

Научная статья
УДК 621.45.034.3
doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Сравнительные эксплуатационные исследования изменения параметров форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями

Анзор Леонидович Болотоков

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030
anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Аннотация. Существенное влияние на работу дизелей оказывает техническое состояние топливной системы, и особенно прецизионные детали, основная из них в топливной системе – форсунка. Низкая надежность и низкая долговечность являются недостатком форсунок. Ресурс форсунок 2500-3000 мото-часов, что в несколько раз ниже ресурса плунжерных пар (6000-6500 мото-часов). Для того чтобы улучшить эксплуатационные параметры дизельной форсунки, необходимо ее модернизировать. Модернизация форсунки предлагается выполнением винтовой канавки в направляющей части иглы распылителя. Надежность работы и долговечность форсунок зависит от распылителя. Топливо, перетекающее из винтовой канавки в зазор между корпусом и иглой распылителя, способствует осесимметричному давлению, что заставляет иглу проворачиваться вокруг своей оси. Наличие топлива в винтовом канале и в зазоре между корпусом и иглой распылителя смазывает и смягчает удар конуса иглы на посадочное место корпуса вместо прямого жесткого удара в серийных распылителях. Объем топлива в винтовом канале зависит от объема топлива в зазоре. При увеличении зазора коэффициент сопротивления щели не снижается ниже 0,4, поэтому объем винтовой канавки будет составлять 0,5-0,9 от объема зазора между корпусом и иглой распылителя форсунки. Таким образом, модернизируя распылитель, можно увеличить ресурс форсунки на 23%.

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

Для цитирования. Болотоков А. Л. Сравнительные эксплуатационные исследования изменения параметров форсунок дизелей с серийными и модернизированными распылителями // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2023. № 4(42). С. 118–126. doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Original article

Comparative operational studies of changes in the parameters of diesel injectors with serial and upgraded atomizers

Anzor L. Bolotokov

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik,
Russia, 360030
anzor.n@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-4072>

Abstract. The technical condition of the fuel system, and especially precision parts, has a significant impact on the operation of diesel engines. One of the main components in the fuel system is the injector. Low reliability and low durability are disadvantages of injectors. The resource of the injectors is 2500-3000 engine hours, which is several times lower than the resource of plunger pairs (6000-6500 engine hours). In order to improve the performance parameters of a diesel injector, it is necessary to modernize it. Modernization of the nozzle is proposed by making a helical groove in the guide part of the nozzle needle. Reliability of operation and durability of nozzles depends on the atomizer. Fuel flowing from the screw groove into the gap between the body and the nozzle needle contributes to axisymmetric pressure, which causes the needle to rotate around its axis. The presence of fuel in the screw channel and in the gap between the body and the atomizer needle lubricates and softens the impact of the needle cone on the housing seat, instead of a direct hard impact in serial atomizers. The volume of fuel in the screw channel depends on the volume of fuel in the gap. As the gap increases, the gap resistance coefficient does not decrease below 0.4, so the volume of the screw groove will be 0.5-0.9 of the volume of the gap between the body and the injector nozzle needle. Thus, by upgrading the atomizer, you can increase the life of the nozzle by 23%.

Keywords: diesel, sprayer, nozzle, test, resource, modernization

For citation. Bolotokov A.L. Comparative operational studies of changes in the parameters of diesel injectors with serial and modernized nozzles. *Izvestiya of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2023;4(42):118–126. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2023-4-42-118-126

Введение. Эффективность тракторов и других мобильных сельскохозяйственных машин в основном зависит от рабочих параметров силовой установки. От работы топливоподающей системы тракторных дизелей во многом определяются рабочие параметры: мощность, экономичность и токсичность отработавших газов.

Система подачи топлива оказывает существенное влияние на работу дизельных двигателей, особенно ее прецизионные детали. Форсунки, работая в тяжелых условиях, во многом влияют на систему подачи топлива. Основными недостатками форсунок дизелей являются их низкие надежность и ресурс, который составляет 2500-3000 мото-часов. Ресурс плунжерных пар топливных насосов высокого давления выше ресурса форсунок и составляет 6000-6500 мото-часов.

Анализ результатов, проведенных в различных исследовательских центрах, указывает на то, что низкая эффективность распылителей в первую очередь обусловлена изменением исходных геометрических параметров прецизионных деталей. В связи с этим снижаются значения эксплуатационных параметров [1–4].

Наиболее распространенными неисправностями прецизионных деталей иглы и корпуса распылителя форсунки являются: нарушение герметичности, зависание, износ иглы, падение давления в начале впрыска топлива, закоксовывание сопла распылителя

и т. д. [5–7]. Потеря герметичности дизельных распылителей достигает 90% от всех отказов форсунок [8, 9]. Зависание иглы в основном присуще распылителям с плохим качеством изготовления. Исходя из анализа исследований процесса износа форсунок, была поставлена цель исследования: увеличение долговечности форсунок модернизацией иглы распылителя без ухудшения характеристик процесса топливоподачи.

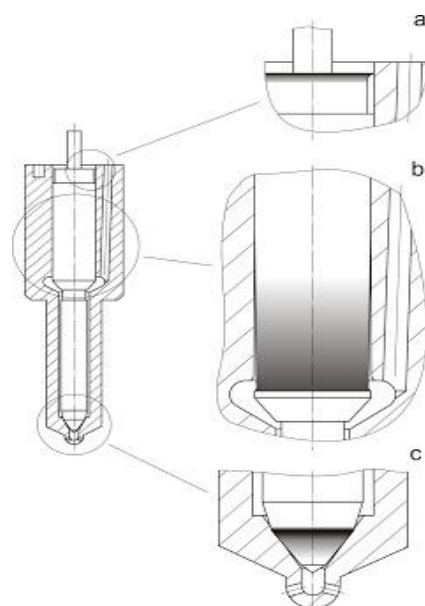


Рисунок 1. Места характерных износов распылителя
Figure 1. Places of characteristic wear of the sprayer

Объект исследования: модернизированная игла распылителя форсунки дизеля.

Новизна результатов исследования состоит в разработке технологии нарезания осесимметричных винтовых канавок в направляющей части иглы распылителя дизельной форсунки.

Для того чтобы реализовать поставленную цель исследования, необходимо решить задачу увеличения наработки распылителя форсунки.

Методы или методология проведения работ. Испытания проводились последовательно в несколько этапов:

- проведение исследования топливоподачи на безмоторном стенде с определением параметров процесса осциллографированием;
- ускоренные износные испытания серийно выпускаемых распылителей и сравнение с модернизированными распылителями.

Для определения износостойкости распылителей форсунок были проведены сравнительные ускоренные стендовые испытания. В Центральном научно-исследовательском и конструкторском институте топливной аппаратуры автотракторных и стационарных двигателей (ЦНИТА) был разработан метод ускоренных испытаний, позволяющий прогнозировать технический срок службы опрыскивателей. Это позволяет сравнивать оценки износостойкости экспериментальных и серийных распылителей форсунок.

В соответствии с методикой ускоренных испытаний, разработанной в ЦНИТА, в течение одного часа производились испытания топливной аппаратуры, которые приравнивались к 50 ч работы в полевых условиях.

Весь эксперимент был разделен на десять часовых этапов, после каждого эксперимента двигатель непродолжительно работал на чистом топливе без примесей. Далее форсунки снимались со стенда, и проводился контроль их технического состояния по следующим параметрам: ход иглы, гидроплотность, герметичность по запирающему конусу, качество распыления топлива. После завершения двух этапов были заменены плунжерные пары и отрегулирован топливный насос высокого давления марки УТН-5.

Эксперименты проводились на дизельном топливе ГОСТ 305-2013 (температура топлива 34°-38°, плотность 0,823 г/мм³). Темпера-

тура масла, охлаждающей жидкости, поддерживалась в пределах 80-90°С. Угол опережения впрыска был установлен согласно заводской инструкции по эксплуатации равным для 4Н11/12,5 – 24-27° в зависимости от угла поворота коленчатого вала. В ходе испытаний использовалось топливо с добавлением микропорошка кварца. Размер зерен микропорошка варьировал в пределах 1-2 мкм, а количество микропорошка составляло 50 г абразивного вещества на 1 т топлива.

На каждом контрольном этапе модернизированные форсунки регулировались в установленном порядке и в соответствии с техническими условиями. Начало давления впрыскивания топлива должно составлять по техническим условиям 17,5^{+0,5} МПа. Проливкой были определены гидравлические характеристики топливопроводов топливной аппаратуры дизелей, а также нагнетательных клапанов. Температура топлива согласно ГОСТ 305-2013 была в пределах 34-38°С. Давление должно быть 0,5 МПа, и проверялось манометром с ценой деления 0,02 МПа. Расход топлива определялся весовым способом и проливкой на стенде. Масса навески составляла при этом 500 г. Время t_n наполнения навески определялось секундомером с ценой деления шкалы 0,2 с.

На рисунке 2 представлена схема направляющей части иглы модернизированного распылителя форсунки [10]. На направляющей части иглы распылителя форсунки нарезана осесимметричная канавка в виде спирали под углом α к оси иглы, с радиусом r . Топливо, перетекающее из канавок в зазор S между корпусом 1 и направляющей частью иглы распылителя форсунки 2, способствует осесимметричному давлению на иглу. Топливо, находящееся в винтовом канале, смазывает направляющую часть иглы распылителя и смягчает удар конуса при опускании иглы. В серийных распылителях происходит жесткий удар, который приводит к контактному выкрашиванию рабочей поверхности.

Эффективное проходное сечение определяется по формуле:

$$\mu f = \frac{100G}{t_n \sqrt{2g\gamma\Delta P}}, \quad (1)$$

где:

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

ΔP – перепад давления, кг/см².

В качестве индикатора процессов износа в деталях распылителя форсунок при испытании была проведена оценка по снижению гидравлической плотности.

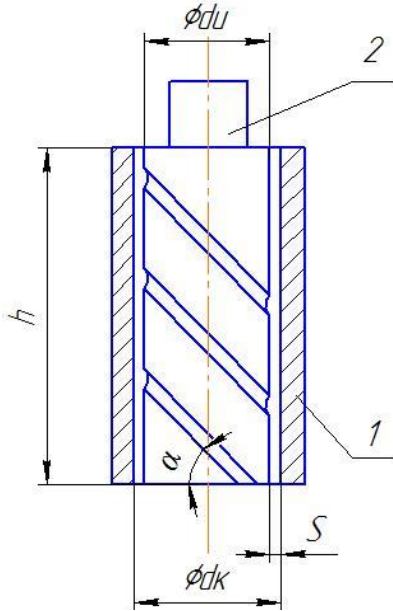


Рисунок 2. Принципиальная схема направляющей части иглы модернизированного распылителя:

1 – корпус; 2 – игла; 3 – канавка; α – угол подъема винтовой канавки

Figure 1. Schematic diagram of the guide part of the needle of the upgraded atomizer;

1 – body; 2 – needle; 3 – groove; α – angle of lifting of the screw groove

При таком подходе определения износа в деталях распылителей нет необходимости разбирать форсунку. Для качественной оценки изменения износа за параметр оптимизации распылителя принята гидравлическая плотность в зависимости от изменения эффективного проходного сечения и от наработки, которая имеет вид:

$$f(x) = A_0 + \sum_{i=1}^n A_i x_i^{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n B_i x_i^{\beta_i} x_{i+1}^{\gamma_i} + B_n x_n^{\gamma_n} x_n^{\gamma_n} + C \prod_{i=1}^n x_i^{\delta_i}, \quad (2)$$

где:

$f(x)$ – наработка, мото-часы;
 $A_0...A_i, B_0...B_3$ – коэффициенты модели;
 X_1, X_2 – факторы влияния.

В качестве факторов приняли:

X_1 – эффективное проходное сечение, μf мм²;

X_2 – гидроплотность, с.

В таблице 1 представлены реальные и кодированные значения факторов.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов
Table 1. Levels of variation of factors

Уровни	Факторы			
	гидроплотность, с		эффективное проходное сечение μf , мм ²	
	X_1		X_2	
Верхний	10	+1	0,266	+1
Нижний	30	-1	0,240	-1
Основной	20	0	0,253	0
Интервал	10		0,013	

Для того чтобы построить план-матрицу для планирования эксперимента, была составлена таблица 2, в строках которой указали данные полученных опытов, в столбцах – факторы (в кодированном виде «+» и «-») с реализацией всевозможных сочетаний этих факторов для установления рационального сочетания гидравлической плотности и эффективного проходного сечения.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента
Table 2. Experiment planning matrix

Номер опыта	X	
	X_1	X_2
1	+1	+1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	-1	-1
5	+1	0
6	-1	+1
7	0	+1
8	0	-1
9	0	0

Определение геометрических параметров рабочих поверхностей деталей распылителя форсунки проводилось в научно-исследовательской лаборатории «Испытание дизельной и топливной аппаратуры» ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. В соединении деталей зазор измерялся на ротаметре ЭМИС-МЕТА 215 и оптикаторе 02П с ценой

деления 0,2 мкм. Давление, создаваемое топливным насосом, было отрегулировано на номинальное значение подачи топлива и угол начального впрыска топлива. Эталонная топливопроводная магистраль и форсунка находились в номинальном режиме.

Индуктивные и тензометрические датчики использовались как для определения давления топлива перед дизельной форсункой, так и для определения перемещения иглы форсунки. Для достоверности результатов эксперименты повторялись три раза. Полученные результаты сравнивались с данными, полученными в экспериментах с серийной форсункой ФД-22 двигателя Д-240 с насосом УТН-5.



Рисунок 3. Стенд для испытания форсунок дизелей КИ-35478
Figure 3. KI-35478 Diesel Injectors Test Bench

У испытуемого топливного насоса высокого давления дополнительно контролировалась частота вращения распределительного вала тахометром СК ТИЦ-75.

Для исследований были отобраны распылители исходя из результатов предварительных замеров и результатов проливки с параметрами:

- ход иглы от 0,2 мм до 0,32 мм;
- в направляющей части зазор распылителя от 1,0 до 5,0 мкм;
- эффективное проходное сечение от 0,28 мм² до 0,32 мм².

На стенде КИ-35478 (рис. 3) производились испытание и регулировка исследуемых форсунок дизелей.

На осциллографической установке определялась характеристика системы впрыска топлива. Производительность каждой секции насоса определялась на стенде КИ-35478 (рис. 3) как с модернизированными, так и с серийными распылителями. При определении эффективного проходного сечения сопла распылителя использовался манометр со шкалой деления 2 кгс/см² (0-250 кгс/см³). Для определения гидравлических характеристик выпускных клапанов использовался манометр с ценой деления шкалы 0,2 кгс/см² (0-16 кгс/см²).

На приборе КИ-3333 (рис. 4) определялись: давление начала впрыскивания, подвижность иглы распылителя, качество распыливания форсунки.

Результаты исследования. Результаты исследования изменения гидравлической плотности серийных и модернизированных распылителей форсунок в зависимости от времени работы при стендовых ускоренных сравнительных износных испытаниях в условиях Кабардино-Балкарской Республики приведены на рисунке 5.

Результаты испытаний серийного и опытного комплекта распылителей после первого контрольного этапа представлены в таблицах 3, 4 и на рисунке 6.



Рисунок 4. Прибор КИ-3333 для испытания и регулировки форсунок
Figure 4. KI-3333 device for testing and adjusting injectors

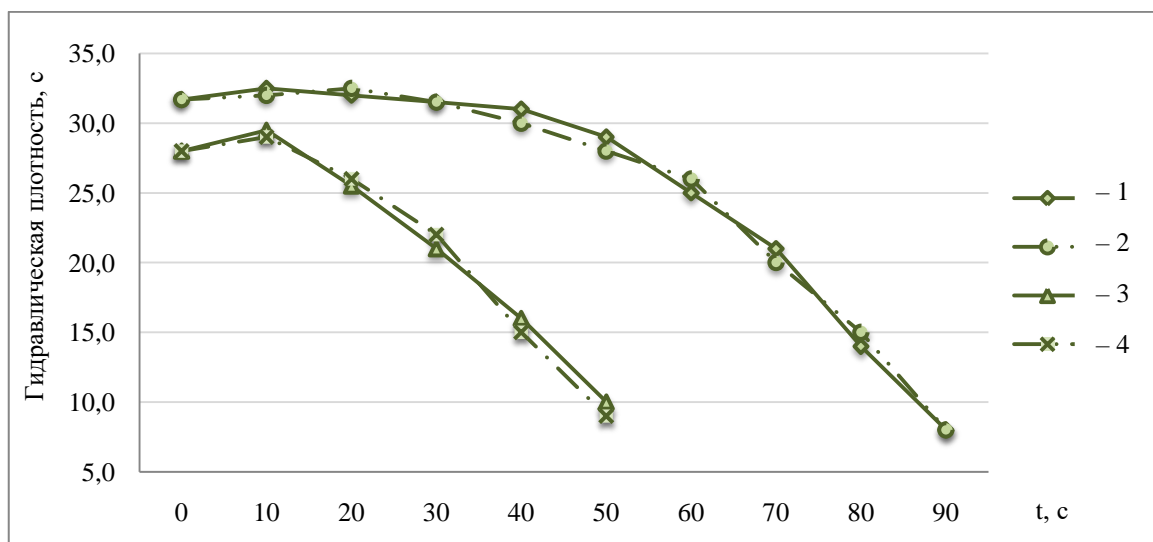


Рисунок 5. Изменение гидравлической плотности серийных и модернизированных форсунок в зависимости от времени работы при стендовых ускоренных сравнительных износных испытаниях: 1 – серийные форсунки (результаты испытаний); 2 – серийные форсунки (результаты теоретических расчетов); 3 – модернизированные форсунки (результаты испытаний); 4 – модернизированные форсунки (результаты теоретических расчетов)

Figure 5. Change in the hydraulic density of serial and modernized injectors depending on the operating time during bench accelerated comparative wear tests:

1 – serial injectors (test results); 2 – serial injectors (results of theoretical calculations); 3 – modernized injectors (test results); 4 – modernized nozzles (results of theoretical calculations)

Установлено, что у серийных распылителей № 2, № 4 после наработки 500 мото-часов ухудшилась герметичность по запирающему корпусу, у распылителей № 2, № 4

изменилась подвижность. У модернизированных распылителей, исходя из таблицы 2, не произошло изменений эксплуатационных параметров.

Таблица 3. Результаты испытаний форсунок с серийными распылителями при времени работы 10 ч (500 мото-часов)

Table 3. Test results of injectors with serial sprayers with a working time of 10 hours (500 hours)

Показатели	№ секции ТНВД							
	1		2		3		4	
	Наработка, мото-ч.							
	0	500	0	500	0	500	0	500
1. Давление впрыска, МПа	18	16,8	18	17	18	17	18	16,9
2. Качество распыливания топлива	Хор.	Хор.	Хор.	Удов.	Хор.	Хор.	Хор.	Удовл.
3. Герметичность по запирающему конусу	Гер.	Гер.	Гер.	Не герм.	Гер.	Гер.	Гер.	Не герм.
4. Гидроплотность, с	15	18	16	15	12	14	18	16
5. Ход иглы, мм	0,270	0,265	0,265	0,255	0,215	0,215	0,265	0,265

Таблица 4. Результаты испытаний форсунок с модернизированными распылителями 10 ч (500 мото-часов)

Table 4. Test results of injectors with upgraded sprayers 10 h (500 hours)

Показатели	№ секции ТНВД							
	1		2		3		4	
	Наработка, мото-ч.							
	0	500	0	500	0	500	0	500
1. Давление впрыска, МПа	18	16,8	18	17	18	17	18	16,9
2. Качество распыливания топлива	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.	Хор.
3. Герметичность по запирающему конусу	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.	Гер.
4. Гидроплотность, с	20	18	16	17	22	19	18	16
5. Ход иглы, мм	0,240	0,240	0,235	0,235	0,240	0,240	0,270	0,270

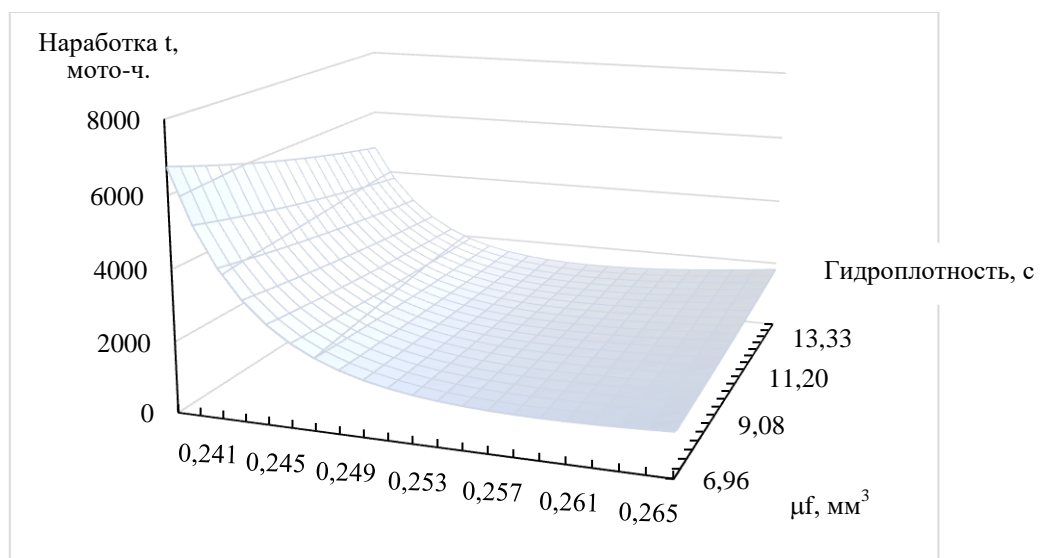


Рисунок 6. Изменение гидроплотности и эффективного проходного сечения в зависимости от наработки
Figure 6. Changing the hydraulic density and effective flow section depending on the operating time

При наработке от 100 до 500 мото-часов было выявлено, что гидравлическая плотность возрастает в среднем на 20-35%. В период работы от 1500 до 2500 мото-часов гидравлическая плотность постепенно падает, так как влияет износ запорной поверхности иглы распылителя и направляющей поверхности иглы и сопряженного с ней отверстия корпуса распылителя.

После наработки распылителей серийных форсунок 2500-3000 мото-часов имеет место резкое падение гидравлической плотности, появляется подтекание топлива, тогда как у модернизированных указанные явления начинают проявляться при наработке 3000-4300 мото-часов.

У всех распылителей подвижность иглы соответствует техническим условиям.

Таким образом, модернизируя распылитель, можно увеличить наработку форсунки на 23%.

Область применения результатов. Результаты можно применить при техническом обслуживании сельскохозяйственной техники для увеличения долговечности энергетических установок. Предложенную модернизированную иглу распылителя форсунок можно использовать предприятиями, имеющими базу для ремонта и обслуживания дизелей.

Выводы. Предложен модернизированный распылитель, который обеспечивает увеличение наработки форсунки на 23%. Установлено, что после наработки распылителей серийных форсунок 2500-3000 мото-часов имеет место резкое падение гидравлической плотности, появляется подтекание топлива, тогда как у модернизированных указанные явления начинают проявляться при наработке 3000-4300 мото-часов.

Список литературы

1. Гурин Т. Ю. Повышение долговечности форсунок автотракторных дизелей модернизацией распылителей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2010. 15 с.
2. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов: монография / Т. А. Лебедев, О. П. Наумов, Р. А. Магомедов, А. В. Захарин, П. А. Лебедев, Р. В. Павлюк. Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2015. 332 с.
3. Шарифуллин С. Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Москва, 2009. 32 с.
4. Батыров В. И., Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л. Особенности работы дизеля в высокогорных условиях // Сельский механизатор. 2017. № 2. С. 31–32. EDN: ZDEDLX
5. Лебедев А. Т., Болотоков А. Л., Лебедев П. А. Повышение долговечности распылителей форсунок автотракторных дизелей // Вестник АПК Ставрополя. 2018. №2(30). С. 34–37. EDN: UUNWOU
6. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov A.L. Improving the economy of diesel engines with the upgraded sprayer of the injector // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9, № 6. Pp. 737–742. EDN: XFIBOQ
7. Батыров В. И., Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л. Изменения параметров распыливающих отверстий форсунок автотракторных дизелей в эксплуатации // Молодёжный форум: технические и математические науки. Воронеж: Воронежский ГЛТУ, 2015. С. 83–85.
8. Батыров В. И., Койчев В. С., Болотоков А. Л. Зависимость параметров топливоподачи от давления в полости питания ТНВД // Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы: сб. науч. тр. по материалам XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2016». Ставрополь, 2016. С. 252–256. EDN: VQTJCH
9. Батыров В. И., Болотоков А. Л. Повышение надежности работы распылителя форсунки дизелей // Техника в сельском хозяйстве. 2012. №3. С. 12–15.
10. Пат. 2231673 Российская Федерация, МПК⁷ F02M 61/10. Распылитель дизельной форсунки / Ю. М. Хаширов, Х. У. Бугов, А. Л. Болотоков; заявитель и патентообладатель Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2001131630/06; заявл. 22.11.2001; опубл. 27.06.2004, Бюл. № 15.

References

1. Gurin T.Yu. *Povysheniye dolgovechnosti forsunok avtotraktornykh dizeley modernizatsiyey raspylitele* [Increasing the durability of automotive diesel injectors by modernizing nozzles]: *avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk.* Novosibirsk, 2010. 15 p. (In Russ.).
2. Lebedev T.A., Naumov O.P., Magomedov R.A., Zakharin A.V., Lebedev P.A., Pavlyuk R.V. *Nadezhnost' i effektivnost' mashinno-traktornyogo agregata pri vypolnenii tekhnologicheskikh protsessov* [Reliability and efficiency of a machine-tractor unit when performing technological processes]: *monografiya.* Stavropol: AGRUS Stavropol'skogo gos. Agrarnogo un-ta, 2015. 332 p. (In Russ.).
3. Sharifullin S.N. *Povysheniye ekspluatatsionnoy nadezhnosti toplivnykh nasosov vysokogo davleniya avtotraktornykh dizeley* [Improving the operational reliability of high-pressure fuel pumps of automotive diesel engines]: *avtoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk.* Moscow, 2009. 32 p. (In Russ.).
4. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov A.L. Features of diesel engine operation in high-altitude conditions. *Selskiy mekhanizator.* 2017;(2):31–32. EDN: ZDEDLX. (In Russ.).
5. Lebedev A.T., Bolotkov A.L., Lebedev P.A. Increase of durability of injector nozzles automotive diesel engines Increase the durability of atomizers of injectors of automotive diesel engines. *Agricultural Bulletin of Stavropol region.* 2018;2(30):34–37. (In Russ.). EDN: UUNWOU
6. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotkov A.L. Improving the efficiency of diesel engines with an upgraded nozzle sprayer. *Scientific Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2018;RJPBCS 9(6):737–742. EDN: XFIBOQ
7. Batyrov V.I., Gubzhokov H.L., Bolotkov A.L. Changes in parameters of spraying holes of injectors of automotive diesel engines in operation. *Molodozhnyy forum: tekhnicheskiye i matematicheskiye nauki* [Youth Forum: technical and mathematical sciences]. Voronezh: Voronezhskiy GLTU, 2015. Pp. 83–85. (In Russ.).
8. Batyrov V.I., Koichev V.S., Bolotkov A.L. Dependence of fuel supply parameters on pressure in the feed cavity of the high pressure fuel pump. *Nauchno-tekhnicheskyy progress v APK: problemy i perspektivy: sb. nauch. tr. po materialam KHII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsiya, v ramkakh XVIII Mezhdunarodnoy agropromyshlennoy vystavki «Agrouniversal-2016»* [Scientific and technological progress in the agro-industrial complex: problems and prospects: collection. scientific tr. based on materials from the XII International Scientific and Practical Conference, within the framework of the XVIII International Agro-Industrial Exhibition “Agrouniversal-2016”]. Stavropol, 2016. Pp. 252–256. (In Russ.). EDN: VQTJCH
9. Batyrov V.I., Bolotkov A.L. Improving the reliability of the diesel nozzle atomizer. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve.* 2012. No. 3. pp. 12–15.
10. Pat. 2231673 Russian Federation, ICI 7 F02M 61/10. Diesel injector atomizer. Yu.M. Khashirov, Kh.U. Bugov, A.L. Bolotkov; applicant and patent holder Kabardino-Balkarian State Agricultural Academy. No. 2001131630/06; dec. 22.11.2001; publ. 06.27.2004, Bulletin. No. 15. (In Russ.).

Сведения об авторе

Болотоков Анзор Леонидович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и обслуживания и ремонта машин в АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Information about the authors

Anzor L. Bolotkov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Maintenance and Repair of Machinery in the Agro-industrial complex, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 7116-4270, Scopus ID: 57214128830, Researcher ID: GWZ-2036-2022

Статья поступила в редакцию 20.11.2023;
одобрена после рецензирования 05.12.2023;
принята к публикации 14.12.2023.

The article was submitted 20.11.2023;
approved after reviewing 05.12.2023;
accepted for publication 14.12.2023.