

А.В. Неговора, А.Ф. Давлетов

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА ИМПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

**Ключевые слова:** дизельный двигатель; топливный насос высокого давления; адаптация агрегатов двигателя; испытание топливной аппаратуры дизелей; датчик цикловой подачи топлива

Кафедра «Тракторы и автомобили» Башкирского государственного аграрного университета совместно с Управлением маркетинга и сбыта ЗАО «НЗТА» провели исследование рынка импортной тяжелой техники производства компании CASE, ввезенной и эксплуатируемой на террито-

рии РФ и Узбекистана.

По данным статистики в период 1996-2009 гг. на территории РФ и Узбекистана эксплуатируется следующее количество машин фирмы CASE различных модификаций (таблица 1).

Таблица 1 Рынок тяжелой техники производства компании CASE

Техника	Тракторы	Погрузчики	Экскаваторы	Зерноуборочные комбайны	Хлопкоуборочные комбайны
Россия	2540	484	611	4112	-
Узбекистан	1628	-	-	1639	449

В основном указанная техника оснащена двигателями фирмы Cummins, причем среди них наиболее распространены шести цилиндровые дизели серии 6С. Некоторые характеристики дизелей серии 6С фирмы Cummins приведены в таблице 2.

На двигатели серии 6С устанавливается топливная аппаратура с рядным топливным насосом высокого давления (ТНВД), разработанная фирмой BOSCH, достаточно надежная, но дорогая в ремонте. Так, ТНВД

BOSCH модели PES6M100/120RS1247 устанавливаемый на двигателе 6СТА стоит в пределах 140-160 тысяч рублей, стоимость ремонта с заменой плунжерных пар - 62 тысячи рублей. Отечественные ТНВД не уступают в надежности импортным, при этом гораздо дешевле их, как в ремонте так и в эксплуатации. Подобный ТНВД производства ЗАО «НЗТА» типа 632 стоит 19 тысяч рублей, а его капитальный ремонт обойдется в среднем в 10 тысяч рублей.

Таблица 2 Характеристики двигателей серии 6С фирмы Cummins

Тип двигателя	Серия 6С		
	6С8.3-С	6СТ8.3-С	6СТА8.3-С
Число и расположение цилиндров	6L	6L	6L
Диаметр цилиндра, мм	114	114	114
Ход поршня, мм	135	135	135
Рабочий объем двигателя, л	8,3	8,3	8,3
Средняя скорость поршня, м/сек	9,9	9,9	9,9
Мощность, кВт	112	157	187
Номин. частота вращения колен. вала, мин <sup>-1</sup>	2200	2200	2200
Макс. крутящий момент, Нм	542	769	971
Среднее эффективное давление, МПа	0,82	1,16	1,47
Удельный расход топлива, г/кВт·ч	232	227	222
Литровая мощность, кВт/л	13,5	18,9	22,5
Масса двигателя, кг	555	567	606
Удельная масса, кг/кВт	5,0	3,6	3,2

Таким образом, затраты на ремонт зарубежного ТНВД оказываются гораздо выше стоимости нового отечественного насоса. В этой связи, весьма актуальной представляется задача разработки отечественных аналогов зарубежной топливной аппаратуры. Конструкторский отдел ЗАО «НЗТА» в сотрудничестве с Башкирским государственным аграрным университетом провели исследования по адаптации ТНВД серии 632 к дизелю Cummins серии 6С.

Для конкретной привязки к двигателю была разработана компоновка установки ТНВД типа 632 на двигатель 6С фирмы Cummins. Крепление насоса на двигатель предложено осуществить кроме переходного фланца с каналом для подвода смазки еще и дополнительным кронштейном в задней части насоса.

Шестерня привода ТНВД BOSCH устанавливается на кулачковый вал без шпонки, поэтому в корпусе насоса предусмотрен узел фиксации кулачкового вала, позволяющий установить насос на двигатель с учетом регулировки угла опережения впрыска топлива. Подобное устройство было разработано для ТНВД типа 632. Однако оставалось под сомнением возможность надежной работы штатного ку-

лачкового вала, так как шестерня привода ТНВД удерживается на валу только силой трения, обеспечиваемой большим моментом затяжки установочной гайки. Резьба М18 на конце кулачкового вала ТНВД BOSCH обеспечивает требуемый момент затяжки, однако расчеты показали, что резьба М14 на конце кулачкового вала ТНВД типа 632 не сможет обеспечить требуемый момент затяжки. Поэтому конструкция кулачкового вала ТНВД типа 632 для установки на двигатель 6СТА была пересмотрена в плане увеличения диаметра хвостовика.

Для подвода избыточного давления к ТНВД BOSCH на крышке корректора по наддуву нарезана резьба М12. Чтобы не изготавливать дополнительных переходников предложено на крышке корректора по наддуву ТНВД типа 632 вместо резьбы М10 нарезать резьбу М12.

В ходе исследования были сняты регуляторные характеристики ТНВД BOSCH PES6M100/120 RS1247 со штатными форсунками BOSCH KBA1 105P18 и со стендовыми форсунками ФД-22 режима эталонирования Д-240 производства НЗТА (рис.1).

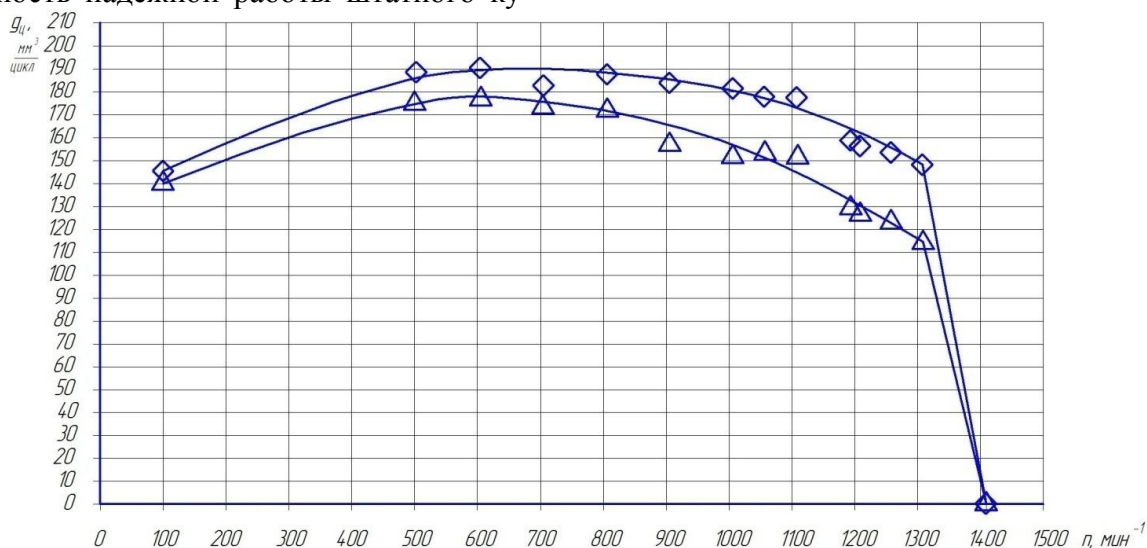


Рисунок 1 Внешняя скоростная характеристика ТНВД BOSCH:

- ◇ - стандовая форсунка,  $P_f=180 \text{ атм.}$ , наддув 1,2 атм.
- △ - форсунка BOSCH,  $P_f=242 \text{ атм.}$ , наддув 1,2 атм.

Таким образом, для регулировочных параметров с системой эталонирования НЗТА необходимо ввести поправочный

коэффициент  $K_{\text{попр}}=1,15$  относительно тест-планов фирмы BOSCH, что объясняется увеличенным эффективным проход-

ным сечением эталонных форсунок ФД-22 по сравнению с эталонами BOSCH.

При сравнении максимально создаваемого давления у штуцера форсунки BOSCH KVAL 105P18 на разных режимах установлено, что полученные значения у ТНВД BOSCH и НЗТА сильно не различаются.

Замеренный профиль кулачка кулачкового вала ТНВД BOSCH имеет тангенциальный профиль и аналогичен кулачку вала топливного насоса ЗАО «НЗТА» типа 632.

Для более полного представления картины соответствия характеристики впрыскивания ТНВД 632 серии штатному насосу фирмы BOSCH необходимо определить закон подачи каждого впрыска в отдельности. Для определения характеристики впрыскивания разработано множество методов, такие как метод «гребенок» давления; метод впрыскивания на тензометрическую мембрану; метод впрыскивания топлива в полость, ограниченную с одной стороны поршнем и другие. Большая часть этих устройств позволяет получить косвенные данные, обладающие существенной погрешностью из-за отсутствия учета противодействия впрыскиванию или механических потерь в подвижных элементах.

Фирмой R.Bosch предложено устройство для определения характеристики впрыскивания путем измерения интенсивности волн давления, распространяющихся в длинном трубопроводе [1]. В этом устройстве отсутствуют детали, перемещаемые при измерении, поэтому оно лишено погрешностей связанных с их инерционностью и трением.

При впрыскивании в заполненную топливом трубку образуется волна давления, которая и регистрируется тензодатчи-

ком. Осциллограммы снятые с тензодатчика представляют собой в определенном масштабе закон подачи топлива. Общее количество топлива, поданного за один впрыск, соответствует площади под вычерчиваемой кривой.

В то же время волна давления, дойдя до конца трубки, отражается и вновь воздействует на тензодатчик, искажая закон подачи. Для устранения эффекта отражения волн, длина трубки за датчиком должна иметь заданную, достаточно большую величину, чтобы время, в течение которого волна давления пройдет от датчика до конца трубки и обратно, было больше продолжительности впрыска. Кроме того, в конце трубки необходимо установить дросселирующую шайбу, проходное сечение которой необходимо изменять пропорционально величине цикловой подачи, для сохранения заданного давления в трубопроводе. Таким образом, измерение закона подачи возможно только для конкретного заданного скоростного и нагрузочного режима работы.

Для устранения указанных недостатков на кафедре «Тракторы и автомобили» университета разработано устройство, позволяющее автоматически корректировать необходимые параметры датчика в процессе испытания топливной аппаратуры. Устройство (рис.2) выполнено на основе датчика R.Bosch и включает в себя управляемый широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) электромагнитный клапан (ЭМК) 7, установленный на конце трубопровода 5 вместо дросселирующей шайбы, штуцера 1 для установки испытываемой форсунки с датчиком 2 и редукционного клапана 4 создающего противодействие впрыскиванию.

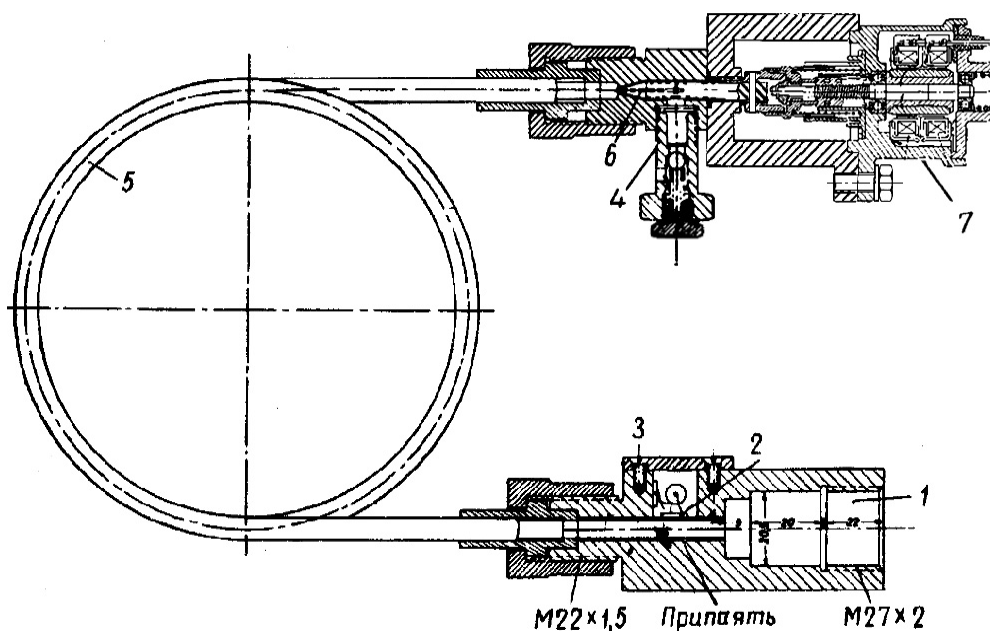


Рисунок 2 Устройство для исследования закона подачи топлива: 1 – штуцер; 2 - основной датчик; 3 - тензометрический термо-компенсированный датчик; 4 - редукционный клапан; 5 - мерная трубка; 6 - регулируемый игольчатый вентиль; 7 – электромагнитный клапан

В соответствии с величиной цикловой подачи тензодатчик (рис.3) формирует аналоговый сигнал, который после преобразования АЦП в цифровой вид поступает в блок управления. ЭБУ обрабатывает полученные данные, выводит их на монитор

и в соответствии с фактическим законом топливоподачи посылает на ЭМК управляющий сигнал ШИМ, тем самым поддерживая постоянное остаточное давление в трубопроводе устройства на всех режимах работы.

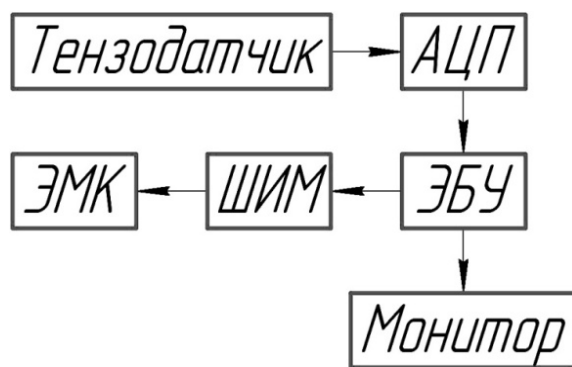


Рисунок 3 Структурная схема электрической части устройства:

АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; ЭМК – электромагнитный клапан;

ШИМ – широтно-импульсный модулятор; ЭБУ – электронный блок управления

емкость процесса измерения.

Применение ЭМК вместо дросселирующей шайбы, уменьшает трудоемкость измерения, и сокращает длину трубопровода, делая датчик более компактным.

Разработанное устройство позволяет исследовать закон подачи топлива форсунками дизелей, определять величину подачи каждого впрыскивания по отдельности и общую цикловую подачу. К преимуществам этого устройства можно отнести высокую точность измерения, учет противодавления впрыскиванию и малую трудо-

Таким образом, с использованием датчика цикловой подачи доказано, что характеристики топливоподачи ТНВД 632 существенно не отличаются от BOSCH, и после соответствующей регулировки данный насос может быть установлен на дизель Cummins.

Таким образом, проведены исследования и разработана конструкторская документация для создания опытной модели ТНВД, который будет испытываться на

дизеле Cummins 6СТА зерноуборочного  
комбайна CASE-2366 в учебно-научном

центре Башкирского государственного аграрного  
университета.

### **Библиографический список**

1. Bosch Wilhelm. Der Einspritzgesetz-indikator, ein neues Meßgerät zur direkten Bestimmung des Einspritzgesetzes von Einzeleinspritzungen. Motortechn, 1964. №7. S. 268-282

### **Сведения об авторах**

1. **Неговора А.В.**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: Negovora\_AV@mail.ru

2. **Давлетов А.Ф.**, аспирант кафедры тракторов и автомобилей, Башкирский государственный аграрный университет, e-mail: Negovora\_AV@mail.ru

В статье представлены результаты проведенных исследований рынка импортной тяжелой техники производства компании CASE, ввезенной и эксплуатируемой на территории РФ и Узбекистана. Описывается устройство для исследования закона

подачи топлива. Разработанное устройство позволяет исследовать закон подачи топлива форсунками дизелей, определять величину подачи каждого впрыскивания по отдельности и общую цикловую подачу.

A. Negovora, A. Davletov

## **RESEARCH OF A QUESTION OF APPLICATION OF DOMESTIC FUEL EQUIPMENT ON IMPORT ENGINES**

**Keywords:** *diesel engine; fuel pump of a high pressure; adaptation of a engine units; test of fuel equipment of diesel engines; the gauge of cyclic giving of fuel*

### **Authors' personal details**

1. **Negovora A.**, Doctor of Technical Sciences, professor, head of tractors and cars chair, Bashkir State Agrarian University, e-mail: Negovora\_AV@mail.ru

2. **Davletov A.**, postgraduate of tractors and cars chair, Bashkir State Agrarian University, e-mail: Negovora\_AV@mail.ru

The article presents the results of market research imported heavy machinery manufacturing company CASE, imported and operated in the territory of Russia and Uzbekistan. The device for studying the laws of the fuel

supply is described. The worked out device allows to explore the law of the fuel injectors of diesel engines, determine the filing of each injection separately and the total cyclic giving of fuel.

© А.В. Неговора, А.Ф. Давлетов