флоте как показано выше изобилует подобными случаями. В разрезе этой проблемы эксплуатация флота не имеет на данный момент адекватных инструментов оценки вероятности возникновения эксплуатационных условий, приводящих к опасному смешению топлив. Не существует также рекомендаций, методов и средств по снижению такой вероятности. Инструкции судоходных компаний по этому вопросу сводятся лишь к запрещению умышленного смешения топлив в танках хранения, иногда в них указывается максимальная доля смешения – 3–5 %.

Анализ же традиционных эксплуатационных процессов показывает, что смешение топлив в любом возможном соотношении не просто высоковероятно, а более того – неизбежно. Это объясняется следующим. Непрерывная подача топлива в циркуляционный контур осуществляется из расходного танка, минимальный уровень, в котором регламентируется классификационным обществом. Этот объем обычно составляет запас соответствующий расходу судна при номинальной загрузке ГД за 6 часов перехода. Согласно с этим требованием расходные топливные танки оборудуются аварийной сигнализацией. Этот минимальный уровень обычно соответствует 40–45 % емкости танка. То есть, если даже организовать

подачу нового топлива через сепаратор непосредственно в расходной танк, то при нарушении свойств топлива прямая подача его в контур чревата высокой опасностью отказа. Следовательно, так как смешение неизбежно, его необходимо делать до сепарации, что и происходит в отстойном танке. Избегать его становится нецелесообразно, так как в случае потери свойств топлива сепарация позволит частичное или полное их восстановление, и главное при невозможности восстановления ограничит подачу некачественного бункера в расходной танк, что позволит принять меры для решения проблемы смешения.

Таким образом, закономерно обусловленное эксплуатационными процессами смешение топлив в отстойном танке неизбежно и, более того, оно позволяет при неблагоприятной реакции топлив принять адекватные меры для ограничения нежелательных последствий и не допущения отказов.

Дальнейшие выводы предполагают рекомендации по конкретным действиям экипажа для предотвращения или минимизации нежелательных последствий смешения. Перед началом использования вновь принятого топлива целесообразно провести следующие мероприятия: Проверить фильтры топливной системы СЭУ; проверить работу системы автоматического контроля и регулировки вязкости (температуры) топлива; проверить систему контроля и аварийной остановки сепаратора; увеличить частоту очисток автоматического фильтра тонкой очистки; проверить выбора режима работы сепарационной установки с учетом рекомендаций производителя; увеличить частоту основных и частичных разгрузок сепаратора. (На современных моделях сепараторов в процесс сепарации прерывается не только основной разгрузкой барабана с опорожнением и промывкой, которая обычно происходит с периодичностью 60-120 минут, но и кратковременным периодическим открытием разгрузочных отверстий – частичной разгрузкой, этот этап обычно программируется с частотой в 4-8 раз чаще, чем основная разгрузка).

Из приведенных результатов исследования очевидна необходимость предварительного прогнозирования результатов смешения топлив. Такая задача, может быть выполнена посредством более глубокого изучения реологических характеристик топлив. Эта работа ведется в частности авторами данного исследования [3, 4].

Например, путем одновременного определения диэлектрической проницаемости (структурно чувствительного параметра) топлива до и после смешения и измерений с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии удельной теплоемкости топлив – параметра, характеризующего его энергетическую эффективность и т.д.

Также важным аспектом проблемы следует считать необходимость более глубокого изучения процессов фильтрации и центробежной сепарации, так как реология и химмотология топлива ставят под сомнение адекватность традиционных упрощенных представлений о данных процессах.

Библиографический список использованной литературы

1. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов / С.А. Ахметов. — Уфа: Гилем, 2002. — 672 с.
2. Фукс И.Г. Основы химмотологии. Химмотология в нефтегазовом деле: учебное пособие / И.Г. Фукс, В.Г. Спиркин, Т.Н. Шабалина. — М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. Губкина, 2004. — 280 с.
3. Радченко О.П., Исследование реологии судового топлива / О.П. Радченко, А.А. Масленников // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. — Одесса, 2008. — Вып. 21. — С. 4–9.
4. Ханмамедов С.А. Совершенствование процессов топливоподготовки в судовых энергетических установках / С.А. Ханмамедов, О.П. Радченко, А.В. Бондаренко // Судовая энергетика: Стан та проблеми: матеріали конференції, Николаєв, сент. 2009 г. — Николаєв, 2009. — С. 20–25.

Поступила в редакцию 27.09.2011 г.

Радченко О.П., Мацкевич А.Р., Неменко О.В., Чуб О.П. Актуальні питання підготовки палива в судових енергетичних установках

Аналізуються відмови паливної системи судових енергетичних установок під час заміни використаного бункера. Визначено вірогідність відмови паливної системи і проаналізований механізм зміни експлуатаційних властивостей палива. Надані рекомендації з забезпечення найбільш безпечних умов заміни використаного бункера під час експлуатації судна.

Ключові слова: експлуатація СЕУ, підготовка палива, високов'язке суднове паливо, відмова судової паливної системи.

Radchenko O.P., Matskevych A.R., Nemenko A.V., Chub O.P. Current issues of fuel preparation in the ship power plants

The fuel system refuses of the ship power plant are analyzed at changing of in-use bunker. Probability of refuse is certain and the mechanism of operating properties losing of fuel is analyzed. Recommendation on providing of the safety conditions of changing of in-use bunker during exploitation of ship is created.

Keywords: exploitation of ship power plant, treatment of fuel, heavy fuel oil, refuse of the ship fuel system.