

УДК 621.431.74

Половинка Э.М., Яковенко А.Ю.
ОНМА

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДАТЧИКА ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА

Одним из направлений развития измерительной техники в ДВС является разработка для регистрации рабочих процессов встроенных или совмещённых с функциональными элементами преобразователей (датчиков).

В работе [1], представляющей материалы фирмы Optrand, Inc, дана информация по комбинированному датчику давления газов в цилиндре дизеля.

Свеча накаливания с датчиком давления- СНДД- (The Pressure Sense Glow PlugTM (PSGP) объединяет малогабаритный высокотемпературный датчик давления и свечу накаливания для дизелей. СНДД выполняются на базе керамических и металлических нагревателей. Оптоволоконный датчик диаметром 1,7 мм приварен к нагревателю, имеющему канал для подвода газов к диафрагме датчика.

Измерительным преобразователем чувствительного элемента является диафрагма. При её деформации под действием давления изменяется сигнал, поступающий на приёмное волокно. Настройка датчика может осуществляться подбором диаметра приёмного волокна, его положением относительно диафрагмы и параметрами цифрового преобразователя.

Идея использования в качестве первичных преобразователей конструктивных элементов топливной аппаратуры призвана обеспечить оптимальную реализацию методов контроля процессов топливоподачи.

Представленные в данном материале проработки выполнены на базе топливной аппаратуры среднеоборотного судового дизеля ЧН25/34.

Для реализации такого подхода выбрано давление топлива в ТНВД, как один из наиболее информативных параметров процесса впрыскивания. Среди деталей, приемлемых к использованию в качестве комбинированного датчика, предпочтение отдано шпильке крепления привода ТНВД.

Общий вид ТНВД с приводом, представлен на рис. 1.

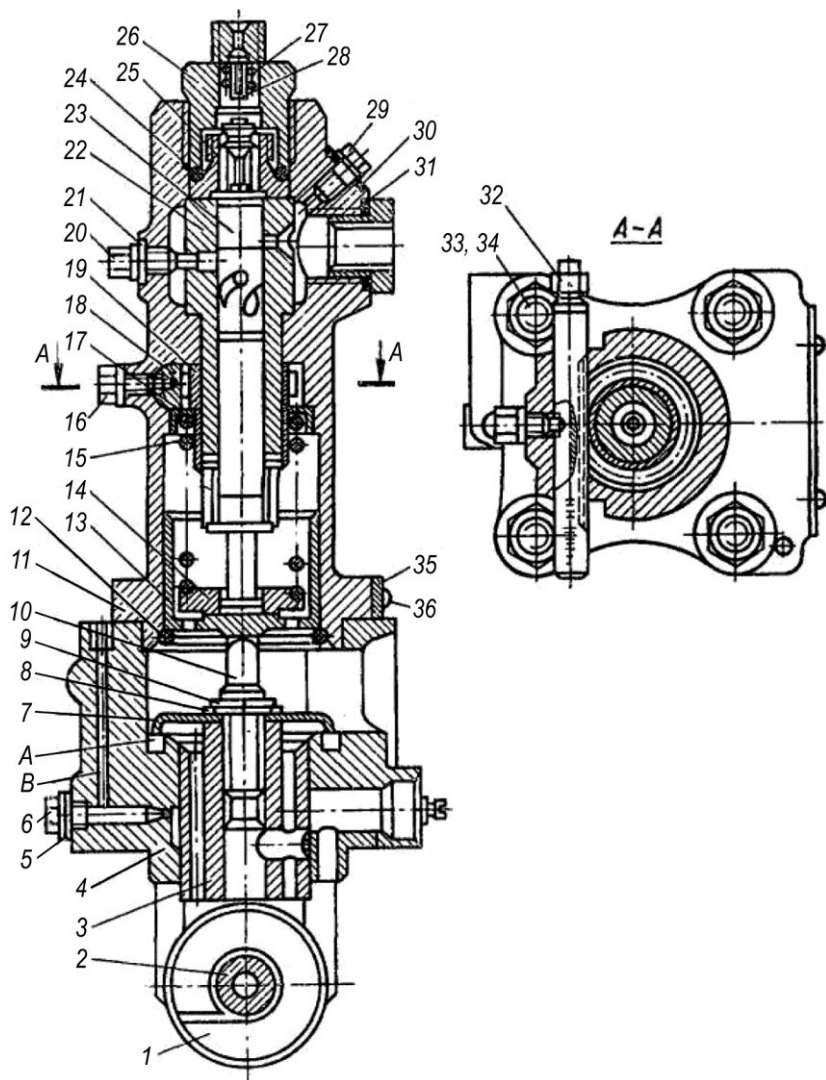


Рис. 1. Топливный насос высокого давления с приводом: 1 – ролик, 2 – ось, 3 – ползун, 4, 11 – корпус, 5, 21, 30, 31 – прокладка, 6, 29 – пробка, 7 – топливоотражатель, 8 – шайба, 9 – контргайка, 10 – толкатель, 12 – стопорное кольцо, 13 – стакан, 14 – нижняя тарелка, 15 – пружина плунжера, 16, 20 – болт, 17 – верхняя тарелка, 18 – рейка, 19 – шестерня, 22 – втулка плунжера, 23 – плунжер, 24 – уплотнительное кольцо, 25 – нагнетательный клапан, 26 – нажимной штуцер, 27 – пружина, 28 – ограничитель, 32, 33 – гайка, 34 – шпилька, 35 – фирменная табличка, 36 – заклепка

Была выполнена предварительная проработка комплектации измерительной системы с комбинированным датчиком, на базе шпильки («шпильки-датчика» - «Ш-Д»).

Проведена оценка метрологических параметров измерительного комплекса, включающего деформируемый элемент, тензометрический преобразователь (проволочный тензодатчик), тензометрический усилитель и регистрирующий блок (гальванометры в составе светолучевого осциллографа). Все элементы системы соответствуют условиям регистрации давления топлива в ТНВД.

Конструктивная проработка шпильки для монтажа тензорезисторов представлена на рис. 2.

При её разработке учтена необходимость крепления (наклеивания) тензорешёток и осуществления электрического монтажа. С целью восприятия осевой деформации растяжения выполнена площадка в сечении А-А, в сечении Б-Б монтируются датчики сжатия. Для вывода соединительных проводов предусмотрены радиальное и осевое сверление диаметром 3 мм. На выходе из шпильки проводники фиксируются сальником М8.

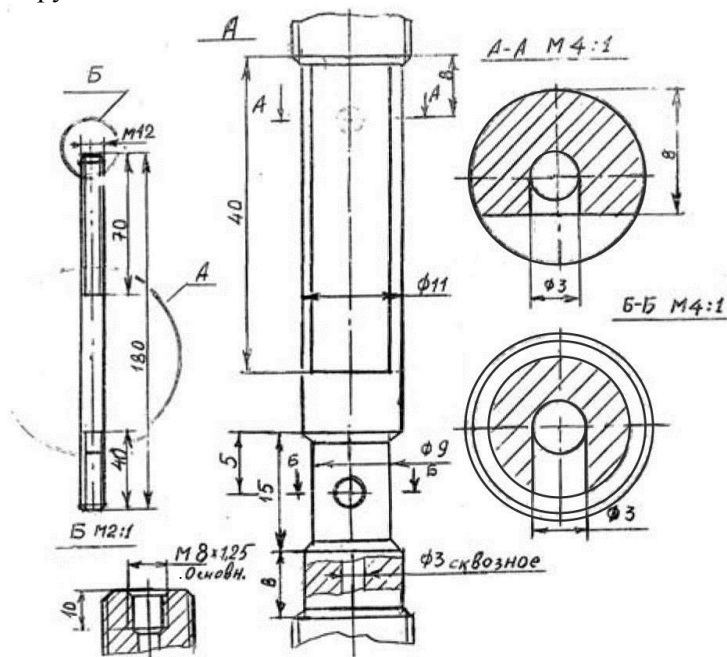


Рис. 2. Шпилька, препарированная для монтажа тензорезисторов

Общий вид комбинированного датчика, подготовленного к испытаниям дан на фотографии рис. 3.

На фотографии рис. 4 показан ТНВД с «Ш-Д» на безмоторном стенде.

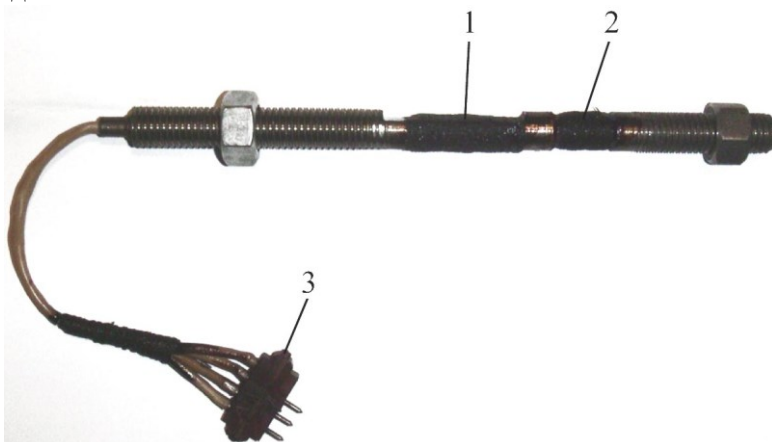


Рис. 3. Препарированная «шпилька-датчик»: 1-активные датчики, 2- компенсационные датчики, 3- электрический разъем

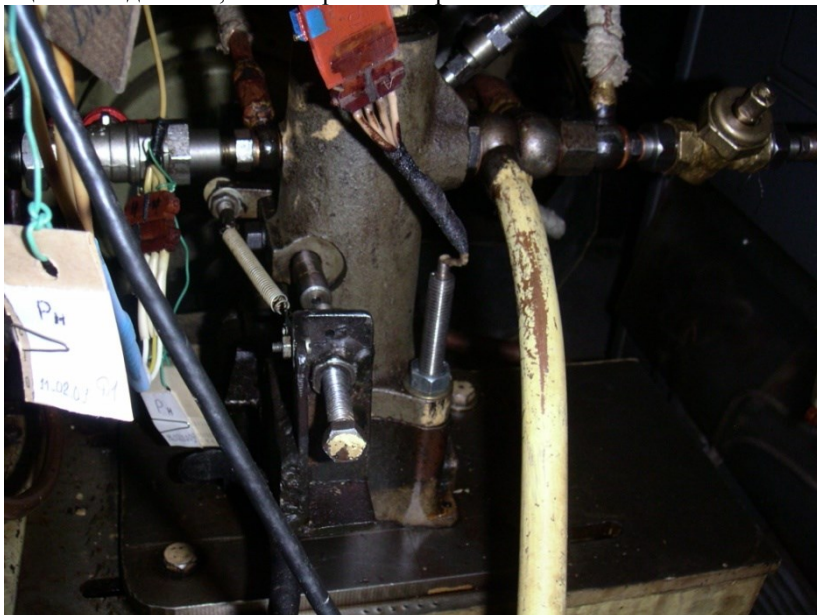


Рис. 4. Датчик давления топлива («Ш-Д») на ТНВД безмоторного стенда: 1 — датчик-шпилька, 2 — ТНВД

В ходе дальнейших испытаний проведено осциллографирование давления топлива двумя датчиками : обычным тензометрическим, установленным на штуцере ТНВД и «Ш-Д». Копии осциллограмм представлены на рис. 5-9.

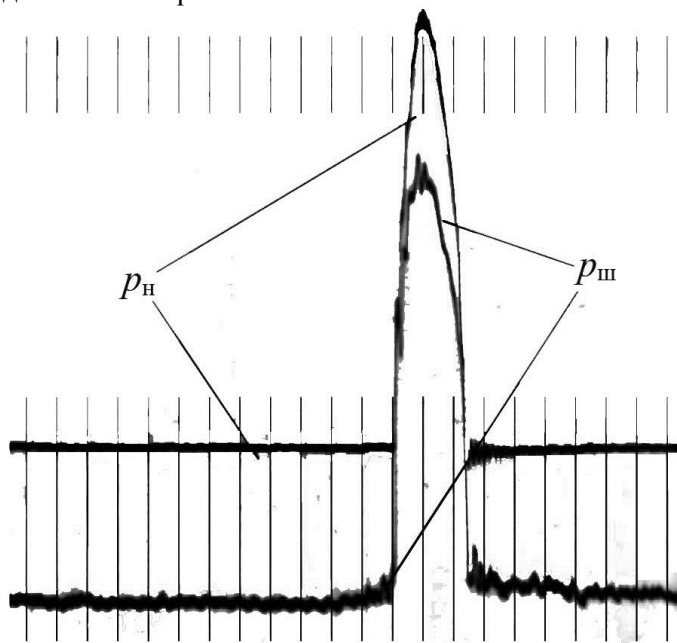


Рис. 5. Осциллограмма топливopодачи при $n_p=46$ об/мин, $t = 27$

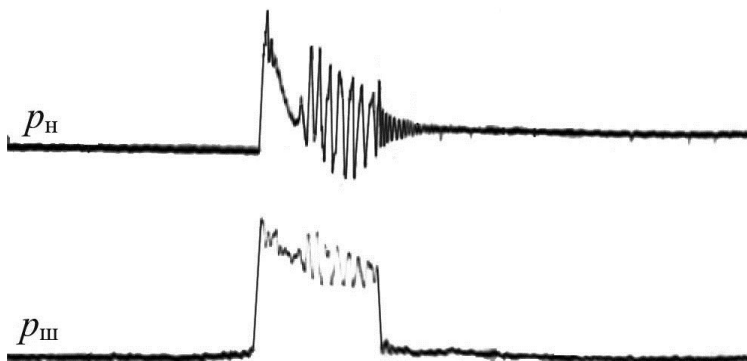


Рис. 6. Осциллограмма топливopодачи при $n_p=33$ об/мин, $t = 32$

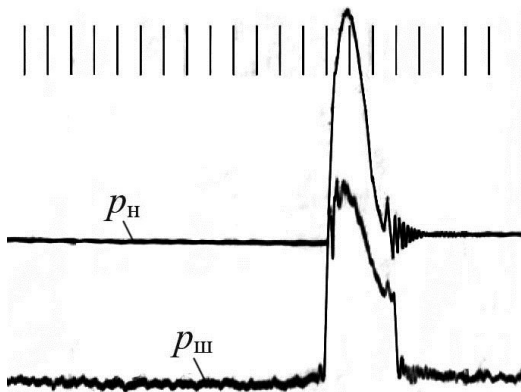
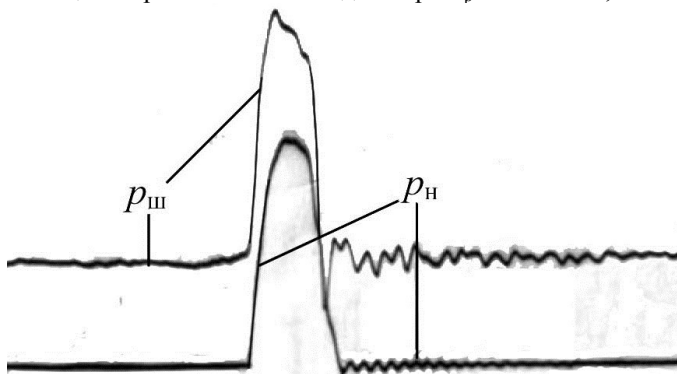
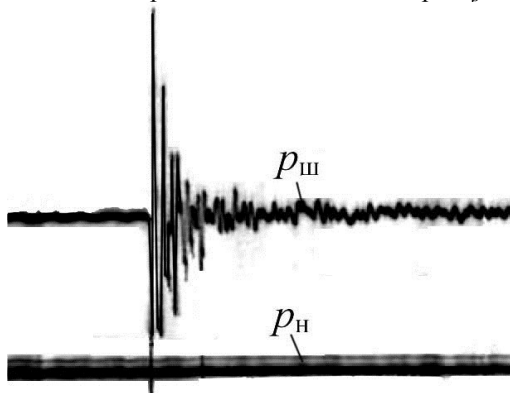
Рис. 7. Осциллограмма топливоподачи при $n_0=49$ об/мин, $m=32$ Рис. 8. Осциллограмма топливоподачи при $n_0=248$ об/мин, $m=32$ 

Рис. 9. Осциллограмма вибрации стенда

Режимы, на которых проводились испытания, соответствуют полному диапазону рабочих частот топливной аппаратуры двигателя. Как указано на осциллограммах, он составил 33-248 об/мин. Различный характер процесса впрыскивания достигался изменением затяжки пружины форсунки.

При её разработке учтена необходимость крепления (наклеивания) тензорешёток и осуществления электрического монтажа. С целью восприятия осевой деформации растяжения выполнена площадка в сечении А-А, в сечении Б-Б монтируются датчики сжатия. Для вывода соединительных проводов предусмотрены радиальное и осевое сверление диаметром 3 мм. На выходе из шпильки проводники фиксируются сальником М8.

Визуальный анализ кривых давления топлива в насосе p_n и деформации $p_{ш}$, записанной «Ш-Д», свидетельствует о приемлемой для практики информативности последней.

Сопоставляя кривые p_n и $p_{ш}$, примем в качестве базовой запись с помощью датчика давления. Обратимся к процессам, представленным на осциллограммах рис. 5 и 8 с крайними частотами вращения распредвала. На этих режимах наблюдался стабильный процесс топливоподачи.

В обоих случаях можно отметить реакцию «Ш-Д» на появление дополнительной нагрузки в начале движения плунжера ТНВД. Этому отрезку на осциллограмме соответствует незначительный подъём кривой. Быстрый рост давления фиксируется обоими датчиками синхронно. На переднем фронте обеих кривых ($n_p=46$ об/мин рис. 5) заметны наложенные колебания, более существенные у $p_{ш}$. При частоте вращения $n_p=248$ об/мин (рис. 8) кривые гладкие.

Участок максимальных давлений характерен колебаниями на линии «Ш-Д», отсутствующими у p_n . Задний фронт особенностей не имеет. Кривая «Ш-Д» несколько полнее в верхней части. По окончании топливоподачи, как и следовало ожидать, у кривой «Ш-Д» виден участок разгрузки, приходящийся на период обратного хода плунжера. При этом в случае $n_p=248$ об/мин наблюдается обратный пик (ниже базового уровня).

Близкий к описанному имеет вид осциллограмма для $n_p=49$ об/мин, приведенная на рис. 7.

Что касается дробной работы системы впрыскивания (рис. 6), то различие в кривых более существенно. Естественно полагать, что система, элементом которой является «Ш-Д», оказывает демпфиру-

ющее действие, сглаживая реакцию на изменение давления топлива. При этом, однако, частота сохраняется. Форма линий p_n и $p_{ш}$ отличается существенно.

При анализе условий работы «Ш-Д» логично предположить, что комбинированный датчик воспринимает деформацию корпусных деталей стенда. Для проверки данного положения записана обоими датчиками вибрация стенда после ударного нагружения плиты, на которой смонтированы подшипники распредвала. Приложенная нагрузка значительно превышает динамическую составляющую рабочих усилий.

Эта осциллограмма (рис. 9) подтверждает предварительную оценку метрологических особенностей «Ш-Д». Действительно, если линия p_n никак не отражает колебания стенда после удара, то кривой $p_{ш}$ записана интенсивная затухающая вибрация. И хотя, как указано выше, интенсивность нагрузки гораздо выше рабочей, влияние деформации стенда на «Ш-Д» очевидно.

Проведенные испытания и анализ полученных данных позволяет сделать следующие основные выводы.

В качестве базовой детали для создания комбинированного датчика высокого давления топлива в ТНВД может быть использована шпилька крепления его привода.

Параметры элементов измерительной системы по величинам рабочих деформаций согласуются с существенным запасом по предельным значениям.

На режимах стабильного впрыскивания датчик давления и датчик деформаций имеют близкие метрологические характеристики. На этих режимах можно использовать «Ш-Д» для эксплуатационного контроля.

При испытаниях системы топливоподачи с помощью «Ш-Д» можно, кроме того, регистрировать нагрузки в приводе ТНВД.

При дробном впрыскивании топлива запись с помощью «Ш-Д» существенно отличается от процесса, фиксируемого в ТНВД, из-за демпфирующего действия деталей, связанных с передачей усилий от давления топлива на шпильку.

В качестве дополнительного побочного результата можно, предварительно, рекомендовать использование «Ш-Д» для записи вибрации двигателя в месте установки комбинированного датчика при отключении топливоподачи либо в периоды между впрыскиванием топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

High Accuracy Glow Plug-Integrated Cylinder Pressure Sensor for Closed Loop Engine Control .- Marek T. Wlodarczyk Optrand, Inc. SAE 2006-01-0184.-5 pgs.- [http://www.le-mark.cn/E-pages/ Appliance/ SAE%20paper%202006-01-0184%20Final.pdf](http://www.le-mark.cn/E-pages/Appliance/SAE%20paper%202006-01-0184%20Final.pdf)