

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ

В.А. Кондренко

*Изложены результаты исследования полного теплозащитного экранирования распылителей форсунок дизелей с образованием разделенных воздушных закрытых и открытой полостей. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о достаточной эффективности предлагаемого средства снижения теплонагруженности и теплонапряженности распылителей форсунок форсированных дизелей типа ЧН 12/12.*

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что применение различных вариантов теплозащитного экранирования распылителей форсунок форсированных дизелей является достаточно эффективным методом снижения тепломеханической нагруженности и напряженности распылителей [1-3].

При этом обеспечивается их безотказная работа при использовании различных топлив, в том числе склонных к интенсивному смоло- и нагарообразованию [3-5]. Однако применительно к конкретным двигателям, в частности, к дизелям типа ЧН 12/12 этот вопрос нуждается в дополнительном исследовании.

Достаточно полно тепломеханическую нагруженность и напряженность распылителя и условия работы трибосопряжений форсунки характеризуют легко определяемые экспериментально: температура носка распылителя  $t_{рсп}$  и критерий теплонагруженности Костина  $K_T$  [1, 2, 6, 7]. Установлены их безопасные значения, составляющие для исследуемых дизелей: по значению температуры носка распылителя - не более 180 °С, по критерию теплонагруженности - не более 4,8 при работе на дизельном топливе и, соответственно, не более 170 °С и 4,7 при работе на альтернативных топливах.

В настоящей работе приведены результаты исследования полного теплозащитного экранирования распылителя с образованием разделенных воздушных закрытых и открытой полостей, предложенная и детально исследованная в [3], применительно, к т.н. укороченным распылителям [6], применяемых в основном на дизелях типа Ч и ЧН 15/20,5; 15/18 и др. В дизелях типа ЧН 12/12 применяются удлиненные распылители [6, 7], особенности конструкции которых, в силу меньшей тепловоспринимающей поверхности, приводят к существенному изменению распределения величин тепловых потоков в эти поверхности.

В соответствии с рекомендациями [3] теплозащитный экран был выполнен из жаропрочной окалиностойкой хромоникелевольфрамовой стали 4Х14Н14В2М, толщиной 0,55 мм токарной обработкой с использованием специального инструмента и оправок.

Теплозащитный экран устанавливался без зазора на корпус распылителя и приваривался к корпусу распылителя контактной сваркой в четырех местах для фиксации от продольного перемещения и поворота вокруг оси. При этом по длине корпуса распылителя образовывались воздушные полости, существенно снижающие тепловые потоки в него и соответственно, его температуру. Три закрытые воздушные полости на боковой поверхности образовывались дообработкой на шлифовальном станке корпуса штатного распылителя снятием лысок глубиной до 1,5 мм таким образом, чтобы в поперечном сечении образовывался равнобедренный треугольник. В нижней части распылителя выполнялась соединительная кольцевая полость.

Толщина открытой воздушной полости составляла около 1,2 мм. В нижней части экрана были выполнены четыре отверстия диаметром 1,6 мм для выхода топливных факелов, соосных с сопловыми отверстиями распылителя. Для удаления топлива, попавшего в открытую полость, предусмотрено центрально расположенное дренажное отверстие диаметром 4 мм.

Отермопаривание штатного и экранированного распылителей для измерения их температуры выполнялось по известным методикам [3, 6].

Эффективность полного теплозащитного экранирования распылителя с образованием разделенных воздушных закрытых и открытой полостей оценивалась по снижению его тепломеханической нагруженности и напряженности на режимах нагрузочных характеристик в эксплуатационном диапазоне частот вращения  $n=1600-2200 \text{ мин}^{-1}$  в сравнении состоянием штатного распылителя. В качестве оценоч-

ных показателей использовались экспериментально определенные температуры, в характерных точках штатного и экранированного распылителей (температуры носка  $t_{pcп}$ ) и тепловые потоки в распылитель, оцениваемые величиной  $K_T$ . Критериями выполнения сформулированных условий работоспособности форсунок по ограничительным параметрам являлось достижение безопасных значений  $t_{pcп}$  и  $K_T$  с ростом нагрузки. Предполагалось, что дальнейший рост нагрузки, либо имеющее место в практике воздействие производственных (ремонтных) и эксплуатационных факторов могут привести к недопустимому росту ограничительных параметров, а, следовательно, к параметрическим и последующим физическим отказам, при которых эксплуатация дизеля становится невозможной.

Следует отметить, что экспериментально определяемая температура носка распылителя  $t_{pcп}$ , как наиболее информативная с точки зрения его теплонагруженности [2, 3, 5, 6] не вполне совпадает с температурой в области сопловых отверстий, и несколько выше её. Эта температура является ограничительным параметром, определяющим допустимую интенсивность нагаро-смолообразования в распылителе. Указанное обстоятельство учитывалось при определении безопасного значения температуры  $t_{pcп}$  и соответствующего уровня форсирования дизеля.

Проведенные испытания показали, что характер изменения показателей и ограничительных параметров в исследуемом диапазоне нагрузок практически не зависит от частоты вращения коленчатого вала. На рисунке в качестве примера приведены оценочные показатели и некоторые показатели рабочего процесса при работе дизеля типа ЧН 12/12 по нагрузочной характеристике при  $n=2000 \text{ мин}^{-1}$ .

При увеличении мощности дизеля с наддувом изменяются цикловые подачи топлива и воздуха, коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ , продолжительность и эффективность процесса сгорания топлива. В результате возрастают давления и температура рабочего тела, изменяющие величины тепловых потоков в детали, в том числе, в распылитель. С ростом нагрузки повышение мощности дизеля при постоянной частоте вращения коленчатого вала обеспечивается увеличением цикловых подач топлива, характеризуемым ростом часовых расходов топлива  $G_T$ . Одновременно за счет наддува возрастает плотность и часовой расход воздуха  $G_B$ . Увеличение параметров наддувочного воздуха (давления  $p_k$  и температуры  $t_k$ ) соответствуют характеристикам

применяемого турбокомпрессора типа ТКР-7 в области его совместной работы с дизелем. Увеличение расходов топлива и воздуха с ростом нагрузки дизеля определяют соответствующий характер изменения коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ . Его минимальное значение ( $\alpha=1,8$ ) достигается при среднем эффективном давлении  $p_e=1,2 \text{ МПа}$  и в целом соответствует допустимому, рекомендуемому для объемного способа смесеобразования в полуразделенных камерах сгорания [5-7]. Однако при этом удельный эффективный расход топлива достигает  $226 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}$ , степень дымности отработавших газов  $D$  близка к предельно допустимой. Минимальные значения этих величин достигаются при  $\alpha=2,1$  ( $p_e=1,0 \text{ МПа}$ ).

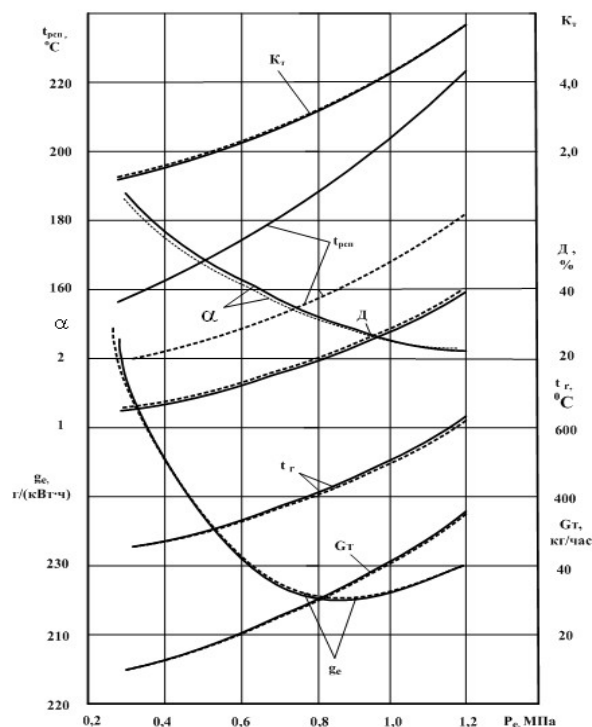


Рис. Эффективность применения полного теплозащитного экранирования распылителей при работе дизеля типа ЧН 12/12 по нагрузочной характеристике ( $n=2000 \text{ мин}^{-1}$ ): точками отмечен распылитель с полным теплозащитным экранированием, а сплошной линией – штатный распылитель

С ростом нагрузки существенно увеличивается тепловой поток в детали, в т.ч. в распылитель, характеризуемый величиной  $K_T$  и температурой отработавших газов  $t_r$ , косвенно указывающей на увеличение тепловой нагруженности деталей. Их практически линейная

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ

вначале зависимость от нагрузки, при увеличении  $p_e > 0,8$  МПа, заметно усиливается и становится гиперболической.

Температура штатного распылителя с увеличением нагрузки также возрастает во всех измеряемых точках. Наиболее интенсивно растет температура носка  $t_{рсп}$ . Темп её роста составляет в среднем 6-6,5 °С на единицу изменения среднего эффективного давления и увеличивается с ростом нагрузки. Минимальная температура наблюдается на малых нагрузках и составляет 155 °С, а максимальная, равная 224 °С, достигается при  $p_e=1,2$  МПа. Безопасное значение достигается при  $p_e=0,7$  МПа. В связи с этим уровень форсирования дизеля, при котором он может длительно работать без параметрических отказов по ограничительным параметрам форсунок, достаточно низок и не соответствует современным требованиям [7]. Однако необходимо отметить, что, несмотря на заявленную номинальную мощность 191,6 кВт, которая достигается при  $p_e=0,96$  МПа, исследуемый дизель на эксплуатационных режимах практически все время работает при нагрузках, не превышающих 60 %, т.е. в зоне безопасных значений ограничительных параметров форсунок.

В случае применения полного теплозащитного экранирования распылителя показатели топливной экономичности, дымности и температуры отработавших газов по нагрузочной характеристике соответствуют таковым, полученным с штатным распылителем во всем исследуемом диапазоне нагрузок. Это свидетельствует о том, что предлагаемый вариант экранирования не оказывает заметного влияния на параметры процессов впрыскивания, смесеобразования и сгорания топлива. Величины тепловых потоков в детали, в том числе в распылитель, характеризующие параметром  $K_T$ , также практически не изменяются, однако вследствие применения экранирования тепловой поток непосредственно в корпус распылителя существенно снижается. Это находит отражение в уменьшении температуры носка экранированного распылителя  $t_{рсп}$ , по сравнению с температурой носка штатного распылителя при работе по нагрузочной характеристике в среднем на 38-42 °С. Причем наибольший эффект достигается при повышенных значениях  $p_e$ . Так при  $p_e=1,0$  МПа величина  $t_{рсп}$ , у экранированного распылителя составляет 166 °С, что почти на 40 °С ниже чем штатного.

Одновременно отмечается уменьшение влияния роста нагрузки на величину  $t_{рсп}$ , темп изменения температуры распылителя по нагрузочной характеристике составляет в среднем всего 4,5-5,0 °С на единицу изменения среднего эффективного давления. Минимальная температура экранированного распылителя имеет место на малых нагрузках и составляет 132 °С, а максимальная, равная 182 °С, достигается при  $p_e=1,2$  МПа. Безопасное значение также достигается при значениях  $p_e$  близких к 1,2 МПа. В связи с этим уровень форсирования дизеля, при котором он может длительно работать без параметрических отказов по ограничительным параметрам форсунок, существенно возрастает и соответствует современным требованиям, предъявляемым к дизелям многоцелевых автомобилей [7].

В целом полученные результаты свидетельствуют о достаточной эффективности предлагаемого средства снижения теплонапряженности и теплонапряженности распылителей форсунок форсированных дизелей типа ЧН 12/12.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ждановский Н.С., Николаенко А.В. Надежность и долговечность автотракторных двигателей. - Л.: Колос, 1974. - 223 с.
2. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания: Справочное пособие / А.К. Костин, В.В. Ларионов, Л.И. Михайлов. - Л.: Машиностроение, 1979. - 222 с.
3. Лазарев В.Е. Улучшение теплового состояния распылителя топливopодающей форсунки тракторного дизеля использованием заградительного экранирования: Дис. ... канд. техн. наук. - Челябинск: ЧГТУ. - 1997. - 213 с.
4. Лаврик А.Н. Анализ факторов, влияющих на закоксовывание сопловых отверстий распылителей топливных форсунок дизелей // Автомобильная техника: Научный вестник. - Челябинск: ЧВАИ, 2001. - Вып. 14. - С. 31-37.
5. Семенов Б.Н. Теоретические и экспериментальные основы применения в быстроходных дизелях топлив с различными физическими и химическими свойствами: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. - Л.: ЛКИ, 1978. - 44 с.
6. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1974. - 264 с.
7. Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. - М.: Легион-Автодата, 2004. - 176 с.