

MAJORAREA FIABILITĂȚII INJECTOARELOR MOTOARELOR DIESEL PRIN MODERNIZAREA ACULUI PULVERIZATORULUI

Student:

Nistor Mihail

Conducător:

Gorobeț Vladimir
conf. universitar
dr., în șt. tehnice

Chisinau, 2024

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi
Departamentul Transporturi**

**Admis la susținere
Șef departament:
Ceban Victor, conferențiar universitar, dr.**

„_____” _____ 2024

**MAJORAREA FIABILITĂȚII INJECTOARELOR
MOTOARELOR DIESEL PRIN MODERNIZAREA
ACULUI PULVERIZATORULUI**

Teză de master

Student:

**Nistor Mihail,
grupa MFA 221 M**

Conducător:

**Gorobeț Vladimir,
conf. universitar, dr.**

Chișinău, 2024

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ
РЕСПУБЛИКИ МОЛДОВА**

**Технический Университет Молдовы
Факультет Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта
Департамент Транспорта**

Допущен к защите
Зав. департамента:
Чебан Виктор, д.т.н., конф. унив.

„_____” _____ 2024

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФОРСУНОК
ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ
ИГЛЫ РАСПЫЛИТЕЛЯ**

Диссертация на соискание степени магистра

Студент:

**Нистор Михаил,
группа MFA 221 M**

Руководитель:

**Горобец Владимир,
к.т.н., конф. унив.**

Кишинев, 2024

СПИСОК АББРЕВИАТУР

ДД - дизельные двигатели;

ТА - топливная аппаратура;

ДФ - дизельных форсунок;

РФТА - распылитель форсунки топливной аппаратуры;

ПП - топливный насос;

ТНВД - топливный насос высокого давления;

ДВС – двигатели внутреннего сгорания.

АННОТАЦИЯ

Нистор Михаил. „Повышение надежность форсунок дизельных двигателей модернизацией иглы распылителя”. Диссертация на соискание степени магистра. ТУМ, Кишинев, 2024.

Структура диссертации: введение, три главы, общие выводы, библиография из 64 страниц основного текста, 15 рисунков и 3 таблиц.

Ключевые слова: топливная аппаратура, двигатель внутреннего сгорания; топливный насос, распылитель форсунки.

В данной работе **основная цель** – повышение долговечности дизельных форсунок с модернизацией иглы распылителя.

Для достижения поставленных целей данных исследований, необходимо решить и исследовать некоторые **поставленные задачи:** на основе анализа теоретических и экспериментальных исследований разработать способы повышения долговечности форсунок, и провести сравнительные исследования изменения наработки и основных эксплуатационных параметров ДД серийных и модернизированных РФТА от наработки.

Методы, примененные при проведении исследования: В теоретических исследованиях применялись общеизвестные законы физики, гидравлики, теории трения и износа, сопротивления материалов с использованием информационных технологий. Экспериментальные исследования реализованы в соответствии с действующими нормативно-методическими требованиями, техническими регламентами и методикой стендовых и моторных испытаний.

Полученные результаты Применение модернизированных РФТА в ДД позволило, снизить облитерацию и повысить долговечность распылителя, выполнив объем винтовой канавки, зарастивание щели происходит незначительно, расход снижается в пределах не более 20%, что позволило увеличить мощность, уменьшить удельный расход топлива, увеличить крутящий момент на валу двигателя, а также снизить общий расход топлива.

ANNOTATION

NISTOR Michael. „ Increasing diesel injector reliability by upgrading the injector needle”.

Master's dissertation. TUM, Chisinau, 2024.

The structure of the master's thesis: introduction, three chapters, general conclusions, bibliography of 64 pages of the main text, 15 figures and 3 tables.

Keywords: fuel apparatus, internal combustion engine; fuel pump, spray nozzle.

In this work, the main goal is to increase the oil change period when using high-quality oils for internal combustion engines, and to optimize engine oil change intervals.

To achieve the goals of these studies, it is necessary to solve and investigate some of the tasks: In theoretical studies, well-known laws of physics, hydraulics, theories of friction and wear, resistance of materials using information technologies were applied. Experimental studies are implemented in accordance with the current normative-methodical requirements, technical regulations and the methodology of bench and motor tests.

Methods applied in the course of the study: when performing the master's thesis, the methods provided for by the current regulations were used, but the comparative method with the results obtained was taken as the basis.

The results obtained: The use of modernized spray nozzles allowed to reduce the obliteration and increase the durability of the sprayer, filling the volume of the screw groove, the filling of the gap occurs insignificantly, the consumption decreases within no more than 20%, which allowed to increase the power, reduce the specific fuel consumption, increase the torque on the engine shaft and also reduce general fuel consumption.

CUPRINS

СПИСОК АББРЕВИАТУР.....	6
СПИСОК ТАБЛИЦ	7
АННОТАЦИЯ.....	8
ANNOTATION	9
ВВЕДЕНИЕ	12
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	14
1.1 Обзор существующих дизельных форсунок	14
1.2 Анализ причин изменения долговечности форсунок.....	16
1.3 Анализ воздействия параметров форсунок на характеристики дизельного двигателя.	23
1.4 Исследования влияния режимов работы дизельных двигателей	26
1.5 Анализ теоретических исследований повышения долговечности форсунок	27
1.6 Цели и задачи исследования.....	31
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ.....	33
2.1 Обоснование способов повышения долговечности дизелей форсунок.....	33
2.2 Анализ исследования отказов распылителя форсунок	37
2.4 Зависимости параметров топливоподачи от основных эксплуатационных показателей.....	39
2.5 Выводы по второй главе	43
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ	44
3.1 Оборудование для проведения эксперимента и исследования распылителей дизельной форсунки	44
3.2 Методика определения элементов и состава дизельного топлива.....	45
3.3 Методика определения параметров распылителей форсунки.....	46
3.3.1 Методика функционального резервирования рабочей поверхности.....	46
3.3.2 Методика определения гидроплотности распылителя форсунки дизеля	47
3.3.3 Методика определения эффективного проходного сечения распылителя	48
3.3.4 Методика определения хода иглы распылителя.....	50

3.3.5 Определения цикловой подачи распылителя.....	50
3.4 Стендовые испытания с серийных и модернизированных распылителей.....	53
3.5 Результаты экспериментальных исследований	54
3.5.1 Анализ результатов испытаний дизельного топлива	54
3.5.2 Анализ результатов испытаний на пропускную способность распылителя форсунок.....	55
ВЫВОДЫ	61
Рекомендации производству.....	62
Перспективы дальнейшей разработки темы	62
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы техники определяется не только техническим состоянием их энергетических установок, но и условиями эксплуатации, уровнем загрузки и длительностью их работы на неустановившихся режимах.

Показатели эффективности использования дизельных двигателей определяются уровнем эксплуатационной надежности и работоспособности топливной аппаратуры, на долю отказов которой приходится 20...50 % общего количества отказов. При этом значительная часть всех отказов топливной аппаратуры происходит из-за отказов дизельных форсунок.

Надежность форсунок обусловлена стабильностью показателей долговечности и надежности распылителей форсунок. Анализ показывает, что в зависимости от условий эксплуатации ресурс распылителей форсунок топливной аппаратуры составляет 1500...2500 мото-часов, это в несколько раз ниже ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления и дизельных двигателей в целом.

Низкая работоспособность распылителей форсунок топливной аппаратуры объясняется, прежде всего, изменением исходных свойств, параметров формы и геометрии рабочих поверхностей в сопряжениях направляющей цилиндрической и запирающей конической частях иглы и корпуса. Это зависит как от конструктивно-технологических особенностей, так и изменяющихся свойств дизельного топлива, которое в зависимости от условий эксплуатации загрязняется высокодисперсными частицами дорожной пыли

Отклонение характеристик топливоподачи от номинальных при работе на небезопасных и переходных режимах приводит к снижению мощности и увеличению удельного расхода топлива дизелей.

Поэтому вопросы повышения долговечности дизельных форсунок модернизацией иглы распылителя с целью улучшения технико-экономических показателей дизельных двигателей представляет практический интерес и являются актуальными. Эффективность работы техники определяется не только техническим состоянием их энергетических установок, но и условиями эксплуатации, уровнем загрузки и длительностью их работы на неустановившихся режимах.

Целью магистерской работы является исследование и обоснование повышения надежности дизельных форсунок за счет модернизации иглы распылителя.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Исходя из анализа теоретических и экспериментальных исследований, разработать методы увеличения срока службы форсунок дизельных двигателей.

2. Разработать аналитическую зависимость, учитывающую влияние параметров топливоподачи на основные эксплуатационные характеристики с учётом наработки форсунок, с модернизированными распылителями.

3. Определить закономерности изменения пропускной способности дизельной форсунки при ее модернизации.

4. Экспериментально определить скоростные характеристики ТНВД и основных параметров топливоподачи дизельной форсунки с серийными и модернизированными распылителями от наработки.

5. Проведение сравнительных исследований изменения продолжительности эксплуатации и основных рабочих параметров штатного и модернизированного распылителя с оценкой технико-экономической эффективности предлагаемых решений.

Объектом исследования является технологический процесс подачи топлива к форсункам с целью модернизации форсунки для повышения надежности и эксплуатационных параметров дизельных двигателей.

Методика исследования предполагает, что в теоретических исследованиях с использованием информационных технологий применены известные законы физики, гидравлики, теории трения и износа, сопротивления материалов. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с действующими нормативными и методическими требованиями, техническими регламентами и методами стендовых испытаний. На основе общепринятых методов выявлены параметры рабочих поверхностей модернизированных форсунок, позволяющие повысить эксплуатационные параметры двигателей с воспламенением от сжатия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bădescu, M., Popescu, S.: Diagnosticarea și întreținerea pompelor de injecție, în Revista Mecanizarea Agriculturii, nr. 3, 2005, p. 25-32.
2. Blateyron, F., (2008). 3D parameters and new filtration techniques. www.digitalsurf.fr/pressreleases/2008-06-unm-prize.pdf.
3. Malburg, M. C. (2002). Cylinder Bore Surface Texture Analysis, Digital Metrology Solutions Inc., <http://www.digitalmetrology.com/Papers/CylinderBoreNoBkgd.pdf>.
4. Антипов, В.В. Износ прецизионных деталей и нарушение характеристики топливной аппаратуры дизелей / В. В. Антипов. - М.: Машиностроение, 1972. – 177 с.
5. Селиванов, А.И. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники / А.И. Селиванов, Ю.Н. Артемьев. – М.: Колос, 1978. – 284 с.
6. Автомобильные двигатели: теория и техническое обслуживание: пер. с англ / Холдерман [и др.]. - 4-е изд. - М.: Изд. дом «Вильяме», 2006. - 664 с.
7. Антипов, В.В. Износ прецизионных деталей и нарушение характеристики топливной аппаратуры дизелей / В. В. Антипов. - М.: Машиностроение, 1972. - 177 с.
8. Анурьев, В. Н. Справочник конструктора машиностроителя / В. Н. Анурьев - М.: Машиностроение, 1992.- Т. 1. - 816 с.
9. Астахов, И. В. Топливные системы и экономичность дизелей / И. В. Астахов, Л. Н. Голубков, В. И. Трусов. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
10. Барсуков, С.И. Рабочий процесс топливной системы с механическим аккумуляторным приводом плунжера / С. И. Барсуков, В. П. Муравьев. - Омск: Зап.-сиб. кн. изд-во, 1971. -168 с.
11. Бахтиаров, Н.И. Топливная аппаратура тракторных и комбайновых двигателей справочник / Н.И. Бахтиаров [и др.]. - М.: Колос, 1981. - 208 с.
12. Баширов, Р.М. Надежность топливной аппаратуры тракторных и комбайновых дизелей. - М.: Машиностроение, 1978. -184 с.
13. Белявцев, А. В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: конструктивные особенности и эксплуатация / А. В. Белявцев, А. С. Процеров. - М.: Ростагропромиздат, 1988. -223 с.
14. Браун, Э. Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах / Э. Д. Браун, Ю. А. Евдокимов, А. В. Чичинадзе. -М.: Машиностроение, 1982. - 191 с.
15. Буше, Н. А. Трение, износ и усталость в машинах: транспортная техника / Н. А. Буше. - М.: Транспорт, 1987. - 223 с.
16. Виноградов, В. Н. Изнашивание при ударе / В. Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Ю. Албагачиев. - М.: Машиностроение, 1982. - 192 с.
17. Вихерт, М. М. Топливная аппаратура автомобильных дизелей: конструкция и параметры / М. М. Вихерт, М. В. Мазинг. - М.:Машиностроение, 1978. - 176 с.
18. Власов, П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры. / П.А. Власов. - М.: Агропромиздат, 1987. -127 с.
19. Габитов, И.И. Улучшение эксплуатационных показателей топливной аппаратуры сельскохозяйственных дизелей путем научного обоснования и реализации в ремонтном производстве технологических процессов, методов и средств диагностирования: дис. ... докт. тех. наук. - СПб, 2001. - 320 с.
20. Габитов, И. И. Топливная аппаратура автотракторных дизелей / И. И. Габитов, А. В.

Неговора. - Уфа: БГАУ, 2004. -216 с.

21. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы в примерах решения задач: учеб. пособие для студ. Учреждений высш. проф. Образования / [Т.В. Артемьев, Т.М. Лысенков, А.Н. Румянцева и др.]; под ред. С.П. Стесина. - 2е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. -208 с.

22. Голубков, Л. Н. Определение суммарного эффективного сечения распыливающих отверстий бесштифтовых форсунок тракторных и комбайновых дизелей / Л.Н. Голубков, В.А. Колосов // Труды / Центр, науч.- исслед. ин-та топлив. аппаратуры. - 1983. - № 9. - С. 32-35.

23. Горбаневский, В.Е. Дизельная топливная аппаратура: Оптимизация процесса впрыска, долговечность деталей и пар трения / В. Е. Горбаневский [и др.]. - М.: Изд-во МГТУ, 1996. - 138 с.

24. Горбаневский, В. Е. К вопросу определения удельных контактных давлений между клапаном и седлом форсунки дизеля / В.Е. Горбаневский, Л.Е. Федоров // Тракторы и сельхозмашины. - 1979. - № 5. - С. 8-9.

25. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей / Л. В. Грехов. - М. : Легион-Автодата, 2005. - 344 с.

26. Грехов, Л.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: Учебное пособие для ВУЗов. / Л.В. Грехов, И.И. Габитов, А.В. Неговора. - М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2013. -292 с.

27. Григорьев, М. А. Обеспечение надежности двигателей / М. А. Григорьев, В. А. Долецкий. - М.: Стандарты, 1978. - 324 с.

28. Гурин, Т.Ю. Повышение долговечности форсунок автотракторных дизелей модернизацией распылителей. дис. ... канд. техн. наук. - Омск, 2010. - 127 с.

29. Иофинов, С. А. Справочник по эксплуатации машинно- тракторного парка / С. А. Иофинов, Э. П. Бабенко, Ю. А. Зуев. - М.: Агропромиздат, 1985. - 270 с.

30. Итинская, Н.И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. - М.: Колос, 1982. - 208 с.

31. Ковалев, Л. Г. Перспективы применения клапанно-сопловые форсунок в автотракторных дизелях / Л. Г. Ковалев, Т. Ю. Турин // Совершенствование технологий, машин и оборудования в АПК: сб. науч. тр. - Омск, 2006. - С. 324-326.

32. Когаев, В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: справочник / В. П. Когаев, Н. А. Махутов, А. П. Гусенков. - М.: Машиностроение. 1985. - 224 с.

33. Козлов, А. В. Современные зарубежные требования к уровню энергетической эффективности АТС и технология их обеспечения / А.В.Козлов, А.С. Теренченко // Автомобильная промышленность. - 2013. - №11. - С. 36-40.

34. Крагельский, И. В. Основы расчета на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Камбалов. - М.: Машиностроение, 1977. -526 с.

35. Кривенко, П. М. Техническое обслуживание системы питания автотракторных дизелей / П. М. Кривенко, И. М. Федосов. - М.: Колос, 1980. -288 с.

36. Крутов, В. И. Топливная аппаратура автотракторных двигателей. / В. И. Крутов, В. Е. Горбаневский, В. Г. Кислов. - М.: Машиностроение, 1985. -208 с.

37. Крохотин, Ю.М. Улучшение экономичности тепловозных дизелей путем совершенствования их топливной аппаратуры: дисс. ... к.т.н.: 05.04.02. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. -177 с.

38. Лахтин, Ю. М. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. - М.: Машиностроение, 1990. -528 с.
39. Лихачев, В. С. Испытания тракторов : учеб. пособие для вузов / В. С. Лихачев. - М.: Машиностроение, 1974. -288 с.
40. Лебедев, П.А. Повышение ресурса плунжерных пар топливных насосов высокого давления дизельных энергосредств сельскохозяйственного назначения: диссертация ... к-та. тех. наук. - Зерноград, 2012. -190 с.
41. Лебедев, А.Т. Повышение долговечности распылителей форсунок автотракторных дизелей /А.Т. Лебедев, А.Л. Болотоков, П.А. Лебедев // Вестник АПК Ставрополя. - 2018. - №2. - С. 34-37.
42. Лышевский, А. С. Колебательные процессы в топливных системах дизелей / А. С. Лышевский, В. И. Кравченко. - Ростов-н/Д. : Изд-во Рост. ун-та, 1974. - 200 с.
43. Лялякин, В.П. Методы повышения ресурса деталей дизельных двигателей при их восстановлении : автореферат дис. ... доктора технических наук :05.20.03/ ВНИИ технологии упрочнения, восстановления и изготовления деталей. - Москва, 1996. - 54 с.
44. Масляный, Г. Д. К вопросу трения и износа распылителей / Г. Д. Масляный // Труды Моск. автодорож. ин-т. - Вып. 49: Двигатели внут- реннего сгорания. - М., 1972. - С. 18-21.
45. Мазаев, Ю.В. Ремонт форсунок дизелей. / Ю.В. Мазаев, Н.В. Корнеев, Е.А. Петровская // Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. - М.: ФГОУ ВО МГАУ, 2005. - 18 с.
46. Нагорнов, С. А. Перспективы развития сельскохозяйственной техники и проблемы сохранения экологического равновесия в биосфере / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, В.Ф. Калинин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского, - 2016. - № 4 - С. 43-52.
47. Пат. КИ 2068112, Российская Федерация, МПК Б 02 М 61/10 Распылитель дизельной форсунки / С.М. Пекарский, П.С. Пекарский; заявитель и патентообладатель Пекарский Семен Михайлович. № 96122630; заявл. 27.14.93; опубл. 20.10.96, Бюл. № 21 -2 е.: ил.
48. Петросов, В. В. Ремонт автомобилей и двигателей / В.В. Петросов. - 3-е изд., стер. - М.: Изд. центр Академия, 2007. - 224 с.
49. Руководство по испытанию и регулировке топливной аппаратуры тракторных, комбайновых и автомобильных дизелей. - М.: ГОСНИТИМ, 1990. -188 с.
50. Хаширов, Ю.М. Улучшение показателей работы автотракторных дизелей в эксплуатации: монография / Ю.М. Хаширов, В.Х. Нагоев. - Нальчик, 2002. - 129 с.
51. Хисметов, Н. 3. Поддержание машин в работоспособном состоянии путем их модернизации / Н. 3. Хисметов // Техника и оборудование для села. - 2004. - №1. - С. 26-29.
52. Чечет, В. А. Об актуальности диагностики дизельной топливной аппаратуры / В. А. Чечет, Е. А. Пучин, Д. И. Драчев // Диагностика, надежность и ремонт машин: сб. науч. тр. / Моск. гос. агроинж. ун-т. - М., 2001 - С. 3-7.
53. Das Common-Rail-System (CR, CRE, CRI, CRS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/dicscl/commonrail.htm>.
54. Diesel-Einspritzausrustung // Technische Unterrichtung / Robert Bosch. - Stuttgart, 2001.-S. 12.