

## ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРСУНОК ФОРСИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТИПА ЧН13/14 НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Б.Л. Арав, В.С. Куксис, В.А. Романов

Механизм ухудшения характеристик форсунок, обусловленный процессами нагара- и смолоотложения и его динамика достаточно изучены, в том числе и применительно к дизелям типа ЧН 13/14 [1–5]. Однако по мере форсирования этих дизелей и совершенствования конструкций распылителей и технологии их производства [4–6], в частности изменения параметров запорных конусов распылителей, пружин форсунок, регулировочных параметров и т.д., динамика ухудшения характеристик форсунок стала другой и требует изучения.

Для этого определялись характеристики форсунок двух новых исследуемых дизелей и после их наработки в условиях подконтрольной эксплуатации 125 часов (первое ТО-1), 500 и 1000 часов (ТО-2) [6]. Для одного дизеля требуемое регламентом [6] обслуживание форсунок после наработки первых 125 часов проводилось, для второго дизеля нет. Определялась степень изменения:

- давления начала впрыскивания топлива (давления начала подъема иглы);
- качества распыливания топлива и подвижности иглы, оцениваемых визуально и по четкости начала и конца впрыскивания и его характерному звуку.

Перед проведением подконтрольной эксплуатации выполнялась:

- проверка технического состояния форсунок с использованием стенда для проверки форсунок Т9161-115;
- проверка топливной аппаратуры на стенде NC-128 на соответствие неравномерности подачи топлива на номинальном режиме и на режиме холостого хода, требованиям технических условий и ГОСТ 10578 [7];
- выборочное осциллографирование процессов топливоподачи на режиме  $n_k=1000$  мин<sup>-1</sup> при полном выходе рейки;
- определение при проверке форсунок на штатном приспособлении стенда NC-128 уровня звукового давления впрыскивания в частотном диапазоне 800-2000 Гц с помощью аппаратуры SDM-132 фирмы «Брюль и Кьер».

Также для пяти новых распылителей на проливочном приспособлении, установленном на стенде NC-128, определяли их гидравлические характеристики. На этом приспособлении, дооборудованном распределительным устройством и мензурками для

улавливания топлива, определяли расход топлива через отдельные сопловые отверстия для установления неравномерности подачи топлива через них [5, 7]. Последняя, для новых распылителей составляла 8-10 %.

Внешний осмотр форсунок через 125 часов работы дизеля показывал наличие нагара на всех распылителях и следы коксования сопловых отверстий. Все форсунки имели давление начала впрыскивания топлива ниже рекомендуемого на 0,9-1,5 МПа, около 10 % форсунок обеспечивали недостаточно качественное распыливание и недостаточную подвижность иглы распылителя. Это оценивалось при проверке технического состояния форсунок визуально и характеризовалось нечетким началом и концом впрыскивания и его глухим звуком.

Проверка топливной аппаратуры показала увеличение неравномерности подачи топлива до 8 % на номинальном режиме и более 55 % на режиме холостого хода, что не соответствует требованиям технических условий и ГОСТ 10578 [5].

Ухудшение работоспособности форсунок, характеризуемое снижением подвижности иглы, оценивается уменьшением уровня звукового давления в частотном диапазоне 800-2000 Гц, незначительным снижением цикловой подачи топлив. Однако при увеличении продолжительности и периода задержки впрыскивания и ухудшении динамики подъема и посадки иглы распылителя, что отмечалось при осциллографировании (см. рис 1, 2, 3). Эффективное проходное сечение распылителей, определенное проливкой составляло порядка 0,27 мм<sup>2</sup>, что соответствовало коэффициенту коксования распылителей  $K_k$  примерно 3 % [1, 3, 5]. Проливка двух распылителей показала повышение неравномерности подачи топлива через отдельные сопловые отверстия до 15-18 %.

Аналогичные исследования через 500 и 1000 часов показали, что выполнение ТО-1 в рекомендованном объеме, включая разборку неудовлетворительно работающих форсунок с восстановлением подвижности игл, не только не привело к стабилизации их характеристик, но наоборот существенно ухудшило параметры впрыскивания и распыливания, за исключением несколько меньшего (на 0,5 -

## ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРСУНОК ФОРСИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТИПА ЧН13/14 НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

1,5 МПа) снижения давления начала впрыскивания топлива.

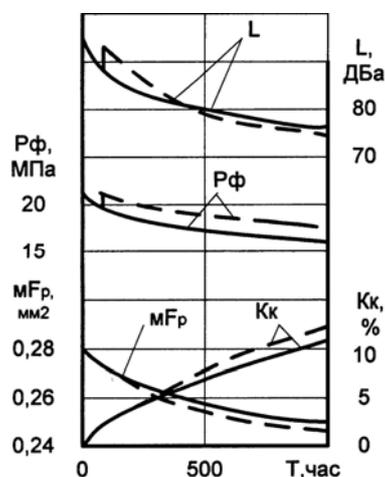


Рис. 1. Среднее изменение давления начала впрыскивания топлива, эффективного проходного сечения распылителей, коэффициента коксования и уровня звукового давления в частотном диапазоне 800- 2000 Гц в зависимости от наработки форсунок: — при выполнении ТО-1; - - без выполнения ТО-1

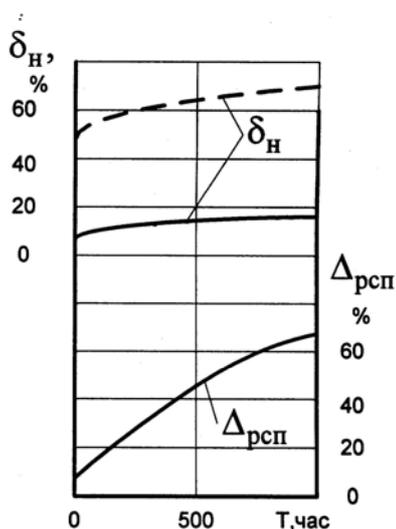


Рис. 2. Изменение неравномерности подачи топлива на номинальном режиме (—), режиме холостого хода (- -) и через отдельные сопловые отверстия распылителя в зависимости от наработки форсунок

С ростом наработки последовательно ухудшаются все характеристики форсунок. Внешний осмотр показывал наличие существенных нагаро-смолистых отложений на всех распылителях. На наружных поверхностях имелся нагар, сопловые отверстия были закоксованы. После разборки установлено на-

личие на игле распылителя смолистых (лаковых) отложений. Все распылители разбирались с трудом, вследствие потери подвижности игл. Ревизия форсунок показала, что после 500 и 1000 часов работы соответственно более 70 % и 80 % форсунок имели давление начала впрыскивания топлива ниже рекомендуемого на 0,5 – 1,5 МПа (см. рис. 1). Более 60 и 70 % форсунок обеспечивали некачественное распыливание и имели недостаточную подвижность иглы распылителя, что оценивалось визуально, а также характеризовалось нечеткими началом и концом впрыскивания и его глухим звуком.

Значительная часть форсунок характеризовалась снижением герметичности по запирающему конусу иглы распылителя.

После наработки 1000 часов все распылители разбирались с трудом, вследствие потери подвижности игл. Примерно 10 % распылителей были признаны негодными для дальнейшей эксплуатации вследствие наличия натиров, следов побежалости и чрезмерного заклинивания иглы.

Проверка топливной аппаратуры показала увеличение неравномерности подачи топлива до 10-12 % (наработка 500 часов) и до 12-14 % (наработка 1000 часов) на номинальном режиме и соответственно более 60 и 70 % на режиме холостого хода, что не соответствует требованиям технических условий и ГОСТ 10578 [5].

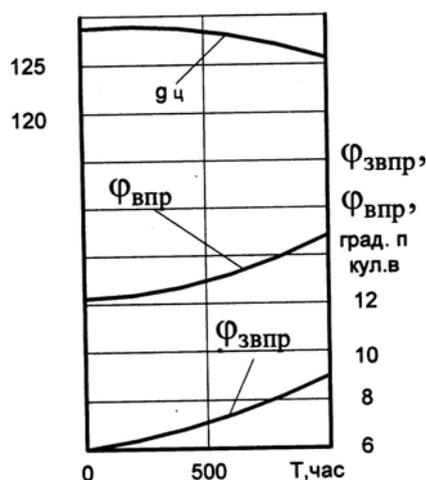


Рис. 3. Изменение характеристик впрыскивания в зависимости от наработки форсунок

Эффективное проходное сечение распылителей, определенное проливкой, составляло 0,25-0,26 мм<sup>2</sup>, что соответствовало коэффициенту коксования распылителей

$K_k=7-8\%$  (наработка 500 часов) и  $K_k=11-12\%$  (наработка 1000 часов) Неравномерность подачи топлива через отдельные сопловые отверстия распылителей составляло более 50-60% независимо от наработки (см. рис. 1, 2).

Ухудшение работоспособности форсунок с ростом наработки до 1000 часов, характеризуемое снижением подвижности иглы, оценивается продолжающимися уменьшением уровня звукового давления в частотном диапазоне 800 – 2000 Гц, снижением цикловой подачи топлива, увеличением продолжительности и периода задержки впрыскивания и ухудшением динамики подъема и посадки иглы распылителя, что отмечалось при осциллографировании (см. рис. 1, 3).

Полученные данные убедительно подтверждают недостатки существующей концепции обеспечения стабильности характеристик форсунок в эксплуатации и указывают на необходимость её совершенствования, прежде всего, в направлении применения безразборных методов и средств удаления нагаро-смолистых отложений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ждановский Н.С., Николаенко А.В. Диагностика автотракторных двигателей. - Л.: Колос, 1974. - 223 с.

2. Анализ факторов, влияющих на закоксовывание сопловых отверстий распылителей топливных форсунок дизелей / А.Н. Лаврик, В.Е. Лазарев, А.С. Терехов., А.А. Лаврик и др. // Научный вестник. - Челябинск: ЧВАИ, 2001. - Вып. 12. - С. 31-37.

3. Форсунки автотракторных дизелей /В.И. Трусов, В.П. Дмитриенко, Г.Д. Масляный. - М.: Машиностроение, 1977. - 167 с.

4. Трусов В.И. Повышение надежности форсунок автотракторных дизелей // Серия 4 - Автомобильные двигатели и топливная аппаратура. - М.: НИИНАВТОПРОМ, 1968. - 42 с.

5. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. Справочник. - Л.: Машиностроение, 1974.-264 с.

6. Истомин А.Н. и др. Топливная аппаратура двигателей ЯМЗ типа Ч 13/14 и их наддувных модификаций / Под. ред. Л.А. Эрлиха. – Ярославль, 1989. -178 с.

7. Файнлейб Б.Н. Методы испытания и исследований топливной аппаратуры автотракторных дизелей. - М.; Л.: Машиностроение, 1965. - 220 с.