

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

INFORMATION-MEASURING AND CONTROL SYSTEMS

УДК 543.682

doi:10.21685/2307-5538-2021-3-1

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А. П. Батрак¹, М. П. Полюшкина²

¹ Политехнический институт Сибирского федерального университета, Красноярск, Россия

² Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

¹ andrebatrak@mail.ru, ² mpp5@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Работа посвящена изучению возможности применения акустического метода контроля для определения комплексного показателя качества, дизельного топлива на ранних стадиях его применения путем выявления зависимости изменения акустического спектра. Целью работы является разработка методологии и принципиальной схемы комплексного контроля физико-химических свойств качества дизельного топлива акустическим методом. *Материалы и методы.* Для решения поставленной задачи использовался метод синтеза существующих методов контроля дизельных топлив с акустическим методом контроля некоторых углеводородов. Новизна подхода заключается в принципиальной схеме и алгоритме реализации комплексного контроля дизельного топлива. *Результаты.* Предложены схема и алгоритм реализации метода контроля качества дизельного топлива акустическим методом. *Выводы.* Реализована принципиальная схема контроля дизельного топлива предложенным методом. Разработана перспективная методология работы анализатора комплексного контроля качества дизельного топлива.

Ключевые слова: акустический метод, дизельное топливо, контроль

Для цитирования: Батрак А. П., Полюшкина М. П. Разработка методологии контроля качества дизельного топлива акустическим методом // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. 2021. № 3. С. 5–10. doi:10.21685/2307-5538-2021-3-1

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DIESEL FUEL QUALITY CONTROL BY ACOUSTIC METHOD

A.P. Batrak¹, M.P. Polyushkina²

¹ Polytechnic Institute of Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

¹ andrebatrak@mail.ru, ² mpp5@yandex.ru

Abstract. *Background.* The work is devoted to the study of the possibility of using the acoustic control method to determine the integrated quality indicator of diesel fuel at the early stages of its application by identifying the dependence of changes in the acoustic spectrum. The aim of the work is to develop a methodology and a schematic diagram of the complex control of the physicochemical properties of the quality of diesel fuel by the acoustic method. *Materials and*

methods. To solve this problem, the method of synthesis of existing methods for monitoring diesel fuels with an acoustic method for monitoring some hydrocarbons was used. The novelty of the approach lies in the schematic diagram and algorithm for the implementation of the integrated control of diesel fuel. *Results.* A scheme and an algorithm for the implementation of the method for controlling the quality of diesel fuel by the acoustic method are proposed. *Conclusions.* A schematic diagram of diesel fuel control by the proposed method has been implemented. A promising methodology for the operation of the analyzer for the integrated quality control of diesel fuel has been developed.

Keywords: acoustic method, diesel fuel, control

For citation: Batrak A.P., Polyushkina M.P. Development of a methodology for diesel fuel quality control by acoustic method. *Izmereniya. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measurements. Monitoring. Management. Control.* 2021;(3):5–10. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2021-3-1

По статистическим данным Общества по защите потребителей, ежегодно около ста тысяч владельцев автомобилей в крупных городах России сталкиваются с поломкой автомобиля из-за некачественного дизельного топлива, что приводит к большим затратам на ремонт, а чаще всего – к полной замене двигателя.

Мировой рынок ежегодно потребляет по несколько миллионов тонн дизтоплива. Дизельное топливо особенно популярно благодаря непосредственной выгоде его использования в силу того, что при заправке качественным дизтопливом и регулярном уходе дизельный двигатель способен отработать 500 000 км без капитального ремонта. Хотя стоит учитывать, что система питания дизельного двигателя намного сложнее и отличается от системы питания бензинового. Так как дизельное топливо в камеру сгорания подается под большим давлением, количество его очень мало, а вся схема питания делает двигатель более дорогим. С целью сохранения необходимого уровня безопасности, дизельный двигатель изготавливают более прочным, по сравнению с бензиновым, и, как следствие, более тяжелым.

Тем не менее основным достоинством дизельного двигателя считается экономия топлива, в силу того, что у дизельного двигателя КПД достигает 36 % и даже выше, в то время как у бензина КПД не достигает и 25 %. Помимо этого, дизельный двигатель отличается более высоким крутящим моментом. Это помогает передвигаться в городских пробках и в пробках на трассе на холостых оборотах.

Качество дизельного топлива характеризуют по следующим основным показателям¹ (рис. 1).

Каждому из перечисленных качественных показателей характерен свой собственный метод измерения или контроля, который может изменяться в зависимости от стандарта².

Причем большая часть приборов и материалов, используемых для определения качества дизельного топлива, предназначены для определения уровня качества только одной-двух характеристик, например доля свободной воды и механических примесей определяется двумя методами:

- визуальным осмотром проверяют наличие воды или механических примесей;
- сравнением видов стандартной цветовой шкалы через сосуд с пробой со стандартными фотографиями с записью всех дополнительных наблюдений, например особенно сильное загрязнение водой или твердыми частицами или более темный цвет топлива, затрудняющий определение [1].

Цетановое число дизельного топлива определяют сравнением характеристик его сгорания в двигателе с характеристиками сгорания смесей эталонных топлив с известными

¹ ГОСТ 305–2013 Топливо дизельное. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014; ГОСТ Р 52368–2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2009.

² ГОСТ 305–2013 Топливо дизельное. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2014; ГОСТ Р 52368–2005 (ЕН 590:2009) Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2009; ГОСТ ISO 5165–2014 Нефтепродукты. Воспламеняемость дизельного топлива. Определение цетанового числа моторным методом. М. : Стандартинформ, 2015; ГОСТ 34195–2017 Топлива дизельные. Определение фильтруемости по текучести при низких температурах. М. : Стандартинформ, 2019; ГОСТ 20287–91 Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. М. : Изд-во стандартов, 1992.

значениями цетановых чисел при испытании в стандартных рабочих условиях. Сравнение проводят по показаниям, полученным на маховике для образца и двух используемых эталонных топлив со значениями цетановых чисел большим и меньшим, чем у образца (процедура «взятия в вилку»), путем изменения степени сжатия для получения требуемого угла задержки воспламенения, для интерполяции цетанового числа в единицы показаний маховика¹.

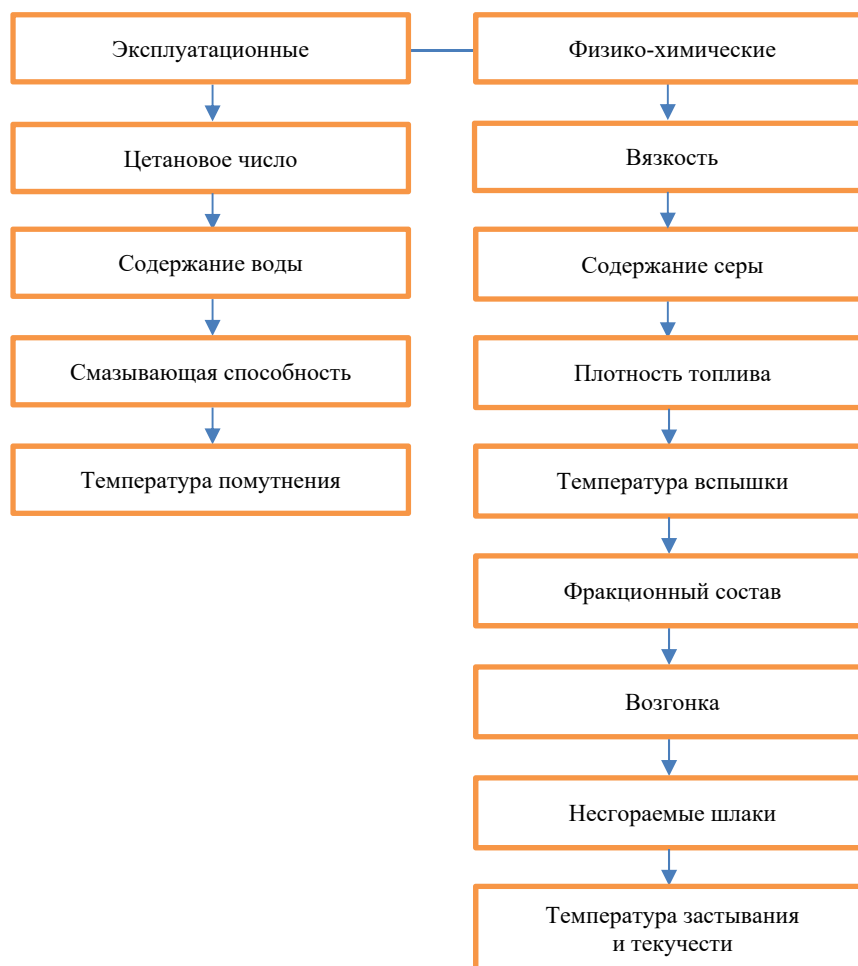


Рис. 1. Основные классификационные признаки качества дизельного топлива

Температуру вспышки образца дизельного топлива определяют в испытательном тигле аппарата Пенски – Мартенса и подогревают таким образом, чтобы при непрерывном перемешивании происходило постоянное повышение температуры. Источник зажигания опускают в тигль через равномерные интервалы времени, одновременно с остановкой перемешивания. Самую низкую температуру, при которой источник зажигания вызывает возгорание паров испытуемого образца нефтепродукта, а пламя распространяется по поверхности жидкости, регистрируют как температуру вспышки при фактическом барометрическом давлении. Эту температуру приводят к стандартному атмосферному давлению, используя уравнение

$$T_c = T_0 + 0,25(101,3 - P),$$

где T_0 – температура вспышки при барометрическом давлении окружающей среды, °С; P – барометрическое давление окружающей среды, кПа.

Следовательно, при контроле качества топлива в реальных условиях прибегают к контролю или измерению наиболее важных (чаще имеющихся просто в наличии приборов и ма-

¹ ГОСТ ISO 5165–2014 Нефтепродукты. Воспламеняемость дизельного топлива. Определение цетанового числа моторным методом. М. : Стандартинформ, 2015.

териалов) критериев для данных условий эксплуатации, пренебрегая другими, что приводит к росту вероятности грубого нарушения эксплуатации двигателя.

Лишены данного недостатка комплексные методы контроля и измерений свойств дизельного топлива на основе многофункциональных переносных лабораторий, например измерители низкотемпературных показателей нефтепродуктов SX 150-800 [2], принцип действия которых основан на косвенном методе одновременного измерения трех независимых физических величин (оптической прозрачности, массы и температуры). В результате такого измерения возникает рост вероятности случайной погрешности измерений и снижение надежности результатов, в связи с чем возникает необходимость строгого соблюдения методики измерений и квалификации лаборанта.

Мы предлагаем в качестве альтернативы использовать акустический метод измерения, который, на наш взгляд, будет лишен перечисленных выше недостатков. Литературно-патентный поиск в данном направлении выявил закономерности изменения скорости прохождения звуковой волны в различных углеводородах, следовательно, работа в данном направлении является перспективной. Реализацию можно осуществить по следующей схеме (рис. 2) [3].

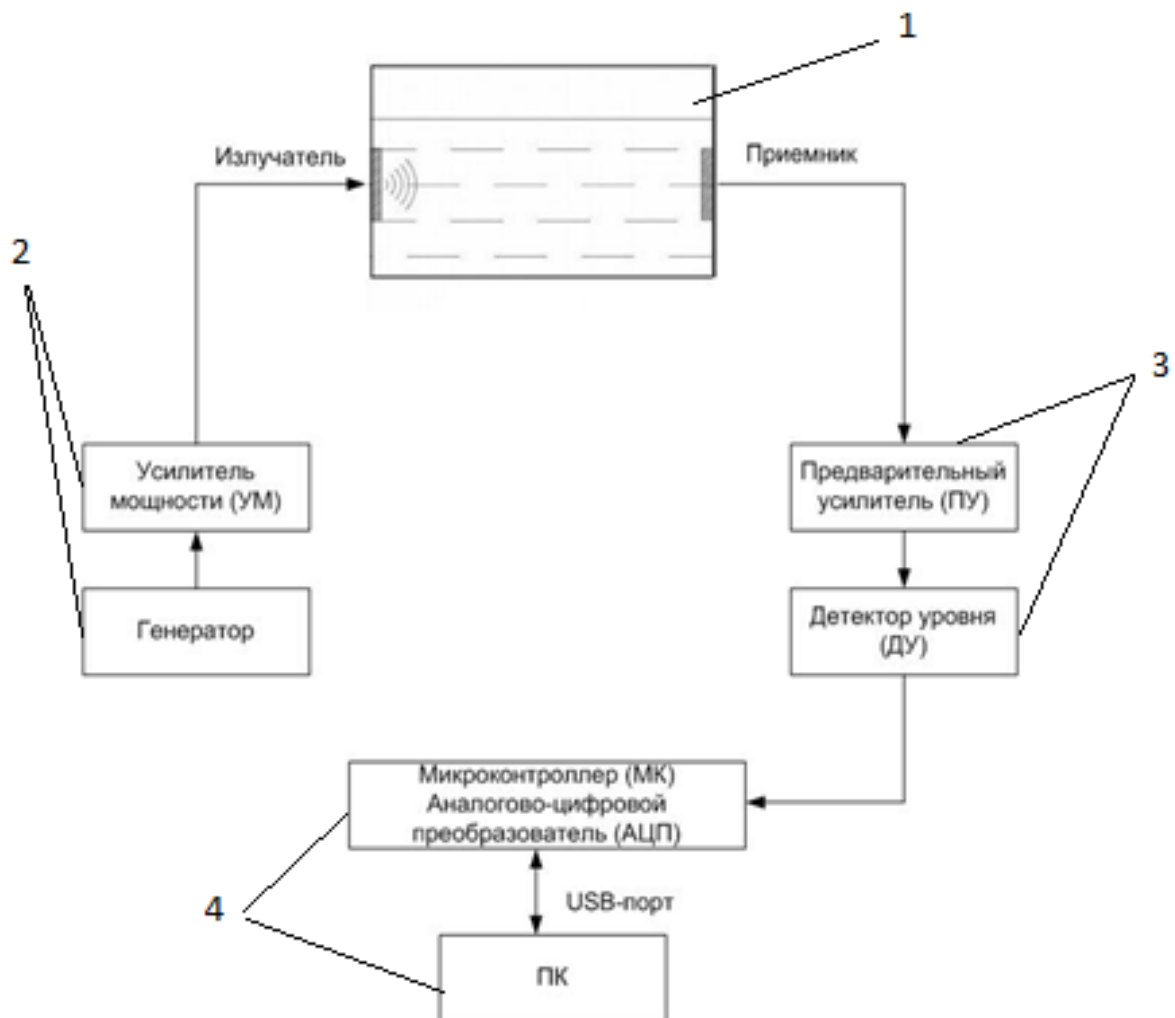


Рис. 2. Схема аппаратной реализации методологии

Принципиальная схема аппаратного обеспечения предложенной методологии будет включать образец дизельного топлива, помещенного в резервуар 1, между двумя пьезокерамическими преобразователями генератора сигналов 2, предварительного усилителя с детектором уровня 3, персонального компьютера и АЦП 4.

Общий принцип алгоритма обработки будет реализован по приведенной ниже схеме (рис. 3).



Рис. 3. Принципиальная схема обработки измерительного сигнала

Измерительная система будет представлять собой ЭВМ с пакетом моделирования MatLab 11, в среде которой будет создана программа обработки спектра на базе АЦП Simulink, предназначенная для обработки и отображения спектра свободных колебаний.

Список литературы

1. Гуреев А. А., Азев В. С., Камфер Г. М. Топливо для дизелей. Свойства и применение : учеб. пособие. М. : Химия, 1993. 330 с.
2. АДС Лаб. Единый поставщик лабораторных решений. URL: <https://baikallab.ru/catalog/more?more=1436&cat=136>
3. Батрак А. П., Чупак Т. М., Тюрюмина А. В., Никитина А. В. Акустический анализ свойств трансформаторных масел // Тяжелое машиностроение. 2014. № 4–5. С. 45–46.

References

1. Gureev A.A., Azev V.S., Kamfer G.M. *Topливо dlya dizeley. Svoystva i primeneniye: ucheb. posobie = Fuel for diesel engines. Properties and application : tutorial.* Moscow: Khimiya, 1993:330. (In Russ.)
2. ADS Lab. *Edinyy postavshchik laboratornykh resheniy = ADS Lab. A single provider of laboratory solutions.* (In Russ.). Available at: <https://baikallab.ru/catalog/more?more=1436&cat=136>
3. Batrak A.P., Chupak T.M., Tyuryumina A.V., Nikitina A.V. Acoustic analysis of transformer oil properties. *Tyazheloe mashinostroenie = Heavy engineering.* 2014;(4–5):45–46. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Андрей Петрович Батрак

кандидат технических наук, преподаватель
кафедры стандартизации, метрологии
и управление качеством,
Политехнический институт,
Сибирский федеральный университет
(Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26А)
E-mail: andrebatrak@mail.ru

Andrey P. Batrak

Candidate of technical sciences,
lecturer of sub-department of standardization,
metrology and quality management,
Polytechnic Institute,
Siberian Federal University
(26A Kirenskogo street, Krasnoyarsk, Russia)

Мария Петровна Полюшкина

адъюнкт,
Сибирский федеральный университет
(Россия, г. Красноярск, ул. Киренского, 26А)
E-mail: mpp5@yandex.ru

Maria P. Polyushkina

Adjunct,
Siberian Federal University
(26A Kirenskogo street, Krasnoyarsk, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 13.04.2021

Поступила после рецензирования/Revised 20.04.2021

Принята к публикации/Accepted 21.04.2021