

*Алехин С.А., канд. техн. наук, Грицюк А.В., канд. техн. наук, Краюшкин И.А., инж.,
Задрыкин А.А., инж., Бородин Д.Ю., канд. техн. наук*

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕЧЕЙ НАКАЛИВАНИЯ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ПУСКА ХОЛОДНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТИПА 5ТДФ И 6ТД

В настоящее время для облегчения холодного пуска практически все автомобильные дизели выпускаются со свечами накаливания. Преимуществами свечей накаливания является их эффективность, небольшая стоимость, малые энергозатраты, простота установки и надёжность по сравнению с другими устройствами облегчения пуска холодного дизеля.

Как правило, свечи накаливания устанавливаются в камере сгорания, которая выполняется в головке блока или в днище дизеля. В дизелях типа 5ТДФ и 6ТД камера сгорания образована в цилиндре между накладками поршней, движущимися друг к другу навстречу. Минимальное расстояние между торцами накладок поршней находится в пределах 3...3,5 мм. Из-за этих особенностей конструкции дизелей типа ТД и возникали трудности применения свечей накаливания и работы в этом направлении не проводились.

Поэтому в настоящее время и были проведены исследовательские работы с целью возможности установки свечей накаливания в дизелях типа 5ТДФ и 6ТД и проверке их эффективности.

Рассматривались два варианта установки свечей накаливания в цилиндры дизелей ТД:

- без выступания за пределы зеркала цилиндра, с организацией поджига топливной смеси в специальном переходнике (рис. 1 а);

- размещения нагревательного элемента свечи накаливания в камере сгорания с дообработкой накладок поршней (рис. 1 б).

При исследовании возможности применения свечей накаливания на дизелях ТД использовались свечи производства фирм Германии и Испании.

Проведенные температурные исследования свечей показали, что в зависимости от температуры ок-

ружающей среды, время прогрева их перед пуском дизеля должно находиться в пределах 20...30 с.

В основном исследования проводились на двигателе 5ТДФ. В процессе испытаний использовалось маловязкое масло М8В₂С. В качестве топлива применялась смесь 80% летнего дизельного топлива и 20% топлива ТС-1, а также зимнее дизельное топливо.

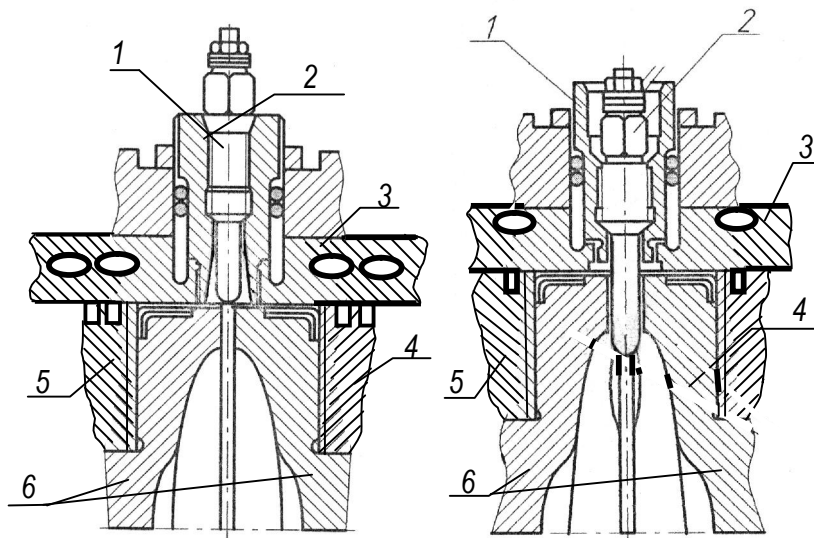
Проведенные пусковые испытания по первому варианту установки свечей накаливания в цилиндры дизеля ТД показали, что положительный эффект получен только при температуре окружающей среды выше плюс 5 °С.

По варианту установки свечей накаливания без выступания их за пределы зеркала цилиндров были оснащены свечами дизели 457К и в настоящее время они проходят подконтрольную эксплуатацию в катерах «Калкан» и моторной яхте. При температуре окружающей среды плюс 5 °С и выше двигатели по пускам замечаний не имеют.

При отрицательных температурах окружающей среды были проведены исследования только по второму варианту установки свечей накаливания. Испытания проводились при $t_{окр} = 0 \div \text{минус } 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Результаты испытаний представлены в таблице.

Характер протекания пускового процесса дизеля при использовании свечей накаливания показан на графике (рис. 2).

При пуске холодного дизеля со свечами накаливания вспышки в цилиндрах начинаются сразу после начала прокручивания коленчатого вала и через 2...3 с частота вращения дизеля увеличивается до $n=800...900 \text{ мин}^{-1}$, а через 7...20 с после включения стартера - до $n=1400...1800 \text{ мин}^{-1}$, т.е. происходит пуск.



а) - без выступания за пределы зеркала цилиндра; б) - с размещением нагревательного элемента в камере сгорания и дообработке накладок поршней

Рис. 1. Установка свечей накаливания в цилиндры дизелей 5ТДФ и 6ДТ
 1 - свеча накаливания; 2 - переходной штицер; 3 - цилиндр; 4 - продувочный поршень;
 5 - выпускной поршень; 6 - накладки

Таблица 1. Результаты пусковых испытаний холодного дизеля 5ТДФ.

№№ п/п	$t_{окр}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{прогр.св.}, \text{с}$	$n_{пуск}, \text{мин}^{-1}$	$\tau_{пуск}, \text{с}$	Примечание
1	0	20	230	5	$U_{пит.СГ} = 48 \text{ В}$
2	-4	20	230	7	
3	-12	30	210	14	
4	-13	30	200	15	
5	-15	30	200	15	
6	-16	30	200	18	
7	-18	30	200	20	
8	-20	30	190	20	
9	-12	30	200	45	Без свечей в 4 и 5 ц-рах
10	-10	30	150	17	$U_{пит.СГ} = 30 \text{ В}$
11	-20	30	75	43	$U_{пит.СГ} = 24 \text{ В}$
12	-12	-	200	55	АФП

Зависание дизеля при частоте вращения коленчатого вала $n = 800 \dots 900 \text{ мин}^{-1}$ происходит, видимо потому, что при продувке цилиндров холодным воздухом, из-за плохого рабочего процесса, недостаточно мощности для преодоления механического сопротивления. Чем ниже температура окружающей среды, тем продолжительней зависания дизеля на частоте $n=800 \dots 900 \text{ мин}^{-1}$. Со временем ЦПГ прогревается, и дизель выходит из режима зависания.

Также были проведены пуски холодного дизеля при напряжении электропитания СГ 30 и 24 В вместо 48 В. При этом пусковая частота составила 150 и 75 мин^{-1} , соответственно. Время пуска увеличилось и при $t_{окр} = \text{минус } 20^\circ\text{C}$ составило 43 с ($U_{пит.СГ} = 24 \text{ В}$). Это свидетельствует о том, что до $t_{окр} = \text{минус } 20^\circ\text{C}$ пуски холодного дизеля ДТ с использованием свечей накаливания возможны и при более низкой пусковой частоте вращения коленчатых валов.

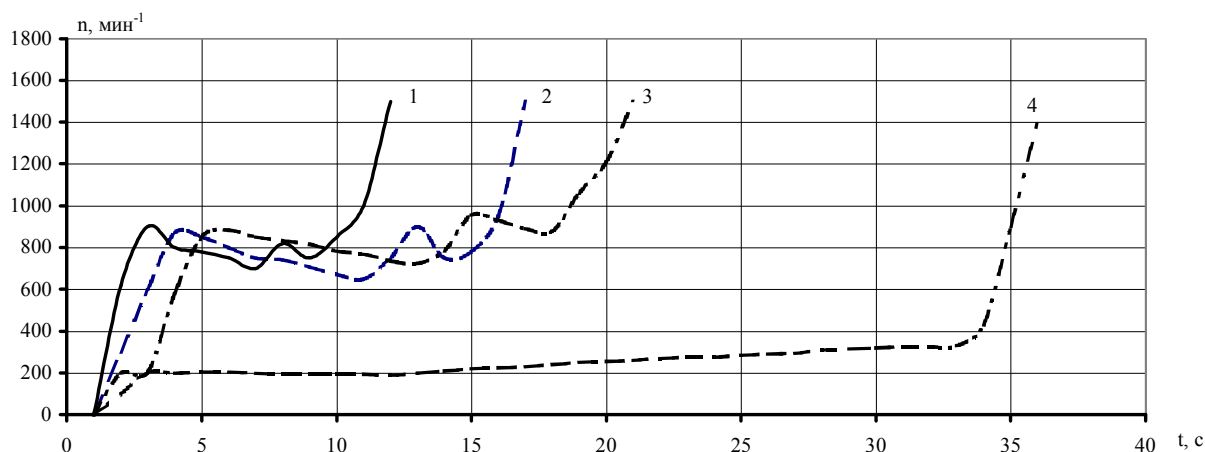


Рис. 2. Пуски двигателя 5ТДФ при отрицательной температуре окружающей среды

1. $t_{окр} = - 4^{\circ}C$, $n_{пуск} = 230 \text{ мин}^{-1}$, свечи накаливания,
2. $t_{окр} = - 15^{\circ}C$, $n_{пуск} = 200 \text{ мин}^{-1}$, свечи накаливания,
3. $t_{окр} = - 20^{\circ}C$, $n_{пуск} = 190 \text{ мин}^{-1}$, свечи накаливания,
4. $t_{окр} = - 12^{\circ}C$, $n_{пуск} = 200 \text{ мин}^{-1}$, АФП

Кроме этого были проведены пусковые испытания дизеля 5ТДФ с имитацией выхода из строя двух из пяти свечей. При температуре окружающей среды минус $19^{\circ}C$ дизель пустился за 45 с.

Для сравнения пусковых качеств со штатной системой облегчения пуска дизеля при отрицательной температуре окружающей среды были проведены испытания с использованием автономного факельного подогрева (АФП). Пуски выполнялись при температуре окружающей среды минус $12^{\circ}C$. Продолжительность пуска дизеля с АФП составляет 50...55 с. При этом первые 15...20 с прокрутка дизеля происходит без вспышек в цилиндрах. В дальнейшем с появлением вспышек дизель зависает при $n=350...400 \text{ мин}^{-1}$ и после этого через 30...35 с происходит пуск.

Отличие по характеру и продолжительности пуска дизеля ТД при отрицательной температуре окружающей среды со свечами накаливания и АФП, вероятно, объясняется тем, что со свечами происходит практически мгновенный поджог топливной сме-

си калоризаторным способом, а с АФП - за счёт температуры сжатого воздуха и зависит от прогрета его АФП.

По второму варианту установки свечей также проходит подконтрольную эксплуатацию в катере «Калкан» дизель 457КМ. Пусковые качества этого дизеля находятся на высоком уровне.

Таким образом, установка свечей накаливания в цилиндры дизелей типа ТД является эффективным способом облегчения их пуска. При этом свечи должны устанавливаться в цилиндры таким образом, чтобы их нагревательный элемент размещался в камерах сгорания дизеля.

Список литературы:

1. Банников В.В., *Расчёт параметров штифтовых свечей накаливания*, Автомобильная промышленность, 1999, № 5.
2. Отчёт НИР №4352. *Результаты пусковых испытаний двигателя 5ТДФ со свечами накаливания при отрицательной температуре окружающей среды*. КП ХКБД, 2006 г.