

УДК 621.355

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОПЛИВА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ МЕТОДОМ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Кутепова Людмила Михайловна¹, кандидат педагогических наук, доцент

e-mail: masa_m@bk.ru

Шаймарданов Эмиль Русланович¹, студент

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Казань, Республика Татарстан, Россия

Аннотация. Совершенствование судовых дизельных двигателей возможно за счет улучшения организации смесеобразования и сгорания топлива. Интенсификация процесса сгорания достигается посредством гомогенизации, что способствует улучшению условий смесеобразования. В результате обеспечивается экономия топлива, снижаются дымность и токсичность отработавших газов, что в целом повышает экологическую безопасность судоходства.

Ключевые слова: дизельное топливо, судовые двигатели внутреннего сгорания, гомогенизация, кавитация, топливоподготовка, экологическая безопасность.

IMPROVING THE QUALITY OF MARINE DIESEL FUEL BY HOMOGENIZATION

Liudmila M. Kutepova¹, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

e-mail: masa_m@bk.ru

Emil R. Shaimardanov¹, Student

e-mail: masa_m@bk.ru

¹ Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan branch of Volga State University of Water Transport Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

Abstract. Marine diesel engines can be improved by improving the organization of fuel mixture formation and combustion. Combustion is intensified through homogenization, which improves mixture formation conditions. This results in fuel savings, reduced smoke and exhaust toxicity, and overall improved environmental safety of shipping.

Keywords: diesel fuel, marine internal combustion engines, homogenization, cavitation, fuel preparation, environmental safety.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности судовых энергетических установок является улучшение физико-химической однородности дизельного топлива перед его подачей в цилиндры. Гомогенизация позволяет разрушать асфальто-смолистые агрегаты, твердые включения и капли воды, создавая стабильную тонкодисперсную смесь. Принцип действия большинства гомогенизаторов основан на кавитации – образовании и последующем схлопывании микроскопических пузырьков в жидкости, сопровождающемся локальными гидравлическими ударами высокой энергии. Это приводит к равномерному распределению компонентов топлива, освобождению твердых частиц от адсорбированных пленок и значительному снижению потерь горючих фракций при последующей сепарации и фильтрации. Следует отметить, что гомогенизированное топливо обладает повышенной абразивностью, что требует обязательного применения фильтров тонкой очистки после обработки.

В практике топливоподготовки применяются гомогенизаторы различных типов: гидродинамические, вибромеханические, ультразвуковые, вихревые, роторные, сопловые и магнитно-сопловые.

Гидродинамический гомогенизатор (рис. 1) функционирует за счет пропускания топлива под давлением 15-25 МПа через узкое отверстие запорного клапана. Перепад давления на клапане создает интенсивные сдвиговые напряжения, вызывающие деагрегацию дисперсной фазы.

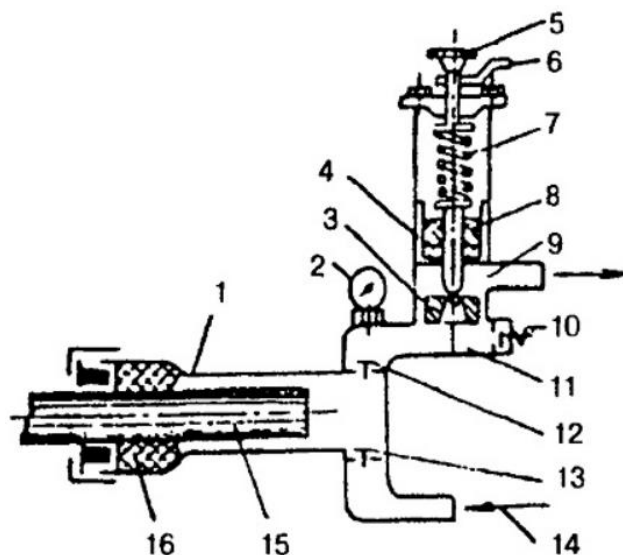


Рисунок 1 – Схема гомогенизатора гидродинамического типа:

- 1 – блок насоса; 2 – манометр; 3 – седло гомогенизационного клапана; 4 – гомогенизационный клапан; 5 – регулирующий винт; 6 – стопор винта; 7 – пружина; 8 – сальник штока клапана; 9 – отводная труба; 10 – предохранительный клапан; 11 – нагнетательная камера; 12 – нагнетательный клапан; 13 – всасывающий клапан; 14 – подвод топлива; 15 – плунжер; 16 – уплотнение плунжера

Вибромеханические и ультразвуковые методы базируются на создании вынужденных колебаний и кавитационных явлений в топливе за счет внешних источников механических или акустических колебаний.

Для высоковязких топлив и их смесей предпочтительны роторные, сопловые и магнитно-сопловые гомогенизаторы.

Роторный гомогенизатор (рис. 2) содержит ротор с клиновидными лопатками, вращающийся между аналогичными лопатками статора. При прохождении лопатки ротора

между лопатками статора топливо последовательно испытывает сжатие и резкое разрежение, что инициирует кавитацию. Этот процесс эффективно разрушает структурные (агрегативные) образования в топливе, обеспечивая его однородность.

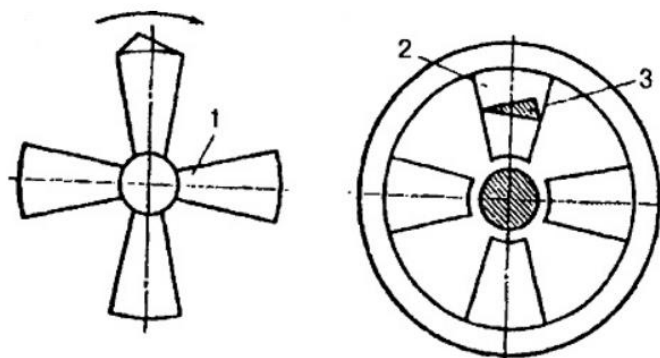


Рисунок 2 – Роторный гомогенизатор (ротор и статор):
1, 2 – лопатки ротора и статора; 3 – сечение лопатки

Сопловые и магнитно-сопловые гомогенизаторы используют кавитацию в расширяющемся сопле Лаваля, возникающую при протекании струи топлива. Магнитно-сопловой гомогенизатор дополнительно снабжен встроенными электромагнитами. Сопловой гомогенизатор с регулируемым сечением сопловой полости позволяет поддерживать оптимальный режим обработки топлива при переменном давлении в системе.

Важным эксплуатационным отличием является рабочее давление: для возникновения кавитации в сопле Лаваля необходим перепад давления между входом и выходом около 1,6 МПа, поэтому сопловые гомогенизаторы требуют давления в топливной системе не менее 1,8 МПа.

Магнитно-сопловые гомогенизаторы (рис. 3) признаны наиболее эффективными для обработки высоковязких топлив. Они обеспечивают разрушение структурных образований при меньшем давлении в трубопроводе по сравнению с обычными сопловыми аналогами. Эффект достигается благодаря синергетическому воздействию на топливо двух факторов: кавитации, вызванной критическими скоростями потока в сопле, и сил переменного магнитного поля. Именно магнитно-динамический эффект демонстрирует наибольшую эффективность в гомогенизации высоковязких топлив и их смесей.

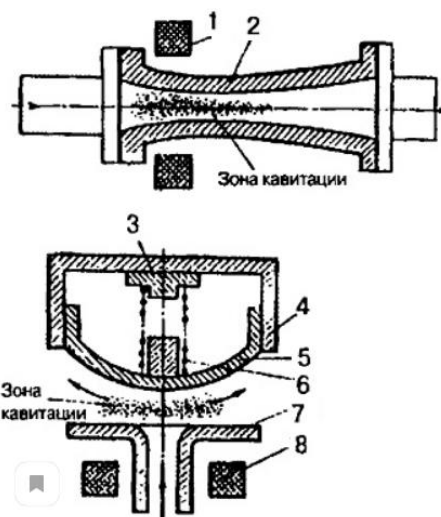


Рисунок 3 – Магнитно-сопловые гомогенизаторы с нерегулируемым и регулируемым сечением сопловой полости:

1, 8 – электромагниты; 2 – сопло Лаваля; 3 – тарелка; 4, 7 – корпус и седло клапана; 5 – клапан; 6 – пружина

В настоящее время на судах речного флота для обработки тяжелого топлива преимущественно используются центробежные сепараторы и традиционные гомогенизаторы, однако они имеют эксплуатационные ограничения. В связи с этим актуальна разработка принципиально новых, более эффективных и производительных решений. Одним из таких устройств является генератор колебаний, предназначенный для гомогенизации топливной смеси.

Конструкция генератора колебаний (рис. 4). Устройство включает корпус с входным патрубком для тяжелого топлива и выходным каналом для гомогенизированной смеси. Внутри корпуса размещен вибрирующий элемент, выполненный в виде поршня с центральным каналом и дросселем. Поршень установлен с возможностью осевого перемещения, образуя кольцевую щель между наружной поверхностью и патрубком подвода тяжелого топлива. Выходной канал снабжен кольцевой полостью, охватывающей указанную щель. В корпусе выполнен кольцевой канал для подачи дополнительного топлива (например, легкого) в кольцевую полость.

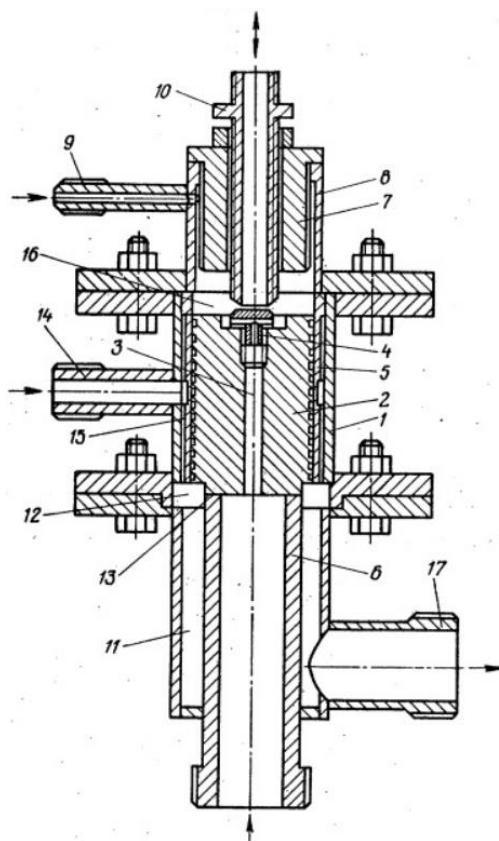


Рисунок 4 – Генератор колебаний (общий вид)

Принцип действия. Топливо, предварительно нагретое и находящееся под давлением, превышающим давление воздуха, подается в кольцевую полость. Под действием этого давления поршень перемещается вверх, увеличивая кольцевую щель, что вызывает резкое снижение давления в канале. Затем, под действием давления воздуха в надпоршневой полости, поршень движется вниз, сужая щель и повышая давление под ним. Цикл повторяется, создавая автоколебательный режим. Прохождение топлива через переменную кольцевую щель сопровождается дроблением конгломератов тяжелого топлива под действием пульсаций давления. При недостаточной гомогенизации подается дополнительное топливо через кольцевой канал в полость, где оно интенсивно смешивается с тяжелым топливом в условиях пульсирующего потока.

Дроссель обеспечивает дозированную подачу топлива в надпоршневую область, предотвращая проникновение воздуха через зазор между поршнем и гильзой. Штуцер подачи воздуха служит как для вытеснения топлива из-под поршня при запуске, так и для отвода просочившегося топлива и стабилизации давления над поршнем. Предложенная конструкция направлена на повышение эффективности приготовления гомогенной топливной композиции.

Гомогенизация топлива является эффективным методом интенсификации смесеобразования и сгорания в судовых дизельных двигателях. Среди рассмотренных устройств (гидродинамических, роторных, сопловых, магнитно-сопловых) наиболее высокую эффективность для высоковязких топлив демонстрируют магнитно-сопловые гомогенизаторы благодаря синергии кавитации и переменного магнитного поля. Разрабатываемые генераторы колебаний с автоколебательным режимом работы поршня позволяют дополнительно повысить степень однородности топливной композиции и расширить диапазон рабочих параметров. Применение указанных технологий способствует снижению расхода топлива, уменьшению теплонапряженности и токсичности

отработавших газов, что вносит вклад в повышение экологической безопасности морского и речного транспорта.

Список литературы:

1. Кутепова Л.М., Тимофеев В.Н. Повышение экономических и экологических показателей судовых двигателей путем присадки водорода в дизельное топливо // Развитие энергетики водного транспорта, информационных и энергосберегающих технологий. Сборник материалов II Всероссийской конференции. - Казань, 2024. - С. 46-49.
2. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М., Гречко Н.В. Энергосберегающая установка речного судна // Научные проблемы водного транспорта. - 2023. - № 77. - С. 99-107.
3. Тимофеев В.Н., Салахов И.Р., Кутепова Л.М., Гречко Н.В. Утилизация отработавшей тепловой энергии двухвинтовых речных судов // Транспорт. Горизонты развития. Труды 3-го Международного научно-промышленного форума. - Нижний Новгород, 2023. - С. 20.
4. Кутепова Л.М., Софина М.Э. Использование альтернативных видов топлива на водном транспорте // Транспорт. Горизонты развития. Труды 4-го Международного научно-промышленного форума. - Нижний Новгород, 2024. - С. 261.

