

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСНЫХ СЕКЦИЙ ТОПЛИВНОГО НАСОСА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТИПА**Доброхотов Ю.Н., Иванщиков Ю.В., Валиев А.Р., Васильев А.О.**

Реферат. Вследствие конструктивных особенностей распределительных насосов типа НД-22 выравнивание значений цикловой подачи между секциями высокого давления представляет собой достаточно сложную и трудоемкую задачу, решение которой сопровождается многократным изменением размеров приводных звеньев с последующим многократным замером показателей подачи. С целью снижения трудоемкости регулировочных операций и повышения точности их выполнения в работе предложена методика и устройство, позволяющее значительно снизить трудоемкость регулировочных операций по выравниванию значений производительности между секциями высокого давления при одновременном повышении точности их выполнения. Выявлена закономерность изменения величины подачи первой секцией насоса, от изменения длины регулировочной тяги привода дозатора. Установлена линейность корреляционной связи между длиной регулировочной тяги и производительностью первой секции высокого давления. Приведено уравнение, описывающее эту связь. Графическое изображение зависимости между изменением длины регулировочной тяги и подачи насосной секции позволяет его использовать как номограмму для выбора длины тяги при установлении заданного значения цикловой подачи в процессе выполнения регулировочных работ после ремонта.

Ключевые слова: насосная секция, регулировочная тяга, цикловая подача, корреляционная связь.

Введение. От работы топливной аппаратуры зависят основные мощностные и экономические показатели дизельных двигателей внутреннего сгорания, их надежность, долговечность и стабильность параметров, удельные весовые и объемные характеристики, уровень создаваемого шума, а также токсичность и дымность отработавших газов [1]. Топливная аппаратура автотракторных дизелей должна обеспечить подачу в цилиндры дизеля в соответствии с порядком их работы под высоким давлением (20,0...60,0 МПа и более) точно дозированных малых порций топлива (10...300 мм³) за короткий промежуток времени (0,001...0,01 с) [2].

Эксплуатация дизелей осуществляется на открытом воздухе, в различных климатических условиях, в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Поэтому необходимо обеспечить требуемые показатели процесса топливоподачи не только на номинальном режиме и при нормальных условиях окружающей среды, но и оптимизировать их в широком диапазоне режимов и при различных условиях работы дизеля. Высокая технико-экономическая эффективность дизеля возможна только в том случае, когда обеспечены все точностные параметры режимов работы топливной аппаратуры [3].

Одним из основных регулировочных параметров топливной аппаратуры, подлежащим в установлении в первую очередь – это его производительность. Она определяется количеством топлива, впрыскиваемого в цилиндры дизеля в течение часа [4]. На рядных насосах, например УТН-5, этот параметр регулируют изменением углового положения поворотной

штулки относительно зубчатого венца, предварительно ослабив его затяжку. Для увеличения подачи втулку в зубчатом венце поворачивают влево (по часовой стрелке, если смотреть сверху), а для уменьшения – вправо (против часовой стрелки). Допускается изменять производительность (подачу) одновременно всеми насосными секциями, изменяя положение болта жесткого упора (для увеличения подачи винт заворачивают, для уменьшения – выворачивают).

Условия, материалы и методы исследований. Из-за конструктивных особенностей установление этого параметра на насосах распределительного типа осуществляется иначе. Например, на насосах НД-22 регулировка количества подаваемого топлива осуществляется в следующей последовательности [5]. Сначала проверяют отсутствие течи топлива и масла в местах соединений, в том числе подтекания топлива по разьему головка насосной секции – корпус насоса. При этом исключается поступление пузырьков воздуха в головку насоса. Так как топливный насос НД-22 имеет две расположенные рядом секции высокого давления то возникает, необходимость выравнивания производительности каждой секции в отдельности. Производят предварительное выравнивание подачи между двумя секциями. Для этого устанавливают скорость вращения равную 960 ...1000 мин⁻¹, и добиваются приблизительно одинаковой средней величины подачи каждой из двух секций (разница в подачах секций не должна превышать 3 см³ за 200 циклов). Окончательное выравнивание подачи секциями насоса осуществляют за счет изменения подачи первой секцией насоса при неиз-

менной подаче второй секции. Производительность первой секции регулируют путем изменения длины регулировочной тяги привода дозатора. Увеличение длины тяги повышает, а уменьшение – снижает производительность насосной секции.

Первоначальную длину регулировочной тяги при выравнивании подачи между секциями рекомендуется установить равной 53 мм между центрами отверстий под оси поводков дозаторов, что само по себе является достаточно сложной задачей. И к тому же, практика показывает, что из-за неодинаковости гидравлических характеристик секций и различия геометрических параметров элементов привода дозатора первоначально устанавливаемая длина тяги не всегда обеспечивает совпадение значения производительности первой секции с производительностью второй. Такая ситуация особенно характерна при ремонте насоса с использованием насосных секций бывших в эксплуатации и установкой обезличенной регулировочной тяги [6]. Поэтому, в особенности после ремонта возникает острая необходимость корректировки производительности первой секции в процессе выравнивания подачи между секциями путем изменения первоначально установленной длины регулировочной тяги. Но операция корректировки производительности первой секции путем изменения длины регулировочной тяги, не снимая ее с насоса, является достаточно сложной и трудоемкой. Желаемый результат величины подачи, как правило, удается получить только после неоднократного выполнения данной операции. Сложность заключается в том, что визуально, не снимая тягу с насоса, трудно с первого раза настроить необходимую длину, обеспечивающую требуемую производительность. После каждого изменения длины регулировочной тяги необходимо на стенде снова проверить насос на равенство подачи между секциями, что также сопровождается дополнительными затратами времени, электрической энергии и износом стенда.

В данной работе ставится задача исследо-

вания возможности снижения трудоемкости регулировочных операций при ремонте топливных насосов типа НД-22 и повышение точности их выполнения [7].

В связи с этим представляет определенный интерес возможность получения необходимой производительности первой секцией с первой же установки на отремонтированный насос обезличенной регулировочной тяги без изменения ее первоначально установленной длины. Наличие такой возможности позволило бы значительно сократить трудоемкость послеремонтных регулировочных работ.

Для выяснения возможности снижения трудоемкости регулировочных работ на базе ремонтного фонда специализированной мастерской ОАО «Янтиковское РТП» нами с 69 насосов типа НД-22 было изъято 69 регулировочных тяг, которые за тем поочередно устанавливались на один и тот же отремонтированный насос, обе секции которого предварительно были отрегулированы на номинальную подачу топлива, равную 86 см^3 при 750 циклах и частоте вращения кулачкового вала 1000 мин^{-1} . Данные для статистической обработки полученных значений брались как среднее из трех измерений производительности первой секции на каждой регулировочной тяге при том же режиме, на котором были установлены исходные параметры подачи топлива обеими секциями.

Результаты испытаний и статистической обработки полученной информации представлены в табл.1. График опытного и теоретического распределения производительности первой насосной секции, а также ее характеристики, приведены на рисунке 1. Полученные экспериментальные данные согласуются с теоретическим законом нормального распределения по критерию А.Н. Колмогорова с вероятностью $P_y = 0,71$.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что практически ни одна регулировочная тяга, снятая с насоса ремонтного фонда, не обеспечивает с первой же установки номинальную (исходную) про-

Таблица 1 – Статистический ряд информации по производительности первой секции топливного насоса НД-22

Интервалы подачи, см^3	89,0-92,2	92,2-95,4	95,4-98,6	98,6-101,8	101,8-105,0	105,0-108,2	108,2-111,4	111,4-114,6	114,6-117,8	117,8-121,0
Середина интервала	90,6	93,8	97,0	100,2	103,4	106,6	109,8	113,0	116,2	119,4
Частота	5	6	6	10	12	6	3	9	7	5
Опытная вероятность	0,072	0,087	0,087	0,145	0,174	0,087	0,043	0,130	0,101	0,072
Теоретическая вероятность	0,036	0,064	0,098	0,128	0,147	0,147	0,127	0,095	0,061	0,035
Накопленная опытная вероятность	0,072	0,159	0,246	0,391	0,565	0,652	0,695	0,826	0,927	1,000
Теоретическая интегральная вероятность	0,068	0,133	0,229	0,359	0,504	0,651	0,776	0,872	0,935	0,970

изводительность первой секции высокого давления, т.е. обязательно потребуется подрегулировка первоначально установленной длины тяги.

С целью снижения трудоемкости послеремонтных регулировочных работ по насосу НД-22 и повышения их точности [8,9] нами разработано и изготовлено устройство для настройки регулировочной тяги, общий вид которого представлен на рисунке 2.

Оно включает основное 1 (рисунок 2), на котором двумя болтами 20 закреплена каретка 2. По продольным пазам А каретка перемещается относительно постели 22, что облегчает сборку устройства. На каретке с винтом 5 закреплена индикаторная головка 4 часового типа. Верхний конец ее измерительного стержня упирается в плоский торец цилиндрического участка регулировочного винта 3. На нижний конец стержня навинчен и закреплен гайкой 6 удлинитель 7, имеющий цилиндрический участок с плоским торцом. Постель закреплена на основании двумя болтами 18.

Регулировочная тяга состоит из подвижной (левой) и неподвижной (правой) пластин соответственно 8 и 11, соединенных винтом 10.

Поперечный паз В в постели предназначен для специальной гайки 9 и не дает последней вращаться при ослаблении или затягивании винта 10. При размещении тяги в постели в отверстие на конце пластины 11 входит стержень 12, закрепленный на основании гайкой 17. Упор 24 присоединен к нему двумя болтами 16 и служит направляющей штока 23. Шток под действием пружины 13 перемещает пластину 11 тяги влево, выбирает зазор между стержнем и отверстием и фиксирует тягу в постели. Жесткость пружины 13 должна быть достаточной, чтобы тяга не перемещалась и при ослаблении или затяжке винта 10.

Рычаг 25 для отвода фиксирующего штока вправо при установке (снятии) тяги с постели закреплен с возможностью качания на оси 15. В отведенном положении шток удерживается вертикальным штифтом 14, упирающимся в торец упора 24. Круглой гайкой 21 регулировочный винт 3 перемещается вправо или влево, тем самым увеличивая или уменьшая длину тяги. Отверстие 19 в основании служит для крепления устройства к верстаку.

Для настройки длины тяги, ее устанавливают на отремонтированный и собранный насос и определяют на стенде фактическую производительность первой секции высокого давления на заданном режиме. Вычисляют разницу между фактическим и номинальным значениями производительности. Умножением полученного значения на 0,05 мм определяют, насколько необходимо изменить длину тяги. Затем снимают ее с насоса и укладывают в постель устройства. Для этого отводят влево

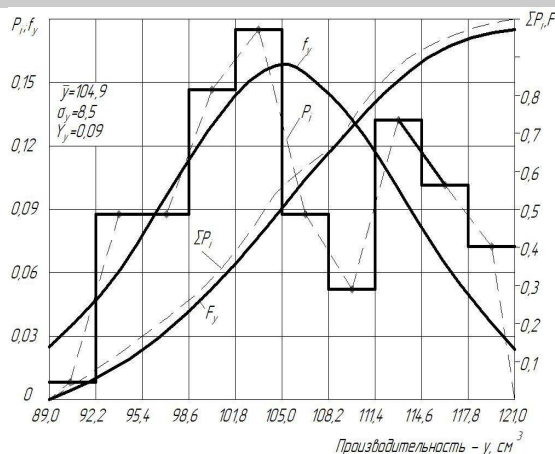


Рисунок 1 – График опытного и теоретического распределения производительности первой насосной секции топливного насоса НД-22:

P_i – опытная вероятность производительности;
 f_y – теоретическая плотность распределения;
 ΣP_i – накопленная вероятность;
 F_y – интегральная теоретическая функция распределения производительности.

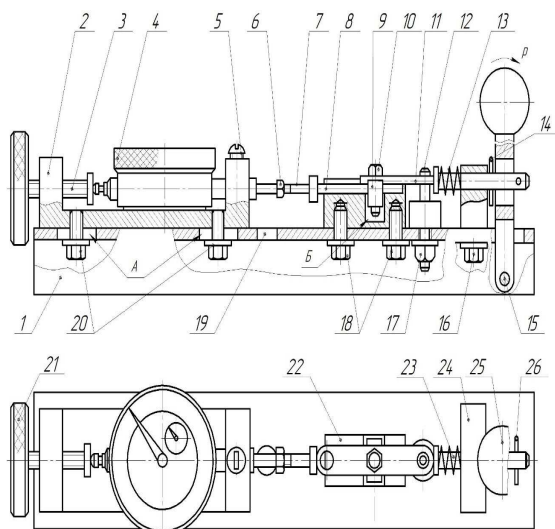


Рисунок 2 – Устройство для настройки длины регулировочной тяги топливного насоса НД-22:

1 – основание; 2 – каретка; 3 – регулировочный винт; 4 – индикаторная головка; 5 – винт; 6, 9, 17, 21 – гайки; 7 – удлинитель; 8, 11 – подвижная и неподвижная пластины регулировочной тяги; 10 – винт; 12 – стержень; 13 – пружина; 14, 26 – штифты; 15 – ось; 16, 18, 20 – болты; 19 – отверстие; 22 – постель; 23 – шток; 24 – упор; 25 – рычаг; А и В продольный и поперечный пазы.

регулировочный винт 3 путем вращения гайки 21 так, чтобы между верхним концом измерительного стержня индикаторной головки и плоским торцом цилиндрической части винта образовался зазор. Рычагом 25 отводят шток 23 в правое крайнее положение и удерживают его в этом положении. Поместив тягу в постель, плавно отпускают рычаг. При этом шток фиксирует ее в постели, а плоский торец цилиндрической части удлинителя 7 контактирует с торцом подвижной пластины 8. Нулевую отметку циферблата индикаторной головки

устанавливают против большой стрелки и запоминают показание малой стрелки. Поворотом гайки 21 добиваются контакта плоского торца цилиндрического участка винта 3 с верхним концом измерительного стержня. При этом стрелка индикаторной головки должна оставаться против нулевой отметки (как показано на рисунке 2). Ослабляют винт 10, вращая гайку 21, перемещают вправо винт 3, который через измерительный стержень и удлинитель 7 перемещает вправо (в сторону уменьшения длины) пластину 8. Величину перемещения контролируют с помощью индикаторной головки 4.

При необходимости увеличения длины тяги вращением гайки 21 винт 3 перемещают влево на требуемую величину, также контролируя это действие по индикаторной головке. Передвигают пластину 8 влево до упора верхнего конца измерительного стержня в плоский торец винта 3 и с помощью винта 10 закрепляют обе пластины тяги. Затем тягу снимают с устройства, устанавливают на насос и проверяют производительность секции.

Анализ и обсуждение результатов исследования. Для регулировки первой секции на необходимую производительность с помощью разработанного устройства необходимо знать, на какую величину надо изменить первоначально установленную длину регулировочной тяги. Для выяснения этого вопроса было проведено измерение производительности первой секции насоса НД-22 при различных значениях длины регулировочной тяги. Методика исследования заключалась в том, что первоначально устанавливалась производительность первой секции равной 82,0 см³ при 750 циклах и частоте вращения кулачкового вала 1000 мин⁻¹. Увеличивая длину регулировочной тяги на устройстве на 0,05 мм, снимались показания производительности первой секцией насоса. Результаты измерений представлены в табл. 2, где x – величина удлинения регулировочной тяги в мм, y – производительность первой секции в см³, соответству-

ющая данному значению удлинения регулировочной тяги.

Анализ табл. 2 показывает возможность наличия корреляционной связи между изменением длины регулировочной тяги и производительностью первой секции, которую можно представить в виде уравнения:

$$y = a + bx. \quad (1)$$

После расчета коэффициентов a и b уравнение (1) с помощью результатов, приведенных в таблице 2, примет вид

$$y = 19,42x + 82,45. \quad (2)$$

График уравнения (2) приведен на рисунке 3, где также приведены результаты измерения производительности первой секции в зависимости от изменения длины регулировочной тяги в виде отдельных точек. Точками на графике обозначены результаты измерения производительности при изменении длины тяги.

Для выявления силы корреляционной зависимости определялся коэффициент корреляции r_{xy} , который равняется 0,815. Для облегчения расчета r_{xy} необходимые данные сведены в табл. 3.

Так как полученное значение r_{xy} значительно больше 0,5, то вполне можно утверждать наличие закономерной связи между изменени-

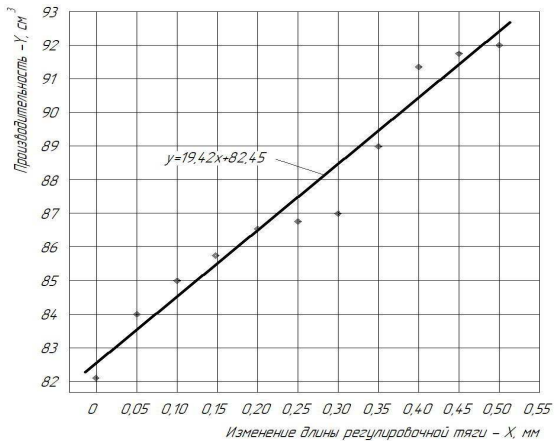


Рисунок 3 – График корреляционной зависимости между производительностью первой секции изменением длины регулировочной тяги

Таблица 2 – Результаты экспериментального определения производительности первой секции насоса НД-22

N	x , мм	y , см ³	xy	x^2
1	0	82,0	0	0
2	0,05	84,0	4,20	0,0025
3	0,10	85,0	8,50	0,0100
4	0,15	85,6	12,84	0,0225
5	0,20	86,3	17,26	0,0400
6	0,25	86,6	21,65	0,0625
7	0,30	87,0	26,10	0,0900
8	0,35	89,0	31,15	0,1225
9	0,40	91,3	36,52	0,1600
10	0,45	91,6	41,22	0,2025
11	0,50	92,0	46,00	0,2500
Σ	2,75	960,4	245,44	0,9625

Таблица 3 – Вспомогательная таблица для определения коэффициента корреляции r_{xy} и ошибки m_r коэффициента корреляции

N	x , мм	y , см ³	Δx	Δy	$\Delta x \Delta y$	$(\Delta x)^2$	$(\Delta y)^2$
1	0	82,0	-0,25	-5,31	+1,33	0,062	28,196
2	0,05	84,0	-0,20	-3,31	+0,66	0,040	10,956
3	0,10	85,0	-0,15	-2,31	+0,35	0,022	5,336
4	0,15	85,6	-0,10	-1,71	+0,17	0,010	2,924
5	0,20	86,3	-0,05	-1,01	+0,05	0,002	1,020
6	0,25	86,6	0	-0,71	0	0	0,504
7	0,30	87,0	+0,05	-0,031	0,00	0,002	0,000
8	0,35	89,0	+0,10	+1,69	+0,17	0,010	2,856
9	0,40	91,3	+0,15	+3,99	+0,06	0,022	15,920
10	0,45	91,6	+0,20	+4,29	+0,86	0,040	18,404
11	0,50	92,0	+0,25	+4,69	+1,17	0,0672	21,996
Σ	2,75	960,4	0	+0,27	4,82	0,272	108,112

ем длины регулировочной тяги и производительностью первой секции насоса. Так как ошибка m_r коэффициента корреляции равна 0,101 и условие $r_{xy} \geq 3 m_r$ выполняется, то можно с уверенностью говорить о надежности числовой оценки. Это условие подтверждает и производственная эксплуатация устройства.

Таким образом, зная разницу между фактической производительностью первой насосной секции и номинальным ее значением, можно определить, насколько необходимо изменить первоначально установленную длину тяги для получения номинальной производительности.

Выводы и рекомендации.

1. При ремонте распределительных насосов типа НД-22 с заменой насосных элементов

необезличивание регулировочной тяги привода дозатора не обеспечивает равенство подачи между секциями без дополнительной настройки.

2. Экспериментально установлено, что изменение длины регулировочной тяги на 0,05 мм способствует изменению подачи секцией насоса на 1,0 см³.

3. Применение предложенного устройства для настройки длины регулировочной тяги привода дозатора позволит снизить количество повторов оператора по выравниванию подачи между секциями насоса и повысить точность выполнения последующих операций по регулированию и испытанию распределительных насосов типа НД-22.

Литература

1. Иванщиков 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. Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С.109-113.
2. Топливная аппаратура автотракторных и комбайновых дизелей. ТК10.16.0001.003-87 М.: ГОСНИТИ – 1989. – 286 с.
3. 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.
4. Иванщиков Ю.В., Доброхотов Ю.Н., Васильев А.О. Повышение точности сборки насосных элементов распределительного типа // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. 2018. – С. 153-159.
5. Доброхотов Ю.Н., Иванщиков 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. Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. 2018. – С. 121-126.
6. Доброхотов Ю.Н., Иванщиков Ю.В., Васильев А.О., Андреев Р.В. Мертвый ход плунжера как диагностический параметр топливных насосов распределительного типа // Вестник Казанского государственного аграрного университета, - 2017. Т.12. №4(46). – С.78-82.
7. Иванщиков Ю.В., Доброхотов Ю.Н. Повышение точности измерений в ремонте производстве // 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.1163-1168.
8. Доброхотов Ю.Н., Иванщиков 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.
9. Иванщиков 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.

Сведения об авторах:

Доброхотов Юрий Николаевич – доцент, e-mail: dobrokhotov47@mail.ru
 Иванчиков Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: iuv53@mail.ru
 Валиев Айрат Расимович – доктор технических наук, доцент e-mail: rector@kazgau.com
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия
 Васильев Александр Олегович – кандидат технических наук, e-mail: 3777222@bk.ru
 ФГБОУ ВО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, Россия.

IMPROVING THE ACCURACY OF REGULATING THE CAPACITY OF PUMPING SECTIONS OF THE DISTRIBUTIVE TYPE FUEL PUMP

Dobrokhotov Yu.N., Ivanschikov Yu.V., Valiev A.R., Vasilev A.O.

Abstract. Due to the design features of ND-22 type of distribution pumps, equalization of cycle feed values between high-pressure sections is a rather complicated and time-consuming task, the solution of which is accompanied by repeated changes in the dimensions of the drive links with subsequent multiple metering of feed rates. In order to reduce the labor-intensiveness of adjustment operations and increase the accuracy of their performance, a technique and a device have been proposed, that significantly reduce the laboriousness of adjustment operations to equalize performance values between high-pressure sections, while simultaneously increasing the accuracy of their performance. The regularity of the change in the feed rate of the first section of the pump, the change in the length of the adjusting thrust of the metering drive is revealed. The linearity of the correlation relationship between the length of the adjusting thrust and the performance of the first high pressure section has been established. An equation, describing this relationship, is given. The graphic representation of the relationship between the change in the length of the adjustment thrust and the supply of the pump section allows it to be used as a nomogram for selecting the length of the thrust when a given feed cycle value is set during the adjustment work after repair.

Key words: pumping section, adjusting thrust, cyclic feed, correlation.

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. *Toplivnaya apparatura avtotraktornykh i kombaynovykh dizeley.* [Fuel equipment of automotive and combine diesel engines]. TK10.16.0001.003-87 M.: GOSNITI – 1989. – P. 286.
3. 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.
4. Ivanchikov Yu.V., Dobrokhotov Yu.N., Vasilev A.O. Improving the accuracy of assembling pumping elements of distribution type // Prospects for the development of technical services in the agricultural sector: Materials of the All-Russian scientific-practical conference. Chuvash State Agricultural Academy. 2018. – P. 153-159.
5. 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.
6. 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.
7. Ivanschikov Yu.V., Dobrokhotov Yu.N. *Povyshenie tochnosti izmereniy v remontom proizvodstve. // Nauchno-prakticheskie puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsialno-ekonomicheskoe obespechenie selskokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschennoy godu ekologii v Rossii.* (Improving the measurements accuracy in the repair production. // Scientific and practical ways to improve environmental sustainability and social and economic support of agricultural production: proceedings of International scientific and practical conference on the year of ecology in Russia). Compiled by N.A. Shcherbakova, A.P. Seliverstova. 2017. – P. 1163-1168.
8. 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.
9. Ivanschikov Yu.V., Dobrokhotov Yu.N. *Povyshenie proizvoditel'nosti 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.

Authors:

Dobrokhotov Yuriy Nikolaevich – Associate Professor, e-mail: dobrokhotov47@mail.ru
 Ivanchikov Yuriy Vasilevich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: iuv53@mail.ru
 Valiev Ayrat Rasimovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: rector@kazgau.com
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Vasilev Aleksandr Olegovich – Ph.D. of Technical Sciences, e-mail: 3777222@bk.ru
 Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, Russia.