

Таблица 2. Соотношение разницы в ценах на природный газ высокого давления и другие виды топлива

Расчетный показатель	Бензин л	Метан, м³	Пропан-бутан (летняя смесь), л	Пропан-бутан (зимняя смесь), л
Бензин, 1л	-	0,83	1,19	1,25
Расход на 100 км, л	10	8	11-12	13-14
Цена топлива (средняя), руб. (на апрель 2010 г)	24	8	12	12
Условная стоимость 100 км пробега, руб.	240	64	132	130

Значительное снижение массы газового оборудования за счет применения композитных баллонов высокого давления при использовании отечественного органического армирующего волокна Армос, эпоксифенольного связующего, модифицированного наноразмерными структурирующими агентами, снижает условную стоимость 100 км пробега, а, следовательно, срок окупаемости затрат потребителя.

Литература:

1. Газобаллонное оборудование для транспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива. Стандарт отрасли : ОСТ37-001-653-99 - Введ. 1991-30 -12. - М.: Изд-во стандартов, 2000. - IV, 16 с.: ил.

2. Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на давление меньше 25 МПа. Технические условия : ГОСТ 9731-79 - Введ. 1981-01 -01. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - IV, 16 с.: ил.

3. Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах. Общие технические условия: ГОСТ Р 51753-2001- Введ. 2001-29-05. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - III, 20 с.: ил.

4. Рубан А.Г. Анализ характеристик баллонов высокого давления для сжатых газов] / А. Г. Рубан // Технические газы. -2009. -№ 2. -А. 1-15.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВПРЫСК ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ

Грехов Л.В., Кулешов А.С., Фадеев Ю.М., Кулешов А.А. (Московский государственный университет им. Н.Э.Баумана)

ПК Впрыск описывает процесс подачи жидких топлив в напорных топливных системах и является инструментом исследования, проектирования, оптимизации топливных систем (ТС).

Разработка появилась в 1984 г., была написана на языке Фортран-4 и ориентирована на основные в то время ЭВМ типа ЕС (IBM), производимые в странах СЭВ. Эксплуатировалась при подаче в приемник пакета перфокарт, а затем и с формированием задания с удаленного монитора, связанного с ЭВМ высокочастотным кабелем. Для анализа систем уже в первой же версии предусматривалась организация численного эксперимента.

С 1986 г. программа была переведена на язык Фортран-77 и эксплуатировалась в диалоговом режиме на ЭВМ Электроника, СМ. Результаты представлялись псевдографике. С 1990 г. она использовалась при выполнении курсового проекта по Системам питания студентами 6 курса.

В 1993 начала эксплуатироваться значительно более удобная программа с сервисной оболочкой, обеспечивающей нормальную с точки зрения современного пользования работу. Сервисная оболочка функционировала как в ОС DOS, а позднее в Windows 3.6...97. Впервые был применен встроенный графический редактор схемы ТС на языке Assemble, написанный В.А.Светловым. Оболочка имела качественную графику, сервис диалога.

С 2009 введен в эксплуатацию ПК Впрыск четвертого поколения, ориентированный на PC со средами Windows-NT,XP,Vista. Получил дальнейшее развитие принцип “Usability” – удобства, дружелюбности по отношению к пользователю.

Нет перспектив у коммерческой программы для топливной системы одного типа. В ПК Впрыск 3-го поколения пользователь рисовал систему из примитивов, а программа распознавания обрабатывала схему и формировала данные для расчетного ядра. При всей привлекательности и общности такого подхода, он себя не оправдал. Пользователь мог рисовать невозможные для анализа схемы, бывали сбои в интерпретации схем, переусложнялись сервисные программы. В ПК 4-го поколения пользователю предлагается набор всех практически значимых схем, дальнейшая их детализация производится им путем исключения ненужного и уточнения вида элементов и конкретных технических решений в диалогах.

Здесь уместно сравнить ПК Впрыск с известными коммерческими программами того же назначения. Можно условно классифицировать их на три группы по способам генерации схемы ТС (табл.). В первой (Ricardo, AVL) пользователь собирает схему из мелких примитивов типа “узость, поворот, емкость”. Генерация одной ТС с обдумыванием и анализом ТС может занимать неделю, для малоопытного пользователя и более.

Во вторую группу можно условно отнести ПК AMESIM (Imagine Lab. ICE), Gamma Technol. (GT-SUITE). В них работа ведется с более крупными примитивами типа узлов или деталей ТС. Наконец, в ПК Впрыск, Bosch работа ведется с укрупненными составляющими типа устройства, узла (распылитель, насосная секция, кулачковый привод).

По нашему мнению, последний подход в наибольшей степени отвечает принципу Usability. Это доказывается многолетней практикой как использования в курсовом и дипломном проектировании студентами МГТУ, так и работой заводских специалистов. Применение таких крупных элементов схемы позволил перейти на технологию Впрыск-4 – предложения для выбора и уточнения готовых прототипов схем, обеспечивает быстрое освоение программы, но никак не наносит ущерба точности и необходимой детализации ТС и достоверности расчетов. Последнее обеспечивается не формальным многообразием возможностей, а наличием только необходимых детализаций, существование которых обязано формированию диалога специалистами, а не математиками-программистами.

С точки зрения организации работ в ПК можно отметить полезную преемственность с предыдущими версиями и новые возможности. Так, по-прежнему возможно одномерное, двумерное сканирование, многомерное с одним определяющим фактором, построение характеристик. Для многомерного анализа по числу факторов, больших 2, используется аппарат оптимизации одним из 14 возможных методов.

В целях решения конечной задачи – построения двигателя с заданными параметрами, например, экологическими, осуществляется взаимодействие с другим программным продуктом – Дизель-РК. Оптимизация рабочего процесса по заданным условиям – единственно научно обоснованный способ обоснования ряда оп-

ределяющих параметров ТС и ее важнейших показателей. Используется и обратная связь – получаемая в ПК Впрыск характеристика и другие показатели впрыскивания являются исходными данными для расчета рабочего процесса.

Совершенствование интерфейса 25 лет шло параллельно совершенствованию математических моделей. Потребности выполняемых работ для практики, изменяющиеся конструкции ТС, новые процессы и уровень показателей обуславливали новые подходы и усовершенствования расчетных методов. В табл. перечислены некоторые особенности математических моделей и известными отметками в различных ПК (к сожалению, на разные периоды времени).

К важнейшим достоинствам ПК Впрыск можно отнести использование для расчета аналитических и численных решений исходных уравнений (у каждого свои достоинства). При этом уникальной разработкой МГТУ является расчет гидравлического сопротивления для нестационарных потоков. Быстродействующие алгоритмы не замедляют счет, а гидродинамическое трение рассчитывается корректно (известные формулы для установившегося по длине и времени течений в трубе дают ошибку до порядка и более). Эти работы основываются на проведенном цикле тонких физических экспериментов.

Новые параметры ТС продиктовали необходимость учета неизотермичности в процессе подачи. Не теряют актуальность вопросы корректного учета двухфазного топлива. Учет газовой фазы производится на основе гипотезы и формальной процедуры по Астахову И.В.-Голубкову Л.Н., так и в рамках модели дисперсионной среды с переменными свойствами. В последнем случае производится учет гистерезиса при выделении - растворении газа.

Полезные приложения для промышленности имела организация решения сопряженной задачи топливоподачи и динамики привода ТНВД. Можно лишь сожалеть, что, несмотря на наличия такого вопроса в программе курса Динамика ДВС, выпускники ВУЗов России так и остаются в этом вопросе неосведомленными. Результат – фатальные ошибки при проектировании новых двигателей.

Внедрение ТС с электронным управлением обусловил необходимость разработок моделей быстродействующих электроприводов. К слову, по той же причине обострилась проблема расчета динамики привода из-за изъятия муфты опережения.

Сравнение пользовательского интерфейса и еще более, математических моделей, с аналогами (табл.) показывает, что им ПК Впрыск-4 не уступает, а по ряду позиций превосходит. Решающими достоинствами мы считаем относительная простота освоения и работы, быстродействие наряду с аппаратом исследования и оптимизации.

Разумеется, имеются по отношению к конкурирующим программам кажущиеся и реальные изъяны. К первым, например, можно отнести отсутствие 3D расчетов течения. Подобные модели и программы на кафедре ПД МГТУ разработаны (NSF-3), но здесь не применяются сознательно: расчет трехмерных течений по времени значительно превышает основную задачу. Таким образом, решение практических задач становится невозможным. В необходимых случаях (течении в конусах) это компенсируется полуэмпирическими методиками. К реальным недостаткам относятся более слабая проработка полезных “мелочей” сервиса, на сегодня – одноязычность, проигрыш в продвижении программы на рынке.

Ныне ПК функционирует в режиме удаленного пользования с сервером в МГТУ (см. другую статью). ПК передан для работы на ряд предприятий и ВУЗов России, является инструментальной базой при выполнении курсового проекта по

дисциплине Системы питания в МГТУ, применяется при выполнении договорных работ.

Литература:

1. Сайт <http://energy.power.bmstu.ru/e02/inject/i00rus.htm>
2. Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В. Моделирование процессов топливоподачи и проектирование топливной аппаратуры дизелей. – Барнаул-М.: Изд-во АлтГТУ им. И.И.Ползунова, 2002. – 166 с.

ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ БЕНЗИНА В ДВУХТАКТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Грехов Л.В., Потапов А.И. (Московский государственный университет им. Н.Э.Баумана)

В двигателях с искровым зажиганием наряду с традиционными системами подачи топлива во впускную систему, в последнее десятилетие, большое значение приобретают, системы непосредственного впрыскивания топлива в цилиндр. Ужесточение норм токсичности отработавших газов с введением в России экологического регламента для автомобильной техники ставит под сомнение возможность дальнейших разработок и производства двухтактных бензиновых двигателей с карбюратором. Радикальным средством снижения расхода бензина и токсичности отработанных газов, в первую очередь именно таких двигателей, является применение систем непосредственного впрыскивания топлива (СНВТ).

Существующие методики расчёта топливоподающей аппаратуры (ТПА) непосредственного действия по заданной характеристике впрыскивания для дизельного двухтактного двигателя позволяют получить весьма приблизительные расчётные данные для проектирования элементов бензиновой топливной аппаратуры. Также очевидно, что необходимое давление впрыскивания в бензиновом двигателе связано со специфическими условиями смесеобразования в нем. А это вносит существенные коррективы в конструкцию топливного насоса высокого давления и форсунки, для доводки ТПА используется компьютерная оптимизация ТПА.

Для оптимизации рабочего процесса и впрыскивания топлива бензинового двухтактного двигателя с кривошипно-камерной продувкой использовалась программа “ВПРЫСК”, разработанная в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Это позволило оптимизировать параметры ТПА по критерию заданной характеристике впрыскивания.

Первичное определение основных размеров и параметров СНВТ на первом этапе (до компьютерной оптимизации) производилось с использованием следующих соотношений [1]:

1. Цикловая подача из условия обеспечения питания двигателя:

$$g_{ц} = \frac{G_T \tau}{120 n_{дв} i} = \frac{g_{е ном} \cdot N_{е ном} \tau}{120 \cdot n_{дв} \cdot i_{ц}}, \quad (1)$$

где $g_{е ном}$, $N_{е ном}$ – расход топлива и мощность на номинальном режиме; τ – тактность (2 или 4); $i_{ц}$ – число цилиндров; G_T – часовый расход топлива; $n_{дв}$ – частота вращения вала двигателя.

2. Цикловая подача и производительность ТНВД из условия его размерности:

$$Q^{max} = 0,25\pi \cdot d_{пл}^2 \cdot h_{акт} \cdot \eta \cdot i_{пл} \cdot n_{ТНВД}, \quad (2)$$