5. Петракова Н.В. Расчет вышки сотовой связи // Актуальные вопросы современной науки и образования: сборник статей междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2019. С. 92–97.
6. Романеев Н.А. Расчет металлоконструкций с помощью WinStructure 3D: уч. пособие. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА. 2011. 31 с.
7. К определению параметров сечения стандартного профиля в опорной конструкции нории расчетным путем / В.В. Варывдин, Н.А. Романеев, Д.А. Безик, М.М. Васильченко // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 30-35.
8. Варывдин В.В., Романеев Н.А., Безик Д.А. Использование компьютерных программ в процессе проектирования техники для сельского хозяйства // Конструирование, использование и надежность машин с/х назначения: сборник науч. работ междунар. науч.- практ. конф. Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. С. 51-55.
9. Безик Д.А., Романеев Н.А. Расчеты напряженного состояния элементов грузоподъемных машин с использованием современного программного обеспечения // Подъемно транспортное дело. 2008. № 1. С. 2-5.
10. О методике оптимизации металлоконструкции башни сушилки / В.В. Варывдин, Д.А. Безик, М.М. Васильченко, Е.М. Юдина // Труды Кубанского ГАУ. 2015. № 5 (56). С. 233-238.

Глазков Ю.Е., Глазкова М.М.

Анализ особенностей эксплуатации двигателей транспортных средств на различных видах биотоплива

*Тамбовский государственный технический университет
(Россия, Тамбов)*

doi: 10.18411/lj-11-2020-49

idsp: ljjournal-11-2020-49

Аннотация

В данной статье проанализированы особенности эксплуатации двигателей на биодизеле. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны использования биодизеля. Определены наиболее перспективные альтернативные топлива для использования в дизельных двигателях.

Ключевые слова: биодизель, кинематическая вязкость, эксплуатационные показатели, моторные масла.

Abstract

This article analyzes the features of operation of biodiesel engines. The positive and negative aspects of using biodiesel are considered. The most promising alternative fuels for use in diesel engines are identified.

Keywords: biodiesel, kinematic viscosity, performance indicators, engine oils.

Уменьшение мировых ресурсов нефти приводит к более широкому применению альтернативных видов топлива растительного происхождения – в частности, метиловых эфиров растительных масел, получивших название биодизель.

Кинематическая вязкость растительных масел превышает на порядок кинематическую вязкость дизельных топлив. При нормальных атмосферных условиях кинематическая вязкость ДТ ($\nu=3,54 \text{ мм}^2/\text{с}$) на уровень ниже кинематической вязкости рапсового масла. Так, при $t=20^\circ\text{C}$ вязкость рапсового масла составляет $\nu=75 \text{ мм}^2/\text{с}$ [1]. Вместе с тем, при более высоких температурах, характерных для систем топливоподачи дизелей транспортных средств (при температуре окружающей среды $t = 20^\circ\text{C}$ температура топлива в системе топливоподачи составляет $t = 40\text{--}60^\circ\text{C}$ [2; 3]), вязкость рапсового масла резко снижается и при $t = 40^\circ\text{C}$ составляет примерно $\nu = 37 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Зарубежные ученые [4] отмечают, что высокие показатели кинематической вязкости и плотности биодизеля, по сравнению с дизельным топливом, вызывают увеличение среднего диаметра капель топлива впрыскиваемого; роста длины и уменьшение угла распыления факела топлива впрыскивается, и это приводит к нарушению смесеобразования и уменьшению полноты сгорания, а также вызывает трудности при фильтровании через фильтры тонкой очистки.

По мнению авторов работ [5], наиболее эффективным способом повышения эксплуатационных показателей дизеля является обеспечение уменьшения кинематической вязкости биодизеля за счет применения предварительного подогрева. При нагреве до 90°C происходит уменьшение часового расхода топлива и улучшение экологических показателей дизеля. Нагрев до 120°C приводит к увеличению расход топлива дизелем. Однако авторы приведенных работ не приводят данные о снижении эффективной мощности дизеля при применении нагрева. Перспективным является путь оптимизации смесового состава, например, содержание метиловых или этиловых эфиров растительных масел в дизельном топливе для летнего и зимнего периодов эксплуатации.

При проведении экспериментальных исследований дизеля в зимний период времени наблюдался затрудненный пуск двигателя при его работе на смеси 40% дизельного топлива и 60% рапсового масла. Для облегчения пуска двигателя в этих условиях был использован подогрев смесового топлива при пуске двигателя. При дальнейшей работе двигателя подогрев топлива был нужен [3].

Проведенный анализ литературных источников отечественных и зарубежных ученых позволяет сделать вывод, что одной из основных проблем обеспечения работы дизелей на биодизеле и смесовых топливах является отложение кокса на распылителе форсунки, что обусловлено повышенным содержанием в нем смолистых веществ. Поэтому при расширении топливной базы транспортных средств необходимо проведение научных исследований, направленных на разработку мер по предотвращению этих негативных явлений и разработку дополнений к руководству по эксплуатации транспортных средств по сокращению сроков проведения технического обслуживания распылителей форсунок.

Фирма Porsche провела исследования по использованию метилового эфира рапсового масла в качестве альтернативного топлива для автотракторных и стационарных дизелей [6]. Исследовались дизели с разделенными и неразделенными камерами сгорания, с турбонадувом и охлаждением надувочного воздуха, а также без наддува. Эксперименты показали, что при работе двигателей на МЭРМ – на режимах внешней скоростной характеристики эффективная мощность и крутящий момент снижаются незначительно по сравнению с работой на дизельном топливе. Проблему повышенного износа деталей двигателя, а также повышенных отложений углеродных соединений на деталях камеры сгорания при работе двигателей на МЭРМ –, не отмечено. Среди недостатков МЭРМ – фиксируется потеря его текучести при температуре ниже - 5°C.

Работы российских ученых [7] позволяют сделать выводы о неоднозначном влиянии перечисленных различий на ресурс и надежность топливной аппаратуры дизелей, в частности, плунжерных пар насосов высокого давления и распылителей форсунок. В связи с тем, что вязкость биодизеля почти вдвое выше, чем у дизельного топлива, и учитывая то, что в составе биодизеля являются фосфолипиды и воскообразные вещества, процесс износа плунжерных пар насосов высокого давления будет другой, что повлияет на ресурс топливных насосов высокого давления.

Важным вопросом при эксплуатации транспортных средств на биодизеле и смесовых топливах является влияние продуктов сгорания топлива на моторное масло. Производитель двигателя ориентируется на дизельное топливо с массовым содержанием серы не более 0,2%. При использовании дизельного топлива с содержанием серы более 0,2%, сроки замены моторного масла необходимо сократить вдвое, то есть до 250 моточасов или 8 тыс.км. пробега. Объясняется это тем, что сера при сгорании в двигателе образует сернистые соединения, которые вызывают коррозию гильз цилиндров и поршневых колец. В результате к механическому износу добавляется коррозионное, что значительно сокращает ресурс цилиндро-поршневой группы дизеля. Для нейтрализации сернистых соединений на деталях цилиндро-поршневой группы в моторное масло добавляется щелочная присадка, содержание

которой не должно быть меньше 7,5 мг КОН на 1 г масла при применении дизельного топлива с содержанием серы до 0,2%.

Многочисленные исследования показали, что при увеличении содержания серы в топливе с 0,2% до 0,5% (согласно ГОСТ 305-82 содержание 0,5% предельно допустимым уровнем), износ двигателя увеличивается примерно на 25%. Содержание серы в биодизеле не должно превышать 0,001%, что дает основание утверждать о ее практическом отсутствии. При применении биодизеля или смесевых видов топлива содержание серы снизится, что позволит скорректировать сроки замены моторного масла в сторону увеличения, поскольку исследованиями установлено, что в первую очередь в моторное масло для дизелей отрабатывается щелочная присадка, которая наблюдается в снижении щелочного числа. Замена масла становится необходима, когда щелочное число уменьшится на 30 ... 40% от начальной величины.

Из анализа информации американской корпорации «Lubrizol» интервалы замены моторного масла группы эксплуатации по API CG-4 составляют около 32000 км пробега грузовых автомобилей, что эквивалентно 1000 моточасов наработки в условиях малосернистого топлива (до 0,05%). При увеличении содержания серы в топливе (более 0,2%) средний пробег до замены, составляет 8000 км (250 моточасов).

Польскими и швейцарскими учеными выполнены совместные исследования работы дизеля на смесевых составах из рапсового метилового эфира и минерального дизельного топлива. Проведены ресурсные испытания на смесевых составах B7, B20, B30 и B100. Установлено, что повышение доли метиловых эфиров в смесевых составах способствует интенсификации окисления моторного масла и сокращению его срока эксплуатации, что отрицательно сказывается на ресурсе деталей цилиндро-поршневой группы.

Трибологические свойства моторного масла с процентным содержанием в нем биодизельного топлива исследовались американскими учеными. В ходе испытаний в моторное масло SAE 15W-40 добавлялось дизельное топливо и метиловые эфиры рапсового, арахисового, соевого масла и куриного жира в процентном составе 5%, 10%, 20% и 30%.

Результаты испытаний показали, что наличие в моторной масле биологического и минерального топлива снижает его эффективность и повышает износ деталей. Существенных различий по влиянию на масло между двумя видами топлива не обнаружено.

Имеющаяся на сегодня крайне противоречивая информация о результатах влияния типа биодизеля и его смесей на эксплуатационные свойства дизелей транспортных средств, особенностей их эксплуатации, в значительной степени тормозит переход к практическому внедрению альтернативных топлив для эксплуатации транспортных средств. Необходимо проведение комплексных экспериментальных исследований для решения проблемных вопросов по использованию биодизеля полученного на базе этиловых эфиров рапсового, подсолнечного и соевого масел.

1. Nouredдини H. Densities of Vegetables Oils and Fatty Acids / H. Nouredдини,
2. B.C. Teoh, L. Davis Clements // Journ. of the American Oil Chemists' Society. – 1992. – Vol. 69. – N. 12. – P. 1184–1188.
3. Работа дизелей на нетрадиционных топливах : учеб. пособ. // В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов [и др.] – М. : Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
4. Деянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Деянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов. – Х.: Новое слово, 2007. – 451с.
5. Demirbas A. Biodiesel production via non-catalytic SCF method and biodiesel fuel characteristics / A. Demirbas // Energy Conversion and Management. – 2006. – Vol. 47(15). – P.2271-2282.
6. Karabektas M. The effects of turbocharger on the performance and exhaustemissions of a diesel engine fuelled with biodiesel / M. Karabektas // Renewable Energy. – 2009. – Vol. 34(4). – P.89-93.

7. Иващенко Н.А. Работа дизеля с разделенной камерой сгорания на рапсовом масле / Н.А. Иващенко, В.А. Марков, А.А. Ефанов // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2007. – № 3. – С. 26-40.
8. Фокин Р.В. Разработка комплексной технологии получения смесового топлива с улучшенными свойствами для дизельных двигателей: автореф. дисс. канд. техн. наук / Фокин Р.В. – Мичуринск-Наукоград, 2008. – 24 с.

Дроздов А.А., Соловьёва О.А., Маренина Л.Н.
Особенности 9-й версии математической модели Метода универсального моделирования

ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/lj-11-2020-50

idsp: ljjournal-11-2020-50

Аннотация

В работе представлены особенности новейшей 9-й версии программы расчета и оптимального газодинамического проектирования центробежных компрессоров и компрессорных ступеней Метода универсального моделирования.

Ключевые слова: центробежный компрессор, осерадиальное рабочее колесо, безлопаточный диффузор, КПД

Abstract

The paper presents the features of the latest 9th version of the program for calculating and optimal gas-dynamic design of centrifugal compressors and compressor stages called Universal Modeling Method.

Key words: centrifugal compressor, 3D impeller, vaneless diffuser, efficiency

Введение

Центробежные компрессоры играют важную роль в экономике промышленно развитых стран. Задача газодинамического проекта – создание проточной части, обеспечивающей заданное отношение давлений при заданном расходе и при максимальном КПД, чтобы снизить главную составляющую эксплуатационных расходов – стоимость энергии на привод компрессора. Для решения этой задачи применяются различные подходы. Одним из самых эффективных является использование специализированных инженерных программ и методов.

В Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого (СПбПУ) на протяжении десятилетий проводились исследования компрессоров динамического действия. В результате сформулирована математическая модель потерь напора в проточной части и пакет программ, получивший название Метод универсального моделирования (МУМ). Описание математической модели представлено в работах [1,2].

Накопление опыта применения программ Метода универсального моделирования позволяет производить их дальнейшее усовершенствование. Ниже представлены основные нововведения 9-й версии МУМ.

Применение квазитрехмерного подхода к расчету ОРК

Значительная неравномерность потока по высоте лопаток ОРК приводит к тому, что применение одномерного подхода к расчету потерь в них дает погрешности. Смещение рассчитываемой линии тока от средней линии ближе к периферии, предложенное в [3] не до конца решает эту проблему. Наиболее эффективным является применение квазитрехмерного подхода к расчету потерь в лопаточных решетках ОРК.