

3. Сушку покрытий из раствора эластомера Ф-40 рекомендуется проводить в два этапа, так как это позволит избежать закипания ацетона и снизить пористость покрытия.

Литература

1. Ли Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин: монография. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета, 2010. – 160 с.
2. Жачкин С.Ю. Восстановление деталей машин композитным хромовым покрытием: монография. – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2009. 177 с.
3. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys / Welding International. 2015. Т. 29. № 10. С. 823-825.
4. Шадричев В.А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей [Текст]: учебник для вузов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 560 с.
5. Кру П., Макгоуин Л., Макквистан Р. Основы инфракрасной техники. – М.: Воениздат, 1964. – 464 с.
6. Кац А.М. Автомобильные кузова. – М.: Транспорт, 1972. – 296 с.
7. <http://npo-elcom.ru/>
8. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
9. <http://instplast.ru/>

Исследование подачи электрогидродинамического насоса высокого давления топливной системы дизеля.

д.т.н. проф. Соколов В.К., Строков П.И.
 Университет машиностроения (МАМИ)
 8(499)9048423, 89262742508, pavig@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние высоковольтного электрического сигнала, подаваемого на электроды насоса высокого давления топливной системы дизеля, на расход, поступающий в цилиндры двигателя из гидроаккумулятора давления. Установлены основные зависимости, показывающие, что рост высоковольтного напряжения сигнала приводит к повышению давления в аккумуляторе и расходу в цилиндры двигателя.

Ключевые слова: двигатель, аккумулятор, дизель, электрогидродинамический насос, топливная система, электроды, расход топлива, давление впрыска.

В статье рассматривается насос высокого давления для топливной системы дизеля, способной создавать давление 100-150 МПа, однако схема может быть использована в системах с другой рабочей жидкостью, где требуется для работы высокое давление.

Схема топливной системы дизеля с электрогидродинамическим насосом (ЭГДН) представлена на рисунке 1. Основной особенностью насоса является то, что для создания давления и подачи топлива необходима подача высокого электрического напряжения (до 80 кВ) между электродами, расположенными внутри насоса.

На рисунке 1 обозначено: 1 – электронный блок управления; 2 – датчик давления гидроаккумулятора; 3 – электрогидравлические форсунки двигателя; 4 – гидроаккумулятор; 5 – электрогидродинамический насос высокого давления; 6 – высоковольтные электроды; 7 – блок повышения напряжения; 8 – информация от датчиков системы; 9 – блок задания частоты (или транзисторный коммутатор); 10 – система подпитки с насосом и переливным гидроклапаном; 11 – электрогидравлический клапан.

В работах [1, 2, 4] представлены результаты исследований физических процессов, происходящих в насосе при изменении выходных параметров электрического блока управления. Вместе с тем, создаваемое давление и подача насоса существенно зависят от подаваемого

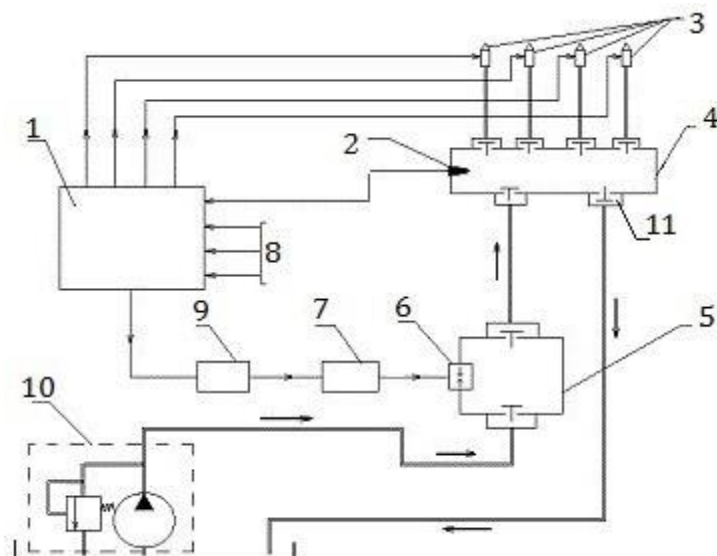


Рисунок 1. Принципиальная схема аккумуляторной топливной системы дизеля

На рисунке 2 приведена упрощенная функциональная схема электрогидродинамического насоса, из которой можно судить о взаимосвязях отдельных элементов на подачу насоса и создаваемое давление.

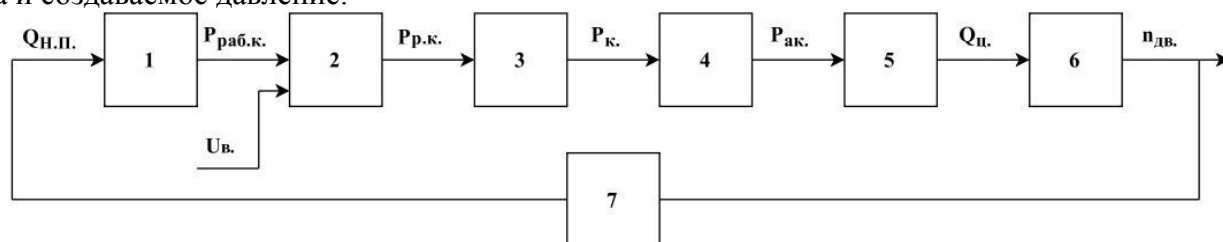


Рисунок 2. Функциональная схема электрогидравлического насоса

На рисунке 2 обозначено: 1 – объем рабочей камеры насоса $V_{р.к.}$; 2 – камера разряда с двумя электродами; 3 – гидравлические потери при движении паротопливной смеси по рабочей камере насоса до обратного гидроклапана; 4 – расход паротопливной смеси через гидроклапан $Q_{ак}$; 5 – релаксация паротопливной смеси и расход топлива через форсунки двигателя; 6 – механизмы двигателя, включая цилиндры двигателя; 7 – обратная связь в виде привода к насосу подпитки.

На рисунке 2 принято: $Q_{н.п.}$ – подача насоса подпитки; $P_{раб.к.}$ – давление в рабочей камере до электрического разряда; $P_{р.к.}$ – давление в рабочей камере после электрического пробоя между электродами; $P_{к.}$ – давление перед гидроклапаном; $P_{ак.}$ – давление паротопливной смеси за гидроклапаном в гидроаккумуляторе, измеряемое электрогидравлическим датчиком давления 2 (рисунок 1); $Q_{ак.}$ – расход паротопливной смеси через обратный гидроклапан насоса в гидроаккумулятор; $Q_{ц.}$ – расход топлива, поступающий в цилиндры двигателя после релаксации паротопливной смеси; $n_{дв.}$ – обороты коленчатого вала двигателя; $U_{в.}$ – высокое напряжение, подаваемое на электроды рабочей камеры насоса.

Работа насоса заключается в следующем. Высокое напряжение (20 – 80 кВ) подается на электроды насоса. Между электродами возникает плазменная электрическая дуга, вокруг которой происходит нагрев и испарение топлива, что приводит к созданию паротопливной смеси с высоким давлением до 150 МПа. Ударная волна высокого давления и весь поток паротопливной смеси расширяются от электродов с большой скоростью, открывают напорный гидроклапан и паротопливная смесь поступает в гидроаккумулятор. В гидроаккумуляторе происходит релаксация этой смеси и она «превращается» в топливо, которое через электрогидравлические форсунки поступает в цилиндры двигателя. Вместе с тем, если паротопливная смесь не успела релаксироваться, то в виде подготовленной к сгоранию смеси (или вме-

сте с топливом), направляется в цилиндры двигателя. Освободившееся пространство в рабочей камере насоса после подачи заполняется топливом из системы подпитки.

Система подпитки механически не связана с коленчатым валом двигателя, поэтому подача электрогидродинамического насоса не зависит от оборотов двигателя и определяется либо блоком управления, либо оператором.

Процесс повышения давления в камере разряда достаточно сложный [2, 4], он зависит от множества факторов: частоты подачи электрических импульсов, зазоров между электродами, формы электродов и т.д., для исследования в данной статье рассматриваем влияние только некоторых из них, а остальные условно считаем неизменными. Влияние других факторов на повышение давления в камере насоса рассматривались в предыдущих статьях авторов [1, 2, 3, 6]. Итак, в первом приближении при определенном зазоре между электродами процесс повышения давления можно представить в виде следующего графика (рисунок 3). Там же показано влияние частоты подачи электрических импульсов f .

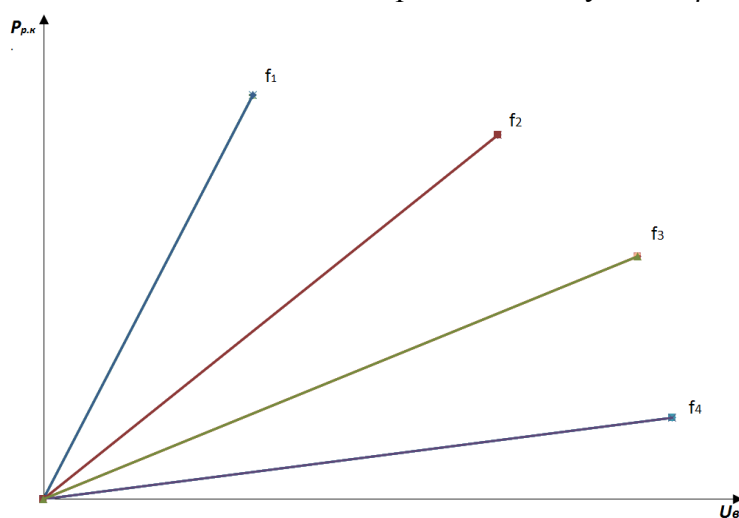


Рисунок 3. Изменение давления в камере разряда $P_{p.к.}$ в функции подаваемого высокого напряжения $U_{в}$

На рисунке 3 предполагается, что частота подаваемого напряжения $f_1 > f_2 > f_3 > f_4$. Частоты выбраны произвольно через равные интервалы в рамках диапазона частот, который способно создавать имеющееся у авторов экспериментальное оборудование. Рисунок показывает, что рост напряжения и частоты электрического сигнала приводят к повышению давления в камере разряда $P_{p.к.}$.

Для увеличения давления в гидроаккумуляторе потери в обратном гидроклапане насоса стараются сделать минимальными, в частности за счёт уменьшения массы его подвижных элементов и увеличения проходных сечений. Пренебрегая гидравлическими потерями в обратном гидроклапане, можно использовать уравнение расхода [5] через гидроклапан в гидроаккумулятор в виде:

$$Q_{ак} = \mu \cdot S_{кл} \sqrt{\frac{2}{\rho} [F(f) U_{в} - P_{ак}]}, \quad (1)$$

где: $Q_{ак}$ — расход паротопливной смеси через обратный гидроклапан в гидроаккумулятор, μ — коэффициент расхода в гидроклапане, $S_{кл}$ — площадь открытия гидроклапана.

В результате релаксации паротопливной смеси давление в гидроаккумуляторе уменьшается, но оно вновь возрастает в результате последующих подач насоса до значения, заданного электрогидравлическим клапаном 11 (рис.1) и конструкцией двигателя. Поэтому количество паротопливной смеси, поступающей из электрогидродинамического насоса в гидроаккумулятор и последующей релаксации равно:

$$Q_{ак} = \sum_1^n \mu \cdot S_{кл} \sqrt{\frac{2}{\rho} [F(f)U_B - P_{ак}]}, \quad (2)$$

где: n – количество подач электрогидродинамического насоса в гидроаккумулятор в секунду.

На основании уравнения (2) представим график подачи топлива в гидроаккумуляторе в функции подаваемого электрического напряжения на электроды камеры разряда при $n = 2$, при условии $Q_{ак} = Q_y$, где Q_y – расход поступающий в цилиндры двигателя.

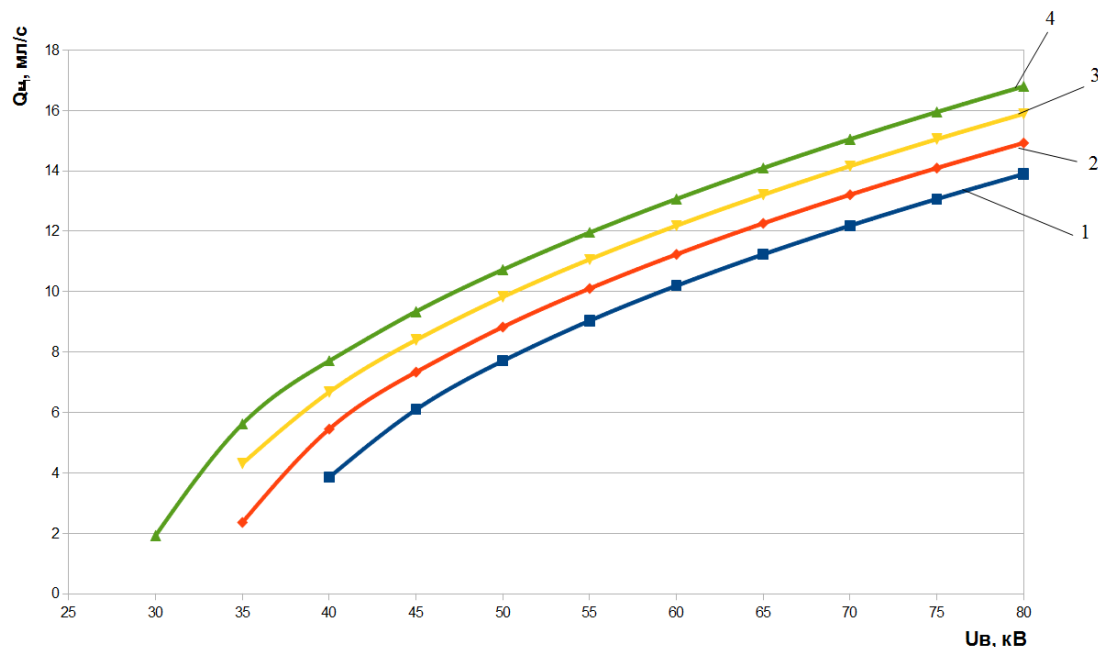


Рисунок 4. Зависимость расхода, поступающего в цилиндры двигателя, в функции высоковольтного напряжения U_B

На рисунке 4 обозначено: кривая 1 соответствует $F(f) = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{B}$, кривая 2 – $F(f) = 3,25 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{B}$, кривая 3 – $F(f) = 3,5 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{B}$, кривая 4 – $F(f) = 3,75 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{B}$.

Расчеты проводились для следующих параметров:
 $\mu = 0,7$; $S_{кл} = 3,14 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2$; $\rho = 850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $p_{ак} = 1,1 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Из рисунка 4 следует, что при увеличении напряжения и давления в рабочей камере насоса существенно возрастает расход, поступающий в цилиндры двигателя. Так, при изменении напряжения между электродами от 40 до 70 кВ при давлении в гидроаккумуляторе $1,1 \cdot 10^8 \text{ Па}$ и $F(f) = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па}}{B}$ расход из аккумулятора возрастает с 3,9 мл/с до 12,25 мл/с.

Таким образом, в статье представлены результаты расчетов влияния напряжения в камере разряда на расход топлива в цилиндры двигателя. Увеличение напряжения в камере разряда приводит к росту давления в гидроаккумуляторе и расходу в цилиндры двигателя. Такое же влияние и частоты подачи импульсов. Топливная система дизеля с электрогидродинамическим насосом может обеспечить различные режимы работы двигателя при сокращении расхода топлива на транспортном средстве.

Литература

1. Соковиков В.К., Бекаев А.А., Строков П.И. Электрогидродинамический двигатель // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 3(33). С. 26-30.
2. Соковиков В.К., Строков П.И. и др. Беспрецизионный электрогидродинамический ТНВД.

Автомобильная промышленность №3, 2005.

3. Соколов В.К., Строков П.И., Голубев Д.С. Практическое применение электрогидродинамического насоса. Тракторы и сельхозмашины №3, 2009.
4. Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрические разряды в воде (гидродинамическое описание). – М.: Наука, 1971, 155 с.
5. Лепешкин А.В., Михайлин А.А. Гидравлические и пневматические системы. Под ред. Беленкова Ю.А. Учебник. 6-ое издание. – М.: изд. «Академия», 2011. 336 с.
6. Максимов Ю.В., Соколов В.К., Бекаев А.А., Строков П.И. Топливный насос нового поколения // Изв. МГТУ «МАМИ». 2012. № 2(14). Т. 2. С. 241-245.

УДК 629.434-622

**Перспективы и направления развития научной школы на кафедре
«Автомобильные и тракторные двигатели» Университета
машиностроения (МАМИ)**

д.т.н. проф. Фомин В.М., к.т.н. доц. Хрипач Н.А., к.т.н. доц. Апелинский Д.В.
Университет машиностроения
+ 7(915)2114415, mixalichDM@mail.ru

Аннотация. Анализируются результаты научно-поисковых работ, проводимых на кафедре АТД МГМУ (МАМИ) в области транспортной альтернативной энергетики. Обосновывается потенциальная возможность реального вхождения в ближайшие годы отдельных видов водородных и биологических энергоресурсов в структуру национальной транспортной энергетики. Рассматриваются перспективы развития исследований.

Ключевые слова: альтернативные энергоносители, синтезированный газ, аккумулялирование водорода, биомасса, катализатор, метанол, конверсия.

На протяжении двух последних десятилетий на кафедре «Автомобильные и тракторные двигатели» Университете машиностроения (МАМИ) в рамках целевой программы проводится комплекс поисковых исследований в области альтернативной энергетики, по двум направлениям: водородная энергетика и биоэнергетика. Отдельные этапы программы реализовывались при финансовой поддержке РФФИ.

Программа поисковых исследований по направлению – водородная энергетика

Водороду среди альтернативных топлив для автомобильных двигателей в мировой исследовательской практике отводится особое место. Учитывая огромные ресурсы водорода в природе и возможность его получения из возобновляемых сырьевых источников, например, растительных, немаловажную роль играет то, что при использовании его в качестве топлива на транспортных средствах создаются возможности практической неисчерпаемости данного энергоносителя. Водород обладает чрезвычайно высокой массовой энергоемкостью (почти в 3 раза большей, чем у традиционных нефтяных топлив), уникальными кинетическими и экологическими характеристиками сгорания.

Увеличение доли водородной энергетики в общем балансе отечественного транспортного энергообеспечения способно существенно повлиять на структуру потребления энергетических источников на органической основе, а также на результирующие показатели по повышению энергетической и экологической безопасности на транспорте. Однако, массовое энергетическое использование водорода на российском транспорте в настоящее время сдерживается рядом сложных, еще не решенных проблем: отсутствие инфраструктуры его производства и распределения, высокая стоимость. Вопросы национального развития крупномасштабного энергетического использования водорода на транспорте требуют дальнейшего си-