

УДК 621.81

**Герасимов В.С.**, ведущий специалист;  
**Соломашкин А.А.**, ведущий специалист;  
**Тишанинов И.А.**, инженер;

**Градов Е.А.**, ведущий специалист

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИИ»,  
г. Москва, Российская Федерация*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

***Аннотация.** В работе представлены аналитические материалы практических исследований по контролю скорости изнашивания деталей силовых установок сельскохозяйственной техники. В качестве объекта исследования взята система топливоподачи, а именно насос высокого давления (ТНВД).*

Анализ статистических данных об отказах тракторов, комбайнов и автомобилей свидетельствует о том, что на первом месте по отказам стоит двигатель внутреннего сгорания, а на двигателе – система топливоподачи, в частности, топливный насос высокого давления (ТНВД) [1].

В ТНВД основные отказы приходятся на плунжерные пары, которые формируют расход топлива, т.е. определяют мощность и экономичность ДВС [2]. Ресурс плунжерных пар и их безотказность, являются основными показателями надёжности всего ТНВД. Следовательно, изучение показателей надёжности плунжерных пар является актуальной технико-экономической задачей и в качестве объекта исследований целесообразно взять техническое состояние плунжерных пар, которое определяется величиной цикловой подачи ТНВД.

Экспериментальные исследования по определению цикловой подачи проводились на топливном насосе марки УТН-5, имеющем 4 плунжерные пары.

Число наблюдений определялась по методике, изложенной в [3] или вычислялась по формуле:

$$\frac{t_B}{\sqrt{N}} = \frac{\delta}{V} \quad (1)$$

где  $t_B$  – верхняя односторонняя доверительная граница;

$\delta$  – относительная ошибка, характеризующая степень точности определения среднего значения;

$V$  – коэффициент вариации;

$N$  – число наблюдаемых объектов.

В качестве наблюдаемого объекта для ускоренных испытаний были выбраны 24 одноименных плунжерных пар, а именно: 16 из отремонтированных насосов и 8 насосов, снятых с эксплуатации в результате отказа.

Результаты экспериментальных исследований получены по «методике проведения стендовых ускоренных износных испытаний ТНВД типа УТН-5».

Отбирались три группы одноименных деталей, т.е. плунжерных пар: новых, с отремонтированных насосов и с насосов, работающих в эксплуатации. Общее количество: 24 шт. Плунжерные пары устанавливались на стенд, специально подготовленный для этих испытаний. Для него была подготовлена специальная рабочая жидкость с элементами абразивного износа и измерительные мензурки, соответствующего типа. Отсчет показаний проводился через каждые 30 минут и записывался в специальный журнал. Через каждые 2 мото-часа помечали данные о тех плунжерных парах, которые отказали, и тех, которые достигли допуска.

На первом этапе исследований допуск был постоянный и устанавливался на уровне 60 % от предельного значения параметра (предела). Особое внимание уделяли парам, которые достигали допуска и должны были отказать в течение следующего межконтрольного периода, т.е. в следующие 2 мото-часа. Это предварительно замененные пары, которые в условиях рядовой эксплуатации обязательно должны были отказать. Их надо было менять в данный момент, т.к. у них большая скорость изнашивания и они первыми выйдут из строя.

Далее устанавливалась следующая партия плунжерных пар и т.д. Потом вместо постоянного использовался переменный допуск,

подсчитывалось количество отказов и сроки службы плунжерных пар для этого варианта.

Ниже представлены результаты определения цикловой подачи насосов первой группы. Аналогично проводились работы для второй и третьей группы.

Цикловая подача отремонтированных насосов первой групп  $g$ , мм<sup>3</sup>/цикл, в стендо-часах  $t_i$ , приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Цикловая подача отремонтированных насосов первой группы  $g$ , мм<sup>3</sup>/цикл, полученная при стендовых ускоренных износных испытаниях в стендо-часах  $t_i$

№ плунж. пары	Наработка, стендо-часы						
	0	4	8	12	16	20	24
1	122,7	115	105,5	95,3	89,2	85,1	77,8
2	132.3	126.8	122.5	117.1	111.7	105.2	102
3	127.9	121.8	115.1	108.5	102	96.7	90
4	125.1	118.4	117.4	106.2	100.1	96.1	86.2
5	185.9	175.5	156.6	145.6	135.5	123	117.6
6	192.3	177.3	173.2	164.2	152.6	144.1	136.7
7	173.7	166.9	160.1	155.2	145.1	135.1	130.7
8	128.7	120.2	115.4	113.3	108	103.6	101.1

График цикловых подач первых восьми отремонтированных насосов, приведён на рисунке и закон распределения ресурса этих насосов  $Resurs(r)$  приведён на рисунке 1.

$g_1 \dots g_8$  – Значение цикловой подачи,  $t_i$  – наработка стенда, стендо-час

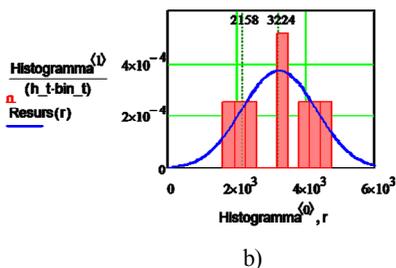
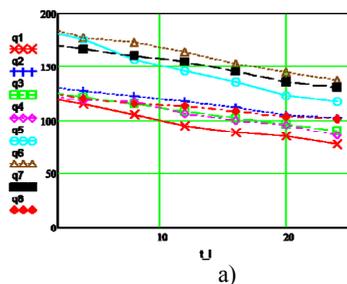


Рисунок 1 – а) Цикловая подача плунжерных пар отремонтированных насосов первой группы –  $g_1 \dots g_8$ , б) Закон распределения ресурса первой группы насосов

Закон распределения ресурса насосов позволяет определить характеристики потока их отказов, в частности их средний срок службы.

Средний ресурс насосов  $T_{cp1} = 3224$  мото-час, коэффициент вариации ресурса  $v = 0.331$ .

Средний фактический ресурс  $T_{cp1\ \phi1}$  при одном допуске  $D = 60\%$  и вероятность отказа  $Q_1$  для постоянного допуска и  $T_{cp2\ \phi2}$  и  $Q_2$  для переменного допусков, определялись по результатам расчета:  $T_{cp1\ \phi1} = 1945$ ,  $T_{cp2\ \phi2} = 2606$ ,  $Q_1 = 0,6$ ,  $Q_2 = 0,1$ .

Ширина активного участка контроля (АУК)  $= T_{cp1} \pm 2\sigma = 3224 \pm 2 \cdot 1066 = 1092...5156$ . Условный коэффициент скорости изнашивания  $1,1...5,2$ .

Сводные результаты для трех групп насосов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводная таблица результатов экспериментальных исследований

№ группы насосов	$T_{cp}$	$T_{cp1\ \phi1}$	$T_{cp2\ \phi2}$	Вероятность отказа $Q_1$	Вероятность отказа $Q_2$	Коэфф. вариации ресурса, $v$
1	2421	1627	1841	0,6	0,1	0,242
2	2784	2150	2156	0,0	0,04	0,096
3	3224	1945	2606	0,6	0,1	0,331

Для сравнения основных показателей надёжности, полученных при использовании постоянного и переменного допусков, использовались два стандарта организации СТО ВИМСТАНДАРТ 005-2018 «Методика определения системы допусков для деталей сельскохозяйственных машин с учётом скорости их изнашивания» и СТО ВИМСТАНДАРТ 004-2018 «Методика определения основных показателей надёжности деталей сельскохозяйственных машин с различной скоростью изнашивания».

В соответствии с этими методиками определялись основные показатели надёжности трёх ТНВД, полученные при постоянном и переменном допусках.

Результаты эксперимента для трех групп насосов при постоянном и переменном допуске приведены в таблице 3. Средний условный коэффициент скорости изнашивания  $1,5...4,1$ .

Таблица 3 – Сводная таблица результатов экспериментальных исследований 3-х групп насосов

Номер насоса		1	2	3
$D - const$	$q_{отк}$	0,6	0,0	0,6
	$T$ , мото-час	1627	2150	1945
$D - var$	$q_{отк}$	0,1	0,04	0,1
	$T$ , мото-час	1841	2156	2606

### **Выводы:**

– экспериментально доказана возможность использования указанных технологий при определении показателей надёжности деталей машин во время их диагностирования;

– в результате проведения экспериментальных исследований согласно методике 3.2 получены показатели надёжности для 24 плунжерных пар, а также законы распределения их ресурса;

– полученные законы распределения ресурса показали, что средний коэффициент вариации ресурса ТНВД типа УТН-5 составляет  $0,096 < v < 0,331$ . Средний условный коэффициент вариации скорости изнашивания составляет 1,5...4,1. Такие значения коэффициента вариации ресурса свидетельствуют о том, что этот закон описывается законом нормального распределения ресурса;

– для методики с постоянным допуском уменьшение коэффициента вариации  $v$  ведёт к росту среднего фактического значения ресурса  $T_{cp\ 1\ ф}$ ;

– для методики с переменным допуском рост среднего фактического значения ресурса  $T_{cp\ 2\ ф}$  наблюдается при увеличении  $T_{cp}$ ;

– для двух методик средняя вероятность отказа и замены практически не отличается друг от друга. Отличие составляет 0,3...0,7%;

– для методики с постоянным допуском расчетная вероятность отказа составляет  $1,33 \cdot 10E^{-3} \dots 9,27 \cdot 10E^{-3}$ , а с переменным –  $1,04 \cdot 10E^{-4} \dots 1,33 \cdot 10E^{-3}$ , что в среднем в 7,5 раза больше, чем с постоянным допуском;

– для методики с постоянным допуском средний фактический ресурс составляет 1907 мото-часов, а с переменным допуском – 2201 мото-часов, что на 15 % больше.

### **Список использованных источников**

1. Мишина З.Н. Нормативы для планирования ремонта тракторов / З.Н. Мишина, С.А. Горячев // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – №1. – С. 66–68.

2. Лебедев П.А. Повышение ресурса плунжерных пар топливных насосов высокого давления дизельных энергосредств сельскохозяйственного назначения. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. зерноград, 2012. – 19 с.

3. Миф Н.П. Модели и оценка погрешности технических изменений. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 144 с.

**Abstract.** The work presents the analytical materials of practical research on the control of the speed of wear of the parts of power plants of agricultural machinery. The fuel supply system was taken as an object of research, namely high-pressure pump (TNVD).

УДК 629.3:665:661.8

**Федотов А.В.**, доктор технических наук;  
**Дорохов А.С.**, доктор технических наук, академик РАН, профессор  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация*

## **НАНОСТРУКТУРНЫЙ ОКСИГИДРОКСИД АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МАШИН**

***Аннотация.** Изучены триботехнические свойства наноструктурного оксигидроксида алюминия. Показана перспективность его применения в качестве приработочного и профилактического препарата. Обосновано его применение для ремонтно-восстановительных целей.*

В техническом сервисе машин и оборудования широко применяются разнообразные добавки к маслам, позволяющие уменьшить коэффициент трения и износ в местах сопряжения деталей. Среди неорганических добавок эффективными оказались давно известные материалы слоистого строения: графит, молибденит, тальк, монтмориллонит (глинистый минерал), каолин и другие. Материалы профилактические, используются для уменьшения трения и скорости изнашивания и в результате повышения послеремонтного ресурса сельскохозяйственных машин. Другая группа слоистых материалов на основе минералов группы серпентина относится к ремонтно-восстановительным составам способным восстанавливать изношенные сопряжения путем наращивания слоя в местах трения.