Обеспечение безопасности национального транспортного комплекса является важнейшей составляющей национальной безопасности, отражающей состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз в транспортном комплексе. Даже малейший сбой в работе транспортного комплекса может обернуться для государства колоссальными потерями: материальными, людскими, экологическими, технологическими. Поэтому транспортные средства отнесены к категории источников повышенной опасности, а вся транспортная система определяется как система высокорисковых объектов.

1. Государственная концепция обеспечения транспортной безопасности России, 2006
2. Красновский В.И. Укрепление транспортной безопасности — дело всего общества // Терроризм и безопасность на транспорте. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, 7 февраля 2007 г. / Под. ред. В.П. Войтенко, В.И. Красновского. — М., 2007. — С. 19 – 23.
3. Николаева Н.В. К вопросу об обеспечении транспортной безопасности // Терроризм и безопасность на транспорте. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, 7 февраля 2007г. / под ред. В.П.Войтенко. — М., 2007 — стр.268
4. Лотникова Д.Ю. История и методология транспортных процессов: учеб. пособие / Д.Ю. Лотникова, В.В. Нагорный. — Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2021. — 199 с. ISBN 978-5-8333-1049-6
5. Нагорный В.В. Сфера безопасности общественного и индивидуального транспорта, на примере г. Краснодар / В.В. Нагорный, Д.Ю. Лотникова, // В сборнике : механика, оборудование, материалы и технологии. Электронный сборник научных статей по материалам третьей научно-практической конференции 2020. - С. 1160-1163. - Текст : непосредственный.
6. Нагорный В.В. Основные проблемы безопасности дорожного движения в городе Краснодаре за 2020 год / В.В. Нагорный, Д.Ю. Лотникова – Текст непосредственный // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ" - 2020. - № 7. - С. 202-207.

Евграфов В.А., Карапетян М.А.

Совершенствование работы электромагнитной форсунки газодизельной системы питания двигателей

*Российский государственный аграрный университет МСХА им. К. А. Тимирязева
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-47

Аннотация

Существуют различные системы газодизельных подач топлива в камеру сгорания двигателей. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье предложено усовершенствование электромагнитной форсунки для газодизельной системы питания двигателей, позволяющей увеличить распыляемость горючей смеси.

Ключевые слова: форсунка, сопло, давление, двигатель.

Abstract

There are various systems of gas-diesel fuel supply to the combustion chamber of engines. Each of them has its own advantages and disadvantages. In this article, an improvement of the electromagnetic nozzle for the gas-diesel engine power system is proposed, which allows to increase the atomization of the fuel mixture.

Keywords: nozzle, pressure, engine.

Наряду с топливной аппаратурой для подачи жидких альтернативных топлив разработаны и применяются системы топливоподачи различных газовых топлив. В настоящее время первое место в мире по потреблению на транспорте среди альтернативных топлив занимают сжиженные нефтяные газы (пропан и бутан), получаемые при переработке нефтяного (попутного) газа. Применяемые на транспорте пропан-бутановые фракции попутных нефтяных газов сжижаются при нормальной температуре и сравнительно невысоком давлении (около 1,5 МПа). Поэтому их целесообразно использовать на транспорте в сжиженном виде, что позволяет применять баллоны с относительно

невысоким давлением газового топлива и увеличить энергоемкость баллонов. При этом возможно применение систем топливоподачи, в которых сжиженный газ вначале преобразуется в газообразное состояние, смешивается с воздухом во впускной системе и подается в КС двигателя, в которую затем впрыскивается запальная доза дизельного топлива. В этом случае воздух и газ находятся в одном агрегатном состоянии, что облегчает условия смесеобразования. Для воспламенения подаваемого в цилиндр двигателя газообразного топлива используется запальная доза дизельного топлива, которая впрыскивается в цилиндр основной форсункой. При этом дизельное топливо подается к форсунке топливным насосом.

Газообразное топливо с каждым годом находит все более широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. В сельскохозяйственном производстве газообразное топливо широко используется для технологических (при отоплении теплиц, парников, сушилок, животноводческих и птицеводческих комплексов) и бытовых целей. В последнее время его применяют и для двигателей внутреннего сгорания. Для автомобильного транспорта по ГОСТ 27578 - 87 выпускают сжиженный газ марок ПА - пропан автомобильный и ПБА - пропан бутан автомобильный. Газ марки ПБА предназначен для всех климатических районов при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C , а марки ПА - в зимний период для тех климатических районов, где температура воздуха ниже -20°C . Рекомендуемый температурный интервал применения газа марки ПА от -20 до -35°C . В весенний период с целью полного израсходования запасов сжиженного газа марку ПА допускается применять при температуре до 10°C . Главный горючий компонент этих газов - метан. Так же как в жидком и в газообразном топливе наличие сероводорода нежелательно из-за его коррозионного воздействия на газовую аппаратуру и детали двигателя. В газах не должно быть циана. Соединяясь с водой, он образует синильную кислоту, под действием которой в стенках газовых баллонов образуются мельчайшие трещины. Наличие в газах смолистых веществ и механических примесей приводит к образованию отложений и загрязнений на приборах газовой аппаратуры и на деталях двигателей. Основные компоненты сжиженного газа, обеспечивающие оптимальное давление насыщенных паров в газовом баллоне, - пропан и пропилен. Давление насыщенных паров существенно влияет на работу газовой установки автомобиля. На рисунке 1 показана зависимость давления насыщенных паров пропанобутановых смесей от температуры. Давление паров растет с повышением температуры, причем у пропана значительно быстрее, чем у бутана.

Чем больше в пропанобутановой смеси пропана, тем выше упругость паров смеси. Зная давление смеси при определенной температуре, можно оценить процентное содержание в нем пропана и бутана. По максимальному давлению насыщенных паров смеси определяют прочность газового баллона, а для обеспечения нормальной работы топливоподающей аппаратуры смесь должна иметь избыточное давление не менее $0,1\text{ МПа}$.

Рисунок 1. Зависимость давления насыщенных паров пропанобутановых смесей от температуры:

1 - пропан; 2 - 80% пропана + 20 % бутана; 3 - 60 % пропана + 40 % бутана; 4 - 40% пропана + 60 % бутана; 5 - 20 % пропана + 80 % бутана; 6-бутан

Изменяя компонентный состав, получают зимние и летние смеси. Так, зимняя смесь СПБТЗ содержит 75 % пропана и пропилена, а летняя смесь СПБТЛ - 60 % бутана и бутиленов. Бутановые углеводороды (бутан, изобутан, бутилен, изобутилен и др.) обладают наибольшей теплотой сгорания и легко сжимаются.

За основу газодизельной системы питания взята система питания двигателей в которых подача газового топлива осуществляется электромагнитной форсункой во впускной трубопровод двигателя. Напомним работу системы питания двигателя работающего по газодизельному циклу. При переводе системы питания тумблером (находящийся в кабине на панели приборов) на сжиженный газ происходит следующее: 1. включается в работу электромагнитный блок управления (ЭБУ); 2. включается механизм запальной дозы; 3. открывается газовый клапан в редукторе испарителе. В работу также включаются следующие датчики: 1. датчик положения коленчатого вала; 2. датчик положения распределительного вала; 3. датчик положения педали; 4. датчик абсолютного давления во впускном трубопроводе. Особую роль в данной системе питания играет электромагнитная форсунка рис. 2. От диаметра сопла форсунки и усилия сжатия пружины иглы, а так же давления подачи газа, - зависит степень распыленности, равномерности распределения топлива по всему объему камеры сгорания дизеля, что влияет на уровень детонации горючей смеси в камере сгорания двигателя, в конечном счете на КПД двигателя и топливную экономичность. Вкратце расчет форсунки сводится к определению диаметра сопловых отверстий, в данной статье приведена методика расчета и даны формулы для проведения расчетов.

Рисунок 2. Электромагнитная форсунка

1 - обмотка электромагнита, 2 - игла клапана, 3 - корпус колодки, 4 - крышка,
5 - корпус клапана распылителя, 6 - корпус форсунки, 7 - насадка распылителя,
8 - пружина, 9 - сердечник электромагнита, 10 - фильтр, 11 - ограничительная шайба, 12 - штекер, 13 - изолятор,
14 - уплотнительное кольцо, 15 - шайба

Объем газа, впрыскиваемого форсункой за один рабочий ход, определяется, по формуле:

$$V_{ц} = \frac{g_e \cdot N_e \cdot 10^6}{30 \cdot n \cdot i \cdot \rho_{гб}}, \quad (1)$$

где g_e - удельный расход топлива, г/кВт/ч; N_e - номинальная мощность модернизированного автомобиля, кВт; n - номинальная частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; i - число цилиндров; $\rho_{нб}$ - плотность сжатого газа в газовой рампе, МПа. $\rho_{нб} = 11,5$ МПа.

$$V_{\delta} = \frac{274 \cdot 123 \cdot 10^3}{30 \cdot 2100 \cdot 6 \cdot 11,5} = 7752 \text{ мм}^3/\text{цикл}.$$

Время истечения топлива;

$$\Delta t = \frac{\Delta \varphi}{6 \cdot n}, \quad (2)$$

где $\Delta \varphi$ - угол поворота коленчатого вала, $\Delta \varphi = 120^\circ$.

$$\Delta t = \frac{120}{6 \cdot 2100} = 0,01$$

Давление газа во впускном трубопроводе в период впрыска $p_{\delta} = 0,1$ МПа

Средняя скорость истечения топлива через сопловые отверстия распылителя определяется по формуле;

$$w_{\delta} = \sqrt{\left(2 / \rho_{га} \right) (p_{\delta} - p_{\delta}) \cdot 10^6}, \quad (3)$$

$$w_{\delta} = \sqrt{(2 / 11,5) (0,5 - 0,1) \cdot 10^6} = 294 \text{ м/с}.$$

Суммарную площадь сопловых отверстий определим по формуле;

$$f_c = \frac{V_{ц}}{\mu_{\phi} \cdot w_{\phi} \cdot \Delta t \cdot 10^3}; \quad f_c = \frac{7752}{0,8 \cdot 294 \cdot 0,01 \cdot 10^3} = 0,85 \text{ мм}^2. \quad (4)$$

где μ_{ϕ} - коэффициент расхода топлива принимаем $\mu_{\phi} = 0,8$

Число сопловых отверстий принимаем равным $m = 1$.

Диаметр соплового отверстия;

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot f_c}{\pi \cdot m}}; \quad d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,85}{3,14 \cdot 1}} = 0,974 \text{ мм} \quad (5)$$

Расчет пружины

Давление газа создаваемое над пружиной равняется 0,2 Мпа.

Определим диаметр проволоки;

$$d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot F_{\max} \cdot c}{[\tau]_k}}, \quad (6)$$

где k – коэффициент учитывающий кривизну витков; $k = 1 + \frac{1,45}{c}$

$F_{\max}$ – максимальная нагрузка, Н; c – индекс пружины, $c = D/d$;

$[\tau]_k$ – допускаемое напряжение кручения, $[\tau]_k = 470$ МПа.

$$k = 1 + \frac{1,45}{9} = 1,16; \quad d = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{1,16 \cdot 20 \cdot 9}{470}} = 0,8 \text{ мм}.$$

Определим податливость одного витка;

$$\lambda_1 = \frac{8 \cdot c}{G \cdot d}; \quad \lambda_1 = \frac{8 \cdot 9}{785,00 \cdot 0,8} = 0,1146. \quad (7)$$

где G – модуль сдвига.

Определяем потребное число рабочих витков по условию, по которому при возрастании нагрузки от установочной (начальной) $F_{\min}$ до максимальной $F_{\max}$ пружина должна получить заданное упругое перемещение

$$i = \frac{x}{\lambda_1 \cdot (F_{\max} - F_{\min})}; \quad i = \frac{1}{0,1146 \cdot (20 - 18)} = 4,36 \text{ вит.} \quad (8)$$

где x – заданное упругое перемещение $x = 1$ мм. Принимаем: $i = 5$ витков

Определяем общее количество витков; $i_0 = i + (1,5 \dots 2)$; $i_0 = 5 + 1,5 = 6,5$ витк. (9)

Длина пружины сжатия при соприкосновении витков с учетом со шлифовки каждого конца пружины на $0,75d$;

$$H = (i_0 + 0,5)d; \quad H = (6,5 - 0,5)0,8 = 4,8 \text{ мм.} \quad (10)$$

Определим шаг пружины в ненагруженном состоянии;

$$h = d + \frac{(1,1 \dots 1,2) \cdot \lambda_{\max}}{i}, \quad (11)$$

где $1,1 \dots 1,2$ - коэффициент предопределяющий некоторый зазор между витками пружины во избежании частичного прилегания витков и потери линейной характеристики пружины; $\lambda_{\max}$ - упругое сжатие пружины под действием силы $F_{\max}$.

$$\lambda_{\max} = \lambda_1 \cdot i \cdot F_{\max}; \quad \lambda_{\max} = 0,1146 \cdot 5 \cdot 20 = 11,46. \quad (12)$$

Определим длину пружины в ненагруженном состоянии;

$$H_0 = H + i(h - d); \quad (13)$$

$$h = 0,8 + \frac{1,1 \cdot 11,46}{6} = 3,32 \text{ мм.} \quad H_0 = 5,6 + 6 \cdot (3,32 - 0,8) = 24,7 \text{ мм.}$$

Выводы.

Работа с минимальной запальной дозой дизельного топлива (5 % от полного расхода топлива на номинальном режиме) возможна при использовании дополнительного ТНВД небольшой производительности или ТНВД с двумя плунжерами и форсунок малых размеров для запальной дозы дизельного топлива; - обеспечение доли запального топлива в количестве 8...10 % без снижения мощности двигателя может быть достигнуто при использовании штатной топливоподающей аппаратуры, но за счет оптимизации диаметра и количества распыливающих отверстий форсунки, заданной упругости пружины иглы форсунки, диаметра плунжера ТНВД и геометрии его отсечной кромки, управления УОВТ в соответствии с режимом работы при подаче запальной дозы дизельного топлива; - достижение высоких значений эффективного КПД двигателя обеспечивается путем подачи газового топлива в КС под давлением 20...25 МПа.

1. Пучин Е.А. Технический сервис дизельной аппаратуры [Пучин Е.А. и др.] – М.: УМЦ Триада, 2003. – 108 с.
2. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области. ж. Естественные и техниче-ские науки. № 8 (146) г. Москва. 2020. с. 207-212.
3. McGregor B.A., Kerven C., Toigonbaev S. Sources of variation affecting cashmere grown in the Pamir mountain districts of Tajikistan and implications for industry development. Small Ruminant Research. 2011. Т. 99. № 1. С. 7-15.
4. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Исследования по оптимизации использования машино- тракторного парка предприятия./ Механизация и элек-трификация сельского хозяйства. 2016. № 5. С. 28-33.
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин./ Методическое пособие. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Москва, 2020.

Лагода Р.А.

Углеродный след: главный экологический вопрос человечества

*Кубанский Государственный Технологический Университет
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-48

Аннотация

Тема глобального потепления усиленно обсуждается десятки лет. Она приобрела мировой масштаб, когда о ней заговорили политики. Однако ученые обеспокоены этим