

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕЁ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ЗИМНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Введение

Одним из основных требований, предъявляемых к топливным системам низкого давления авто-тракторных дизелей при их эксплуатации в условиях отрицательных температур окружающей среды, является способность этих систем обеспечивать бесперебойное поступление очищенного топлива к топливной аппаратуре дизельного двигателя. При эксплуатации дизеля в зимнее время года может произойти снижение или полная потеря работоспособности топливных фильтров, расположенных в различных местах системы питания, в результате уменьшения их пропускной способности. И если дизельное топливо наряду с летними имеет зимние и арктические марки, то альтернативное ему биотопливо рекомендаций по улучшению своих низкотемпературных свойств на сегодняшний день не имеет.

Данная статья ставит своей целью описать проблемы ухудшения работоспособности топливной системы дизеля в условиях зимней эксплуатации и выдать рекомендации по совершенствованию её конструкции для обеспечения работы дизеля зимой как на дизельном, так и на альтернативных ему видах топлив.

Формулирование проблемы и известные способы её решения

Трудности в обеспечении подачи топлива из топливного бака транспортного средства в цилиндры дизеля могут наступить при отрицательных температурах окружающей среды в связи с потерей работоспособности топливных фильтров в результате уменьшения их пропускной способности из-за заби-

вания кристаллами парафиновых углеводородов, образующихся в дизельном топливе при температуре его помутнения (для летнего топлива минус (2...5) °С), а также кристаллами льда при наличии в топливе воды. В результате этого ограничивается поступление топлива к топливному насосу высокого давления, уменьшается циклическая подача его цилиндрических секций, что приводит к затруднению пуска, увеличению неравномерности работы цилиндров и падению мощности в период прогрева и работы дизеля, вплоть до полной его остановки. Поскольку топливные фильтры разного назначения расположены в различных местах системы питания топливом, начиная от заборного фильтра топливного бака до установленного непосредственно на дизеле фильтра тонкой очистки, то эффективными могут быть лишь те конструктивные решения, которые обеспечивают работоспособность всей гаммы фильтров системы питания дизеля топливом.

Учитывая актуальность обеспечения работы современного дизельного двигателя на тяжёлых минеральных моторных топливах и топливах на основе растительных масел, наиболее эффективным средством нивелирования их низкотемпературных свойств и обеспечения способности в условиях отрицательных температур проходить через все топливные фильтры является применение подогрева топлива перед фильтром до температуры, сохраняющей его фильтруемость.

При этом, в известных конструкциях источником тепловой энергии для подогрева топлива служат как теплоносители, прогреваемые самим дизелем (сливаемое топливо, охлаждающая жидкость, мотор-

ное масло, отработавшие газы и др.), так и электрическая энергия от бортовой сети объекта применения дизеля.

Нагревательные устройства дизельного топлива, использующие тепловую энергию теплоносителей, циркулирующих в системах дизеля, представляют из себя теплообменники различных конструкций или смесители для обрабатываемого топлива. Они обеспечивают достаточный нагрев дизельного топлива только после пуска и прогрева дизеля, поэтому не могут обеспечить пуск дизеля зимой, тем более при работе на альтернативном топливе.

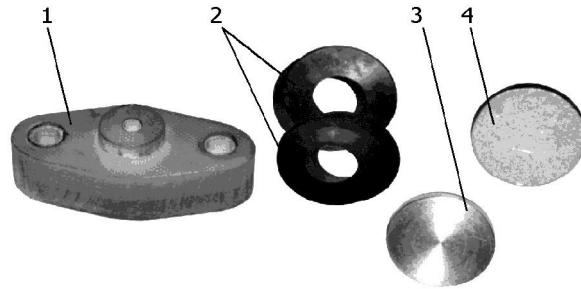
Электрические подогреватели топлива, получающие питание от бортовой электрической сети объекта применения дизеля, более универсальны и могут в любой момент обеспечить подогрев как дизельного, так и альтернативного топлива перед пуском дизеля и после него.

Конструкция дешёвого топливного нагревательного устройства автотракторного дизеля

Наиболее простым и дешёвым устройством подогрева топлива является устройство на базе нагревательных элементов из позисторной керамики с положительным температурным коэффициентом электрического сопротивления. Эти элементы быстро нагреваются, имеют высокий КПД и обеспечивают автоматическое регулирование потребляемой мощности в зависимости от температуры и расхода топлива.

Исходя из этого на базе позисторных нагревательных элементов (ПНЭ) [1], разработанных Киевским институтом общей и неорганической химии имени В.И. Вернадского, было разработано топливное нагревательное устройство, включающее в себя три аналогичных ПНЭ, устанавливаемых в корпусе заборного фильтра топливного бака и на доньшках корпусов топливных фильтров грубой и тонкой очистки топлива.

Комплектность унифицированного устройства подогрева для фильтров тонкой и грубой очистки топлива представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Комплектность устройства подогрева:
1 - электротеплоизоляционный корпус;
2 - элементы тарельчатой пружины;
3 - подпружиненный контакт клеммы "+";
4 - позисторный нагревательный элемент.*

Лабораторные образцы подогреваемых фильтров тонкой и грубой очистки топлива показаны на рис. 2 и 3 соответственно.

Как видно из рисунков, оба фильтра имеют одинаковые корпуса, изготовленные из материала с высоким коэффициентом теплопроводности (алюминиевого сплава) в геометрических размерах штатных фильтров автомобильного дизеля 4ДТНА. Таким образом устройство подогрева обеспечивает нагрев всего объёма топлива в фильтрах тонкой и грубой очистки через прогретые корпусные детали.

Реализация подогрева топлива в месте его забора, а именно в топливном баке потребовала разработки оригинального топливозаборника, обеспечивающего минимальное потребление электрической энергии нагревательным устройством за счёт локализации места подвода теплоты. Лабораторный образец подогреваемого топливозаборника показан на рис. 4. По габаритным и присоединительным размерам образец взаимозаменяем со штатным заборником топливного бака автомобиля УАЗ-31512.



Рис. 2. Лабораторный вариант фильтра тонкой очистки топлива с устройством подогрева.



Рис. 3. Лабораторный вариант фильтра грубой очистки топлива с устройством подогрева.

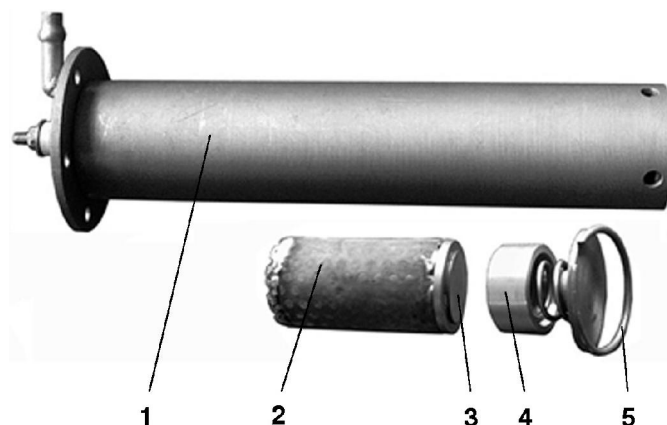


Рис. 4. Лабораторный вариант топливозаборника с устройством подогрева:
1 - корпус; 2 - заборный фильтр; 3 - пьезисторный нагревательный элемент; 4 - подпружиненный контакт клеммы "-"; 5 - стопорное кольцо

Схемы размещения контрольных термоэлектрических преобразователей ТХК ($T_1 \dots T_4$) для регистрации фактических значений температур подогреваемого топлива в фильтре тонкой очистки и топливозаборнике приведены на рис. 5 и 6. Схема размещения ТХК для фильтра грубой очистки топлива тоже соответствует рис. 5.

Результаты экспериментального исследования

Экспериментальное исследование эффективности разработанного нагревательного устройства проведено в два этапа. На первом этапе проведен раздельный 20-минутный нагрев каждого из лаборатор-

ных образцов элементов топливной системы. На втором этапе испытана полноценная лабораторная установка в условиях стенда КИ 2205-02 для регулирования топливной аппаратуры дизеля 4ДТНА (рис. 7).

Собранная установка имитировала полноразмерную топливную систему дизеля 4ДТНА в автомобиле УАЗ-31512 от топливозаборника топливного бака автомобиля до форсунок дизеля. Охлаждение лабораторной установки до отрицательных температур проводилось в малогабаритной климатической камере ИЛКА, типа К1К800 производства Германии (рис. 8).

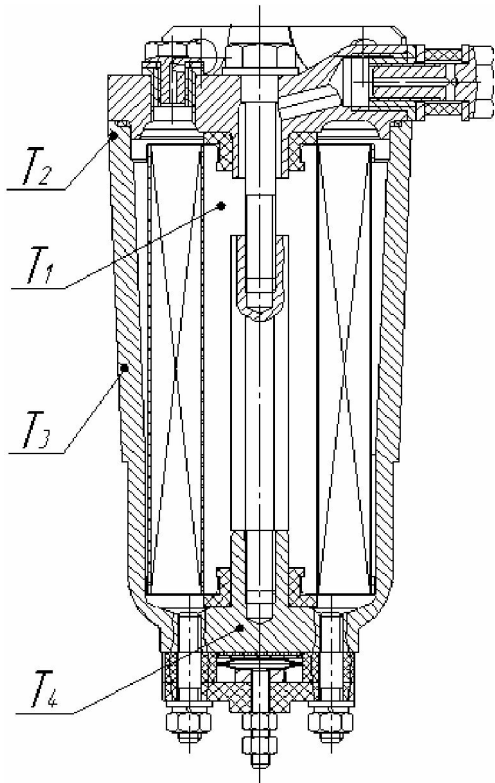


Рис. 5. Схема размещения термоэлектрических преобразователей для фильтра тонкой очистки топлива

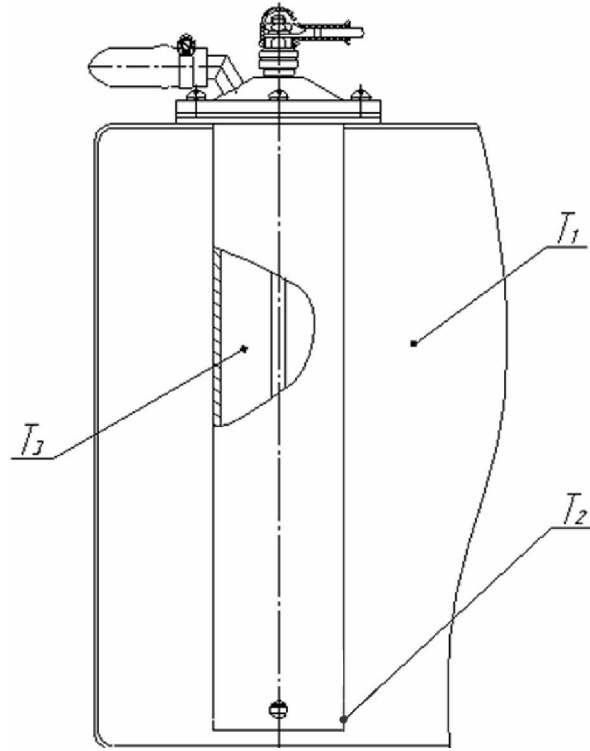


Рис. 6. Схема размещения термоэлектрических преобразователей для топливозаборника

В результате первого этапа исследований установлено, что при 20-минутном прогреве топлива в фильтрах как тонкой, так и грубой очистки температура топлива T_1 увеличилась на $65...75\text{ }^{\circ}\text{C}$ и практи-

чески совпала с температурой T_3 корпусов фильтров. Характеристика изменения температур ($T_1 - T_3$) при прогреве заборника топливного бака представлена на рис. 9.

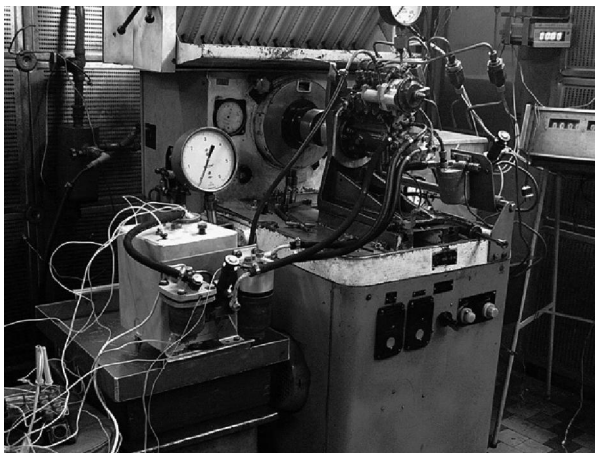


Рис. 7. Лабораторная установка для испытаний топливной системы дизеля 4ДТНА, оборудованной топливным нагревательным устройством.

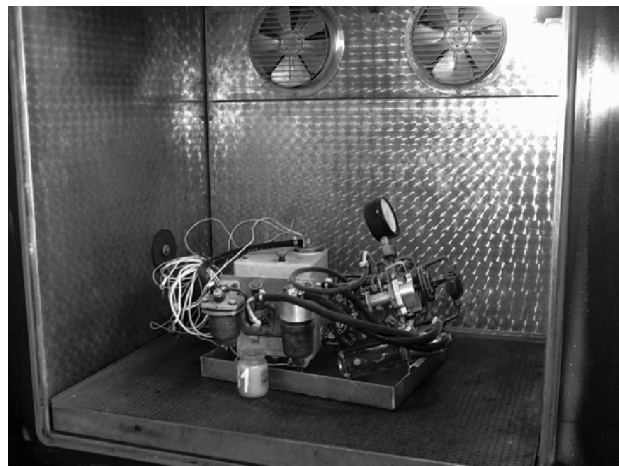


Рис. 8. Охлаждение топливной системы дизеля 4ДТНА в климатической камере.

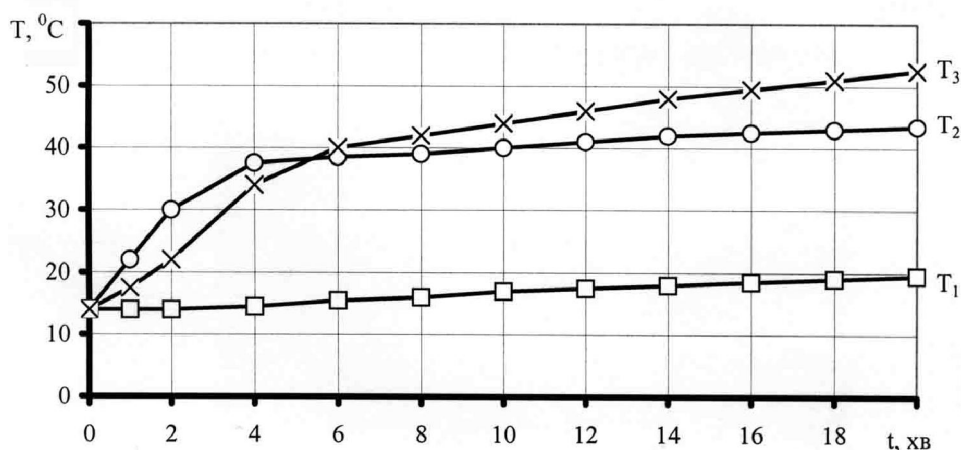


Рис. 9. Характеристика изменения температур топливозаборника при 20-минутном прогреве.

Из результатов прогрева следует, что за 20 минут прогрева температура топлива внутри заборника может увеличиваться на 40...50 °C. При этом в топливном баке ёмкостью 10 л имеет место незначительное (до 5 °C) увеличение температуры основной массы топлива вблизи заборника.

Второй этап исследований проведен на летней и зимней марках дизельного топлива при охлаждении топливной системы до температуры топлива минус 45 °C с полным его застыванием. Характерная для этих исследований зависимость температур топлива в топливозаборнике (T₃) и топливном баке (T₁) от продолжительности включения ПНЭ при разных исходных температурах топлива приведена на рис. 10.

В целом результаты исследований на полномасштабной модели показали, что при исходной температуре минус 45 °C и 20-минутном включении топливного нагревательного устройства температура топлива в фильтре грубой очистки увеличилась на 82 °C, в фильтре тонкой очистки на 76 °C, в заборнике топлива на 62 °C. При этом, разработанное нагреватель-

ное устройство обеспечило требуемую пусковую подачу топлива через форсунки дизеля даже при температуре минус 45 °C и работе на летнем топливе с температурой застывания минус 12 °C. Полученное значение увеличения температуры топлива (от исходной в топливном баке) при его подаче в режиме пусковой частоты вращения из топливного бака в цилиндры дизеля составило 42 - 45 °C, что указывает на высокую эффективность разработанной системы подогрева топлива.

Для сравнения фактических затрат электрической энергии на предпусковой подогрев топлива разработанным нагревательным устройством достаточно привести данные источника [2], где мощность, потребляемая известным электронагревателем, установленным только в фильтре тонкой очистки автомобильного дизеля составляет 600 Вт, в то время как аналогичную величину имеет суммарная начальная мощность всех трёх ПНЭ разработанного устройства, и уже через одну минуту работы их энергопотребление автоматически падает в три раза.

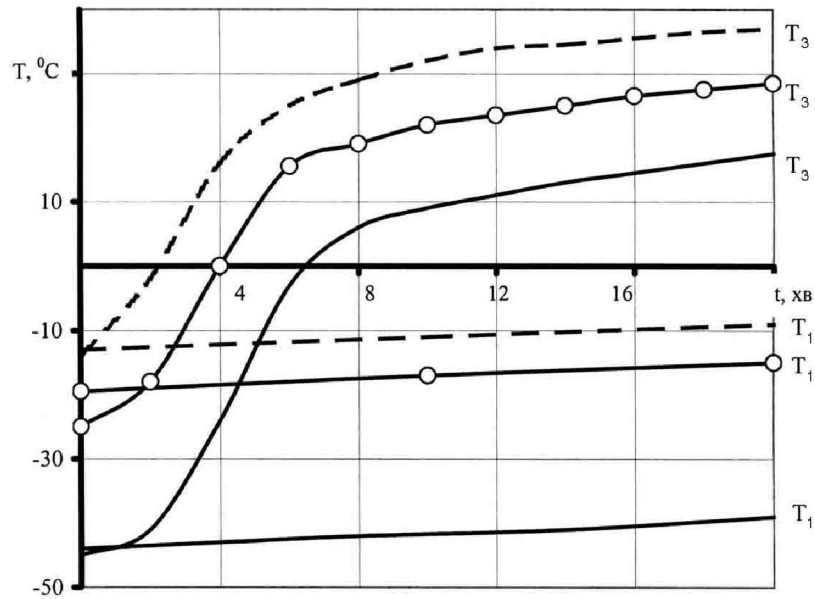


Рис. 10. Изменение температур топливозаборника при 20-минутном прогреве на летнем топливе.

Заключение

Приведенные результаты экспериментального исследования показывают, что совершенствование конструкции топливной системы автомобильного дизеля 4ДТНА путём установки унифицированных устройств подогрева, выполненных на базе позисторных нагревательных элементов, в топливозаборнике топливного бака, фильтрах тонкой и грубой очистки топлива позволяет обеспечить её работоспособность до температуры минус 45 °С при работе на летнем дизельном топливе. Предложенное техническое решение легко реализуется как на вновь разрабатываемых дизельных двигателях, так и дизелях, поставленных на производство или находящихся в эксплуатации.

Список литературы:

1. Бородин Ю.С., Грицюк А.В., Дороженко А.Н., Демиденко Д.В., Кондратенко В.Г. Устройство локального предпускового подогрева коренных подшипников коленчатого вала дизеля на основе позисторной керамики. // Двигатели внутреннего сгорания: Всеукраинский науч. - техн. журн. - Харьков, НТУ "ХПИ", 2003. - Вып. 1 - 2, С. 15-19.
2. Григорьев М.А., Борисова Г.В., Пахакадзе Г.А. Пути обеспечения работоспособности топливных фильтров дизелей в условиях отрицательных температур // Двигательостроение - Санкт-Петербург, 1991 № 10-11, С. 40-42.