

Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л.

Bolotokov A. L., Gubzhokov H. L.

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ
НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКИ**

**INFLUENCE OF MECHANICAL ADMIXTURES IN DIESEL FUEL
ON THE PERFORMANCE OF A DIESEL INJECTOR**

Для повышения эксплуатационных параметров распылителя дизельных форсунок и снижения облитерации предлагается модернизация распылителя дизельной форсунки путем выполнения винтовой канавки в направляющей части иглы. Надежность и долговечность дизельных форсунок обусловлены стабильностью показателей работы и безотказностью распылителей. Топливо, перетекающее из канавки в зазор, способствует осесимметричному давлению на запорную иглу распылителя дизеля. При прохождении топлива под давлением в винтовом канале и заполнении зазора между иглой и корпусом распылителя происходит смазывание, а также осуществляется смягченный закручивающий удар запорной части иглы распылителя дизельной форсунки о седло корпуса вместо прямого жесткого удара, как в серийных распылителях.

Было выявлено, что объем топлива в винтовом канале распылителя дизельной форсунки зависит от объема топлива в щели распылителя. При увеличении зазора между корпусом распылителя дизельной форсунки и иглой коэффициент сопротивления щели распылителя не снижается ниже 0,4, поэтому объем винтового канала распылителя будет 0,5-0,9 от объема зазора распылителя дизельной форсунки.

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

To improve the performance parameters of the diesel nozzle sprayer and reduce obliteration, it is proposed to upgrade the diesel nozzle sprayer by making a screw groove in the guide part of the needle. The reliability and durability of diesel injectors are due to the stability of performance indicators and trouble-free sprayers. Fuel flowing from the groove into the gap contributes to axisymmetric pressure on the shut-off needle of the diesel sprayer. With the passage of fuel under pressure in the screw channel and fill the gap between the needle and body spray is smudge-and is softened swirl punch locking of the needle spray diesel nozzle on the saddle of the housing instead of a direct hard blow, as in serial sprayers.

It was found that the volume of fuel in the screw channel of the diesel nozzle spray depends on the volume of fuel in the spray slot. When the gap between the body of the diesel nozzle sprayer and the needle increases, the coefficient of resistance of the spray slot does not decrease below 0.4, so the volume of the screw channel of the sprayer will be 0,5-0,9 of the volume of the gap of the diesel nozzle sprayer.

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

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
Phone: 89640336355
E-Mail: anzor.n@Inbox.ru

Губжоков Хусен Лелович –
доцент кафедры технологии обслуживания и
ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
Тел.: 8 905 437 09 09
E-mail: gubzh69@mail.ru

GubjokovHusenLelovic –
associate Professor of the Department of machine
maintenance and repair technology in the
agricultural sector, FSBEI HE Kabardino-
Balkarian SAU, Nalchik
Phone: 8 905 437 09 09
E-mail: gubzh69@mail.ru

Производительность дизельной форсунки зависит от качества распыливания и точности дозирования топлива, а также мощности, производительности, КПД и надежности дизельного двигателя.

Исследования, проведенные учеными, показали, что форсунки дизельного двигателя выходят из строя по следующим причинам: изменения значения гидроплотности, изменения герметичности, зависания или заклинивания иглы, закоксовывания распылителей форсунок [1, 2].

При прохождении топлива по винтовому каналу иглы распылителя дизельной форсунки влияние на процесс топливоподачи оказывают граничные условия, обусловленные действующими на границе жидкой и твердой фаз полярные активные молекулы топлива. В зазоре между корпусом и иглой распылителя (прецизионная пара) образуются пограничные слои, которые адсорбируются на рабочих поверхностях иглы распылителя дизельной форсунки. При определенной толщине слоя топливо приобретает свойства упругой прочности на сдвиг и обладает аномальной вязкостью, которая отличается по размерам и свойствам от объемной вязкости. Это явление называется облитерацией [3, 4].

Облитерация – это сложный физико-химический процесс, на интенсивность которого влияет загрязнение жидкости твердыми и вязкими механическими включениями.

Когда размер зазора уменьшается до определенного значения, толщина слоев становится такой, что течение жидкости может прекратиться.

Чтобы повысить долговечность распылителей дизельных форсунок и снизить процесс износа, предлагается

модернизировать распылитель иглы (рис. 1) [5].

Сопловая игла имеет спиральную канавку в направляющей части иглы под углом α , с радиусом r , что способствует осесимметричному давлению на иглу жидкости, вытекающей из канавок в зазор S между корпусом 1 и направляющей частью иглы 2 дизельной форсунки распылителя. Благодаря наличию топлива в винтовом канале происходит смазка, а также смягчается скручивающее воздействие игольчатого конуса на седло корпуса, вместо прямого жесткого воздействия в серийных распылителях.

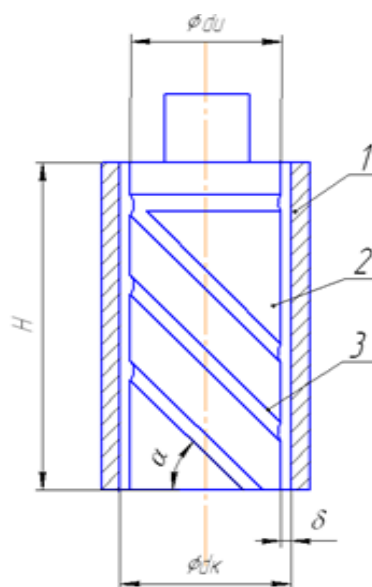


Рисунок 1 – Принципиальная схема направляющей части иглы распылителя:
1 – корпус, 2–игла; 3 – канавка; α – угол подъема канавки

Для выбранного плана проведения эксперимента уравнение регрессии в общем виде имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (1)$$

где:

$b_0...b_3$ – коэффициенты модели;

X_1, X_2 – факторы влияния.

В качестве факторов приняли:

X_1 – степень загрязненности топлива $C_{заг}, \%$;

X_2 – объем топлива в винтовой канавке модернизированного распылителя $V_k, \text{мм}^3$.

В таблице 1 представлены реальные значения факторов и в кодированном виде.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Уровни	Фактор			
	степень загрязненности дизельного топлива $C_{заг}, \%$		объем дизельного топлива в винтовой канавке иглы распылителя $V_k, \text{мм}^3$	
	X_1		X_2	
Верхний	$19 \cdot 10^{-4}$	+1	$V_k=0,9V_\delta$	+1
Нижний	$2 \cdot 10^{-4}$	-1	$V_k=0,1V_\delta$	-1
Основной	$11 \cdot 10^{-4}$	0	$V_k=0,5V_\delta$	0
Интервал	$9 \cdot 10^{-4}$		$0,4V_\delta$	

Для определения рационального сочетания объема дизельного топлива в винтовой канавке иглы распылителя V_k и загрязненности дизельного топлива $C_{заг}$ была реализована матрица планирования эксперимента (табл. 2).

Таблица 2 – Матрица планирования Эксперимента

Номер опыта, №	X	
	X_1	X_2
1	+1	+1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	-1	-1

В ходе эксперимента решались следующие задачи по определению:

- гидроплотности форсунки дизеля;
- объема дизельного топлива в винтовой канавке иглы распылителя;
- коэффициента сопротивления щели.

При исследовании использовались:

- форсунки ФД-22 с распылителями РД 4×0,32;
- ТНВД марки УТН-5;
- стенд для испытания дизельной топливной аппаратуры СДТА-2;

- прибор для определения технического состояния форсунки дизеля КИ-3333.

Гидроплотность Γ_n определяли по формуле:

$$\Gamma_n = \Gamma_{n(u)} + At, \quad (2)$$

где:

$\Gamma_{n(u)}$ – исходное значение гидроплотности, определяемое на стенде, с;

A – интенсивность изменения гидроплотности;

t – наработка, мото-ч.

При проведении испытаний с серийными и модернизированными распылителями форсунок на гидроплотность получены следующие результаты (рис. 2).

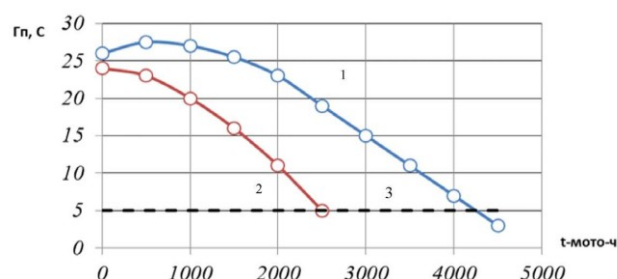


Рисунок 2 – Гидроплотность с серийными и модернизированными распылителями в зависимости от изменения наработки: 1 – с модернизированными форсунками; 2 – с серийными форсунками; 3 – граница допуска по ТУ

Наименьшую гидроплотность имеют модернизированные распылители при наработке 3900-4200 мото-ч, а серийные – при наработке 2500-3000 мото-ч.

На рисунке 3 представлены результаты экспериментов по проливкам через капиллярную щель, имеющего от 0,0002 до 0,002% степени загрязненности. Значение коэффициента сопротивления щели $\frac{Q_k}{Q_n}$,

отложено по оси ординат, а на оси абсцисс – значение объема дизельного топлива в винтовом канале иглы распылителя V_k в зависимости от объема топлива в зазоре V_δ . $V_k=f(0,1;0,5;0,9)V_\delta$.

Для определения объема топлива в зазоре использовалась формула:

$$V_\delta = \frac{\pi(d_k - d_n)^2}{4} \cdot h, \quad (3)$$

где:

d_k – диаметр винтовой канавки корпуса распылителя, мм;

d_u – диаметр винтовой канавки иглы распылителя, мм;

h – высота направляющей части иглы распылителя, мм.

При значениях $d_k = 6,03$ мм, $d_u = 6,0027$ мм, $h = 20$ мм, получили $V_\delta = 0,123$ мм³.

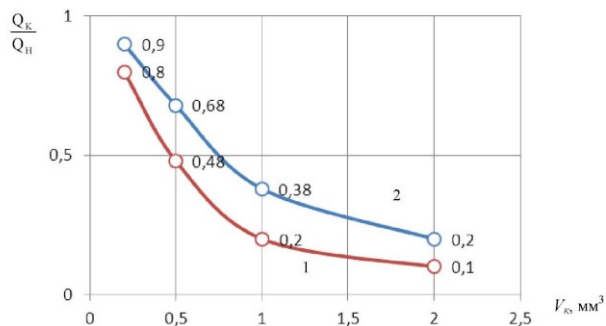


Рисунок 3 – Изменение коэффициента сопротивления щели в зависимости от загрязненности топлива и объема топлива в зазоре:

1 – при степени загрязненности $20 \cdot 10^{-4} \%$;

2 – при степени загрязненности $2 \cdot 10^{-4} \%$

Для определения объема спирали

используем следующие соотношения:

$$tg \alpha = \pi D / S, \sin \alpha = S / l, l = n \cdot S, l^2 = (2\pi R)^2 + S^2, V_k = l \cdot \frac{\pi d^2}{8}.$$

При $\alpha = 45^\circ$, $r = 0,002$ мм, $l = 22$ мм;
 $V_k = 0,098$ мм³.

При $\alpha = 40^\circ$, $r = 0,002$ мм, $l = 18,7$ мм;
 $V_k = 0,839$ мм³.

При $\alpha = 30^\circ$, $r = 0,002$ мм, $l = 17$ мм;
 $V_k = 0,026$ мм³.

Из графика видно, что при $V_k = 0,1 V_\delta$ и наибольшей степени загрязненности дизельного топлива коэффициент сопротивления щели составляет $\frac{Q_k}{Q_n} = 0,1$, а

суммарный зазор на 10% больше исходного, и это вызывает высокую степень облитерации щели в распылителе форсунки.

При увеличении в 2 раза суммарного зазора $V_k + V_\delta = 1,9$ и одинаковой степени загрязненности дизельного топлива, зарастание щели происходит незначительно. Поэтому можно выполнить

винтовую канавку, равную 0,5-0,9 от зазора V_δ .

Таким образом, модернизация иглы распылителя дизельной форсунки снижает вероятность зависания и «прихватывания» иглы, а так же контактное выкрашивание направляющей поверхности иглы и корпуса распылителя дизельной форсунки, что способствует повышению работоспособности.

Литература

1. *Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Апажеев А.К., Егожев 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., Губжоков 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». – 2019. – № 1 (26). – С. 107-116.

References

1. *Lebedev A. T., Lebedev P. A., Apazhev A. K., Egozhev A. M., Bolotokov A. L.* Povyshenie ekonomichnosti dizel'nyh dvigatelej s moderni-zirovannym raspylitelem forsunki. // Nauchnyj zhurnal farmacevticheskikh, biologicheskikh i himicheskikh nauk. – 2018. RJPBCS 9 (6). – S. 737-742.

2. *Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Boloto-kov A.L.* Izmeneniya parametrov raspylivayush-chih otverstij forsunok avtotraktornyh dizelej v ekspluatacii // Molodyozhnyj forum: tekhnicheskije i matematicheskie nauki: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konfere-cii. – Voronezh: Voronezhskij GLTU, 2015. – S. 83-85.

3. *Batyrov V.I., Shekihacheva L.Z., Boloto-kov A.L.* Perspektivy ispol'zovaniya biotopliva na osnove rapsovogo masla v kachestve motor-nogo dlya dizelej. – Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal «Сhelovek i sovremen-nyj mir». – 2019. – № 1 (26). – S. 107-116.

4. *Хаширов, Ю.М., Нагоев В.Х., Болотоков А.Л.* Влияние противодавления впрыскиванию на топливоподачу в дизеле // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – №4. – С. 25-27.

5. *Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Губжоков Х.Л., Болотоков А.Л.* Улучшение показателей эффективности использования энергетических средств с дизельными двигателями модернизацией распылителей форсунок. // Наука в центральной России. – Тамбов, 2018. – № 6. – С. 83-85.

4. *Hashirov, Yu.M., Nagoev V.H., Boloto-kov A.L.* Vliyanie protivodavleniya vpryskivaniyu na toplivopodachu v dizele // Mekhaniza-ciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2005. – №4. – S. 25-27.

5. *Lebedev A.T., Lebedev P.A., Gubzho-kov H.L., Bolotokov A.L.* Uluchshenie pokazatelej effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv s dizel'nymi dvigatelyami modernizaciej raspylitelej forsunok. // Nauka v central'noj Rossii. – Tambov, 2018. – № 6. S. 83-85.