

УДК 621.43.039

К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ «ЗАПАЛЬНОЙ» ДОЗЫ ДЛЯ НАДЕЖНОГО ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ДВУХТОПЛИВНОЙ СМЕСИ В ГАЗОДИЗЕЛЬНОМ ДВИГАТЕЛЕ

*Сергей ЧЕРНОБРИСОВ, Анатолий ДИМОГЛО**Приднестровский Государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Республика Молдова*

Abstract. The factors influencing on the quantity and stability of fuel delivered to gas-diesel engine are considered in this paper. As a result of researches the factors having significant effects on the reduction of ignition dose size of diesel fuel and on the optimization of combustion of two-fuel mix have been established.

Key words: Gas-diesel engine; Injection; Ignition dose; Impulse; Factor; High pressure fuel pump; Plunger; Injector; Valve; Pipeline.

Реферат. В статье рассмотрены факторы влияющие на количество и стабильность подаваемого топлива в газодизельный двигатель. В результате исследований установлены факторы оказывающие существенное влияние на уменьшения величины запальной дозы дизельного топлива и оптимизацию сгорания двухтопливной смеси.

Ключевые слова: Газодизель; Впрыск; Запальная доза; Импульс; Фактор; Топливный насос высокого давления; Плунжер; Форсунка; Клапан; Трубопровод.

ВВЕДЕНИЕ

Безусловно, на современном этапе технического прогресса в сельскохозяйственном производстве энергетическое обеспечение прироста продукции не может быть достигнуто за счет моторных топлив, получаемых из нефти. Альтернативное решение проблемы возможно за счет использования газа в качестве топлива для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

Постоянное увеличение потребности в дизельном топливе и существенное его подорожание в последние годы приводят к необходимости перевода тракторов и созданных на их базе строительных, дорожных и коммунальных машин, самоходных сельхозмашин, а также других мобильных и стационарных энергетических установок на альтернативные виды топлива, в первую очередь сжатый природный газ.

Эффективность использования газового топлива в газодизелях, зависит от систем топливоподачи жидкого и газообразного топлив и их регулировки. Несмотря на давно известные достоинства газодизелей, они до сих пор не получили широкого применения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведенные исследования показали, что для уменьшения величины запальной дозы дизельного топлива и оптимизации сгорания двухтопливной смеси необходимо было установить порог минимальной запальной дозы дизельного топлива, обеспечивающий надежное воспламенение газо-воздушной смеси в цилиндрах и устойчивую работу двигателя на всех эксплуатационных режимах.

Чтобы понять, какие элементы топливной аппаратуры высокого давления (ТНВД) влияют на стабильность ее работы, рассмотрим некоторые факторы, влияющие на установку минимальной запальной дозы топлива газодизельного двигателя.

Многие эксплуатационники считают, что насосная секция ТНВД при активном ходе плунжера поднимает давление топлива во всем объеме линии нагнетания. Когда величина усилия от давления топлива на дифференциальную площадку иглы распылителя превышает силу предварительного сжатия пружины форсунки, игла приподнимается, и начинается впрыск топлива. По мере снижения давления топлива в линии нагнетания, в результате открытия плунжером перепускного окна втулки и истечения топлива через сопла, уменьшается усилие от воздействия топлива на иглу, и она под действием пружины начинает перемещаться к запорному конусу. При этом они предполагают, что на всех стадиях движения иглы распылителя существует равновесие сил, действующих на иглу, то есть усилие от давления топлива уравнивается силой от воздействия пружины форсунки. Такие процессы действительно имеют место, но только при проверке форсунок на ручном приборе, когда топливо закачивают в линию нагнетания медленным перемещением вручную насосного элемента.

При работе насосной секции на дизеле дело обстоит иначе. Плунжер при активном ходе дает начало двум процессам: перетеканию топлива по линии нагнетания в результате выталкивания топлива плунжером и формированию импульса волны давления в результате сжатия топлива плунжером. Сжатие топлива происходит не во всем объеме линии нагнетания, а только в объеме, непосредственно примыкающем к надплунжерному пространству. Формирование импульса и процесс его перемещения по топливопроводу подобны волне по длинному, туго натянутому шнуру. Если шнур резко поколебать рукой с одного конца, то к другому его концу начинает перемещаться волна. Роль руки в варианте топливной аппаратуры играет плунжер, роль шнура столбик топлива, заключенный в линии нагнетания.

Перетекание топлива происходит со скоростью 100...120 м/с, а перемещение импульса — со скоростью звука в среде топлива, примерно 1200 м/с. Имея скорость на порядок выше, импульс быстрее достигает форсунки и под его воздействием срабатывает распылитель. Получается, что давление в полости распылителя возрастает не от того, что туда добавилось топливо, закаченное плунжером, а от того, что к нему подошел импульс волны давления. Скорость распространения импульса колеблется в зависимости от давления топлива в линии нагнетания между очередными активными ходами плунжера. Поэтому при длине топливопровода 1,2 м и частоте вращения коленчатого вала дизеля 2000 мин⁻¹ разница между углами действительного начала подачи топлива от различных скоростей распространения импульса может достигать примерно 12° по углу поворота вала. Если учесть, что допустимое отклонение в установке угла действительного начала подачи топлива при установке топливного насоса на дизель составляет всего ±30, регулировка насоса и его установка сводятся на нет нестабильной работой секции насоса от цикла к циклу. А при установке минимальной запальной дозы дизельного топлива для газодизеля этот вопрос имеет решающее значение.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Как показали исследования важным фактором при регулировке и установке запальной дозы на топливной аппаратуре является, длина трубопроводов высокого давления. Если при регулировке ТНВД дизельного двигателя этим фактором можно пренебречь, то для газодизеля он является ключевым моментом. При изменении длины трубопровода резко изменяются нормы впрыска топлива, особенно это сказывается при работе с минимальными дозами впрыска. Результаты испытаний приведены на графике 1.

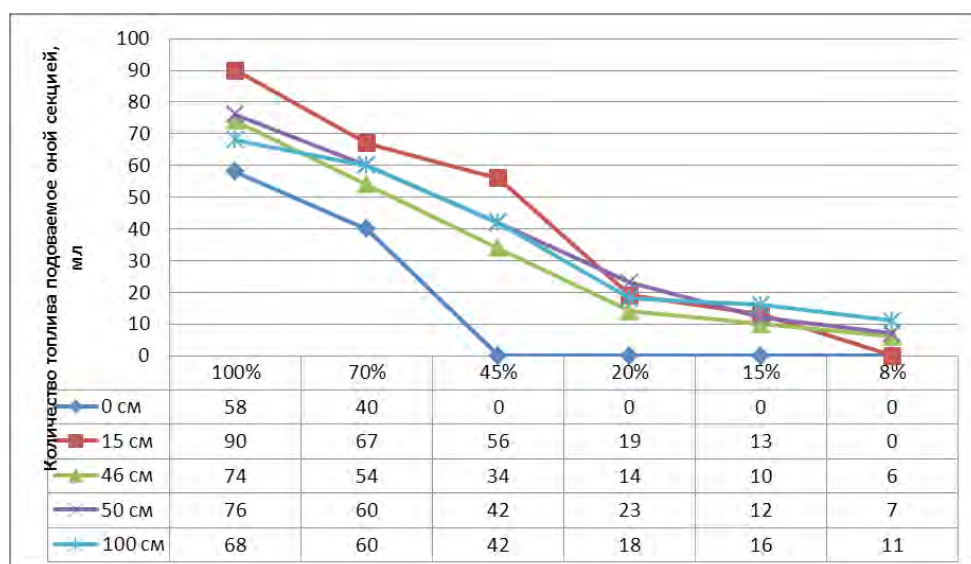


График 1. Зависимость изменения количества запальной дозы от длины трубопровода высокого давления

Анализ графика 1 показывает, что при нулевой длине трубопровода норма впрыска нарушается, а при ограничении ее до 50% полностью прекращается впрыск. Связано это с отсутствием

топлива во всем объеме линии, топливо находится только в надплунжерном пространстве. Этот факт не позволяет создать импульс необходимый для поднятия иглы форсунки.

При длине линии в 15 см норма впрыска секцией увеличивается с 74 до 90 мл. А при попытке достичь минимальной дозы впрыска в 8% от нормы, впрыск прекращается из-за отсутствия импульса.

При стандартной длине трубопровода равной 46 см график впрыска представляет собой прямую и позволяет снизить запальную дозу впрыска дизельного топлива до 8 % от нормы.

График трубопровода высокого давления длиной в 50 см имеет незначительно большие показатели по норме впрыска, но в целом схож со стандартной длиной трубопровода.

Трубопровод длиной в 100 см нарушает нормы впрыска топлива и завышает минимальную запальную дозу впрыска.

Проанализировав полученные данные можно заключить, что при увеличении длины трубопровода высокого давления увеличивается и норма впрыска дизельного топлива. Возникает необходимость в регулировке ТНВД (для газодизеля) на регулировочном стенде используя трубопроводы той же длины, что установлены на двигателе.

Еще одним фактором является изменение температуры дизельного топлива и условий работы насоса, влияющие, прежде всего на физические свойства топлива: вязкость, плотность или удельную массу и коэффициент сжимаемости. Температура топлива при входе в головку топливного насоса колеблется в пределах $-25...35^{\circ}\text{C}$. Отрегулированный насос, установленный на двигатель, попадает уже в другие условия работы. Летом у большинства двигателей температура топлива в головке насоса достигает $+60...70^{\circ}\text{C}$, а зимой снижается до $+5...10^{\circ}\text{C}$. Форсунки на двигателе подают топливо в цилиндр, в среду с противодавлением. У разных двигателей давление в цилиндрах различно и находится в пределах 4,00—7,00 МПа. Это зависит от конструкции двигателя, режима его работы, технического состояния цилиндропоршневой группы и такта всасывания.

Вязкость — это основной показатель дизельного топлива, оказывающий наибольшее влияние на производительность насоса при изменении температурных условий его работы. С повышением температуры вязкость топлива уменьшается. Изменение вязкости при этом происходит непропорционально изменению температуры. Так, от изменения температуры от $+50$ до $+100^{\circ}\text{C}$ вязкость меняется незначительно, а при низких температурах она резко возрастает. С повышением температуры от $+10$ до $+100^{\circ}\text{C}$ вязкость летнего топлива уменьшается в 2,7 раза, зимнего — 2,3 раза.

С уменьшением вязкости дизельного топлива уменьшается подача топлива за один ход плунжера. Уменьшение подачи происходит из-за увеличивающейся утечки топлива по зазорам: плунжер — втулка, игла — корпус распылителя, а также за счет изменения продолжительности впрыска. Относительное колебание величины подачи топлива от изменения вязкости топлива может достигать 3...6%.

Плотность топлива зависит от вязкости и температуры. При увеличении вязкости от 1,3 до 4 сСт плотность возрастет примерно на 5%. При повышении температуры топлива от 20 до 80°C плотность уменьшается на 5...6%. С уменьшением плотности уменьшается и масса топлива, подаваемого в цилиндр двигателя.

Коэффициент сжимаемости жидкости - это относительное изменение ее объема от давления. При увеличении температуры топлива от 20 до 80°C он уменьшается на 30%. Это влечет за собой уменьшение цикловой подачи топлива, поскольку для достижения заданной величины давления плунжер затрачивает большую величину активного хода изменение величины цикловой подачи от совместного влияния плотности, вязкости и коэффициента сжимаемости может достигать 17%. В результате изменяется и работа дизеля.

Важную роль по обеспечению стабильности величин цикловых подач и угла действительного начала подачи топлива также играет нагнетательный клапан секции ТНВД. Клапан должен надежно разобщать линию нагнетания с надплунжерным пространством и в определенных пределах обеспечивать величину остаточного давления в линии нагнетания между циклами. Стабильная величина остаточного давления необходима для создания одинаковой скорости прохода импульсов подачи топлива, по линии нагнетания. Этим поддерживается постоянное значение разницы между углами подачи топлива секций насоса и форсунки.

Наиболее распространенным клапаном рядных насосов является клапан грибового типа. В

процессе подачи топлива плунжером разгрузочный поясок клапана находится вне седла, пружина клапана сжата, и он удерживается в этом положении за счет кинетической энергии потока топлива, подаваемого плунжером. С начала отсечки топлива плунжером давление под клапаном начинает снижаться. Клапан под воздействием пружины перемещается к седлу. Часть топлива успевает перетечь из нажимного штуцера в надплунжерное пространство, пока разгрузочный поясок не разобшил эти две полости.

Исследования показывают, что приращение давления вследствие гидроудара зависит в основном от режима работы аппаратуры и конструкции плунжерной пары, на него не влияет ход разгрузки клапана, но остаточное давление определяется ходом разгрузки. Чем меньше разгрузочный ход клапана, тем выше остаточное давление и тем больше величина максимального давления первого всплеска, способного вызвать подвпрыски. Клапаны с большим ходом разгрузки снижают остаточное давление и через него максимальное давление первого всплеска, чем и снимается возможность появления подвпрысков, что также не может не являться учитывающим фактором при минимизации запальной дозы дизельного топлива для газодизеля.

ВЫВОДЫ

Установлены факторы, влияющие на величину и стабильность впрыска «запальной» дозы дизельного топлива газодизеля.

Это длина трубопровода высокого давления, температура, а следовательно вязкость и плотность дизельного топлива, противодействие создаваемое в камере сгорания при впрыске топлива, а также тип нагнетательного клапана.

Регулировка ТНВД на минимальную дозу впрыска дизельного топлива для газодизеля может быть успешно осуществлена при соблюдении выше перечисленных факторов.

Оптимизация «запальной» дозы позволит снизить расход дизельного топлива по сравнению со стандартным газодизельным процессом на 20-30% при частичных нагрузках и на 15% при номинальной нагрузке двигателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. БЕЛЯВЦЕВ, А.В., ПРОЦЕРОВ, А.С. (1988). Топливная аппаратура автотракторных дизелей. Москва: Росагропромиздат. 223 с.
2. ВЕРБОВСКИЙ, В.С. (2012). Оптимизация запальной дозы дизельного топлива газодизеля по энергетическим показателям. В: Двигатели внутреннего сгорания, № 2, с. 17-29. ISSN 0419-8719.
3. АНИСИМОВ, И.Ф., ЧЕРНОБРИСОВ, С.Ф., ДИМОГЛО, А.В. (2014). Исследования газодизеля как экологически безопасного источника механической энергии. В: Экологическое образование и охрана окружающей среды: технические университеты в формировании единого научно-технологич. и образовательного пространства СНГ. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ч. 2, с. 177-183. ISBN 978-5-91916-022-9.
4. ЧЕРНОБРИСОВ, С.Ф., ДИМОГЛО, А.В. (2005). К выбору оптимального способа конвертации автотракторных дизелей в газодизеле на примере сжатого природного газа. В: Энергетика Молдовы – 2005: сб. докладов междун. конф., Кишинев.

Data prezentării articolului: 28.09.2018

Data acceptării articolului: 07.11.2018