

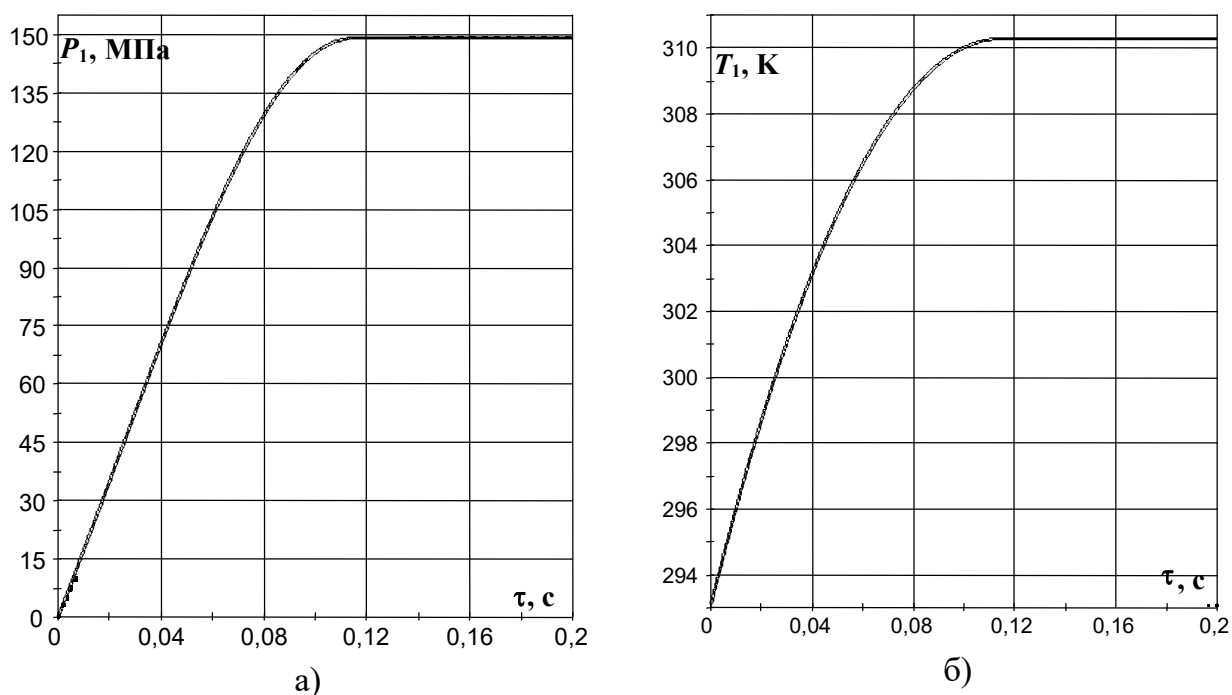


Рис. 2. Результаты расчета изменения во времени значений параметров состояния дизельного топлива: а – $P_1(\tau)$, б – $T_1(\tau)$

Литература:

1. Топливные системы и экономичность дизелей / И.В. Астахов, Голубков Л.Н., Трусов В.И. и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
2. Грехов Л.В. Использование линеаризованного распада разрыва для расчета топливоподачи в дизелях // Автомобильные и тракторные двигатели: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. XVI. – М.: МАМИ, 1999. – С 81 – 85.
3. Мочалова Н.А. Исследование термодинамики плотных жидкостей и газов с целью уточнения метода гидродинамического расчета топливных систем тепловых двигателей летательных аппаратов. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени к.т.н. – Рыбинск, 1995. – 20 с.
4. Девянин С. Н. Улучшение эксплуатационно-технических показателей быстроходного дизеля совершенствованием процесса впрыскивания и распыливания топлива: Дисс. на соиск. ученой степени д. т. н. Москва, 2005. – 390 с.
5. Подчуфаров Ю.Б., Кирик Г.Б., Андреев В.М. Математические модели автоматических систем. Гидромеханические системы: Учебное пособие. – Тула: ТулПИ, 1987. – 96 с.

ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА VORONEZH RAIL

Крохотин Ю. М. (Воронежская государственная лесотехническая академия)

К показателям работы дизелей предъявляется ряд жёстких требований, приоритетными из которых являются топливная экономичность и токсичность отработавших газов (ОГ) [1, 2, 3]. Удовлетворение этих требований представляет собой достаточно трудную научную и техническую задачу. Эффективным способом для удовлетворения этих противоречивых требований является ступенчатое, двухразовое или многоразовое впрыскивание топлива [1, 4, 5, 6].

Проблема заключается в наличии технических средств, обеспечивающих такое впрыскивание. Особую трудность представляет подача малых запальных доз топ-

лива [1]. Считается, что проблема уже решена с помощью аккумуляторной топливной системы (ТС) Common Rail с дроссельными электрогидравлическими форсунками (ЭГФ) (рис.1).

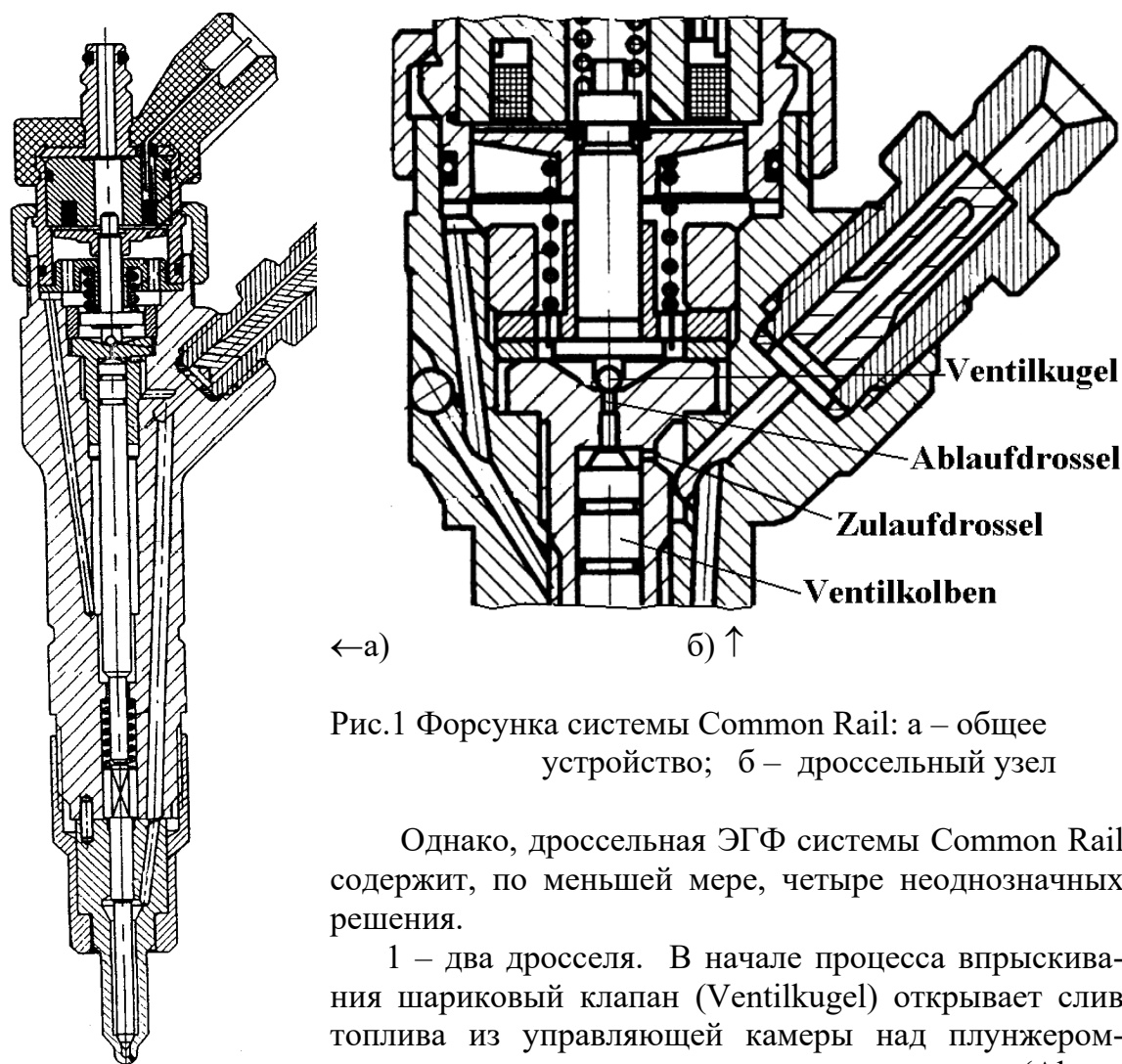


Рис.1 Форсунка системы Common Rail: а – общее устройство; б – дроссельный узел

Однако, дроссельная ЭГФ системы Common Rail содержит, по меньшей мере, четыре неоднозначных решения.

1 – два дросселя. В начале процесса впрыскивания шариковый клапан (Ventilkugel) открывает слив топлива из управляющей камеры над плунжером-мультипликатором, а дроссель перед клапаном (Ablaufdrossel) ограничивает поток сливаемого топлива. Более того, во время слива через клапан топливо поступает в управляющую камеру из аккумулятора через впускной дроссель (Zulaufdrossel).

Уменьшается скорость падения давления над плунжером (Ventilkolben) и, следовательно, быстродействие форсунки при подъёме иглы. В конце впрыскивания сливной клапан закрывается. Топливо должно поступить из аккумулятора в управляющую камеру как можно быстрее, но Zulaufdrossel препятствует этому, уменьшая быстродействие форсунки при опускании иглы. На протяжении всего процесса впрыскивания топливо течёт из аккумулятора через дроссели на слив. Это приводит к повышенному расходу топлива на управление форсункой и неоправданным потерям мощности на привод ТНВД. Топливо, проходящее через дроссели, нагревается. ТС должна содержать охладитель топлива.

2 – для обеспечения приемлемого быстродействия каждая форсунка снабжена дополнительной прецизионной парой (плунжер-мультипликатор – гильза плунжера). Наличие мультипликатора приводит к тому, что:

а) – через зазоры игла-корпус распылителя, плунжер-гильза плунжера топливо из аккумулятора постоянно, вне зависимости от работы форсунки течёт на слив;

б) – производство форсунок и ТС в целом становится дороже;
 в) – вероятность зависания иглы или плунжера форсунки, по меньшей мере, удваивается. Зависание иглы форсунки приводит к аварии дизеля – гидроудару или прогару поршня.

ТС Common Rail, предназначенная для дизелей легковых автомобилей, не имеет устройств, исключающих аварию. ТС Common Rail грузовых автомобилей содержат клапаны-золотники, число которых равно числу цилиндров дизеля. Тот или иной клапан-золотник отключает цилиндр, игла форсунки которого зависла. В этом случае топливная система становится ещё более сложной и менее надёжной.

3 – в качестве рабочего органа сливного клапана используется шарик (Ventilkugel). Такое решение противоречит вековому опыту конструирования и производства топливной аппаратуры. Изменение характерного диаметра посадочного места шарика при его смятии и износе приводит к гидравлической неуравновешенности клапана и потере герметичности узла.

4 – игла форсунки не имеет верхнего упора. Результатом этого являются автоколебания иглы и неравномерность подачи топлива по цилиндрам.

При разработке аккумуляторной ТС для тепловозных дизелей мы пошли другим путём:

а) – отказались от дросселей в пользу двух клапанов, изменяющих давление в управляющей камере ЭГФ;

б) – исключили мультипликаторы форсунок и охладитель топлива;

в) – выполнили клапаны в виде двух непрецизионных игл;

г) – уравнили конструкцию с помощью специального поршня.

На рис. 2 представлена схема ЭГФ дизеля 10ДН20,7/2х25,4.

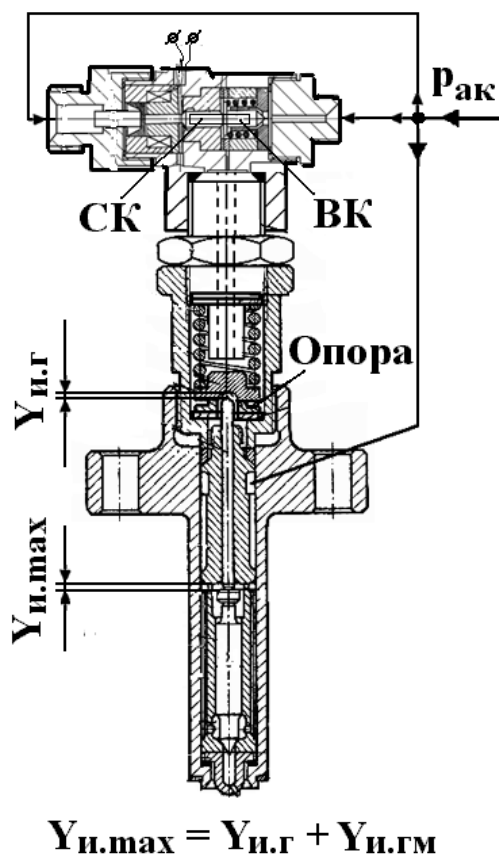


Рис .2. Схема ЭГФ с комбинированным запиранием

Высокое быстродействие форсунки получено за счёт: 1 – резкого изменения давления в управляющей камере; 2 – комбинированного запирания, при котором пружина форсунки не мешает началу подъёма иглы, но способствует её опусканию.

Так как форсунка не имеет аналогов, остановимся на её работе более подробно.

Когда электрический ток не подаётся на обмотку электромагнита, впускной клапан (ВК) открыт, а сливной клапан (СК) закрыт. Давление топлива над иглой и под иглой равны давлению в аккумуляторе. Нижняя тарелка пружины форсунки прижата к специальной опоре. Регулировочная шайба, установленная под опору, обеспечивает зазор $Y_{н.г}$ между тарелкой пружины и штангой форсунки, то есть усилие пружины не передаётся на иглу.

Так как сверху топливо действует на всю площадь иглы (f_u), а снизу лишь на дифференциальную площадку ($f_{дифф}$), игла прижата к запирающему конусу распылителя силой $P = p_{ак}(f_u - f_{дифф})$. Когда ток поступает в обмотку электромагнита устройства управления (УУ) давлением в гидрозапирающей камере (ГЗК), якорь перемещает оба клапана: ВК закрывается, СК открывается. Давление над иглой резко падает. Когда усилие топлива на иглу со стороны ГЗК станет меньше усилия со стороны подыгольной камеры (ПК), игла начинает подниматься, не встречая сопротивления пружины форсунки. После того, как игла пройдёт расстояние $Y_{и.г}$, штанга форсунки начинает контактировать с подвижным упором, в качестве которого служит нижняя тарелка пружины. В работу вступает пружина форсунки. В зависимости от величины цикловых подач подвижный упор ведёт себя по – разному. При подачах, соответствующих режимам от холостого хода до номинального, игла преодолевает усилие пружины и подвижный упор перемещается вверх на максимальную величину хода иглы форсунки $Y_{и.маx}$. Далее впрыскивание происходит при неизменном проходном сечении под иглой. Когда подачи топлива соответствуют запальным дозам, игла не в силах преодолеть усилие пружины форсунки. Подвижный упор становится неподвижным. Высота подъёма иглы в последовательных циклах не изменяется. Не меняется и проходное сечение под иглой. С учётом того, что давление в аккумуляторе постоянно, имеем стабильные запальные дозы топлива. Проблема управляемого процесса сгорания решена.

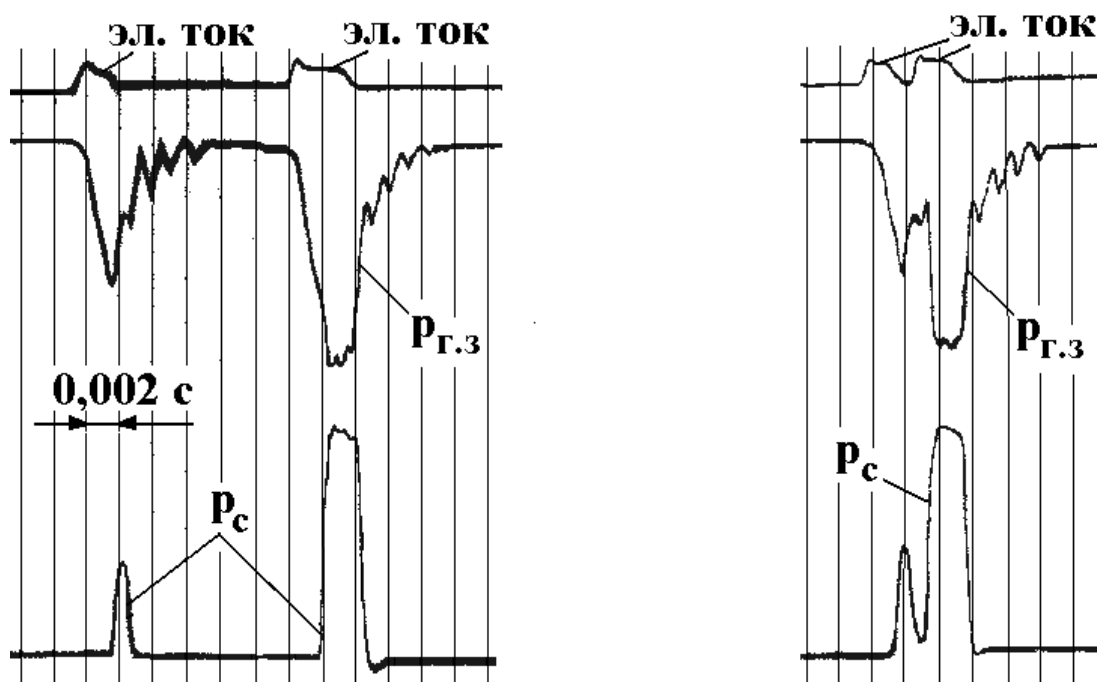


Рис. 3. Двойное и ступенчатое впрыскивания топлива, полученные с помощью ЭГФ, имеющей комбинированное запираение иглы: $p_{Г.З}$ – давление в ГЗК (давление гидрозапираения); p_c – давление перед сопловыми отверстиями распылителя (давление впрыскивания)

После прекращения подачи тока в обмотку электромагнита пружина УУ закрывает СК и открывает ВК. Давление в ГЗК резко возрастает. Под действием суммарной силы топлива и пружины со стороны ГЗК игла форсунки начинает быстро опускаться. После посадки нижней тарелки пружины форсунки на опору, действие пружины прекращается. Игла продолжает опускаться под действием дав-

ления топлива. Таким образом, реализуется комбинированное запираение: в начале опускания иглы – гидромеханическое, в конце опускания – гидравлическое.

Подача запальных доз происходит при гидравлическом запираении.

Результаты, иллюстрирующие возможность получения такими ЭГФ двойное и ступенчатое впрыскивания топлива, показаны на рис. 3.

Следует сказать, что такие результаты возможны только при определённых, зависящих друг от друга, значениях давления топлива в аккумуляторе, хода иглы до подвижного упора и усилия пружины форсунки от её предварительного сжатия.

В варианте ТС, предназначенном для изучения её возможностей, устройство управления давлением запираения выполнено в отдельном корпусе, что позволило использовать его на форсунках различных дизелей: 10ДН20,7/2х25,4; 12(20)ЧН26/26; 6ЧН31,8/33. В варианте ТС, планировавшемся к внедрению на дизеле 6ЧН21/21, УУ размещено внутри корпуса форсунки (рис. 4).

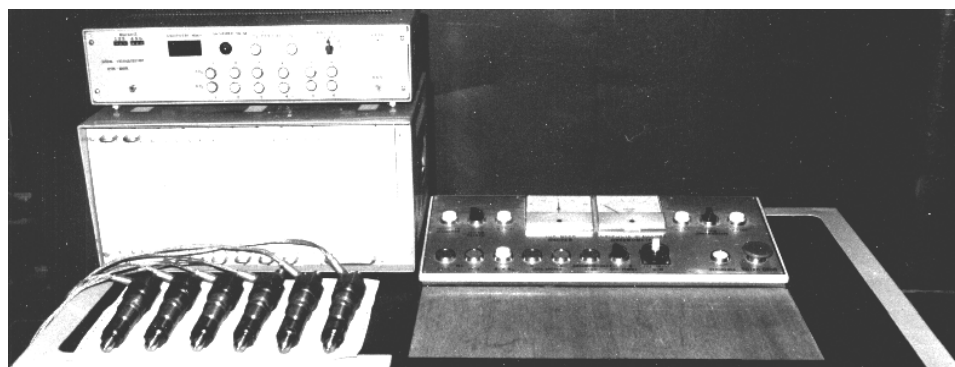


Рис. 4. Фотография ЭГФ и электронных блоков ТС дизеля 6ЧН21/21

На рис. 5 показана схема формирования электрических импульсов, подаваемых в обмотку электромагнита каждой ЭГФ.

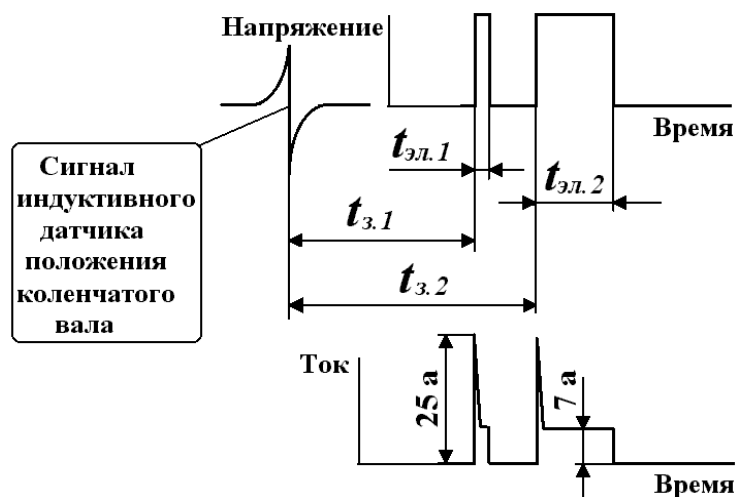


Рис. 5. Схема формирования управляющих электрических импульсов

По сигналу индуктивного датчика положения коленчатого вала электронный блок формирует два импульса длительностью $t_{эл.1}$ и $t_{эл.2}$. Длительность основного импульса ($t_{эл.2}$) задаётся имитатором контроллера тепловоза, расположенным на панели блока. Длительности $t_{эл.1}$ и $t_{эл.2}$ как и задержки подачи предварительного $t_{з.1}$ и основного $t_{з.2}$ импульсов регулируются индивидуально с помощью потенциометров, размещённых на панели блока. Таким образом, блок-формирователь электрических импульсов позволяет регулировать частоту вращения коленчатого

вала, равномерность подачи топлива по отдельным цилиндрам и моменты начала впрыскивания топлива как для запальной дозы, так и для основной подачи. В нашем случае размагничивающий импульс обратной полярности не требуется – быстродействие форсунки позволяет получить двойное и ступенчатое впрыскивание топлива без него.

Силовой блок (мы называем его блок ударного напряжения, БУН) усиливает электрические сигналы по току. Форсирование срабатывания клапанов УУ достигается путём заряда конденсатора (величина тока 25 а). Ток удержания якоря равен 7 а. ТС выдержала длительные испытания на безмоторном стенде и отсеке дизеля 1Д20,7/2х25,4. Имеет внутренние резервы.

Литература

1. Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей. – М.: Автодата. – 2004, 2005. – 344 с.
2. Семёнов Б. Н. Возможности сокращения выброса окислов азота с отработавшими газами быстроходного форсированного дизеля при сохранении высокой топливной экономичности/ Б. Н. Семёнов, В. И. Смайлис, В. Ю. Быков, В. А. Липчук // Двигателестроение. – 1990. - № 4. – С 44 – 46.
3. Смайлис В.И. Оптимизация экономических и экологических показателей дизелей ЧН21/21 при форсировании по среднему эффективному давлению / В. И. Смайлис, В. Ю. Быков // Двигателестроение. - 1990. - № 4. - С 44 - 46.
4. Болдырев И.В. Применение двухфазного впрыска в многотопливном транспортном дизеле с турбонаддувом / И. В. Болдырев, Е.Т. Дятлов, О. Л. Осадчий // Двигателестроение. - 1981. - № 6. - С. 11-13.
5. Лазарев Е.А. Эффективность разделённого впрыскивания топлива в тракторных дизелях с камерой сгорания ЦНИДИ / Е.А. Лазарев, Б.Л. Арав, Е. Г. Пономарев // Двигателестроение. - 1990. - № 11. - С. 51 – 54.
6. Николаенко А.В. Исследование эффективности двухстадийного впрыска с подачей первой дозы топлива в конце такта выпуска дизеля / А.В. Николаенко, Н.И. Носков //Двигателестроение. - 1996. - № 1. - С. 22-24.

РАСЧЕТНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕКОЙ ФОРСУНКИ С РАЗГРУЖЕННЫМ ОТ ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА УПРАВЛЯЮЩИМ КЛАПАНОМ

Олисевиц О. В. (ФГУП “НАМИ”)

Современный этап развития топливоподающей аппаратуры основывается на переходе к системам с микропроцессорным управлением процессом подачи топлива. Это позволяет повысить точность дозирования в каждом рабочем цикле дизеля и улучшить качество сгорания в цилиндрах двигателя. Основное распространение среди современных систем топливоподаки получают аккумуляторные системы высокого давления типа «**Common Rail**».

Одна из конструкций электрогидравлической форсунки является форсунка с разгруженным от давления топлива управляющим клапаном. При применении такого клапана минимизируются недостатки, связанные с повышением расхода топлива на управление топливоподачей. ЭГФ данного типа выпускаются фирмой **DELPHI** (США).

НАМИ, в сотрудничестве с ЯЗТА и МАДИ были проведены экспериментальный и расчетный анализ данного типа форсунок. В работе приведены результаты