

для различных двигателей при различных числах оборотов вала [2]. Общая схема системы непосредственного впрыскивания, где цикловая подача топлива управляется дросселированием на впуске пневмомеханическим регулятором, может быть такой, как показано на рис. 1.

С использованием методик расчёта и программы оптимизации топливоподающей аппаратуры разработанных в МГТУ им. Н.Э. Баумана на ОАО «ДААЗ» уточнялись параметры топливной аппаратуры, и был изготовлен опытный образец ТПА непосредственного действия для двухтактного бензинового двигателя, подготовленный к моторным испытаниям. На рис. 4 показаны стендовые испытания клапанной форсунки.

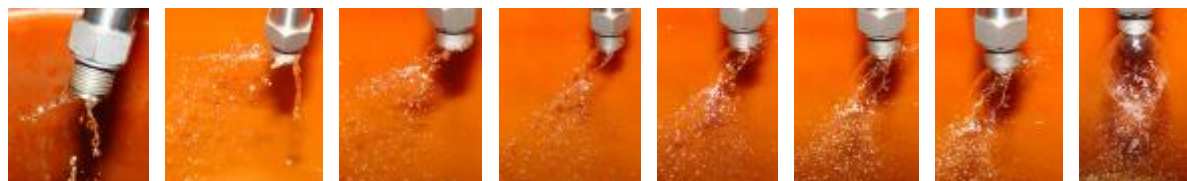


Рис. 4. Развитие топливной струи клапанной форсунки в интервале давлений от 0,1 МПа до 0,4 МПа

#### **Литература:**

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей / С.И.Ефимов, Н.А.Иващенко, В.И.Ивин и др. Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. - 3 - е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1985. - 456 с.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ СЖИЖЕННЫМ УГЛЕВОДОРОДНЫМ ГАЗОМ НА ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ДВИГАТЕЛЯ**

**Злотин Г. Н., Захаров Е. А., Белов А. В.** (Волгоградский государственный технический университет)

Сжиженный углеводородный газ (СУГ) все шире используется в качестве моторного топлива для ДВС. В настоящее время наиболее современным типом аппаратуры для питания газом двигателей с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием являются системы с распределенным впрыском, однако, по-прежнему на многие автомобили устанавливаются системы со смесителем, в который газ поступает из баллона через двухступенчатый редуктор. Такое газобаллонное оборудование (ГБО) не адаптируют, в полной мере, к конкретной модели двигателя. Это обстоятельство может негативно сказываться на характеристиках двигателя, особенно на переходных режимах, на которых в городских условиях эксплуатации значительную долю времени работают двигатели легковых автомобилей, маршрутных такси, малотоннажных грузовиков.

Адаптация ГБО к конкретной модели двигателя экспериментальным путем связана с большими временными и финансовыми затратами. В связи с этим практическое значение имеют математические модели, позволяющие оценивать и оптимизировать динамические характеристики системы питания двигателя сжиженным газом и конкретной модели двигателя.

Авторами разработана такая математическая модель [1] для системы питания, основным элементом которой является газовый редуктор с пневмокорректором (рис. 1) (на этой же схеме приведены обозначения давлений в полостях, их объемы и площади проточных элементов системы).

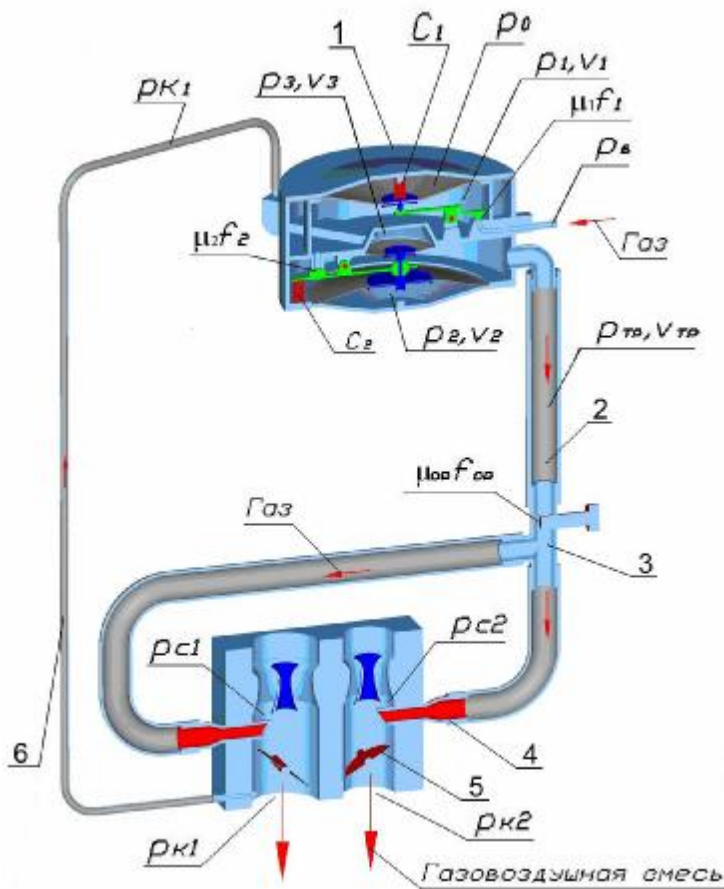


Рис. 1. Схема объекта моделирования: 1 – газовый редуктор; 2 – соединительный трубопровод; 3 – тройник-регулятор; 4 – распылитель газа; 5 – дроссельный узел; 6 – трубка пневмокорректора;  $p_i$  – давление в  $i$ -ой полости;  $v_i$  – объем  $i$ -ой полости;  $c_j$  – жесткость  $j$ -ой пружины;  $\mu_k f_k$  – эффективная площадь  $k$ -го проходного сечения.

параметров газа в полостях системы питания позволили оценить ее инерционность при переходных режимах.

На рис. 2 в качестве примера приведены зависимости давления в объемах системы питания двигателя газом при переходном режиме. Анализ кривых на рис. 2 показывает, что при резком изменении положения дроссельной заслонки (поз. 1), изменяется давление в смесительном устройстве (поз. 2), и, как следствие, падает давление в соединительном трубопроводе (поз. 3). Это вызывает изменение давления во второй ступени редуктора (поз. 4). Как видно из приведенных зависимостей, при резком открытии дроссельной заслонки возникают колебания давления в полостях системы питания, что объясняется колебаниями подвижных частей редуктора. Соответственно на новый режим по расходу газа система питания выходит с некоторым запаздыванием.

Причиной указанного запаздывания является также относительно большой объем полостей системы ГБО: впускной коллектор – дроссельный узел – смеси-

Моделировались следующие режимы работы системы «ГБО–ДВС»: пуск с последующим прогревом на обогащенной топливовоздушной смеси, переход в режим холостого хода, разгон с выходом на заданный скоростной и нагрузочный режимы работы двигателя, работа на установленном режиме, торможение, остановка двигателя. Разработанный алгоритм решения системы уравнений данной математической модели позволил изучить любые сочетания данных режимов.

Верификация указанной выше математической модели была произведена на экспериментальной установке с двигателем ВАЗ-1111, оснащенным газобаллонным оборудованием фирмы BRC [2].

Основными режимами в расчетном исследовании указанного ГБО были приняты режимы европейского ездового цикла.

Проведенные последовательные расчеты изменений

тельное устройство – трубопровод подачи газа – вторая ступень редуктора – первая ступень редуктора. Наличие такой протяженной цепочки передачи управляющего воздействия на мембрану редуктора приводит к значительному отставанию изменения давления в конце цепи по отношению к начальному звену. Соответственно запаздывает обратная реакция системы, направленная на изменение расходных характеристик системы ГБО. Наиболее сильно данное обстоятельство проявляется при несоответствующем подборе ГБО по отношению к ДВС.

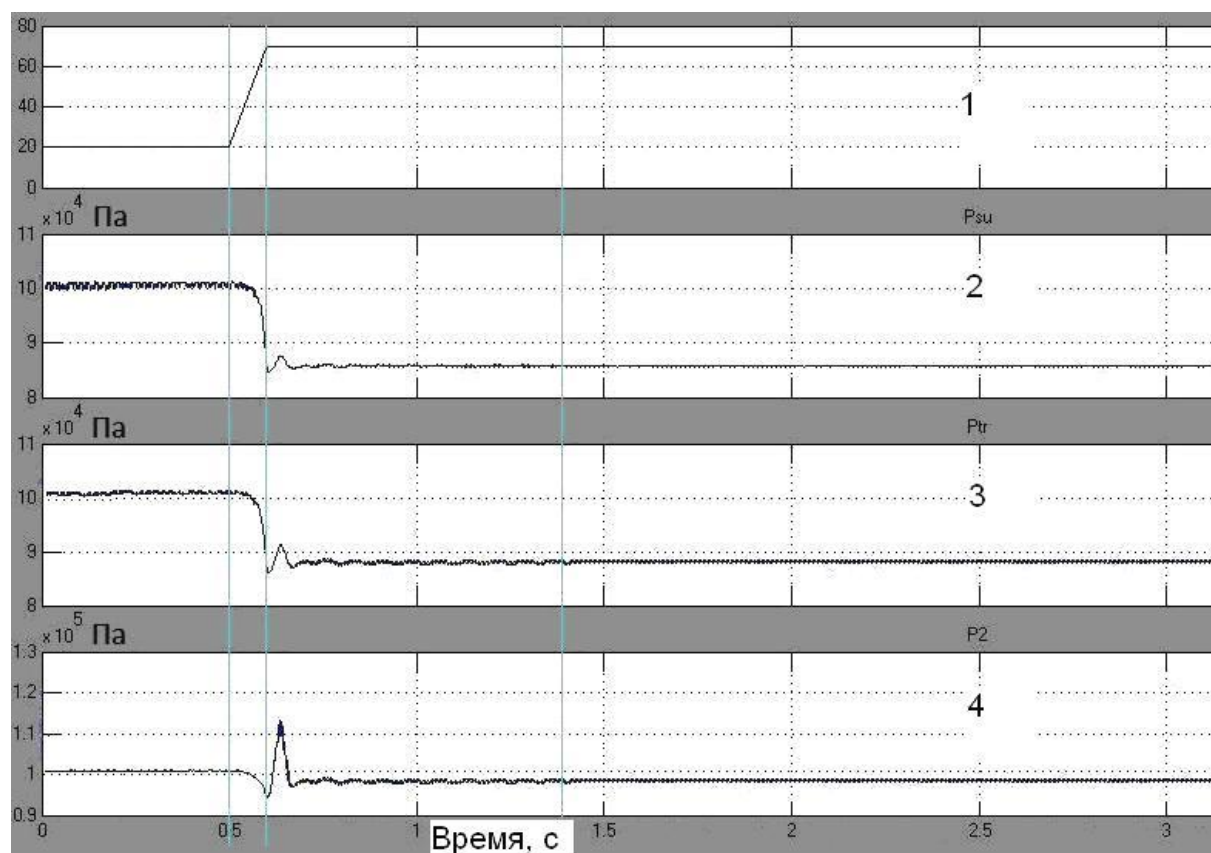


Рис. 2. Реакция редуктора на резкое открытие дроссельной заслонки от 20 до 70 % за 0,1 с.

Расчетами установлено, что наименьшее возможное время запаздывание реакции системы при изменении положения дроссельной заслонки составляет 0,1–0,3 с. Это соответствует 4–12 оборотам коленчатого вала при работе двигателя с частотой 2500 мин<sup>-1</sup>. Указанное обстоятельство может привести к «провалам» в работе двигателя и, соответственно, отрицательно повлиять на динамику разгона.

Разработанная математическая модель системы питания ДВС сжиженным углеводородным газом может быть использована при подборе ГБО для конкретного двигателя с целью получения оптимальных расходных характеристик. Результаты расчетных исследований могут быть также применены для конструктивных изменений отдельных элементов ГБО.

**Литература:**

1. Математическая модель двухступенчатого газового редуктора при работе его на переходных режимах / Злотин Г. Н., Захаров Е. А., Белов А. В. // Известия ВолгГТУ. 2008, Т. 6, № 1, С. 41-45.

2. Экспериментальная установка для исследования переходных режимов двигателя ВАЗ-1111 при его работе на сжиженном нефтяном газе /Белов А.В., Захаров Е.А., Кузьмин А.В., Шумский С.Н.// Известия ВолгГТУ. 2007, Т. 8, № 2, С. 116-117.