



УДК 665.7.038  
ГРНТИ 78.25.14

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕЗРАЗБОРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

*А.К. АГАФОНОВ*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*Г.В. БЕРЕСТЕВИЧ, кандидат технических наук*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*В.В. ИЛЛАРИОНОВ, кандидат технических наук, доцент*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

*И.И. ЧЕРНУХО, кандидат технических наук*

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье проведен анализ отказов автомобильной и специальной техники. Предложен способ безразборного ремонта топливной аппаратуры дизельных двигателей на основе новой конструкции устройства для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрены назначение, принцип действия и работа устройства. Разработана электронная геометрическая модель устройства и на её основе – опытный образец. Представлены результаты испытаний опытного образца устройства.

*Ключевые слова:* военная автомобильная и специальная техника, дизельные двигатели внутреннего сгорания, топливная аппаратура, прецизионные пары трения, устройство для восстановления, безразборный ремонт, ремонтно-восстановительный состав, продление ресурса.

## DEVICE FOR THE FUEL EQUIPMENT NON-DISASSEMBLY RECOVERY FOR MILITARY AUTOMOTIVE AND SPECIAL EQUIPMENT DIESEL ENGINES

*A.K. AGAFONOV*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*G.V. BERESTEVICH, Candidate of Technical sciences*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*V.V. ILLARIONOV, Candidate of Technical sciences, Associate Professor*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

*I.I. CHERNUHO, Candidate of Technical sciences*

*MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

The article analyzes the failures of automotive and special equipment. A method for non-disassembly repair of diesel engines fuel equipment based on a new device design for restoring precision friction pairs of units of the diesel internal combustion engines power supply system is proposed. The purpose, principle of operation and the device operation are considered. An electronic geometric model of the device and a prototype based on it have been developed. The test results of the prototype device are presented.

*Keywords:* military automotive and special equipment, diesel internal combustion engines, fuel equipment, precision friction pairs, recovery device, non-disassembly repair, repair and recovery composition, life extension.



**Введение.** Военная автомобильная и специальная техника (ВАСТ) является важнейшим звеном системы повседневного обеспечения жизни и деятельности Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ). Она является основным средством, обеспечивающим тактическую и оперативную подвижность войск, вооружения и военной техники, и используется во всех видах Вооруженных Сил, родах войск и специальных войсках [1].

Более 95 % наземного подвижного вооружения и военной техники ВС РФ монтируется на автомобильных базовых шасси (АБШ). Свыше 60 % автомобильной и специальной техники эксплуатируется более 15 лет, что привело к значительному израсходованию её ресурса, существенному износу деталей в узлах и агрегатах ВАСТ, и сопровождается большими материальными затратами, связанными с проведением различных видов технических обслуживаний и ремонтов в специализированных ремонтных подразделениях и частях ВС РФ [2].

Одним из приоритетных направлений в интересах поддержания парка ВАСТ в боевой готовности является продление ресурса ВАСТ и снижение стоимости жизненного цикла ВАСТ за счет сокращения расходов на их ремонт, особенно при эксплуатации в отдаленных районах, в которые затруднительно и высокзатратно обеспечить доставку запасных частей и оборудования, и в которых отсутствует высококвалифицированный персонал (например, в районах Арктики).

Силовые и энергетические установки ВАСТ относятся к основным агрегатам, в качестве которых используются в основном бензиновые или дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС), и от исправности которых в большей степени зависит работоспособность и готовность к применению самой ВАСТ.

Более 60 % ВАСТ оснащены дизельными ДВС, как наиболее мощными и экономичными по сравнению с бензиновыми двигателями. В соответствии с «Концепцией развития парка ВАСТ ВС РФ на период 2015–2020 гг.» процент укомплектованности ВАСТ дизельными ДВС будет постоянно увеличиваться, в связи с чем в настоящее время в воинских частях и подразделениях происходит плановая замена устаревших марок автомобильных базовых шасси с бензиновыми ДВС (ЗИЛ-131, Урал-375, ГАЗ-66 и др.) на АБШ семейства «Урал» и «КамАЗ», оборудованных дизельными силовыми установками.

**Актуальность.** Анализ эксплуатации автомобильной и специальной техники, по данным ГОСНИТИ [2], показывает, что свыше 50 % всех отказов ВАСТ связано с отказом ДВС. При этом от 25 % до 50 % отказов дизельных ДВС связаны с отказом топливной аппаратуры (ТА) двигателей, из которой до 70 % приходится на прецизионные детали ТА, к которым относятся: плунжерные пары топливных насосов высокого давления (ТНВД) и насос-форсунок, а также сопряжения игла-корпус распылителя форсунок и насос-форсунок. Износ рабочих поверхностей прецизионных деталей ТА приводит к нарушению герметичности их сопряжений, снижению давления подачи топлива, приводящих к потере мощности, ухудшению работы и пуска дизеля, повышенному расходу топлива, превышению норм вредных выбросов. Поэтому, поиск способов и технологий, повышающих ресурс деталей топливной аппаратуры дизелей, актуален.

В настоящее время для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей деталей топливной аппаратуры существует несколько технологий нанесения износостойких покрытий, к которым относятся [3]:

- электролитическое хромирование периодическим током с обратным импульсом;
- сульфохромирование и сульфоборирование;
- метод диффузионной металлизации;
- газофазное борохромирование и другие технологии.

Однако, применение данных технологий связано с большими трудозатратами и высоким потреблением электроэнергии, что предполагает их реализацию только на хорошо оснащенных специализированных ремонтных предприятиях, и специфика которых не подходит для условий войскового ремонта.



В связи с этим, предлагается способ безразборного ремонта [4, 5] агрегатов системы питания дизельных двигателей, основанный на введении в систему питания ДВС с помощью разработанного устройства [6] ремонтно-восстановительного состава (РВС) на основе топлива и высодисперсного плакирующего компонента ВПК-АЗ, разработанного в ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) [7], который обеспечивает качественное восстановление поверхностей прецизионных пар трения. В результате данной обработки происходит восстановление показателей и технических характеристик агрегатов системы питания дизельных ДВС до нормативных. Полученные значения соответствуют показателям, характерным после проведения капитального ремонта агрегатов, хотя разборка, дефектация и замена изношенных деталей не осуществлялись, а сам ремонт проводился в режиме технического обслуживания. В итоге материальные, финансовые и временные затраты на ремонт и восстановление топливной аппаратуры дизельных ДВС значительно сокращаются.

Разработанный высодисперсный плакирующий компонент ВПК-АЗ относится к группе ремонтно-восстановительных составов, изготовленных на основе природных минералов – серпентиновых трибосоставов, названных геомодификаторами трения (ГМТ). Принцип действия геомодификаторов трения состоит в том, что при трении осуществляется распад серпентина с выделением тепловой энергии, которая разогревает и размягчает металл. При наличии катализаторов и теплоты происходит реакция замещения атомов магния в кристаллических решетках микрочастиц ВПК-АЗ на атомы железа в поверхности контактируемой детали. Одновременно осуществляется вкрапление в металлическую поверхность микрочастиц серпентинового состава с созданием структуры металлокерамики (металл-минерал), обладающей высокой твердостью и износостойкостью. В результате действия ГМТ составов производится микрошлифовка поверхностей деталей с одновременным образованием металлокерамического слоя с высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения, существенно увеличивающим ресурс, нагрузочную и температурную стойкость сопряжений в критических режимах: перегрев, перегрузка. Покрываются работы во времени, превышающие нормативные сроки обслуживания машин и оборудования, то есть продлевают изношенным деталям срок эксплуатации, улучшают их основные технические параметры, восстанавливают работоспособность и таким образом увеличивают ресурс изношенных узлов трения и ДВС в целом [4, 5].

Введение в систему питания ДВС высодисперсного плакирующего компонента ВПК-АЗ осуществляется с помощью разработанного устройства [6], которое относится к средствам ремонта и технического обслуживания дизелей, и позволяет восстанавливать рабочие поверхности прецизионных деталей топливной аппаратуры без её разборки и продлить тем самым ресурс дизельных двигателей внутреннего сгорания. Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

Блок нагрева 12 предназначен для поддержания ремонтно-восстановительного состава (РВС), находящегося в баке 10, в заданном температурном диапазоне, при котором происходит максимальный восстанавливающий эффект. Например, для ремонтно-восстановительного состава на основе ВПК-АЗ границы заданного диапазона могут быть приняты в пределах 70...90 °С.

В исполнении блока нагрева 12 в виде емкости для теплоносителя 1 с электронагревателем 2, на которую устанавливается бак 10, нагрев РВС происходит за счет теплообмена между теплоносителем, нагреваемым электронагревателем 2 и баком 10, находящимся в теплоносителе.

Датчик температуры 11, установленный в баке 10, предназначен для измерения текущей температуры РВС.

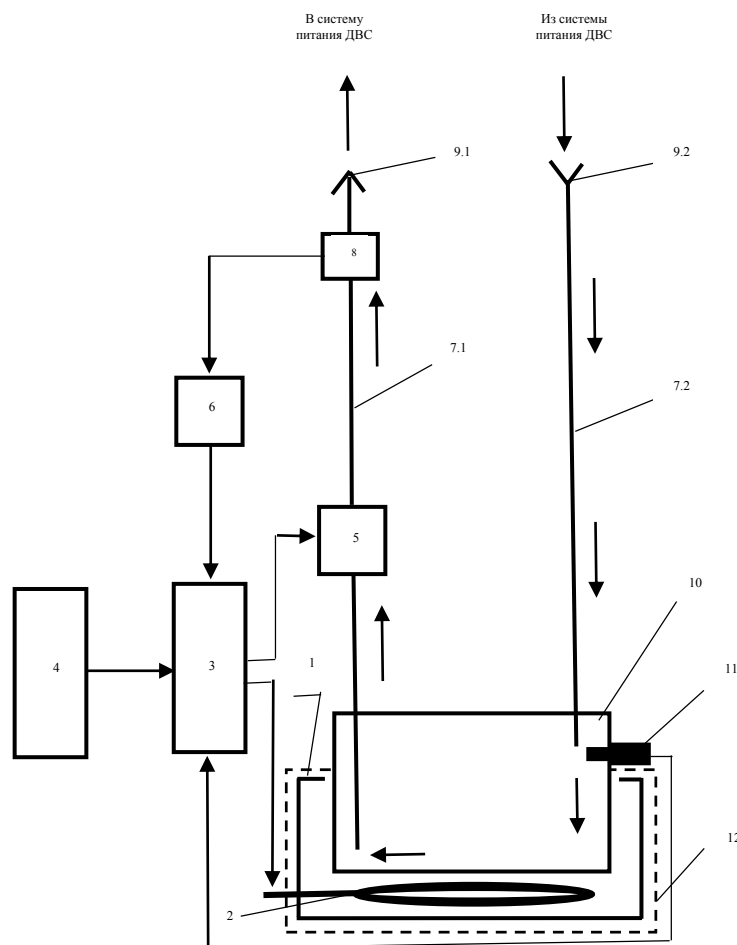
Введение счетчика времени 6 обусловлено необходимостью контроля времени восстановления прецизионных деталей ТА дизельного двигателя –  $t_{\text{вост}}$ , которое, например, для РВС на основе ВПК-АЗ составляет  $t_{\text{вост}} = 4,0...5,0$  ч.



Счетчик времени 6 взаимодействует с перепускным клапаном 8, например, посредством концевого выключателя кнопочного типа и выход счетчика времени 6 соединен с третьим входом блока управления 3.

С помощью пульта ввода 4 задают верхнюю ( $T_{зад2}$ ) и нижнюю ( $T_{зад1}$ ) границы температурного диапазона нагрева РВС, в пределах которого происходит наиболее эффективный процесс восстановления изношенных рабочих поверхностей прецизионных деталей ТА дизеля, а также время восстановления ( $t_{вост}$ ).

Блок управления 3 предназначен для хранения и анализа информации, поступающей с пульта ввода 4, датчика температуры 11 и счетчика времени 6, и выдачи по их результатам команд на включение, выключение насоса 5 и электронагревателя 2.



- 1 – емкость для теплоносителя; 2 – электронагреватель; 3 – блок управления; 4 – пульт ввода; 5 – насос;  
6 – счетчик времени; 7.1, 7.2 – подводящий и сливной трубопровод; 8 – перепускной клапан;  
9.1, 9.2 – подводящий и отводящий штуцеры; 10 – бак; 11 – датчик температуры; 12 – блок нагрева

Рисунок 1 – Структурная схема устройства для безразборного восстановления топливной аппаратуры дизельных ДВС

Устройство работает следующим образом. Подключают устройство к системе питания ДВС посредством подводящего 9.1 и отводящего 9.2 штуцеров (рисунок 1). Вводят с помощью пульта ввода 4 в блок управления 3 исходные данные о температуре нагрева РВС в баке 10 и на счётчике времени 6 задают время восстановления. Включают устройство, например, при помощи тумблера (не показан) на блоке управления 3. Блок управления 3 анализирует информацию, поступающую с пульта ввода 4, датчика температуры 11 и счетчика времени 6.



Если температура РВС меньше нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ( $T_{РВС} < T_{зад1}$ ), то блок управления 3 выдает команду на включение электронагревателя 2.

При достижении температуры РВС нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ( $T_{РВС} = T_{зад1}$ ), блок управления 3 выдает команду на включение насоса 5, который всасывает РВС из бака 10 и передает ее по подводящему трубопроводу 7.1 к перепускному клапану 8, который срабатывает, включается счетчик времени 6 и РВС поступает в систему питания ДВС.

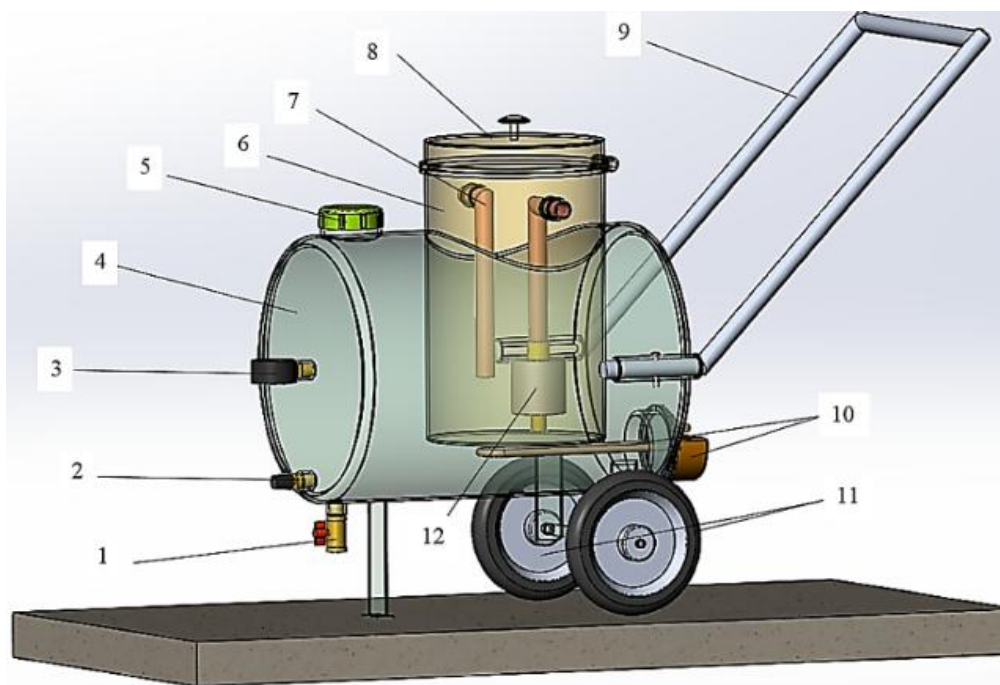
При работе дизеля РВС на основе ВПК-А3 воздействует на прецизионные детали ТА и на изношенных рабочих поверхностях деталей происходит образование металлокерамического защитного покрытия.

В процессе работы ДВС, если температура РВС достигает верхней границы заданного температурного диапазона нагрева ( $T_{РВС} = T_{зад2}$ ), блок управления 3 выдает команду на выключение электронагревателя 2. При достижении температуры РВС нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ( $T_{РВС} = T_{зад1}$ ) блок управления 3 выдает команду на повторное включение электронагревателя 2. Таким образом, температура РВС в баке 10 поддерживается автоматически в пределах  $T_{зад1} \leq T_{РВС} \leq T_{зад2}$ .

По достижении времени восстановления, контролируемым счетчиком 6, блок управления 3 подает команду на отключение насоса 5, который прекращает всасывание РВС из бака 10. Срабатывает перепускной клапан 8 и выключается счетчик времени 6. Процесс восстановления изношенных деталей ТА ДВС завершен.

Таким образом, восстановление изношенных деталей ТА дизелей обеспечивается без их разборки при работающем ДВС.

В системе автоматизированного проектирования SolidWorks-2016 разработана электронная геометрическая модель устройства для безразборного восстановления ТА дизельных ДВС, которая показана на рисунке 2 (вариант исполнения).

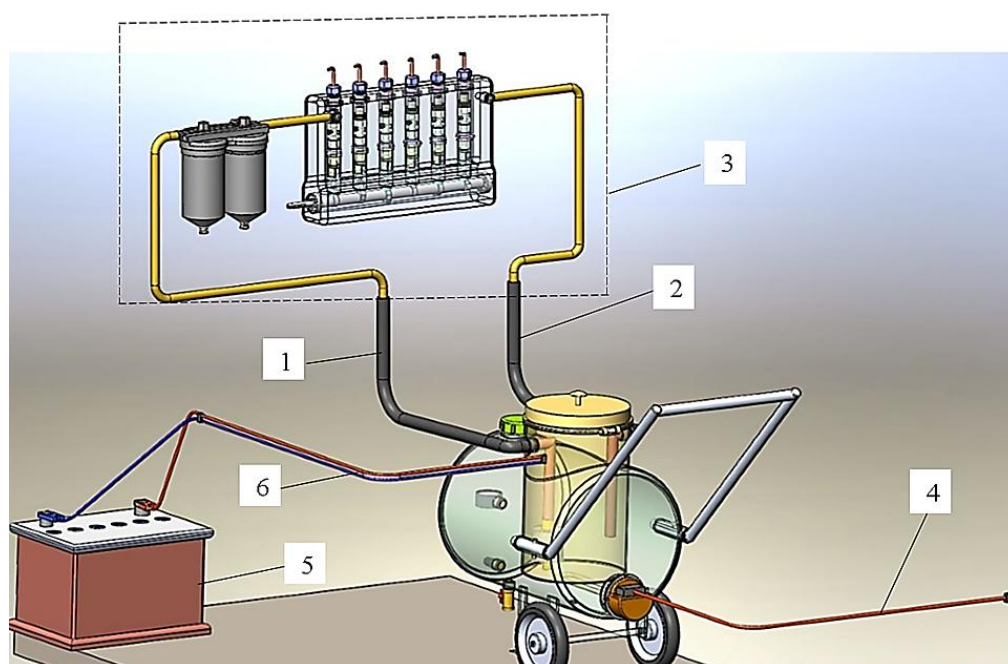


- 1 – кран сливной; 2 – клапан предохранительный; 3 – термометр; 4 – емкость для нагрева;  
5 – крышка заливной горловины; 6 – емкость для топлива; 7 – труба сливная; 8 – крышка;  
9 – ручка; 10 – электронагреватель; 11 – колеса; 12 – топливный насос

Рисунок 2 – Электронная геометрическая модель устройства для безразборного восстановления ТА дизельных ДВС (вариант исполнения)



Схема подключения устройства к системе питания дизельного ДВС показана на рисунке 3.



1 – подводящий трубопровод; 2 – сливной трубопровод; 3 – система питания ДВС; 4 – электропровод 220 В;  
5 – АКБ; 6 – электропровод 12 В

Рисунок 3 – Схема подключения устройства к ДВС

Бак устройства подключается к подводящему трубопроводу 1 и сливному трубопроводу 2 топливной аппаратуры ДВС с помощью шлангов с наконечниками. Вилка электропровода 4 подключается к электрической сети 220 В, 50 Гц, а зажимы электропровода 6 – к аккумуляторной батарее 12 В.

На основе электронной геометрической модели устройства разработаны рабочие чертежи деталей устройства, на основе которых изготовлен опытный образец устройства, который представлен на рисунке 4, а его технические характеристики приведены в таблице 1.



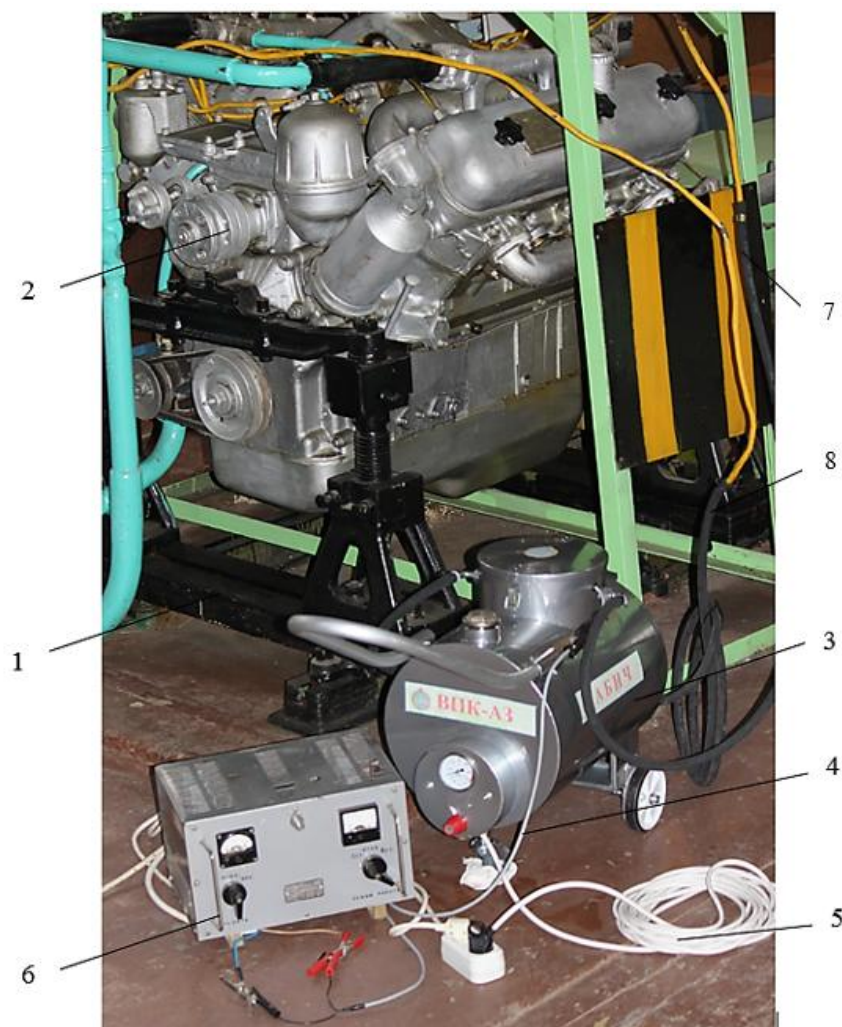
Рисунок 4 – Опытный образец устройства для безразборного восстановления ТА дизельных ДВС



Таблица 1 – Технические характеристики устройства

№ п/п	Наименование параметра, единица измерения	Значение
1	Напряжение питания: постоянный ток, В переменный ток, В	12 220
2	Потребляемая мощность: постоянный ток, Вт переменный ток, Вт	200 2000
3	Емкость топливного бака, л	6
4	Емкость бака блока нагрева, л	8
5	Время подготовки к работе, мин	15
6	Время восстановления агрегата, мин	30...50
7	Условия эксплуатации, °С	-50...+50
8	Габаритные размеры, мм	800x400x600
9	Масса в снаряженном состоянии, кг	20

Опытный образец устройства 3 был испытан на работоспособность на дизельном ДВС ЯМЗ-236 2, установленном на стенде 1, показанном на рисунке 5.



1 – стенд; 2 – ДВС ЯМЗ-236; 3 – опытный образец устройства; 4 – кабель питания = 12 В;  
5 – кабель питания ≈ 220 В; 6 – источник питания = 12 В; 7 – подводящий трубопровод;  
8 – отводящий трубопровод

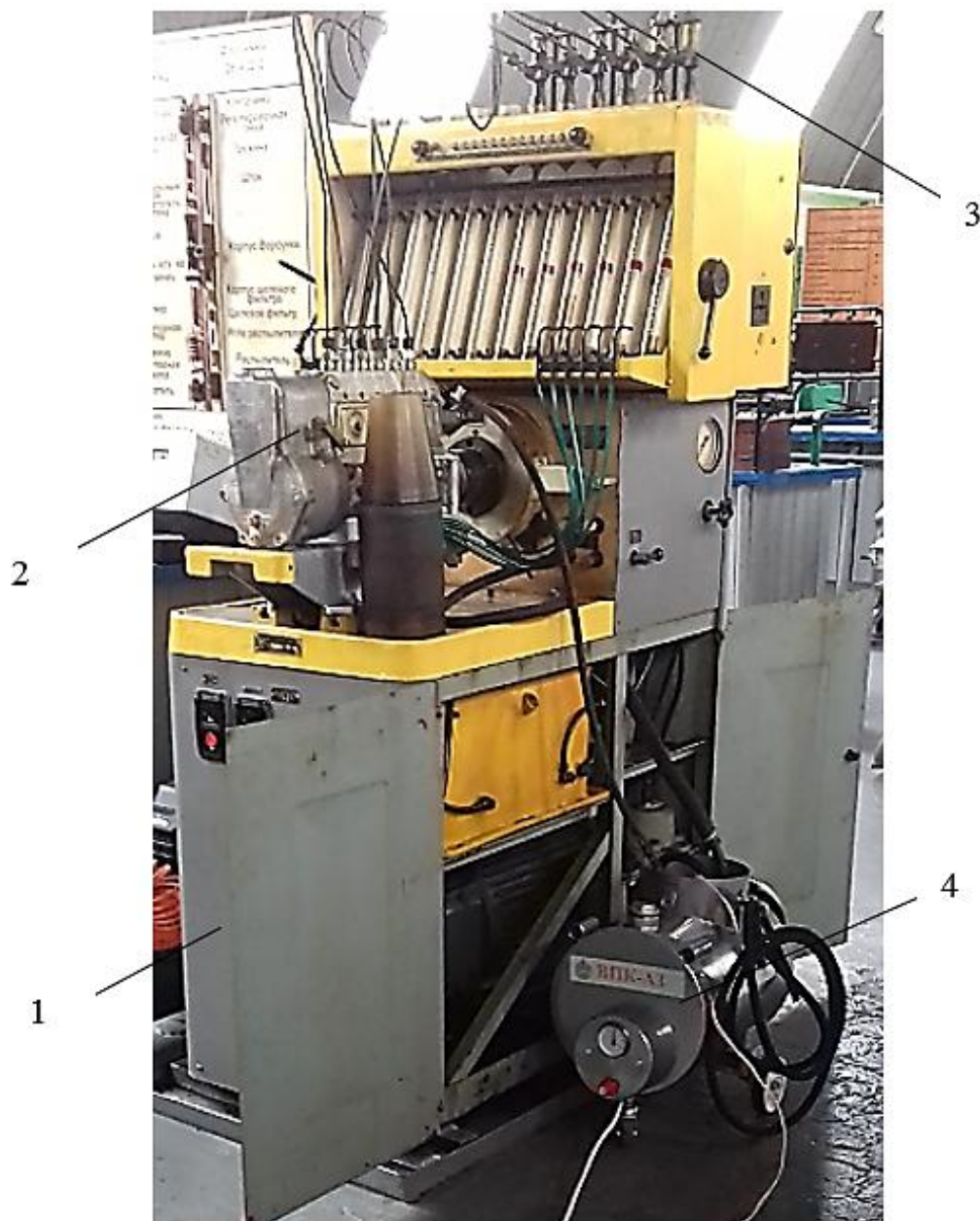
Рисунок 5 – Испытания опытного образца устройства на работоспособность на дизеле ЯМЗ-236



Опытный образец устройства 3 подключался: к системе питания двигателя – с помощью подводящего 7 и отводящего 8 трубопроводов, к сети переменного тока 220 В – с помощью кабеля питания 5, к источнику питания постоянного тока 12 В – с помощью кабеля 4. После этого ДВС 2 запускался и работал от топливного бака устройства необходимое время.

Проведенные предварительные испытания устройства показали, что двигатель работает от опытного образца устойчиво, без перебоев, что подтверждает работоспособность предложенной конструкции устройства.

После этого были проведены испытания опытного образца устройства по восстановлению плунжерных пар и основных параметров ТНВД, выработавшего свой ресурс, на стенде КИ 22205-01 УХЛ 4.2, представленном на рисунке 6.



1 – стенд КИ 22205-01 УХЛ 4.2; 2 – ТНВД двигателя внутреннего сгорания 1Д6; 3 – контрольные форсунки; 4 – опытный образец устройства

Рисунок 6 – Испытания опытного образца устройства на стенде КИ 22205-01 УХЛ 4.2





Методика стендовых испытаний ТНВД 2, обработанного составом ВПК-А3, предусматривала контроль двух основных параметров насоса: давление подачи топлива и плотность прилегания запирающего конуса нагнетательного клапана секций ТНВД 2 через 10 секунд после выключения стенда 1. Предварительная регулировка ТНВД 2 перед испытанием преднамеренно не предусматривалась. Контрольные форсунки 3 на стенде 1 соответствовали техническим требованиям. Испытания проводились на ТНВД 2 двигателя внутреннего сгорания 1Д6. Топливный насос предварительно был продиагностирован. Затем проводилась трехкратная обработка ТНВД в течение 40 минут, каждая. Замеры величины давления подачи и плотности прилегания запирающего конуса нагнетательного клапана каждой секции насоса производились трижды в течение 10 секунд после каждой обработки – на режиме пуска при числе оборотов  $n = 100$  об/мин и на максимальном режиме при числе оборотов  $n = 1000$  об/мин. Длительность испытаний насоса составляла не менее 3 часов непрерывной работы стенда 1. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Давление подачи секциями ТНВД, кгс/см<sup>2</sup>

	Число оборотов вала ТНВД, об/мин						Число оборотов вала ТНВД, об/мин					
	100			1000			100			1000		
	до обработки						после 2 обработки (объем состава – 1 см <sup>3</sup> )					
1	25	30	25	40	70	60	20	35	55	30	85	85
	25	20	25	-	-	-	20	35	55	30	85	85
2	50	70	90	140	150	150	80	110	115	120	125	130
	45	65	85	110	112	112	80	110	115	115	125	130
3	60	60	60	80	80	80	60	75	80	90	90	93
	50	50	50	70	70	70	50	70	75	85	85	88
4	70	80	95	140	140	140	60	95	120	140	140	140
	65	80	90	95	95	95	60	90	115	140	140	140
5	50	70	90	120	130	130	100	105	115	165	165	165
	50	70	85	90	95	100	100	100	115	165	165	165
6	50	60	80	100	100	100	85	110	100	110	120	120
	40	60	75	70	70	70	80	110	110	110	115	115
	после 1 обработки (объем состава – 2 см <sup>3</sup> )						после 3 обработки (объем состава – 1 см <sup>3</sup> )					
1	20	30	50	20	80	80	55	58	60	85	93	98
	-	30	45	-	60	75	50	55	60	85	90	95
2	80	100	110	115	130	130	90	118	120	130	130	135
	75	95	110	110	130	130	90	115	118	130	130	130
3	60	60	75	85	85	90	77	85	83	100	102	103
	50	60	70	85	85	85	75	85	83	95	100	100
4	70	90	100	120	140	140	100	110	120	140	140	143
	65	90	100	110	135	135	98	110	120	140	140	143
5	65	90	110	150	160	165	115	115	118	165	170	180
	65	90	110	145	160	165	115	115	115	165	170	180
6	70	90	100	110	110	110	90	115	115	135	135	140
	70	90	95	105	105	105	90	110	115	135	135	140

X – max значение  
Y – через 10 секунд после выключения стенда

Из таблицы 2 видно, что проверяемый ТНВД был полностью изношен, так как минимальное давление подачи до обработки у него составляло 25 кгс/см<sup>2</sup>, в то время как у исправного насоса оно должно быть не менее 300 кгс/см<sup>2</sup>.

В результате трёхкратной обработки составом ВПК-А3 с помощью опытного образца получено существенное (более чем в 2 раза) увеличение давления подачи топлива секциями насоса и полностью восстановлена плотность прилегания запирающего конуса нагнетательных клапанов секций ТНВД. Это говорит о том, что на рабочих поверхностях плунжерных пар секций ТНВД получен металлокерамический защитный слой, компенсирующий зазоры и



повышающий герметичность сопряжения плунжер-гильзы. Увеличение давления подачи топлива секциями насоса положительно влияет, в первую очередь, на запуск не прогретого двигателя, при котором происходит наибольший износ деталей ДВС и когда от качества, распыляемого форсунками топлива, зависит легкость его воспламенения в цилиндрах ДВС. Опытный образец разработанного устройства обеспечивает восстановление прецизионных деталей топливной аппаратуры при работающем ДВС без снятия их с двигателя и проведения разборно-сборочных работ.

**Выводы.** Разработанная конструкция установки отличается простотой, компактностью, мобильностью и универсальностью. Она позволяет восстанавливать изношенные детали ТА дизелей без снятия их с двигателя, замены прецизионных пар и проведения разборно-сборочных работ при работающем ДВС в режиме технического обслуживания в широком температурном диапазоне применения ( $\pm 50$  °С).

Предлагаемое устройство с применением состава ВПК-А3 позволяет:

- в 1,5...2 раза продлить ресурс топливной аппаратуры дизелей;
- в 2...3 раза снизить сроки и затраты на ремонт ДВС, что особенно важно в интересах поддержания парка ВАСТ в боевой готовности, продления ресурса ВАСТ и снижения стоимости её жизненного цикла при эксплуатации ВАСТ в условиях низких температур, в отдаленных районах, в которые затруднительно и высокзатратно обеспечить доставку запасных частей и оборудования, и в которых отсутствует высококвалифицированный персонал, а также в условиях Арктики;
- обеспечить нормативное значение давления подачи топлива, что способствует улучшению запуска и повышению мощности ДВС;
- обеспечить снижение расхода топлива на 3...5 %;
- снизить шумовые и вибрационные характеристики ДВС;
- уменьшить количество вредных выбросов по СО и СН до 50 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основные направления развития парка ВАСТ ВС РФ на период 2015–2025 гг. М.: Воениздат, 2005. 45 с.
2. Подчинок В.М. Эксплуатация военной автомобильной техники. Рязань: Издательство «Русское Слово», 2006. 696 с.
3. Лялякин В.П., Ольховацкий А.К., Белоглазов Н.С. К вопросу продления ресурса ТНВД применением наноматериалов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gosniti.ru> (дата обращения 17.03.2021).
4. Ладиков В.В., Маркелов Г.А., Дунаев А.В. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. М.: VIССО, 2004. 52 с.
5. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 61 с.
6. Пат. 2579308 Российская Федерация, МПК F02M F02B. Устройство для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных двигателей внутреннего сгорания [Текст] / Агафонов А.К., Берестевич Г.В., Илларионов В.В., Чернухо И.И.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО «ВУНЦ ВВС «ВВА имени проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) МО РФ (RU). № 2019102293; заявл. 28.01.2019; опубл. 10.02.2020, Бюл. № 10.
7. Агафонов А.К., Колтаков А.А., Ломовских А.Е., Илларионов В.В. Антифрикционный смазочный материал ВПК-А3 // Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств технического обслуживания летательных аппаратов: сб. ст. по материалам II Всероссийской НТК (15–16 марта 2016 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 310 с.



REFERENCES

1. Osnovnye napravleniya razvitiya parka VAST VS RF na period 2015-2025 gg. M.: Voenizdat, 2005. 45 p.
2. Podchinok V.M. `Ekspluatsiya voennoj avtomobil'noj tehniki. Ryazan': Izdatel'stvo «Russkoe Slovo», 2006. 696 p.
3. Lyalyakin V.P., Ol'hovackij A.K., Beloglazov N.S. K voprosu prodleniya resursa TNVD primeneniem nanomaterialov. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://gosniti.ru> (data obrascheniya 17.03.2021).
4. Ladikov V.V., Markelov G.A., Dunaev A.V. Bezrazbornye tehnologii uvelicheniya `ekspluatsionnogo resursa avtotransportnoj tehniki. M.: VICCO, 2004. 52 p.
5. Balabanov V.I. Bezrazbornoe vosstanovlenie truschihsysa soedinenij avtomobilya. Metody i sredstva. M.: OOO «Izdatel'stvo AST», 2003. 61 p.
6. Pat. 2579308 Rossijskaya Federaciya, MPK F02M F02V. Ustrojstvo dlya vosstanovleniya precizionnyh par treniya agregatov sistemy pitaniya dizel'nyh dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Tekst] / Agafonov A.K., Berestevich G.V., Illarionov V.V., Chernuho I.I.; zayavitel' i patentoobladatel' FGKVOU VPO «VUNC VVS «VVA imeni prof. N.E. Zhukovskogo i Y.A. Gagarina» (g. Voronezh) MO RF (RU). № 2019102293; zayavl. 28.01.2019; opubl. 10.02.2020, Byul. № 10.
7. Agafonov A.K., Koltakov A.A., Lomovskih A.E., Illarionov V.V. Antifrikcionnyj smazochnyj material VPK-AZ // Prioritetnye napravleniya i aktual'nye problemy razvitiya sredstv tehnicheskogo obsluzhivaniya letatel'nyh apparatov: sb. st. po materialam II Vserossijskoj NTK (15–16 marta 2016 g.). Voronezh: VUNC VVS «VVA», 2016. 310 p.

© Агафонов А.К., Берестевич Г.В., Илларионов В.В., Чернухо И.И., 2021

Агафонов Андрей Константинович, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, [Agafonov111@list.ru](mailto:Agafonov111@list.ru).

Берестевич Глеб Викторович, кандидат технических наук, начальник отдела – заместитель начальника управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, [bon.bgv2015@mail.ru](mailto:bon.bgv2015@mail.ru).

Илларионов Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, [villar960@mail.ru](mailto:villar960@mail.ru).

Чернухо Иван Иванович, кандидат технических наук, заместитель начальника по вооружению, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А.