

УДК 621.436

**МОДУЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ
СУДОВЫХ МАЛООБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ****Ю. В. Заблоцкий¹**

Рассмотрены вопросы комплектации топливных систем судовых энергетических установок с малооборотными двигателями внутреннего сгорания. Выполнен функциональный анализ и изложена последовательность технологических процессов, протекающих в различных модулях топливной системы. Определены основные энергетические потоки, обеспечивающие процессы очистки, подготовки и подачи топлива.

Ключевые слова: судовая топливная система, судовой малооборотный дизель, очистка топлива, подготовка топлива, подача топлива

Топливная система является одной из основных систем дизеля, обеспечивающей дозированную и синхронизированную с ходом поршня подачу топлива в рабочие цилиндры. В связи с разнокомпонентным составом используемого топлива, наиболее разветвленными и насыщенными технологическим оборудованием являются топливные системы малооборотных дизелей (МОД).

Цель работы – выполнить функциональный анализ и определить последовательность протекания технологических процессов в топливной системе судового малооборотного дизеля.

Топливная система судового дизеля состоит из подсистем низкого и высокого давления. Подсистема низкого давления предназначена для подготовки и подачи топлива к подсистеме высокого давления и включает в себя цистерны, фильтры, насосы, сепараторы, подогреватели, топливопроводы. Подсистема высокого давления осуществляет введение топлива в камеры сгорания, его распыливание, и включает в себя топливный насос высокого давления (ТНВД) и форсунку, соединенные между собой топливопроводом высокого давления [1].

Все элементы топливной системы подбираются так, чтобы они в совокупности могли наилучшим образом обеспечить процесс сгорания топлива, от которого зависят мощностные, эксплуатационные и экономические показатели работы двигателя. В свою очередь, процесс сгорания в

¹ © Заблоцкий Ю.В., к.т.н, доцент, Одесская национальная морская академия.

значительной мере определяется эффективностью работы топливной системы.

Анализ типовых схем топливных систем судовых энергетических установок (СЭУ) с МОД показывает, что топливная система СЭУ отличается от аналогичных систем, применяемых для обеспечения работы двигателей в других видах транспорта. Так, например, в отличие от автомобильных дизелей в топливных системах СЭУ с МОД применяется наихудшее по своим физико-химическим характеристикам нефтетопливо, что заставляет применять подогрев топлива до 110 °С. В топливной системе возможен контакт с водой из-за наличия топливо-балластных танков, контура охлаждающей воды, подогревателей, сепараторов.

Судовые топливные системы являются самыми разветвленными по длине, емкости, наличию коммутационной аппаратуры и предусматривают работу на смесях различных топлив, а также возможность перехода с одного вида топлива на другое [2].

Основным функциональным назначением топливной системы МОД является:

- 1) очистка топлива от механических примесей и включений;
- 2) поддержание заданной вязкости топлива перед топливной аппаратурой;
- 3) управляемое дозирование цикловой подачи по цилиндрам двигателя;
- 4) синхронизация подачи топлива с ходом поршня и управляемое регулирование начальной и конечной фазы его подачи;
- 5) равномерный распыл топлива заданного дисперсного состава по объему камеры сгорания;
- 6) обеспечение воспламенения и цепной реакции горения топлива.

В настоящее время существует тенденция изготовления судового оборудования в виде модулей. Примером такого модуля подготовки топлива служит система Fuel Completed System (FCS) фирмы «Alfa Laval» (Швеция), приведенная на рис.1. Система создана с учетом многолетнего опыта в области изготовления модульных установок предварительной обработки и смешивания топлива [3]. Основной функцией системы является обеспечение надежности подготовки тяжелого топлива от приемного танка и до двигателей. Система обеспечивает подачу топлива с учетом необходимого расхода, давления и вязкости.

Модули данной системы отличаются по своему целевому назначению, а также по способу преобразования энергии.

Модуль очистки обеспечивает требуемый структурный состав топлива и используется как в комплексе с другими модулями подготовки системы, так и для автономного режима работы. В последнем случае происходит «внутренняя» циркуляция топлива, в результате которой достигается тре-

буемое качество его очистки. Данный модуль подготовки топлива является самым энергоемким, поскольку включает в свой состав такие элементы, как отстойно-расходные цистерны, топливо перекачивающие насосы, топливные подогреватели и топливные сепараторы. При этом само, находясь в данном модуле, имеет наихудшие во всем своем «жизненном» цикле характеристики – высокую вязкость, механические примеси, шламовые включения. Именно в этом модуле происходит максимальный подвод тепловой энергии от внешних источников (паровых или электрических подогревателей) к топливу и качественное изменение его структуры. Температура топлива в этом модуле изменяется от $20\div 30^{\circ}\text{C}$ до $90\div 100^{\circ}\text{C}$, вязкость от 750 сСт (для сверх тяжелых топлив) до $20\div 50$ сСт, содержание механических примесей снижается до минимального значения, из топлива практически полностью выводится вода.

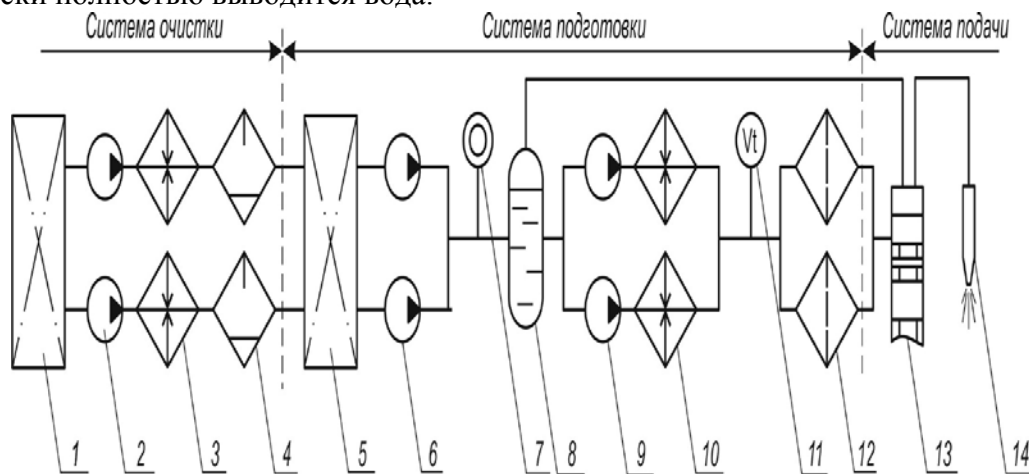


Рис. 1. Модульная схема построения топливной системы подготовки топлива FCS фирмы «Alfa Laval» (Швеция):

- 1 – отстойно-расходные цистерны; 2 – топливо перекачивающие насосы;
 3 – подогреватели топлива 1-ой ступени; 4 – сепараторы топлива; 5 – расходная цистерна;
 6 – топливо подкачивающие насосы; 7 – расходомер; 8 – деаэрационный резервуар;
 9 – циркуляционные насосы; 10 – подогреватели топлива 2-ой ступени; 11 – датчик вязкости;
 12 – автоматический фильтр; 13 – ТНВД; 14 – форсунка

Второй модуль (система подготовки) обеспечивает окончательную подготовку топлива перед его непосредственной подачей в цилиндр дизеля. Основными составляющими данного модуля являются топливо подкачивающие и циркуляционные насосы, подогреватели топлива 2-ой ступени, фильтрационные установки, автоматические устройства, обеспечивающие контроль сплошности потока и регулирование вязкости топлива. В данный модуль также входит бустерная установка, с помощью которой поддерживается требуемое давление в системе, а также деаэрационные и дегазационные резервуары, очищающие топливо от воздушных и газовых примесей.

Топливо в этот модуль поступает в предварительно подогретом состоянии, что снижает затраты энергии на его подготовку.

Данные два модуля составляют основу подсистемы низкого давления. Работа данных модулей должна обеспечить требуемые триботехнические параметры топлива – отсутствие в нем механических примесей, размер которых превышает зазор в прецизионных парах топливной аппаратуры высокого давления.

Третий модуль представляет собой топливную систему высокого давления и обеспечивает подачу топлива в цилиндр дизеля. Энергия в данном модуле производится самим дизелем и передается топливу через кинематическую схему коленчатый вал – распределительный вал – толкатель ТНВД. Энергоемкость данного процесса относится к механическим потерям дизеля и может достигать $5 \div 7$ % его мощности. В конечном счете, в данном модуле за счет химической реакции окисления топлива кислородом воздуха потенциальная энергия топлива превращается в тепловую энергию газов и, в последствие, в полезную работу поршня дизеля.

В процессе своего «жизненного цикла» от приемных цистерн до сгорания в цилиндре дизеля, топливо последовательно проходит целый ряд технологических процессов, позволяющих реализовать все основные функции топливной системы. Структурная схема такой системы показана на рис. 2.

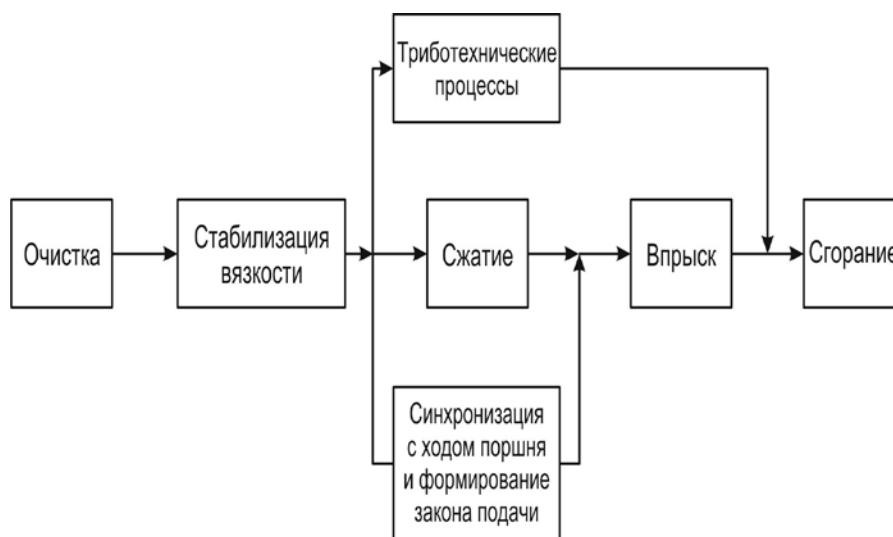


Рис.2. Последовательность протекания технологических процессов в топливной системе судового МОД

Процесс очистки топлива обеспечивается за счет его гравитационного отстаивания, грубой и тонкой фильтрации, а также сепарации.

Стабилизация вязкости осуществляется за счет подогрева топлива, а ее контроль и регулирование выполняется с помощью автоматической системы регулирования топливосжигания.

Данные технологические процессы осуществляются в модулях очистки и подготовки топлива (см. рис. 1).

Сжатие топлива в ТНВД и впрыск через распылитель форсунки происходит с помощью топливной аппаратуры высокого давления, при этом необходима синхронизация с ходом поршня с учетом угла поворота коленчатого вала и угла между последовательными вспышками в цилиндре, а также формирование закона подачи топлива.

Параллельно с подачей топлива в цилиндр происходят триботехнические процессы в топливной аппаратуре высокого давления, которые непосредственно влияют на качество распыливания и дальнейшего воспламенения топлива. Снижение энергетических потерь в топливной аппаратуре высокого давления (в модуле подачи топлива) возможно за счет улучшения качества ее изготовления, а также за счет интенсификации процессов в модулях очистки и подготовки.

Комплектация и работа современных топливных систем судовых МОД происходит в строгом согласовании технологических процессов и рабочих характеристик всех составляющих их модулей.

Выводы

1. Топливные системы судовых малооборотных дизелей являются самыми насыщенными и разветвленными из всех систем, обеспечивающих работу главных двигателей, поскольку обеспечивают не только надежность работы судовой энергетической установки, но и судна в целом.
2. Наиболее оптимальным вариантом построения топливной системы является использование модульных схем различного функционального назначения.
2. Основным назначением модулей топливной системы является очистка, подготовка и подача топлива. Первые два процесс происходят в топливной системе низкого давления, последний – в топливной системе высокого давления.
3. В топливной системе низкого давления подводимая энергия расходуется на изменение структурного состояния топлива (температуры, плотности, вязкости); в топливной системе высокого давления – на обеспечение качественного впрыска топлива в цилиндр дизеля.

4. Снижение энергетических затрат на подготовку топлива возможно за счет изменения его реологических и триботехнических характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В.Ф., Фомин Ю.Я., Павленко В.И. Эксплуатация судовых среднеоборотных дизелей. – М.: Транспорт, 1983. – 160 с.
2. Сагин С.В., Заблоцкий Ю.В., Перунов Р.В. Технология использования и результаты испытаний присадок к топливам для судовых дизелей//Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. – 2012 – № 3. – С. 84–103.
3. Review of maritime transport. –New York: UNSTAD, 2008. – 148 p.

Рукопись поступила в редакцию 28.04.2013 г.