

**КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЗЛА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ШЕСТЕРЕН
ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА****Доброхотов Ю.Н., Пушкаренко Н.Н., Валиев А.Р., Иванщиков Ю.В., Андреев Р.В.**

Реферат. С целью исследования значимости влияния износа рабочих поверхностей деталей узла промежуточных шестерен на величину мертвого хода плунжера, а значит и на цикловую подачу и угол опережения впрыска топлива, нами проведен анализ критических положений деталей узла на основе допустимых без ремонта его геометрических параметров. В процессе работы рабочие поверхности деталей и сопряжений подвергаются интенсивному изнашиванию, что приводит к увеличению радиального люфта промежуточной шестерни. С помощью разработанного устройства в специализированной мастерской ОАО «Янтиковское РТП» были обследованы узлы промежуточных шестерен первой и второй насосных секций у 70 насосов НД-22/6 из числа ремонтного фонда. Из анализа результатов статистической обработки значений люфта в исследуемых узлах следует, что у 75% насосов значение радиального люфта промежуточной шестерни превышает допустимую величину по первой насосной секции и 72% насосов по второй секции. В работе предложен метод определения радиального люфта промежуточной шестерни привода вращения плунжера насоса распределительного типа. Приведена конструкция устройства для безразборного определения радиального люфта деталей в узлах промежуточных шестерен. Получены статистические показатели значений радиального люфта промежуточных шестерен механизма вращения плунжера. Определен процент годности насосов распределительного типа по параметрам технического состояния узлов промежуточных шестерен. По результатам исследований предложено перевести узлы промежуточных шестерен насосов НД-22/6 в разряд ремонтных комплектов с обязательной их заменой при замене насосных секций.

Ключевые слова: шестерня промежуточная, радиальный люфт, техническое состояние, безразборное определение, ремкомплект.

Введение. Широкомасштабное использование техники в сельском хозяйстве способствует росту производительности труда, однако оно сопряжено и с отрицательными последствиями, исключение и минимизация которых является одной из насущных задач экологизации аграрного сектора [1]. Рост парка тракторных и комбайновых дизелей, увеличение единичных мощностей и расширение сферы применения привели к увеличению загрязнения атмосферы токсичными веществами отработавших газов дизелей, увеличению их вредного воздействия. Основное влияние на количество и состав выброса вредных веществ с отработавшими газами оказывает техническое состояние агрегатов системы питания.

В отечественном моторостроении дизели, устанавливаемые на мобильные машины, применяемые в сельском хозяйстве, оснащены главным образом двумя типами топливных насосов: рядными, насосные элементы которых объединены в одном корпусе и число насосных элементов (секций) равно числу цилиндров дизеля и распределительными, у которых один насосный элемент подает топливо в несколько цилиндров двигателя.

Рядные (многоплунжерные) топливные насосы дороги и сложны в изготовлении, и срок службы их мал. В процессе эксплуатации у этих насосов быстро нарушается равномерность подачи топлива по цилиндрам, изменяется угол начала подачи топлива и снижается

производительность насоса [2], но, тем не менее, находят широкое применение, так как они технологичны в обслуживании и ремонте.

Наряду с многоплунжерными насосами в сельском хозяйстве страны достаточно широкое распространение получили и дизели с топливными насосами распределительного типа, у которых значительно уменьшены габаритные размеры и масса. Они более стабильны в эксплуатации, так как в них значительно уменьшено количество факторов, способствующих возникновению различия в подаче топлива по отдельным линиям нагнетания [3].

Однако насосам распределительного типа характерны также и существенные недостатки, которые не позволяют в настоящее время вытеснить многоплунжерные топливные насосы из эксплуатации. Основными недостатками насосов этого типа являются низкий срок службы плунжерных пар в результате большой частоты возвратно-поступательного и вращательного движения плунжера и износ деталей кинематической цепи его вращения вследствие высокой цикличности рабочих процессов. Также следует отметить, что наличие распределителя топлива и многих распределительных каналов в корпусе насоса значительно увеличивают гидравлическое сопротивление движению топлива и приводит к появлению зон разрыва оплошности потока топлива и образованию топливовоздушной эмульсии в системе низкого давления, что

сопровождается ухудшением наполняемости надплунжерного пространства, снижением цикловой подачи и увеличением неравномерности подачи топлива по линиям нагнетания. В топливных насосах распределительного типа продолжительность наполнения надплунжерного пространства составляет 34...42 градуса угла поворота коленчатого вала вместо 200 градусов у многоплунжерных насосов, поэтому распределительные насосы более чувствительны к изменению давления на линии наполнения. На величину продолжительности наполнения значительное влияние оказывает техническое состояние механизма вращения плунжера, в частности, узла промежуточной шестерни [4].

В связи с этим особую роль в обеспечении качества и надежности топливных насосов приобретают оптимальное их комплектование и сборка, в процессе которых устраняется неблагоприятное сочетание конструктивно-технологических факторов, влияющих на выходные параметры [5].

Процесс комплектования включает в себя следующие работы: подбор деталей по размеру и массе, производство пригоночных работ по отдельным деталям и сопряжениям; подачу скомплектованных пар на сборку. Основной задачей сборки топливной аппаратуры из сборочных единиц является обеспечение максимально возможной неизменности параметров топливоподачи, поэтому при комплектовании деталей необходимо обеспечить заданный характер их сопряжения [6,7].

В этом отношении топливные насосы распределительного типа в связи с особенностями их устройства предъявляют повышенные требования к качеству сборки. Тем не менее, изучение технологического процесса сборки при ремонте показало, что ремонт в основном сводится к замене насосных секций высокого давления [8,9]. Остальные детали и узлы, в том числе и узел промежуточной шестерни при отсутствии явных дефектов, заметных при визуальном осмотре, таких как поломка зубьев шестерен, срез шпонок, повреждение резьбы, разрушение подшипников и т.п., устанавливаются на ремонтируемый насос без инструментального контроля состояния рабочих поверхностей и характера сопряжений.

Следует заметить, что такие дефекты, как износ рабочих поверхностей зубьев шестерен, посадочных поверхностей кронштейнов и осей, отверстий в корпусе в совокупности на выходные характеристики насоса влияют не меньше, чем изношенные элементы насосных секций. Поэтому установка новых насосных секций без должного контроля остальных элементов с последующим устранением выявленных дефектов может и не дать ожидаемого

эффекта.

В связи с этим остро встает вопрос о выяснении степени влияния технического состояния деталей механизма вращения плунжера, в частности, узла промежуточных шестерен на выходные параметры насоса.

Условия, материалы и методы исследований. С целью исследования значимости влияния износа рабочих поверхностей деталей узла промежуточных шестерен на величину мертвого хода плунжера, а значит и на цикловую подачу и угол опережения впрыска топлива нами на основе допустимых без ремонта его геометрических параметров проведен анализ критических положений деталей узла (рисунок 1).

В процессе работы рабочие поверхности деталей и сопряжений подвергаются интенсивному изнашиванию, что приводит к увеличению радиального люфта промежуточной шестерни.

Радиальный люфт промежуточной шестерни складывается из люфтов в сопряжениях: a – отверстия кронштейна 1 с осью 2 и b – отверстия шестерни 3 с осью 2.

Расчеты показывают, что для насоса НД-22/6 максимальное значение радиального люфта у нового узла составляет 0,034 мм. Допустимое его значение, согласно техническим требованиям на капитальный ремонт – 0,130 мм, предельное – 0,260 мм.

В связи с тем, что приработавшиеся детали сопряжений изнашиваются медленнее, чем вновь собранные, необходимо разбирать только те механизмы, детали которых подлежат ремонту. Это положение безусловно касается

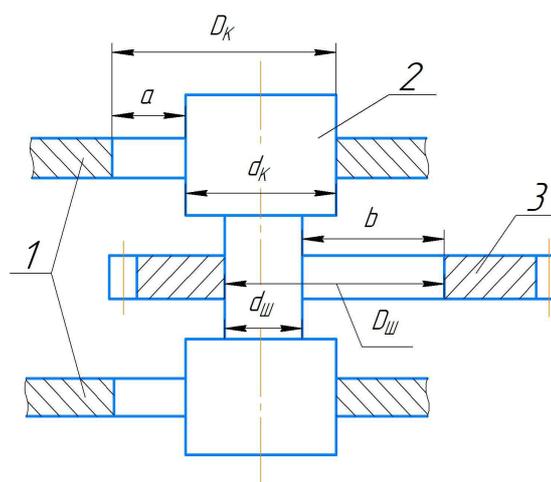


Рисунок 1 – Схема критического положения деталей узла промежуточной шестерни:

1 – кронштейн промежуточной шестерни;
2 – ось промежуточной шестерни;

3 – шестерня промежуточная, где D_k – диаметр отверстия в кронштейне под ось; $D_{ш}$ – диаметр посадочного отверстия шестерни; d_k – диаметр оси в сопряжении с отверстием в кронштейне; $d_{ш}$ – диаметр оси в сопряжении с отверстием шестерни

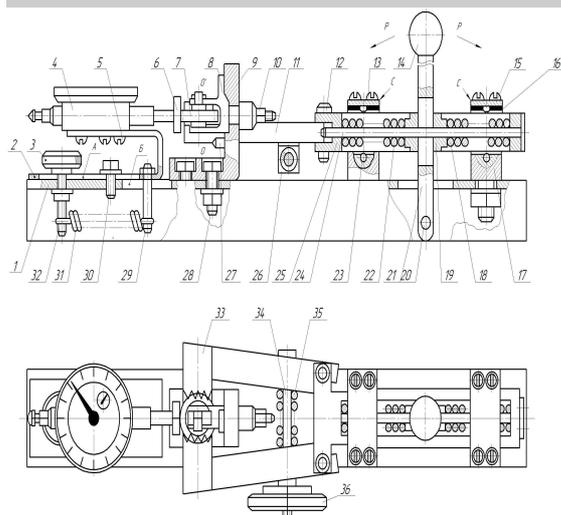


Рисунок 2 – Устройство для замера радиального люфта узла промежуточной шестерни:

- 1 – основание; 2 – каретка; 3, 36 – гайки;
- 4 – индикаторная головка; 5, 13 – винты;
- 6 – наконечник цилиндрический; 7 – шестерня промежуточная; 8 – кронштейн промежуточной шестерни;
- 9, 26 – угольник; 10 – гайка специальная; 11 – захват;
- 12, 20 – оси; 14 – рукоятка; 15 – прижим; 16 – прокладка;
- 17 – направляющая; 18, 22, 31, 35 – пружины; 19 – втулка;
- 21 – рычаг; 23 – шарик; 24 – шток; 25 – ползун;
- 27, 29 – штифты; 28 – болт; 30, 32 – винты направляющие; 33 – фиксатор зубчатый; 34 – тяга

и ремонту топливных насосов. Тем более оно способствует снижению трудоемкости ремонтных воздействий. В этой связи нами для безразборного определения технического состояния исследуемого узла в процессе ремонта разработано устройство для замера радиального люфта промежуточной шестерни, общий вид которого представлен на рисунке 1.

Устройство собрано на основании 1. Индикаторная головка 4 имеет цилиндрический наконечник 6 плоским торцом. Она расположена горизонтально и закреплена с помощью трех винтов 5 на каретке 2, в нижней части которой выполнен продольный паз А, позволяющий перемещать ее по направляющим винтам 30 и 32 влево и вправо. Гайка 3 служит для фиксации каретки в определенном положении. На нижней части каретки закреплен также штифт 29 с возможностью продольного перемещения во пазу В основания. При ослаблении гайки 3 пружина 31 автоматически перемещает каретку в левое крайнее положение. Длина пружины подобрана так, чтобы при перемещении каретки 2 влево не происходит резкого удара штифта в торец пазу.

Угольник 9 закреплен на основании 1 с помощью двух болтов 28. На нем устанавливается испытываемая шестерня 7 в сборе с кронштейном 8. Кронштейн соединен с угольником с помощью специальной гайки 10. Чтобы оси шестерен обеих насосных секций всегда лежали на одной прямой 0–0, в угольнике 9 сделано углубление по форме торца крон-

штейна шестерни второй секции.

В двух направляющих 17, имеющих прижимы 15, установлен ползун 25 с двумя захватами 11 на левом конце. Рычаг 21, закрепленный на оси 20, перемещает ползун влево или вправо. Передача усилия от рукоятки 14 рычага к ползуну осуществляется через две втулки 19, пружины 18 и 22, расположенные на штоке 24. Для уменьшения трения между ползуном, направляющим и прижимами в углублениях последних установлены шарики 23 диаметром 5 мм. Зазор между ползуном и направляющими регулируется с помощью прокладок 16. Прижимы прикреплены к верхним торцам направляющих четырьмя винтами 13.

На концах захватов 11 установлены зубчатые фиксаторы 33, которые с помощью гайки 36, расположенной на тяге 34, прижимаются к испытываемой шестерне. При ослаблении гайки 36 пружина 35 автоматически отводит фиксаторы от шестерни.

Для измерения радиального люфта шестерни ослабляют гайку 3 и каретку вместе с индикаторной головкой перемещают в крайнее левое положение. На угольнике устанавливается узел промежуточной шестерни в сборе с кронштейном. Каретку перемещают вправо до упора торца наконечника 6 в испытываемую шестерню 7, и фиксируют гайкой 3. Зубчатые фиксаторы вводят в зацепление с испытываемой шестерней и закручивают гайку 36 до отказа. Рукояткой рычага перемещают ползун, а следовательно, и испытываемую шестерню с кронштейном в крайнее левое положение и фиксируют показание стрелки индикаторной головки. Затем таким же образом перемещают шестерню в крайнее правое положение. Разница между показаниями стрелки индикаторной головки укажет величину радиального люфта промежуточной шестерни в испытываемом узле. Чтобы измерения выполнялись при одинаковых значениях усилия Р, прикладываемого к рукоятке, ее необходимо перемещать влево или вправо до упора поверхности рычага в грани С плоских прижимов. Пружины 22 имеют одинаковую жесткость и предварительную деформацию.

Анализ и обсуждение результатов исследований. С помощью разработанного устройства в специализированной мастерской ОАО «Янтиковское РТП» были обследованы узлы промежуточных шестерен первой и второй насосных секций у 70 насосов НД-22/6 из числа ремонтного фонда.

Статистический анализ результатов исследования в виде дифференциальных и интегральных кривых для опытных и теоретических распределений люфта промежуточных шестерен первой и второй насосных секций представлен на рисунке 3.

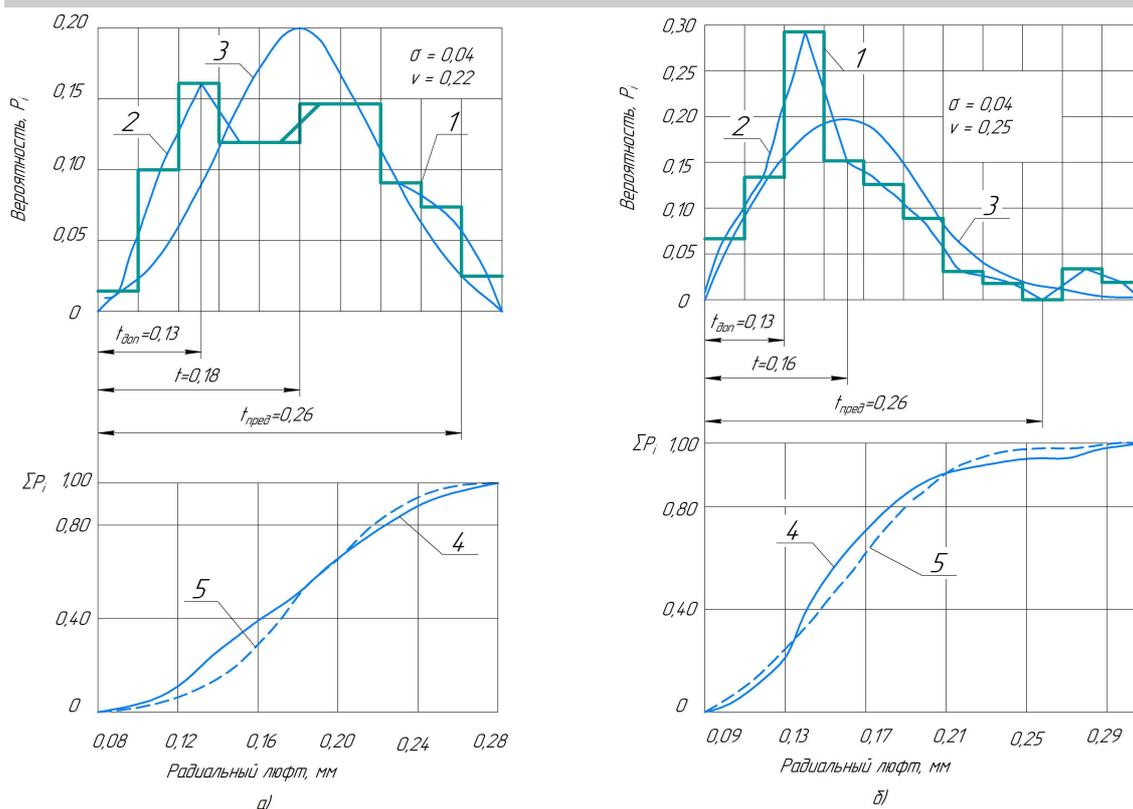


Рисунок 3 – Функции распределения значения радиально люфта промежуточной шестерни: а – для первой насосной секции; б – для второй насосной секции; 1 – гистограмма; 2 – полигон; 3 – теоретическая дифференциальная кривая; 4 – опытная интегральная кривая; 5 – теоретическая интегральная кривая

Среднее арифметическое значение люфта соответственно для шестерен первой и второй секций – 0,18 и 0,16 мм, среднее квадратическое отклонение – 0,04 мм, коэффициент вариации – 0,22 и 0,25.

Из анализа результатов статистической обработки значений люфта в исследуемых узлах следует, что у 75% насосов значение радиального люфта промежуточной шестерни превышает допустимую величину по первой насосной секции и 72% насосов по второй секции. Поэтому бесконтрольная при ремонте установка узлов промежуточных шестерен может привести к значительному отклонению угла начала впрыска топлива от номинальных значений и рассогласованию положения распределительного паза плунжера относительно распределительного окна втулки, что чревато возникновением гидроудара в насосной секции.

Выводы. Установление непродефектованных узлов промежуточных шестерен ведет к увеличению мертвого хода плунжеров

насосных секций. Как показали результаты исследования ремфонда насосов НД-22/6, 72...75% насосов имеют превышение допустимых значений люфта промежуточных шестерен. В связи с этим, на наш взгляд, целесообразнее было бы узлы промежуточных шестерен перевести в разряд ремонтного комплекта и подвергнуть обязательной замене при замене насосных секций.

Разработанное устройство для замера радиального люфта узла промежуточной шестерни позволяет достаточно точно определить техническое состояние его элементов и способствует снижению необоснованного объема ремонтных воздействий.

Инструментальный контроль узла промежуточной шестерни позволит ограничить доступ негодных сборочных единиц на комплектацию и сборку насосов, и тем самым снизить вклад радиального люфта в значение мертвого хода плунжера, способствуя более полной реализации функциональных возможностей новых насосных секций.

Литература

1. Иванчиков Ю.В., Новиков А.М., Доброхотов Ю.Н., Пушкаренко Н.Н., Экологические проблемы механизации сельскохозяйственного производства // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник национальной (Всероссийской) научной конференции. – Новосибирск. – Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С.109-113.
2. Доброхотов Ю.Н., Иванчиков Ю.В., Васильев А.О., Андреев Р.В. Мертвый ход плунжера как диагно-

стический параметр топливных насосов распределительного типа // Вестник Казанского государственного аграрного университета, – 2017. – Т.12. – №4(46). – С.78-82.

3. Доброхотов Ю.Н., Иванчиков Ю.В., Андреев Р.В., Регулирование подачи топлива при перегрузках на насосах распределительного типа // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. – С. 121-126.

4. Шарифуллин С.Н., Адигамов Н.Р. Пути повышения эффективности работы топливной аппаратуры автотракторных дизельных двигателей. – Казань: изд-во Казан. гос. ун-та, 2008. – 296 с.

5. Адигамов Н.Р. Шарифуллин С.Н. Комплексное решение проблем восстановления топливной аппаратуры дизелей // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2008. - №2 – С.16-18.

6. Доброхотов Ю.Н. Иванчиков Ю.В., Расширение функциональных возможностей контрольно-измерительных приборов, применяемых в ремонтном производстве // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: Материалы международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 584-594.

7. Иванчиков Ю.В., Доброхотов Ю.Н. Повышение производительности контрольных операций при ремонте сельскохозяйственной техники // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России. Составители Н.А. Щербакова, А.П. Селиверстова. 2017. – С 1159-1163.

8. Доброхотов Ю.Н., Иванчиков Ю.В., Васильев А.О., Регулировка механизма вращения плунжеров насосов распределительного типа при ремонте // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары. – 2018. – С. 126-130.

9. Доброхотов Ю.Н., Иванчиков Ю.В., Васильев А.О. Повышение точности сборки насосных элементов распределительного типа // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары. – 2018. – С. 153-159.

Сведения об авторах:

Доброхотов Юрий Николаевич – доцент, e-mail: dobrokhotov47@mail.ru

Пушкаренко Николай Николаевич – кандидат технических наук, e-mail: stl_mstu@mail.ru

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.

Валиев Айрат Расимович – профессор, доктор технических наук, e-mail: rector@kazgau.com

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия,

Иванчиков Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: iuv53@mail.ru

Андреев Роман Викторович – кандидат технических наук, e-mail: rv_andreev@mail.ru

ФГБОУ ВО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары, Россия.

KINEMATIC ANALYSIS OF THE NODE OF INTERMEDIATE GEARS OF DISTRIBUTIVE TYPE FUEL PUMP

Dobrokhotov Yu.N., Pushkarenko N.N., Valiev A.R., Ivanschikov Yu.V., Andreev R.V.

Abstract. In order to study the significance of the impact of wear on the working surfaces of parts of the intermediate gear assembly on the amount of plunger dead stroke and, therefore, on the cycle feed and advance fuel injection angle, we analyzed the critical positions of the parts of the assembly without the repair of its geometric parameters. In the process, the working surfaces of parts and mates are subject to intensive wear, which leads to an increase in the radial play of the intermediate gear. With the help of the developed device, the intermediate gears of the first and second pump sections of 70 ND-22/6 pumps from among the repair stock were examined at the specialized workshop of OAO “Yantikovskoe RTP”. From an analysis of the results of statistical processing of the backlash values in the nodes under study, it follows that in 75% of pumps the value of the radial play of the intermediate gear exceeds the allowable value for the first pumping section and 72% of the pumps for the second section. The paper proposes a method for determining the radial play of the intermediate gear drive of the plunger rotation drive of the distribution type pump. The design of the device for the in-place determination of the radial play of parts in the nodes of intermediate gears is given. Statistical indicators of the radial play of the intermediate gears of the plunger rotation mechanism were obtained. The percentage of shelf life of distribution type pumps is determined by the parameters of the technical condition of the intermediate gear assemblies. According to the research results, it was proposed to transfer the intermediate gear assemblies of the ND-22/6 pumps to the category of repair kits with their obligatory replacement when replacing pump sections.

Key words: intermediate gear, radial play, technical condition, in-place definition, repair kit.

References

1. Ivanschikov Yu.V., Novikov A.M., Dobrokhotov Yu.N., Pushkarenko N.N. *Ekologicheskie problemy mekhanizatsii selskokhozyaystvennogo proizvodstva. // Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki: Sbornik natsionalnoy (Vserossiyskoy) nauchnoy konferentsii.* (Problems of agricultural production mechanization // Theory and practice of modern agrarian science: collection of National (All-Russian) Scientific Conference). Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2018. – P. 109-113.

2. Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V., Vasilev A.O., Andreev R.V. Dead stroke of the plunger as a diagnostic parameter of fuel pumps of distribution type. [Mertvyy khod plunzhera kak diagnosticheskiy parametr toplivnykh nasosov raspredelitel'nogo tipa]. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - The Herald of Kazan State Agrarian University*, - 2017. Vol. 12. №4(46). – P. 78-82.

3. Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V., Andreev R.V. *Regulirovanie podachi topliva pri peregruzkakh na nasosakh raspredelitel'nogo tipa. // Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: Materialy*

Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. (Regulation of fuel supply in case of overload on distribution type pumps. // Prospects for the technical service development in the agro-industrial complex: Proceedings of All-Russian scientific and practical conference). Chuvashskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya. 2018. – P. 121-126.

4. Sharifullin S.N., Adigamov N.R. *Puti povysheniya effektivnosti raboty toplivnoy apparatury avtotraktornykh dizelnykh dvigateley.* [Ways to improve the efficiency of the fuel equipment of automotive diesel engines]. – Kazan, izd-vo Kazan. gos. un-ta, 2008. – P. 296.

5. Adigamov N.R. Sharifullin S.N. A comprehensive solution to the restoration problems of diesel fuel equipment. [Kompleksnoe reshenie problem vosstanovleniya toplivnoy apparatury dizeley]. // *Vestnik KGTU im. A.N. Tupoleva.* – The Herald of KSTU named after A.N. Tupolev. – 2008. - №2 – P. 16-18.

6. Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V. *Rasshirenie funktsionalnykh vozmozhnostey kontrolno-izmeritelnykh priborov, primenyaemykh v remontnom proizvodstve.* // *Prodovolstvennaya bezopasnost i ustoychivoe razvitiye APK: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Expansion of the functional capabilities of instrumentation used in the repair industry. // Food safety and sustainable development of the agroindustrial complex: Proceedings of international scientific and practical conference). – 2015. – P. 584-594.

7. Ivanshchikov Yu.V., Dobrokhotov Yu.N. *Povyshenie proizvoditelnosti kontrolnykh operatsiy pri remonte selskokhozyaystvennoy tekhniki.* // *Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsialno-ekonomicheskoe obespechenie selskokhozyaystvennogo proizvodstva: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy godu ekologii v Rossii.* (Improving the performance of control operations in the repair of agricultural machinery. // Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and social and economic support of agricultural production: Proceedings of International scientific and practical conference, dedicated to the year of ecology in Russia). Compiled by – N.A. Scherbakova, A.P. Seliverstova. 2017. – P. 1159-1163.

8. Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V., Vasilev A.O., *Regulirovka mekhanizma vrascheniya plunzherov nasosov raspredelitel'nogo tipa pri remonte.* // *Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* [Adjusting the rotation mechanism of the plungers of distribution type pumps during repairs. // Prospects for the development of technical service in the agro-industrial complex: Proceedings of All-Russian scientific-practical conference]. Chuvashskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya. 2018. – P. 126-130.

9. Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V., Vasilev A.O. *Povysheniye tochnosti sborki nasosnykh elementov raspredelitel'nogo tipa.* // *Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Improving the accuracy of assembling pumping elements of distribution type. // Prospects for the development of technical services in the agricultural sector: Proceedings of All-Russian scientific and practical conference). Chuvashskaya gosudarstvennaya selskokhozyaystvennaya akademiya. 2018. – P. 153-159.

Authors:

Dobrokhotov Yuriy Nikolaevich – Associate Professor, e-mail: dobrokhotov47@mail.ru

Pushkarenko Nikolay Nikolaevich – Ph.D. of Technical sciences, e-mail: stl_mstu@mail.ru

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.

Valiev Ayrat Rasimovich – Professor, Doctor of Technical Sciences, e-mail: rector@kazgau.com

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

Ivanchikov Yuriy Vasilevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: iuv53@mail.ru

Andreev Roman Viktorovich – Ph.D. of Technical Sciences, e-mail: rv_andreev@mail.ru

Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.