

УДК 629.123

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ НА АММИАКЕ ДЛЯ СУДОВОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

Степанов Никита Евгеньевич¹, аспирант

e-mail: nikita342.st@gmail.com

Покусаев Михаил Николаевич¹, д.т.н., профессор

e-mail: evt2006@rambler.ru

¹ Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о переводе судовых водогрейных котлов на экологически чистое альтернативное топливо – аммиак. Основными направлениями экспериментальных исследований топливной системы представлены: испытания на герметичность системы, а также определение геометрических параметров распыла факела аммиака при подаче через форсунки. Полученные результаты обосновывают возможность проведения испытаний непосредственно на объекте эксплуатации – судовом водогрейном котле.

Ключевые слова: топливная система, альтернативное топливо, аммиак, судовой водогрейный котел.

PRELIMINARY TESTING OF THE AMMONIA FUEL SYSTEM FOR A MARINE WATER HEATING BOILER

Nikita E. Stepanov¹, Doctoral student

e-mail: nikita342.st@gmail.com

Michael N. Pokusaev¹, Doctor of Technical Sciences, Professor

e-mail: evt2006@rambler.ru

¹ Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract. The article discusses the issue of converting marine hot water boilers to an environmentally friendly alternative fuel – ammonia. The main areas of experimental research of the fuel system are: leakproofness tests of the system, as well as determination of the geometric parameters of the ammonia spray when supplied through the nozzles. The results obtained substantiate the possibility of conducting tests directly at the facility of operation – the ship's hot water boiler.

Keywords: fuel system, alternative fuel, ammonia, marine hot water boiler.

Введение

Современные тенденции, направленные на декарбонизацию судов, в условиях ужесточения требований со стороны Международной морской организации (далее ИМО) в рамках Первоначальной стратегии по сокращению выбросов парниковых газов, побуждает судовладельцев к поиску альтернативных видов топлива в судовой энергетике. В списке альтернативных видов топлива, представленного ИМО аммиак занимает лидирующую позицию как перспективного, безуглеродного энергоносителя, применяемого для снижения вредных выбросов. [1,6] На сегодняшний день активно ведутся разработки в использовании альтернативных видов топлива, включая аммиак – главного источника загрязнения дизельного двигателя. Однако судовые котлы, являющиеся частью судовой энергетической установки судна (обеспечивающие обогрев помещений, подогрев топлива, масла, а также подачу горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд), также вносят существенный вклад в общий выброс парниковых газов. При этом вопросу перевода судовых котлов на альтернативное топливо уделяется значительно меньше внимания, что подтверждает актуальность данной работы.

На кафедре «Эксплуатация водного транспорта и промышленное рыболовство» ФГБОУ ВО «АГТУ» был разработан стенд с судовым водогрейным котлом Kiturami TURBO-17, расположенный в лаборатории «Судовых котельных установок и автоматики». Общий вид стенда приведен на рисунке 1 [2].



Рисунок 1 – Общий вид стенда с судовым водогрейным котлом Kiturami TURBO-17

Данный котел имеет сертификат, выданный РКО (Российское классификационное общество), что подтверждает пригодность установки котла на судах.

Организация предварительных испытаний

Для перевода котла на альтернативное топливо (аммиак) необходимо выполнить ряд задач по модернизации экспериментального стенда, включающих в себя: разработку и создание трубопровода подачи аммиака и проведение его испытаний, теплоизоляция топливного трубопровода, изготовления крепления форсунок к рампе.

Учитывая коррозионную активность аммиака, трубопровод изготовлен из нержавеющей стали марки AISI 304 с внутренним диаметром (DN) 10 мм и толщиной стенки (s) 1,5 мм. [3] Сварные соединения трубопровода выполнены посредством ручной аргонодуговой сварки (TIG).

Трубопровод представляет собой две секции, соединенных между собой резьбовым соединением. Секция 1 включает в себя топливную рампу с установленной форсункой и резьбовым штуцером для присоединения к секции 2. Секция 2 выполнена в виде сборочного узла, в состав которого входит: тройник для установки манометра (для измерения давления топлива в трубопроводе), резьбовой штуцер для подачи аммиака из баллона, а также ответную часть резьбового соединения с секцией 1 (Рис. 2).



Рисунок 2 – Две секции топливного трубопровода для подачи аммиака: а – секция 1; б – секция 2

Во избежание переохлаждения трубопровода и образования конденсации влаги с последующей наледью была применена теплозащита из вспененного полиэтилена толщиной стенки 4 мм. Данная мера важна, поскольку обмерзание может скрывать возможные протечки аммиака (NH_3).

Собранная топливная система испытывалась на герметичность рабочим веществом NH_3 . Испытание проводилось на открытой площадке, вне лаборатории. При проведении эксперимента был выполнен ряд мероприятий по технике безопасности, включающий в себя: проверку СИЗ (средств индивидуальной защиты), визуальный осмотр масок SPIROTEK 9000, фильтрующих элементов и перчаток для работы с химическими реагентами.

После проведения подготовительных работ, в запорную арматуру топливной системы был подключен баллон со сжиженным аммиаком. В результате проведения испытания системы на герметичность при давлении 0,4 МПа в течении 15 мин, утечек аммиака не выявлено, что свидетельствует об успешном проведении испытания.

На следующем этапе проводились экспериментальные исследования по определению работоспособности бензиновых форсунок, которые применяются в автомобилях LADA и Toyota (далее форсунка 1 и форсунка 2 соответственно). На основании проведенного эксперимента было выявлено, что обе форсунки сохраняют работоспособность при работе с аммиаком. Продолжительность каждого испытания составляло 10 минут, при этом форсунки сохраняли стабильное распыление аммиака и демонстрировали возможность точного регулирования параметров в диапазонах: длительность управляющего импульса от 2 до 12 мс, частота импульсов от 10 до 50 Гц. Длина распыла аммиака через форсунки при давлении в трубопроводе 0,4 МПа составляла от 100 до 200 мм (Рис. 3).



Рисунок 3 – Определение длины распыла аммиака (справа форсунка 1, слева форсунка 2)

На представленном рисунке 3 видна форма и длина распыла факела без проявления видимых срывов и неравномерностей. Это позволяет сделать предварительный вывод о пригодности выбранных компонентов топливной система является действующим прототипом, пригодным для проведения дальнейших исследований процессов сжигания аммиака посредством интеграции в объект эксплуатации – судовой водогрейный котел. Разместить форсунку предполагается параллельно распылителю, установленного в котле, в место под установки смотрового окна. [5] Общий вид расположения форсунки представлен на рисунке 4.

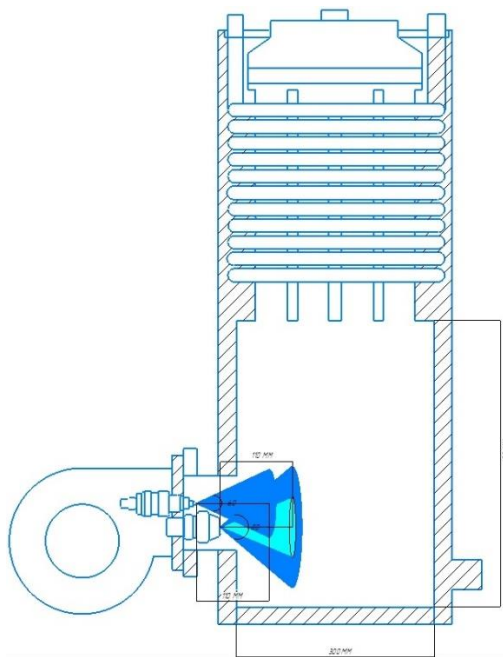


Рисунок 3 – Расположение форсунки в топке котла

Полученные геометрические размеры распыла факела позволили выявить возможность расположения форсунки в котле. При распыле, топливо не будет попадать на стенки топки котла, что исключает риск перегрева и прогорания металла. Предложенная конфигурация узла впрыска обеспечивает эффективную и безопасную организацию рабочего процесса при подаче аммиака в качестве альтернативного топлива [4].

Выводы

На основании проведенных испытаний подтверждена герметичность разработанной топливной системы для подачи аммиака. Установлено, что форсунки обеспечивают стабильное распыление, а длина факела составляет от 100 до 200 мм. По размерам распыла факела аммиака, полученных экспериментальным путем выявлено, что распыленный аммиак не будет касаться стенок топки котла, что исключает риск локального перегрева и прогорания. Полученные данные позволяют перейти к следующей стадии исследования – изучению процессов горения аммиака непосредственно в топке котла.

Список литературы:

1. Магаровский В. В. и др. Новое в международной политике снижения эмиссии парниковых газов и необходимые мероприятия в морском секторе. Часть 3. Альтернативное топливо как мера для достижения целевых показателей эмиссии парниковых газов //Труды Крыловского государственного научного центра. – 2023. – №. 4 (406). – С. 174-190.
2. Степанов Н.Е. Разработка испытательного лабораторного стенда с судовым водогрейным котлом / Н. Е. Степанов, Е. П. Карлина, Т. В. Хоменко // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2024. – Т. 16. - №6. – С. 974–982. DOI: 10.21821/2309-5180-2024-16-6-974-982.
3. Kobayashi, H., et al. (2019). "Science and technology of ammonia combustion." *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(1), 109-133.
4. Сергеев К. М., Боков Г. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ" ЗЕЛЕНОГО" АММИАКА И МЕТАНОЛА В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МОРСКИХ ТОПЛИВ //Организаторы конференции. – С. 161.
5. Чичурин А. Г. Надежность котельной установки судна/ А. Г. Чичурин // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2013. – № 37. – С. 179–183. EDN TFYMFJ.
6. Шурпак В. К., Богданов М. С. Анализ потребления альтернативных видов топлива на морских судах //Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. – 2024. – №. 70/71. – С. 29-36.

