

Модернизация топливной системы судовых дизелей Тимофеев В. Н.¹, Тихонов Н. Ф.²

¹Тимофеев Виталий Никифорович / Timofeev Vitalij Nikiforovich – кандидат технических наук, доцент;

²Тихонов Николай Федорович / Tikhonov Nikolay Fedorovich – старший преподаватель,
кафедра прикладной механики и графики, машиностроительный факультет,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, г. Чебоксары

Аннотация: в статье рассматривается рациональный выбор угла опережения подачи топлива в топливной системе судовых дизелей.

Ключевые слова: топливная система, электроника, микропроцессор, угол опережения впрыска топлива, дозатор, аккумулятор, судовой дизель, управление.

Одним из способов влияния на температурное состояние теплонпряженных деталей через параметры рабочего процесса является рациональный выбор угла опережения подачи топлива (θ). Действительно, излишне ранний (по углу поворота коленчатого вала) впрыск топлива приводит к достижению максимального давления сгорания в камере сгорания еще до прихода поршня в верхнюю мертвую точку, что увеличивает работу сжатия и снижает работу расширения, т.е. снижает индикаторные показатели работы дизеля. При запоздалом впрыске горение топлива продолжается на линии расширения, что также приводит к потере площади индикаторной диаграммы (цикла) и, следовательно, к ухудшению индикаторных показателей. Уменьшение угла опережения впрыска топлива (УОВТ) также приводит к понижению максимальной температуры газов и уменьшает выбросы окислов азота, но целесообразно лишь в ограниченных пределах, так как одновременно увеличивается дымность выпускных газов и повышается расход топлива.

Следовательно, для каждого режима работы дизеля должен быть определен УОВТ, оптимальный для данной угловой скорости и данной нагрузки и соответствующий при прочих равных условиях получением минимального удельного расхода топлива $b_{e.min}$.

Однако выбор угла θ опережения впрыска не может определяться только одним условием-получением минимального расхода топлива. Изменение θ связано не только с изменениями эффективной мощности P_e и $b_{e.min}$, но и с изменениями максимального значения давления сгорания p_z , скорости нарастания давления в цилиндре, температуры деталей дизеля, т.е. жесткости его работы и с целым рядом других факторов, ограничивающих возможности выбора угла опережения впрыска. Значения угла опережения впрыска выбирают с учетом всех действующих факторов.

Наиболее сложным оказывается для судовых и других транспортных дизелей, работающих в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов, так как оптимальное значение угла опережения впрыска зависит не только от нагрузки и угловой скорости коленчатого вала, но и от типа камеры сгорания и сорта топлива.

По мере снижения нагрузки дизеля, т.е. по мере цикловой подачи топлива, избыток воздуха в камере сгорания увеличивается, условия сгорания улучшаются, в связи, с чем угол опережения по мере снижения нагрузки должен уменьшаться. Исследования показали, что такое изменение θ приводит к оптимизации температур цилиндропоршневой группы (ЦПГ), что приводит к существенному снижению скорости изнашивания верхнего поршневого кольца на средних нагрузках, близких к холостому ходу, снижает жесткость работы дизеля [1].

При возрастании частоты вращения коленчатого вала увеличивается интенсивность вихрей в камере сгорания, повышается скорость образования рабочей смеси, что снижает время задержки воспламенения. Кроме того, при повышении частоты вращения коленчатого вала увеличиваются температура заряда вследствие возрастания политропы сжатия, температура остаточных газов. Это способствует уменьшению периода задержки воспламенения и скорости сгорания топлива; однако общее сокращение располагаемого для эффективного сгорания топлива времени приводит к необходимости увеличения УОВТ.

Регулируя УОВТ, можно воздействовать на стабилизацию механической, тепловой напряженности, на вид индикаторной диаграммы и на положение максимума давления с тем, чтобы установить оптимальное по показателям мощности и экономичности значение угла. Однако по мере увеличения УОВТ в цилиндр начинается при более низкой температуре и давлении, в связи, с чем длительность задержки самовоспламенения, а, следовательно, и фактор динамичности увеличиваются. В итоге повышается максимальное давление цикла, возрастает скорость нарастания давления в цилиндре. Очевидно, что одним увеличением УОВТ нельзя компенсировать увеличение задержки самовоспламенения при работе на топливе с низким цетановым числом или при относительно низкой

температуре газов в цилиндре в конце сжатия. С повышением частоты вращения длительность задержки самовоспламенения (в угловых градусах) увеличивается, возрастает и оптимальный УОВТ.

Проведенный анализ показывает, что для обеспечения высоких технико-экономических и экологических показателей целесообразно изменять УОВТ в соответствии со скоростным и нагрузочным режимами работы судового дизеля.

Все сказанное свидетельствует о том, что на стационарных дизелях целесообразно устанавливать автомат, снижающий угол опережения впрыска по мере уменьшения нагрузки, а на судовых и транспортных дизелях изменение угла опережения впрыска должно происходить в зависимости от изменений, как нагрузки, так и угловой скорости коленчатого вала дизеля.

Однако в настоящее время такие автоматические устройства практически не применяют в связи с тем, что они могут оказаться слишком сложными и дорогостоящими. Задача подбора УОВТ осуществляется, как правило, простыми средствами.

В самых простых случаях муфту связи топливного насоса с дизелем выполняют таким образом, что в период настройки дизеля можно в небольшом интервале изменять значения УОВТ и подбирать наилучшее его значение для наиболее важного или наиболее часто используемого режима работы. После наладки дизеля найденный таким образом УОВТ фиксируется и в процессе эксплуатации остается постоянным.

В некоторых случаях топливный насос оборудуют муфтой, допускающей ручное регулирование угла опережения впрыска. Однако в процессе эксплуатации судового дизеля трудно менять УОВТ при каждой смене скоростного режима. Поэтому в некоторых случаях вместо муфт с ручным изменением УОВТ устанавливают автоматические муфты, изменяющие УОВТ в зависимости от значений угловой скорости коленчатого вала.

Наряду с этим, с целью получения высокого эксплуатационного эффекта, выбор рациональных условий впрыскивания целесообразно проводить во всем поле рабочих режимов, что может быть реализовано путем внедрения в топливную аппаратуру электрически управляемых устройств и электронных систем регулирования, включающих микропроцессор [2]. Такие законы управления УОВТ реализуются в некоторых серийных и опытных транспортных дизелях зарубежных двигателестроительных фирм.

Значительное влияние на перераспределение теплового баланса оказывает изменение УОВТ. С увеличением УОВТ улучшаются условия смесеобразования, растет интенсивность тепловыделения вблизи верхней мертвой точки, что приводит к повышению максимальной и средней за цикл температур с одновременным снижением температуры отработавших газов. Поэтому с увеличением УОВТ, потери теплоты в охлаждающую среду растут, а с отработавшими газами - уменьшаются.

Таким образом, топливная система с электронным управлением позволяет выбрать оптимальный УОВТ, который определяет своевременность сгорания топлива; этот угол выбирают в зависимости от цетанового числа топлива, теплового состояния заряда и времени, отводимого на сгорание.

Наконец, нормальная работа дизеля возможно только в том случае, когда вне зависимости от режима его работы поддерживается оптимальная температура камеры сгорания, отвечающая наилучшему протеканию физико-химических процессов окисления топлива. В связи с этим решение задачи об охлаждении дизеля связано как с подбором теплоотводящего устройства, так и регулированием отвода теплоты в окружающую среду. Поэтому с участием автора совершенствована топливная система ДВС с электронным управлением по патенту № 2131536 [3], которая позволяет работать на двух видах топлива с возможностью изменения УОВТ в широком диапазоне изменения нагрузок (рис.1).

Система решает задачу создания устройства, работающего на двух видах топлива с возможностью перехода с одного вида на другой. Устройство содержит систему маловязкого топлива, систему вязкого топлива, топливный насос высокого давления, аккумулятор, электрогидравлический дозатор, управляющее логическое устройство, форсунку и термоэлектрический охладитель. Аккумулятор 5 позволяет поддерживать постоянное давление впрыска на всех режимах работы дизеля.

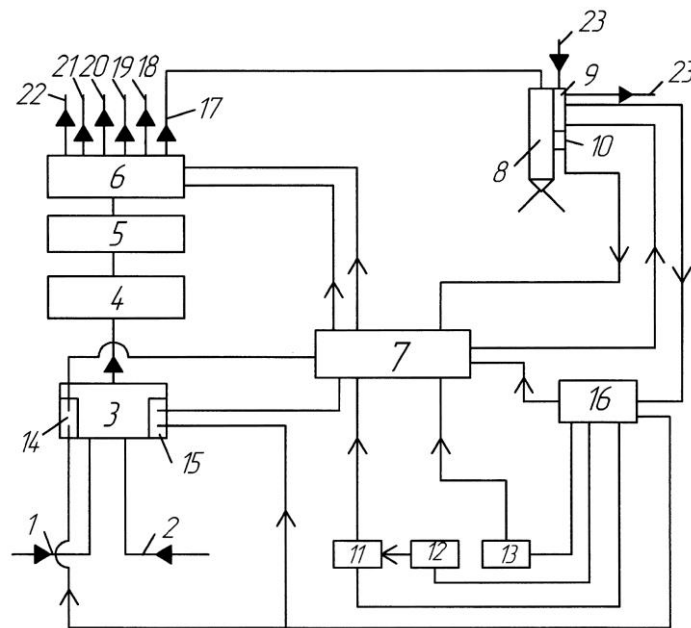


Рис. 1. Топливная система ДВС с электронным управлением: 1 - канал маловязкого топлива; 2 - канал вязкого топлива; 3 - смеситель; 4 - топливный насос высокого давления; 5 - аккумулятор; 6 - электрогидравлический дозатор; 7 - микропроцессорный контроллер; 8 - форсунка; 9 - термоэлектрический охладитель; 10, 11, 12, 13, 14, 15 - датчики температуры форсунки, нагрузки, пульта управления, атмосферного давления, рабочего положения топлив; 16 - блок питания; 17, 18, 19, 20, 21, 22 - каналы подачи топлива в форсунки; 23 - канал системы охлаждения

Управляющее логическое устройство (микропроцессорный контроллер) 7 обрабатывает входные сигналы от датчиков и управляет работой электрогидравлического дозатора 6 и в зависимости от рабочего топлива, нагрузки, атмосферного давления устанавливает оптимальный УОВТ. Для запуска дизеля и его работы на частичных нагрузках используется маловязкое топливо. При этом микропроцессорный контроллер устанавливает оптимальный угол опережения подачи топлива в дизель. В случае увеличения нагрузки дизель автоматически переходит на тяжелое топливо, например на мазут. В случае работы дизеля на маловязком топливе термоэлектрический охладитель поддерживает оптимальную температуру распылителя форсунки. При этом управляющее логическое устройство корректирует угол опережения подачи топлива на 1-4 градуса.

Следует отметить, что аккумуляторные системы топливоподачи имеют ряд преимуществ перед топливной аппаратурой других типов. Среди них гибкое управление процессом впрыскивания, включающее управление величиной цикловой подачи и фазами впрыскивания, формирование требуемого закона подачи по углу поворота коленчатого вала, возможность обеспечения независимости давления впрыскивания от режима работы дизеля, хорошая компоновка элементов системы топливоподачи на дизеле. Аккумулятор с электронным управлением впрыска позволяет достигнуть экономичности работы дизеля на малых нагрузках. Такая система лучше приспособлена для работы на различных сортах топлива, если учесть, что для каждого вида топлива требуется свой оптимальный угол впрыска и определенное давление распыливания.

Литература

1. Орлин А. С., Круглов М. Г. Двигатели внутреннего сгорания: системы поршневых и комбинированных двигателей /; под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1985. 456 с.
2. Солодовников В. В., Коньков В. Г., Суханов В. А., Шевяков О. В. Микропроцессорные автоматические системы регулирования. Основы теории и элементы / под ред. В. В. Солодовникова. Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1991. 255 с.
3. Тимофеев В. Н., Тузов Л. В., Безюков О. К., Иванченко А. А. и др. Патент 2131536 Россия, МКИ F 02 М 43/00. Топливная система ДВС с электронным управлением / (Россия); Оpubл. в БИ 10.06.99.