

Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л.

Bolotokov A. L., Gubzhokov H. L.

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ
НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА**

**INFLUENCE OF FUEL SUPPLY EQUIPMENT PARAMETERS
ON FUEL INJECTION CHARACTERISTICS**

Для того, чтобы оценить степень совершенства процесса топливоподачи, пользуются фактором динамичности, который показывает отношение количества топлива, поданного за период задержки воспламенения, к цикловой подаче. Диаметр плунжера влияет на характеристики подачи наиболее значительно. С увеличением диаметра плунжера растут давление впрыскивания, цикловая подача, уменьшается продолжительность впрыскивания. Вместе с этим, возрастают силы инерции вследствие увеличения массы плунжера, силы от давления топлива, действующие на плунжер. Это обуславливает рост контактных напряжений в системе привода, появляется опасность возникновения дополнительных впрысков.

При наличии гидравлического сопротивления импульсы давления и скорости в нагнетательном топливопроводе искажаются, что в конечном итоге сказывается на параметрах подачи топлива. Возникающие дополнительные впрыскивания приводят к созданию условия для демпфирования отраженных волн, и в конце процесса впрыскивания дизельного топлива – увеличению колебания. Колебания давления и скорости топливоподачи резко возрастают после отсечки подачи. Эти колебания приводят к разрывам сплошности потока.

Характеристика впрыскивания топлива определяется конструктивными параметрами топливного насоса, нагнетательного топливопровода и форсунки, основными из которых являются распылитель дизельной форсунки и плунжерная пара.

Ключевые слова: дизель, распылитель, форсунка, испытание, ресурс.

In order to assess the degree of perfection of the fuel supply process and people use the dynamism factor, which shows the ratio of the amount of fuel supplied during the ignition delay period to the cyclic supply. The diameter of the plunger affects the flow characteristics significantly. As the plunger diameter increases, the injection pressures and the cycle feed increase, and the injection duration decreases. At the same time, the inertia forces increase due to the increase in the mass of the plunger, the forces from the fuel pressure acting on the plunger. This causes an increase in contact stresses in the drive system, and there is a risk of additional injections.

If there is hydraulic resistance, the pressure and speed pulses in the fuel injection line are distorted, which ultimately affects the fuel delivery parameters. Additional injection is caused by the created conditions for damping the reflected waves, and at the end of the diesel fuel injection process, fluctuations increase. Pressure and speed fluctuations increase dramatically after the feed cutoff. These fluctuations lead to discontinuities in the flow continuity.

The characteristic of fuel injection is determined by the design parameters of the fuel pump, the fuel injection line and the injector, the main of which is the diesel injector sprayer and the plunger pair.

Key words: diesel, spray, nozzle, test, resource.

Болотоков Анзор Леонидович – старший преподаватель кафедры технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
Тел.: 8 964 033 63 55
E-mail: anzor.n@Inbox.ru
Bolotokov Anzor Leonidovich –

senior lecturer of the Department of technology of maintenance and repair of machines in agriculture, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Тел.: 8 964 033 63 55
E-mail: anzor.n@Inbox.ru

Губжоков Хусен Лелович –

Характеристика впрыскивания топлива – это зависимость расхода топлива через сопловые отверстия дизельной форсунки от угла поворота коленчатого вала или времени. [1] Элементарный расход топлива можно определить по формуле:

$$dg_T = \mu_\varepsilon f_\varepsilon \sqrt{\frac{2}{q}(p_\phi - p_z)} dt, \quad (1)$$

где:

$\mu_\varepsilon f_\varepsilon$ – эффективное проходное сечение форсунки;

p_ϕ – давление в форсунке;

$t = \varphi_k / 6n_k$ – время: n_k – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ;

φ_k – угол поворота коленчатого вала;

g_T – текущее значение расхода топлива через сопловые отверстия;

g – ускорение свободного падения [3, 4].

Тогда расход топлива за определенный промежуток времени можно определить по формуле:

$$g_T = \sqrt{2/q} \int_0^t \mu_\varepsilon f_\varepsilon \sqrt{(p_\phi - p_z)} dt, \quad (2)$$

или

$$g_T = \frac{1}{6n_k} \sqrt{2/q} \int_0^\varphi \mu_\varepsilon f_\varepsilon \sqrt{(p_\phi - p_z)} d\varphi_k \quad (3)$$

Исходя из зависимости давления и эффективного проходного сечения дизельной форсунки от времени или значения угла поворота коленчатого вала двигателя, используя приведенные уравнения, построим кривую по подаче дизельного топлива в камеру сгорания дизельного двигателя. Эту же кривую можно построить по характеристике распределения впрыскиваемого дизельного топлива в камеру сгорания дизельного двигателя в зависимости от каждого градуса по повороту коленвала дизеля или кулачкового вала.

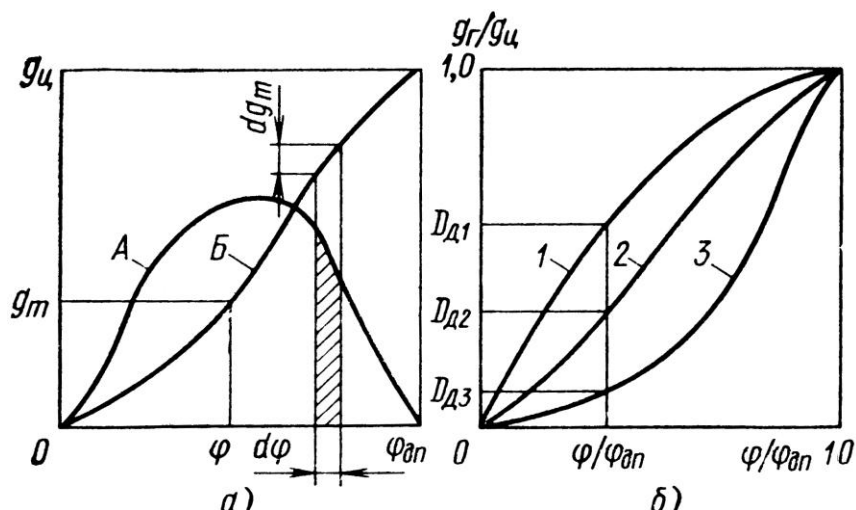


Рисунок 1 – Характеристики впрыскивания топлива:
а – дифференцированная; б – интегральная

Из рисунка 1а видно, что характеристика подачи *A*, которая показывает, количество впрыскиваемого топлива на каждый градус по углу поворота коленчатого вала двигателя – *дифференциальная* характеристика. Суммарная кривая *B*, которая была построена

на основе характеристики подачи – *интегральная*. Видно, что подынтегральная площадь и цикловая подача топливного насоса g_u одинаковы. Так как абсолютные значения кривых *A* и *B* подачи отдельных топливных систем между собой неудобны для

сравнения характеристик, поэтому целесообразнее пользоваться относительными параметрами (рисунок 1б), выраженными либо в процентах, или в долях единицы. Кривая 1 характерна для топливных систем, обеспечивающих резкое нарастание подачи топлива в начальном периоде, кривая 3 характеризует медленное поступление топлива вначале и резкое увеличение подачи в конце, а кривая 2 – почти пропорциональную зависимость подачи от угла поворота валика [2, 5].

Для оценки совершенства процесса подачи топлива иногда пользуются фактором динамичности D_d , показывающим отношение количества топлива, поданного за период задержки воспламенения, к цикловой подаче.

На рисунке 1б, видно, что наибольшая динамичность у топливных систем, которым соответствует кривая 1, а наименьшая – кривая 3. с повышением фактора динамичности увеличивается скорость нарастания давления, возрастает жесткость работы дизеля. Наоборот, при слишком малой величине этого фактора нарастание давления в цилиндре будет медленным, а продолжительность подачи большой, что приведет к повышенным удельным расходам топлива. Таким образом, характеристика подачи топлива определяет как динамические показатели дизеля, так и его экономичность. Она обуславливает моторесурс и надежность дизеля. В общем случае характеристике подачи топлива должны соответствовать относительное малое значение D_d и подачи основной порции топлива в начальный момент сгорания.

Для передачи импульса давления топлива и скорости, которая формируется у топливного насоса (прямые волны) и у дизельной форсунки (отраженные волны) служит *нагнетательный топливопровод*. При наличии гидравлического сопротивления импульсы давления и скорости в нагнетательном топливопроводе искажаются, что в конечном итоге сказывается на параметрах подачи топлива.

Особенно заметно процесс впрыскивания зависит от внутреннего диаметра топливопровода. Если уменьшается диаметр по внутренней окружности, то увеличивается сопротивление гидравлическое, это приводит,

в свою очередь, к снижению подачи системы и увеличению продолжительности цикловой подачи. А при увеличении внутреннего диаметра уменьшаются продолжительность подачи и гидравлическое сопротивление. К возникновению дополнительного впрыскивания приводят создающиеся условия для демпфирования отраженных волн и в конце процесса впрыскивания дизельного топлива – увеличивающиеся колебания. Колебания давления и скорости резко возрастают после отсечки подачи. Эти колебания приводят к разрывам сплошного потока.

Длина нагнетательного топливопровода оказывает влияние на период движения волн, а следовательно, на время подхода отраженной волны давления к насосу и прямой волны к форсунке.

Нагнетательный клапан разъединяет в конце впрыскивания насос от топливопровода, а при отсосе дополнительно разгружает линию высокого давления. При отсутствии нагнетательного клапана уменьшается подача топлива и увеличивается продолжительность впрыскивания. Наличие нагнетательного клапана влияет на характеристику впрыскивания в основном при разгрузке системы нагнетания. При помощи нагнетательного клапана осуществляют ступенчатую подачу, улучшают равномерность подачи отдельными секциями системы и др.

Концевой объем форсунки V_f , суммарное проходное сечение, а также конструкция запорного органа оказывают влияние на характеристику впрыскивания. Обычно при оценке влияния проходного сечения сопловых отверстий на характеристику впрыскивания пользуются отношением f_n / f_c (f_n / f_c – площадь поперечного сечения плунжера и сопловых отверстий распылителя соответственно). Чем больше это отношение, тем выше давление впрыскивания, тем лучше распыляется топливо, поступающее в камеру сгорания, но при этом растет остаточное давление в системе и увеличивается вероятность появления дополнительных впрысков.

Изменение проходного сечения f_c соплового отверстия влияет и на движение иглы форсунки. При увеличении f_c

снижается давление p_f , а следовательно, сила, действующая на иглу со стороны топлива, в результате чего максимальный подъем иглы уменьшается. Заметно влияние на характеристику впрыскивания и диаметра иглы форсунки. В процессе увеличением диаметра иглы распылителя увеличивается объем дизельного топлива, освобождаемый при подъеме иглы распылителя дизеля.

При заполнении этого объема некоторая часть топлива расходуется, подаваемая топливным насосом. В процессе посадки иглы в седло распылителя это топливо выталкивается из седла и попадает в объем V_f форсунки, что может значительно уменьшать давление p_f , когда отсасываемый объем соизмерим с объемом V_f .

Литература

1. Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Апазhev А.К., Егозhev А.М., Болотоков А.Л. Повышение экономичности дизельных двигателей с модернизированным распылителем форсунки // Научный журнал фармацевтических, биологических и химических наук. 2018. RJPBCS 9 (6). С. 737-742.
2. Батыров В.И., Губжиков Х.Л., Болотоков А.Л. Изменения параметров распыливающих отверстий форсунок автотракторных дизелей в эксплуатации // Молодёжный форум: технические и математические науки: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский ГЛТУ, 2015. С. 83-85.
3. Батыров В.И., Шехихачева Л.З., Болотоков А.Л. Перспективы использования биотоплива на основе рапсового масла в качестве моторного для дизелей. Международный научно-исследовательский журнал «Человек и современный мир» [Электронный ресурс]. 2019. №1 (26). С. 107-116.
4. Шехихачев Ю.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Шехихачева Л.З., Болотоков А.Л. Экспериментальное исследование влияния состава композиционного биотоплива на мощностные и экологические показатели дизеля // АгроЭкоИнфо. 2019. №1.
5. Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Губжиков Х.Л., Болотоков А.Л. Улучшение показателей эффективности использования энергетических средств с дизельными

Диаметр плунжера влияет на характеристики подачи значительно. С увеличением диаметра плунжера растут давление впрыскивания и цикловая подача, уменьшается продолжительность впрыскивания. Вместе с этим возрастают силы инерции вследствие увеличения массы плунжера, силы от давления топлива, действующие на плунжер. Это обуславливает рост контактных напряжений в системе привода, появляется опасность возникновения дополнительных впрысков.

Следовательно, характеристика впрыскивания топлива определяется конструктивными параметрами топливного насоса, нагнетательного топливопровода и форсунки, основными из которых являются плунжерная пара и распылитель форсунки.

двигателями модернизацией распылителей форсунок // Наука в центральной России. Тамбов, 2018. №6.

References

1. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov A.L. Povyshenie ekonomichnosti dizel'nyh dvigatelej s modernizirovannym raspylitelem forsunki // Nauchnyj zhurnal farmacevticheskikh, biologicheskikh i himicheskikh nauk. 2018. RJPBCS 9 (6). S. 737-742.
2. Batyrov V.I., Gubzhikov H.L., Bolotokov A.L. Izmeneniya parametrov raspylivayushchih otverstij forsunok avtotraktornyh dizelej v ekspluatacii // Molodyozhnyj forum: tekhnicheskie i matematicheskie nauki: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Voronezh: Voronezhskij GLTU, 2015. S. 83-85.
3. Batyrov V.I., SHekihacheva L.Z., Bolotokov A.L. Perspektivy ispol'zovaniya biotopliva na osnove rapsovogo masla v kachestve motornogo dlya dizelej. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal «CHelovek i sovremennyj mir» [Elektronnyj resurs]. 2019. №1(26). S. 107-116.
4. SHekihachev YU.A., Batyrov V.I., Balkarov R.A., SHekihacheva L.Z., Bolotokov A.L. Eksperimental'noe issledovanie vliyaniya sostava kompozitsionnogo biotopliva na moshchnostnye i ekologicheskie pokazateli dizelya // AgroEkoInfo. 2019. №1.
5. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Gubzhikov H.L., Bolotokov A.L. Uluchshenie pokazatelej effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv s dizel'nyimi dvigatelyami

modernizacii raspylitelej forsunok // Nauka v
central'noj Rossii. Tambov, 2018. №6.

