

УДК 621.436.681.51

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ДОЗАТОРА ГАЗА, СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ
ТРАНСПОРТНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Манойло В.М., к. т. н., доц

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенко*

Предложена методика расчётно-экспериментального определения параметров проточной части электромагнитного дозатора газа (ЭДГ), обеспечивающая повышение надёжности узла, установленного в системе топливоподачи транспортного двигателя, адаптированного к условиям эксплуатации.

Ключевые слова: методика, параметры, электромагнитный дозатор, двигатель внутреннего сгорания.

Введение. Ужесточение экологических норм по вредным выбросам (CO , CH и NOx) в окружающую среду, предполагает, использовать в качестве моторных топлив альтернативные источники энергии, такие, например, как природный газ (пропан – бутановую смесь, метан и т.д.), которые можно подавать в цилиндры ДВС при помощи ЭДГ с электронным управлением. Применение природного газа в ДВС позволяет повысить примерно в два раза срок службы свечей зажигания и моторного масла. Снизить эксплуатационные расходы АТС путем более низкой цены природного газа по сравнению с жидким топливом. Смесью природного газа и воздуха поступающего в цилиндры двигателя не смывается масляная пленка с деталей цилиндро-поршневой группы, и тем самым повышается надежность работы ДВС и автотранспортного средства (АТС) в целом.

Анализ последних достижений и публикаций. Исследование проточной части направленное на повышение надёжности уплотнения тарельчатого клапана с плоской опорной поверхностью, а также определение величины усилия, с которым перетекающее рабочее тело (газ) воздействует на клапан, приведено в работе [1]. Результаты экспериментальных исследований по определению общего сопротивления РТ в кольцевой щели клапана, опубликованы в справочнике [2]. Автором систематизированы отдельные положения из этих работ, последние были дополнены положениями, взятыми из курса дисциплин [3,4]. На основании чего, была разработана методика определения режимных и конструк-

тивных параметров проточной части электромагнитного дозатора газа, системы топливоподачи транспортного двигателя. Сущность метода изложена ниже.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является: обоснование выбора исходных параметров проточной части узла; разработка методики для определения режимных и конструктивных параметров проточной части электромагнитного дозатора, установленного в системе топливоподачи транспортного двигателя АТС.

Обоснование выбора параметров и сущность предлагаемой методики. Действительный процесс течения газового потока, протекающий в проходных сечениях ЭДГ достаточно сложно математически описать, особенно в момент попеременного открытия либо закрытия проходного сечения перепускного клапана дозатора.

Для приближенного описания процесса подачи газа в цилиндры ДВС в предлагаемую методику внесено ряд допущений:

1. В работающем дозаторе процесс подъема начинается с минимального значения и заканчивается максимальным подъемом, а в предлагаемой методике с целью упрощения процесс подъема (опускания) клапана дозатора осуществляется мгновенно.
2. Газовую рампу, рассматривают в виде некоей емкости неограниченного (достаточно большого) объема, в которой давление рабочего тела (РТ) при открытии клапана не изменяется (пульсациями давления пренебрегаем).

Конструктивная схема тарельчатого клапана с плоской опорной поверхностью, размещенного в газовой рампе ЭДГ приведена на рис. 1.

К конструктивным элементам газовой рампы ЭДГ относятся: 1 - подводящий участок газовой рампы; 2 – седло клапана с жиклером; 3 - тарелка клапана; 4 - подвижный шток; 5 – штуцер с выпускным каналом; 6 - электромагнит.

В верхней части на наружной поверхности газовой рампы установлен и закреплен электромагнит.

Габаритные размеры внутренней полости газовой рампы (согласно справочника [2]) изменяются в следующих пределах: высота $b = 0,9 \div 2,0$ мм; ширина $c = 1,1 \div 3,5$ мм; длина штуцера $a = 2,5 \div 2,8$ мм.

Координаты выпускного отверстия в рампе под штуцер изменяются в диапазонах: $n_1 = 1,4$ мм; $m_1 = 0,7$ мм.

В современных дозаторах газа высота подъема клапана z_d составляет 0,3 – 1,6 мм, а наружный диаметр клапана d_d соответственно изменяется в диапазоне 1,6 – 6,5 мм. Следовательно, проходное сечение плоского клапана без направляющих ребер очень сильно изменяется в зависимости от

высоты подъема клапана. При некотором положении клапана средние скорости в седле и в кольцевой щели могут стать равными по величине [1, стр. 83]. Это положение клапана можно определить из условия равенства проходных сечений кольцевой щели и клапана $\pi \cdot d_d \cdot z_d = \pi \cdot \frac{d_d^2}{4}$.

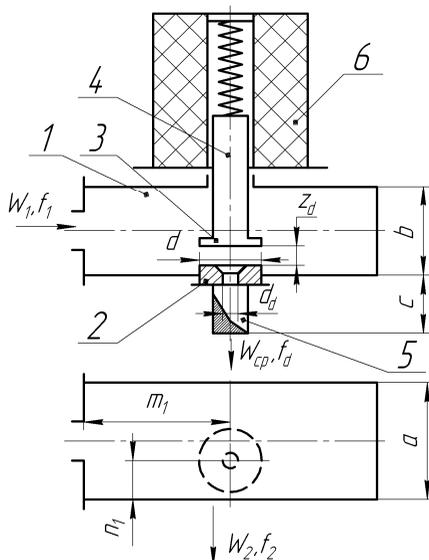


Рис.1. Конструктивная схема размещения в газовой рампе ЭДГ тарельчатого клапана с плоской опорной поверхностью: здесь W_1 и W_2 – скорости входящего и выходящего газовых потоков в узле, м/с; f_1 и f_2 - проходные сечения входящего и выходящего штуцеров для подвода и отвода природного газа, м²; f_d – проходное сечение жиклера дозатора, м²; d – наружный диаметр клапана, м²; z_d – максимальный ход клапана, м²

После сокращений, получим: $z_d = 0.25 \cdot d_d$. Регулирующее действие клапана изменяется, главным образом, при его подъемах не превышающих $z_d \leq 0.25 \cdot d_d$. Дальнейший подъем клапана не дает существенного уменьшения его общего сопротивления. Это связано с тем, что скорость в кольцевой щели становится равной или остается меньше, чем скорость в седле клапана (при дальнейшем подъеме клапана скорость в кольцевой щели будет уменьшаться, а скорость в седле клапана будет нарастать).

Характеристики опорного сопротивления ζ [2] на участках 1,2,3,4 и 5 во внутренней полости газовой рампы приведены на рис.2.

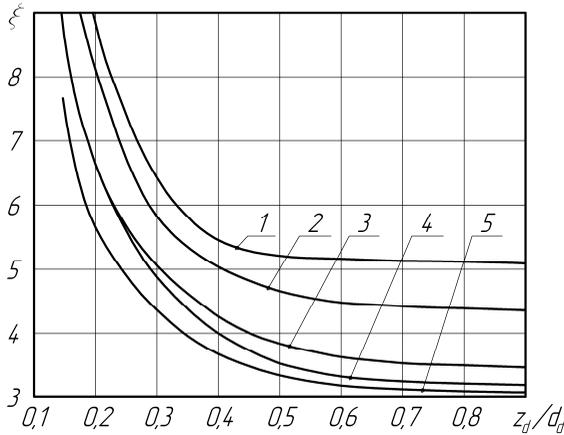


Рис.2. Характеристики опорного сопротивления в конструктивных элементах 1,2,3,4 и 5 внутренней полости газовой рампы ЭДГ

Проходное сечение тарельчатого клапана с плоской, опорной поверхностью, в зависимости от высоты подъема клапана [1], определяется следующим соотношением

$$f_d = \pi \cdot d_d \cdot z_d, \quad (1)$$

Высоту подъема клапана [1] можно определить следующим выражением

$$z_d = \xi \cdot \frac{w_{cp}^2}{2 \cdot g} \rho_g, \quad (2)$$

где: ρ_g - плотность газа в рампе ЭДГ, кг/м^3 ; w_{cp} - средняя скорость в седле клапана, м/с ; g - ускорение свободного падения, м/с^2 ; ξ - общее сопротивление в кольцевой щели клапана.

Общее сопротивление РТ в кольцевой щели клапана, приведено в справочнике [2], и ее можно определить с помощью следующего соотношения

$$\xi \equiv \frac{\Delta p}{\rho_g \cdot w_{cp}^2 \cdot 0.5} \approx 0.122 \cdot \left(\frac{z_d}{d_d}\right)^{-2} + 0.195 \cdot \left(\frac{z_d}{d_d}\right)^{-1} + c_i, \text{ см. кривые 1-4}; \quad (3)$$

$$\xi \equiv \frac{\Delta p}{\rho_g \cdot w_{cp}^2 \cdot 0.5} \approx 0.075 \cdot \left(\frac{z_d}{d_d}\right)^{-2} + 0.286 \cdot \left(\frac{z_d}{d_d}\right)^{-1} + c_i, \text{ см. кривую 5}. \quad (4)$$

Плотность газа в рампе ЭДГ находится из уравнения состояния, кг/м³

$$\rho_g = \frac{P_g}{R_g \cdot T_g}, \quad (5)$$

где: $R_g = \frac{8314}{\mu_{\text{газа}}}$ - характеристическая газовая постоянная газа (метана), Дж/кг·К; T_g и P_g - температура и давление газа в рампе, К; $\mu_{\text{газа}}$ - молярная масса газа (метана), кг/кмоль.

Средняя скорость в седле клапана находится из выражения [3], м/с

$$w_g = w_{cp} = \sqrt{2 \cdot R_g \cdot T_g \cdot \frac{k_g}{k_g - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_k}{p_g} \right)^{\frac{2}{k_g}} - \left(\frac{p_k}{p_g} \right)^{\frac{k_g + 1}{k_g}} \right]}, \quad (6)$$

где: k_g – коэффициент адиабаты газа; p_k – давление рабочего тела во впускном коллекторе ДВС, Па; если, $p_k \leq p_{кр} = p_g \cdot \left(\frac{2}{k_g + 1} \right)^{\frac{k_g}{k_g - 1}}$, то вмес-

то p_k в выражение (6) подставляем $p_{кр}$; $p_{кр}$ – критическое давление в сечении перепускного клапана подачи РТ ЭДГ, Па.

Как показывают исследования на надежность и долговечность работы дозатора газа в месте посадки его подвижных элементов, особое влияние оказывает ширина «полки» контакта седла клапана, из опытных данных этот конструктивный параметр соответственно равен

$$\sigma = 0,5 \cdot (d - d_d) = 0,11 \cdot d_d. \quad (7)$$

Величина усилия, с которым перетекающее рабочее тело (газ) воздействует на клапан [1] и препятствует его открытию, определяется по формуле

$$P_3 = 1000 \cdot \pi \cdot \frac{d_d^2}{4} \cdot \frac{w_{cp}^2}{2 \cdot g} \cdot \rho_g \cdot \left[2,5 + 19 \cdot \frac{(\sigma - 0,1 \cdot d_d)}{d_d} + \left(\frac{d_d}{2,45 \cdot z_d} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Расход подаваемого газа во впускной коллектор ДВС через проходное сечение перепускного клапана подачи РТ ЭДГ можно определить экспериментально при помощи зависимости

$$G_{z0} = f \cdot (f_d, p_g, T_g), \quad (9)$$

либо определить расчетным способом при помощи следующего соотношения [3]

$$G_{z\partial} = f_d \cdot \rho_g \cdot w_g = \frac{f_d \cdot P_g}{\sqrt{R_g \cdot T_g}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa_g}{\kappa_g - 1} \cdot \left[\left(\frac{P_k}{P_g} \right)^{\frac{2}{\kappa_g}} - \left(\frac{P_k}{P_g} \right)^{\frac{\kappa_g + 1}{\kappa_g}} \right]}. \quad (10)$$

Расход, который способно обеспечить проходное сечение перепускного клапана ЭДГ можно определить, если использовать значения хода (подъема) тарелки перепускного клапана. Тогда расчетная зависимость расхода газа примет вид, м³/ч

$$G_{z\partial} = f_d \cdot \rho_g \cdot w_g = \pi \cdot d_d \cdot z_d \cdot \rho_g \cdot w_g. \quad (11)$$

Откуда, подъем (перемещение) клапана-сердечника ЭДГ соответственно равен, м:

$$z_d = \frac{G_{z\partial}}{\pi \cdot d_d \cdot \rho_g \cdot w_g}. \quad (12)$$

Цикловую подачу газа [4], обеспечиваемую дозатором можно выразить через часовой расход газа, потребляемый двигателем, следующим соотношением, см³/цикл

$$q_{um} = \frac{\tau \cdot g_e \cdot N_e}{120 \cdot n \cdot i \cdot \rho_g} = \frac{\tau \cdot G_{z\partial}}{120 \cdot n \cdot i \cdot \rho_g}, \quad (13)$$

где: n - частота вращения вала ДВС, мин⁻¹; i - количество цилиндров ДВС, шт; τ - коэффициент тактности двигателя; N_e - эффективная мощность ДВС, кВт; g_e - удельный эффективный расход топлива ДВС, м³/(кВт·ч).

Соответственно, расход газа, протекающий через проходное сечение перепускного клапана ЭДГ можно определить, используя цикловую подачу, следующим образом

$$G_{z\partial} = \frac{120 \cdot q_{um} \cdot \rho_g \cdot i \cdot n}{\tau}. \quad (14)$$

Приравняем выражения (11) и (14)

$$\frac{120 \cdot q_{um} \cdot \rho_g \cdot i \cdot n}{\tau} = \pi \cdot d_d \cdot z_d \cdot \rho_g \cdot w_g, \quad (15)$$

Тогда из равенства (15), получим математическую связь между цикловой подачей топлива, скоростью течения газа и ходом перепускного клапана ЭДГ

$$q_{um} = \pi \cdot d_d \cdot z_d \cdot \frac{w_g \cdot \tau}{120 \cdot i \cdot n}. \quad (16)$$

Выводы. Метод определения режимных и конструктивных параметров прочной части электромагнитного дозатора газа, системы топливоподачи для эксплуатационных режимов работы транспортного двигателя, используется в дальнейшем при разработке модели исследования дина-

мики возвратно-поступательного движения клапана-сердечника ЭДГ.

Список использованных источников:

1. Первов Б.Н. Исполнительные устройства регулирования тепловыми установками. - М-Л.: Энергоиздат, 1952.- 232 с.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под редакцией канд. техн. наук Штейнберга М.О. – М.: Машиностроение, 1992.- 672 с.: ил.
3. Недужий И.А. Техническая термодинамика и теплопередача./ Недужий И.А., Алабовский А.Н.- К.: ”Вища школа“, 1978.- 224 с.
4. Тимченко І.І. Автомобільні двигуни / І.І. Тимченко, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долгунов, М.Р. Муждобасв. За ред. І.І. Тимченко.-Х.: Основа, 1995.-464с.

Анотація

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ДОЗАТОРА ГАЗУ, СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА

Манойло В.М.

Запропоновано методику розрахунково-експериментального визначення параметрів проточної частини електромагнітного дозатора газу (ЕДГ), що забезпечує підвищення надійності вузла, встановленого в системі паливоподачі транспортного двигуна, адаптованого до умов експлуатації.

Ключові слова: *методика, параметри, електромагнітний дозатор, двигун внутрішнього згорання.*

Abstract

METHOD OF CALCULATING THE FLOW PART OF THE ELECTROMAGNETIC DOSING GAS THE FUEL SUPPLY SYSTEM OF A VEHICLE ENGINE

Manoilo V.

Proposed a method settlement and experimental determination of the parameters of the flow part of the electromagnetic gas divider (EDG), providing high reliability unit installed in the fuel system of a vehicle engine, adapted to the conditions.

Key words: *methods, parameters, electromagnetic dosing, the internal combustion engine.*