

УДК 621.436-57

А.В. ГРИЦЮК, Д.В. ДЕМИДЕНКО, А.Г. БЕЛОУС, Ю.Д. СТУПИН

Национальный технический университет «ХПИ», Украина

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЗИСТОРНОЙ КЕРАМИКИ В УСТРОЙСТВАХ ЛОКАЛЬНОГО ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА УЗЛОВ И СИСТЕМ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Описаны новые конструктивные решения, позволяющие провести предпусковую подготовку и снизить момент сопротивления вращения коленчатого вала автотракторного дизеля в условиях зимней эксплуатации при минимальных затратах расходуемой при этом электроэнергии бортового источника питания. Эффективность внедрения этих решений в конструкцию автомобильного дизеля подтверждена экспериментальной проверкой на натурном объекте в реальных условиях зимней эксплуатации.

позисторная керамика, устройство локального предпускового подогрева, автотракторный дизель

Введение

Дизелизация легкового и малотоннажного грузового автомобильного транспорта, следствием которой является существенное улучшение топливной экономичности, экологических показателей и тяговых свойств автомобилей, неизбежно сопровождается усложнением их эксплуатации из-за ухудшения пусковых свойств двигателя. Основных причин две: первая - необходимость обеспечения более высокой в сравнении с бензиновым двигателем пусковой частоты вращения коленчатого вала (КВ); вторая - необходимость преодоления в процессе пуска более высокого момента сопротивления вращению КВ. Обе причины ведут к наращиванию мощности пусковой системы дизельного автомобиля по сравнению с автомобилем, в силовой установке которого используется бензиновый двигатель.

Электротехническая промышленность успешно решает задачи наращивания ёмкости аккумуляторных батарей (АБ) до 74 А·ч и номинальной мощности стартеров до 2,5 кВт при сохранении материалоемкости систем электростартерного пуска. Нефтеперерабатывающая промышленность ведёт работы по разработке синтетических загущенных масел с улучшенной для пуска вязкостно-температурной характеристикой. Вместе с тем, оба эти факта не снимают с двигателестроителей задачу встречного

движения, а именно поиска новых и новых конструктивных решений, позволяющих повысить эффективность работы всего комплекса пусковых систем дизеля при сохранении энергоёмкости бортового источника питания (АБ) и пусковой мощности стартера. Решению этой проблемы и посвящена публикация серии статей [1 – 3], представляющих результаты совместных разработок Казённого предприятия «Харьковское конструкторское бюро по двигателестроению» (КП ХКБД) и Института общей и неорганической химии (ИОНХ) им. В.И. Вернадского Национальной академии наук Украины, выполненные в рамках проекта № 1824 Научно-технологического центра (НТЦУ).

Данная статья является продолжением этой серии, и ставит своей целью предложить новые конструктивные решения, реализованные при создании систем предпусковой подготовки дизельных двигателей, и результаты эксплуатационных испытаний этих решений в реальных условиях зимнего периода времени.

Решение проблемы дальнейшего снижения минимальной температуры пуска малолитражного автотракторного дизеля

В основу решения обозначенной проблемы положен новый подход к созданию устройств пред-

пускового разогрева дизельных двигателей, а именно распределение тепла источника подогрева не по всему дизелю, а концентрация его в наиболее весомых с точки зрения момента сопротивления вращению коленчатого вала узлах трения дизеля. Реализуя вышеуказанный подход в рамках выполняемого проекта, разработан комплекс устройств предпускового подогрева, включающий систему локального подогрева критических узлов трения, определяющих момент сил трения автотракторного дизеля и подогреваемый маслозаборный отсек поддона дизеля, который нагревает минимально необходимый для осуществления пуска дизеля объём моторного масла, уменьшая его вязкость, а следовательно, и момент сил трения в подшипниковых узлах, смазываемых им в процессе пуска.

Разработанная конструкция устройства локального предпускового подогрева весомого в моменте сил трения узла - коренных подшипников коленчатого вала дизеля, описана в источнике [3].

Особенностью предлагаемого технического подхода к решению второй задачи, а именно подогрева моторного масла, является локализация расхода тепловой энергии в теплоизолированном объёме специального маслозаборного отсека, размещённого в средней части поддона дизеля. Подогрев моторного масла в этом отсеке ведётся разработанными для этой цели на той же элементной базе [3] малогабаритными позисторными нагревательными элементами (ПНЭ), отличающимися уменьшенной пористостью керамики при сохранении заданной температуры переключения.

Основные элементы разработанной конструкции представлены на рис. 1.

Из этого рисунка видно, что для исключения свободной конвекции теплового потока в верхние слои масла обогреваемый коробчатый каркас помещён во внутрь маслозаборного отсека, непосредственно связанного трубопроводом со всасывающей полостью масляного насоса дизеля.

Исследование проведено в два этапа. Первый этап проведен на физических моделях, второй - на натурном объекте.

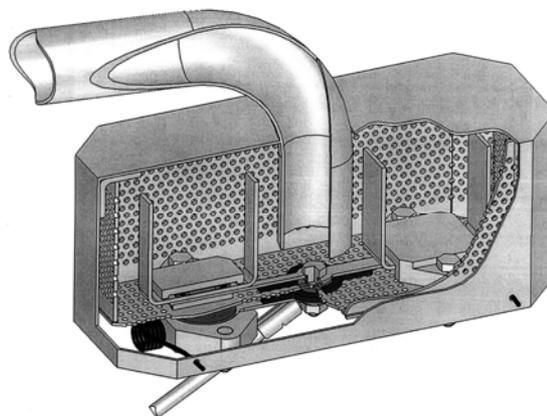


Рис. 1. Основные элементы конструкции подогреваемого маслозаборного отсека

Физическая модель системы подогрева коренных опор коленчатого вала и результаты экспериментальной проверки эффективности этой системы в условиях модели представлены в той же работе [3].

Физическая модель системы подогрева маслозаборного отсека (рис. 2) представляет собой штатный поддон автомобильного дизеля 4ДТНА, укомплектованный разработанным подогреваемым маслозаборным отсеком и оборудованный лабораторными приспособлениями, которые позволяют зафиксировать маслозаборный отсек внутри поддона в положении, которое соответствует его установке на натурном объекте.



Рис. 2. Поддон дизеля 4ДТНА с подогреваемым маслозаборным отсеком

Схема размещения контрольных термоэлектрических преобразователей ТХК ($T_1...T_5$) для регистрации фактических значений температур разогрева моторного масла внутри и вокруг маслозаборного отсека приведена на рис. 3.

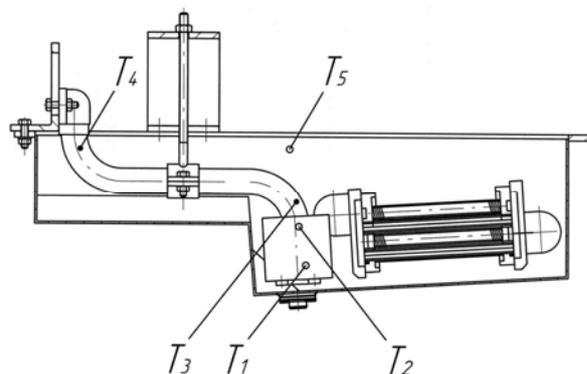


Рис. 3. Схема размещения контрольных термоэлектрических преобразователей на экспериментальной модели

Натурным объектом исследования явился автомобильный дизель 4ДТНА, модернизированный системой подогрева коренных опор коленчатого вала (рис. 4) и системой подогрева маслозаборного отсека (рис. 5).

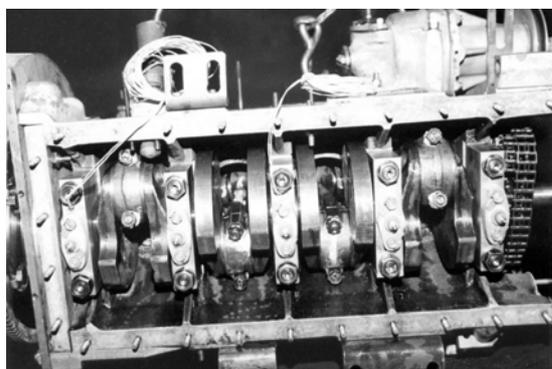


Рис. 4. Установка нагревательных элементов на подвески КВ дизеля 4ДТНА

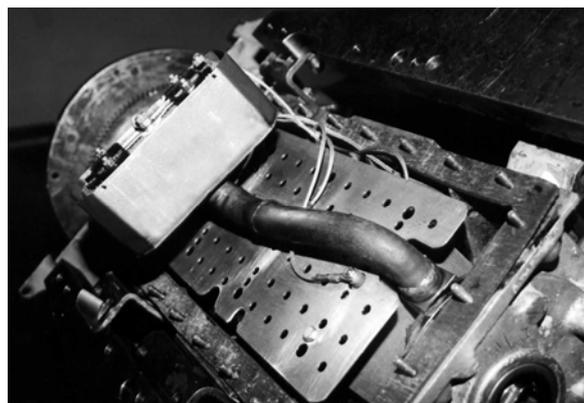


Рис. 5. Установка подогреваемого маслозаборного отсека в дизель 4ДТНА

Эксперименты проведены в натуральных условиях автомобиля УАЗ-31512 при тепловых состояниях модернизированного дизеля, соответствующих температурам окружающего воздуха $(-6...+5)^{\circ}\text{C}$. Для получения требуемой для таких исследований предельной для пуска кинематической вязкости моторного масла ($\nu \leq 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$) система смазки дизеля 4ДТНА, так же как и лабораторный поддон физической модели, была заправлена летним загущенным моторным маслом Галол М-4042 ТД [4], предназначенным для эксплуатации дизелей в условиях, где температура окружающей среды достигает 55°C , а охлаждающей жидкости и масла 130°C .

Результаты экспериментальных исследований

Эффективность подогреваемого маслозаборного отсека проверена в условиях модели как в комнатных, так и в реальных условиях окружающей среды. Результаты контрольных экспериментов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты контрольных экспериментов по 20-минутному разогреву масла в поддоне с подогреваемым маслозаборным отсеком

№ контрольного эксперимента	Исходная температура моторного масла, $^{\circ}\text{C}$	Температура в контрольных точках масляного поддона на 20-ой минуте разогрева, $^{\circ}\text{C}$				
		T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
1	18,5	91	93	46	40	22
2	0	83	86	32	30	8,5

Зависимость изменения регистрируемых температур масла в поддоне от продолжительности его разогрева в эксперименте № 2 представлена на рис. 6.

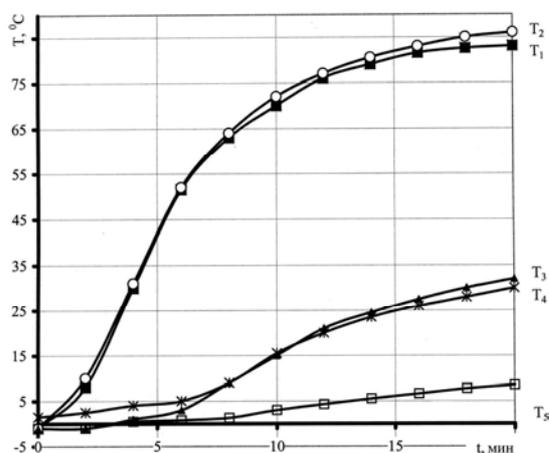
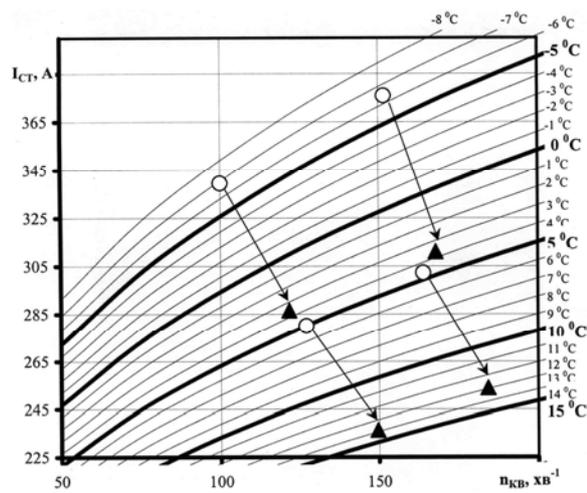


Рис. 6. Характеристика изменения регистрируемых температур ($T_1...T_5$) при 20-минутном прогреве масла в поддоне с подогреваемым маслозаборным отсеком

Из таблицы и рисунка видно, что при разогреве масла в разработанном отсеке расчётного объёма темп разогрева предназначенного для осуществления пуска объёма моторного масла составил $4,2...4,4$ °C/мин, в то время как общий за 20 минут прогрева прирост температуры неостребованных в процессе пуска верхних слоёв масла над маслозаборником не превысил $8...10$ °C. Полученный результат разогрева моторного масла полностью отвечает обоснованному [5] критерию эффективности предпускового разогрева масла, всасываемого масляным насосом при пуске дизеля.

В то же время установившаяся в течение $2...3$ минут мощность ПНЭ, обеспечивающая поддержание темпа разогрева масла в отсеке, составляет $150...180$ Вт, что может быть обеспечено любым источником питания, комплектующим транспортное средство с дизельным двигателем. Эксперименты на натурном объекте подтвердили прогнозируемый эффект внедрения новых конструктивных решений. Объективная оценка результатов экспериментов по разработанному в КП ХКБД [2] комплексному показателю эквивалентного теплового состояния дизеля представлена на рис. 7.



- – начальное эквивалентное тепловое состояние холодного дизеля при применении летнего моторного масла Галол М-4042 ТД;
- – эквивалентное тепловое состояние через 20 минут прогрева коренных опор коленчатого вала;
- ▲ – эквивалентное тепловое состояние через 20 минут одновременного прогрева коренных опор коленчатого вала и масла в маслозаборном отсеке

Рис. 7. Изменение эквивалентного теплового состояния дизеля 4ДТНА после его предпускового разогрева

Из рисунка видно, что оборудование автомобильного дизеля 4ДТНА дешёвыми системами подогрева коренных опор коленчатого вала и маслозаборного отсека решает задачу снижения минимальной температуры его пуска на 10 °C за счёт появившейся возможности увеличения перед пуском эквивалентного теплового состояния самого двигателя. Имеющее при этом место изменение параметров бортового источника питания приведено в табл. 2 на примере аккумуляторной батареи дизельного автомобиля УАЗ-31512 (6СТ-74).

Данные табл. 2 показывают, что 20-ти минутная предпусковая подготовка дизеля сопровождается уменьшением степени заряда АБ на $16,8\%$, что согласно инструкции на эксплуатацию батареи разрешает её дальнейшее использование для прокручивания КВ стартером в зимний период времени, поскольку запрещена эксплуатация АБ: зимой при степени разряда более 25% , летом – более 50% .

Таблица 2

Изменение параметров аккумуляторной батареи 6СТ-74 при работе систем подогрева коренных опор КВ и маслозаборного отсека

№ эксперимента	Продолжительность включения систем, мин	Плотность электролита в каждом аккумуляторе, г/см ³						Степень разрядности АБ после подогрева дизеля, %
		начальная						
		в конце прогрева						
		1	2	3	4	5	6	
1	10	1,28	1,29	1,28	1,275	1,29	1,29	9,4
		1,265	1,28	1,265	1,26	1,28	1,28	
2	20	1,29	1,28	1,285	1,28	1,29	1,28	16,8
		1,27	1,255	1,25	1,26	1,27	1,265	
3	30	1,28	1,29	1,28	1,28	1,29	1,29	26,9
		1,24	1,255	1,24	1,245	1,255	1,26	

Заключение

Выполненные экспериментальные исследования показали, что за счёт локализации мест подвода тепловых потоков к узлам и в системах дизеля можно существенно сократить затраты на организацию предпусковой подготовки автомобильного двигателя.

Предложенные работой конструктивные решения по модернизации автомобильного дизеля дешёвыми системами подогрева коренных опор коленчатого вала и маслозаборного отсека позволяют снизить минимальную температуру его пуска в составе автомобиля на 10 °С.

Литература

1. Бородин Ю.С., Грицюк А.В., Демиденко Д.В., Кондратенко В.Г. Выявление критических узлов трения, определяющих момент сопротивления авто-тракторного дизеля при его пуске. // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: НТУ «ХПИ», 2002. – № 1. – С. 60-63.

2. Рязанцев Н.К., Грицюк А.В., Демиденко Д.В. Методика оценки эффективности устройств предпускового подогрева автотракторных дизелей. //

Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: «ХАІ». – 2002. – Вип. 31. Двигуни та енергоустановки. – С. 124-126.

3. Устройство локального предпускового подогрева коренных подшипников коленчатого вала дизеля на основе позисторной керамики / Ю.С. Бородин, А.В. Грицюк, А.Н. Дороженко, Д.В. Демиденко, В.Г. Кондратенко // Двигатели внутреннего сгорания. – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – 1-2. – С. 15-19.

4. Моторное масло Галол М-4042 ТД для форсированных дизелей военно-гусеничных машин / Н.К. Рязанцев, Ю.С. Бородин, В.З. Бычков, Н.В. Клименко, Г.В. Щербаненко // Машиностроение: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Х.: ХГПУ, 2000. – Вып. 101. – С. 218-223.

5. Ильчук И.А. Способы повышения надежности пуска ДВС при низких температурах // Автомобильная промышленность. – М.: Машиностроение, 2003. – № 12 – С. 22-24.

Поступила в редакцию 11.06.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. кафедры В.Г. Дьяченко, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.