

## A method of decrease in an expense of spare parts in the operation of autotractor equipment

Tabakov P.<sup>1</sup>, Tabakov A.<sup>2</sup> (Russian Federation)

### Метод снижения расхода запчастей при эксплуатации автотракторной техники Табачков П. А.<sup>1</sup>, Табаков А. П.<sup>2</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>Табачков Петр Алексеевич / Tabakov Petr - кандидат технических наук,  
кафедра транспортно-технологические машины;

<sup>2</sup>Табачков Александр Петрович / Tabakov Alexandr – студент,  
факультет управления информатики в технических системах,  
Чебоксарский политехнический институт, г. Чебоксары

**Аннотация:** настоящая методика позволяет определить минимальный расход запасных частей, уменьшить затраты на них, снизить вероятность отказа детали в 2 и более раз. Вместо одного допустимого размера используют несколько, что значительно уменьшает число отказов и увеличивает ресурс детали.

**Abstract:** the real technique allows to define the minimum expense of spare parts, to reduce costs of them, to reduce probability of refusal of a detail in 2 and more times. Instead of one wear, admissible during the work, use a little that considerably reduces number of refusals and increases a detail resource.

**Ключевые слова:** допустимый износ, вероятность отказа, скорость процесса изнашивания, плотность распределения ресурса.

**Keywords:** the allowed wear, probability of refusal, wear process speed, density of distribution of a resource.

УДК 631.354

В последнее время был выявлен весьма серьезный недостаток при определении допускаемого износа деталей. Его назначают одним для всех идентичных деталей, совершенно не обращая внимания на то, что каждая деталь имеет свою скорость изнашивания. В результате большое количество деталей отказывает в процессе работы вследствие значительной скорости изнашивания, а многие оставшиеся детали предупредительно заменяют, хотя могут еще длительно работать, с малой скоростью изнашивания.

Устранить принципиальный недостаток можно, установив несколько допусков по числу межконтрольных периодов, оценивая скорость изнашивания при диагностировании детали, параметра.

В результате исследований была разработана новая методика определения нескольких допусков для аналогичных деталей машин [2]. Получены патенты на нее [1,3]. Как показали исследования, применение новой методики позволяет от 1,5 до 2 раз уменьшать число отказов и на 30% увеличивать ресурс детали, без затрат каких-либо средств. Для расчетов разработана компьютерная программа [4].

Рассмотрим определение нескольких допускаемых износов деталей на примере радиального зазора подшипников № 208, установленных на первичном валу КПП тракторов МТЗ-82.1.

Вначале находят среднюю аппроксимирующую функцию динамики радиальных зазоров подшипников, среднее отклонение от этой функции и коэффициент вариации распределения. На этой основе определяют плотность распределения зазоров подшипников и их плотность распределения. Затем анализируют вероятности отказа, предупредительной замены и ресурс подшипников при принятом межконтрольном периоде  $t_M$  отдельно при одном и при нескольких допускаемых зазорах. Полученные результаты сравнивают между собой по приведенным показателям.

Допускаемый один зазор подшипников  $D = 0,25$  мм. Предельный зазор  $U_P = 0,40$  мм. Межконтрольный период  $t_M = 2000$  моточасов.

Как показали исследования, несколько допускаемых зазоров, соответствующих межконтрольным периодам, определяют по формуле:

$$D_i^{opt} = \left( \frac{i-1}{i} \right)^a \cdot U_P, \quad (1)$$

где  $i$  –  $i$ -й межконтрольный период;  $a$  – показатель степени функции изнашивания подшипника равный 0,9652;  $U_P$  – предельный зазор подшипников.

Обычно динамика радиальных зазоров подшипников подчиняется функции

$$u(t) = \Delta U + Vt^a, \quad (2)$$

где  $\Delta U$  - приработочный износ подшипников;  $V$  – скорость изнашивания;  
 $t$  - наработка до момента измерения зазора подшипника;

Для примера были измерены 9 подшипников с различными износами и наработкой (табл. 1) при  $\Delta U = 0$ .

Таблица 1. результаты износа и наработки подшипников

№ пп.	Износ подшипников, мм	Наработка подшипников, у. э. га
1	0,03	1010
2	0,15	5085
3	0,22	6214
4	0,23	6436
5	0,33	8012
6	0,32	8207
7	0,4	10482
8	0,4	11056
9	0,45	11291

Анализ табл. 1 выявил средний зазор, равный  $u_{cp} = 0,281111$  мм стандартное отклонение от средней  $\sigma = 0,13569$  мм, коэффициент вариации распределения  $v = \sigma/u_{cp} = 0,135688/0,281111 = 0,482685$ . Полученный коэффициент вариации в целом большой. Он характеризует несимметричное универсальное распределение Вейбулла, плотность распределения которого характеризуется формулой:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t}{a} \right)^{b-1} \exp \left[ - \left( \frac{t}{a} \right)^b \right], \quad (3)$$

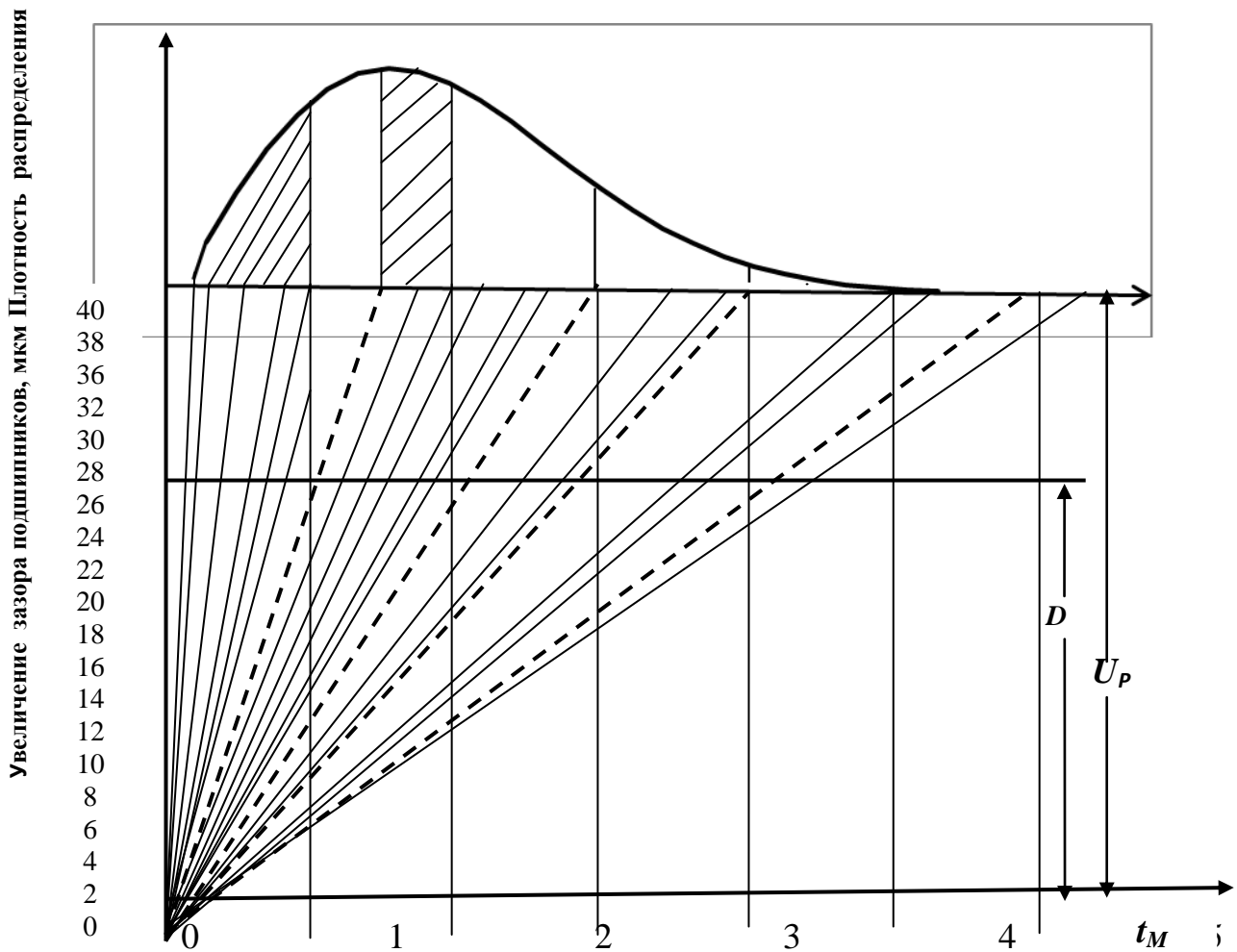
где  $a$  и  $b$  – положительные постоянные,  $a=0,31728$  и  $b=2,2$ ,  $t$  – наработка с начала эксплуатации подшипников к моменту их измерения, моточасы.

Согласно формуле 1 рассчитаны несколько допускаемых зазоров для новой методики (табл. 2).

Таблица 2. Допускаемые радиальные зазоры для подшипников № 208

Допускаемые радиальные зазоры для подшипников № 208	
$D_1$	0,204883
$D_2$	0,268272
$D_3$	0,30128
$D_4$	0,321059
$D_5$	0,334234
$D_6$	0,34364
$D_7$	0,350692
$D_8$	0,356176

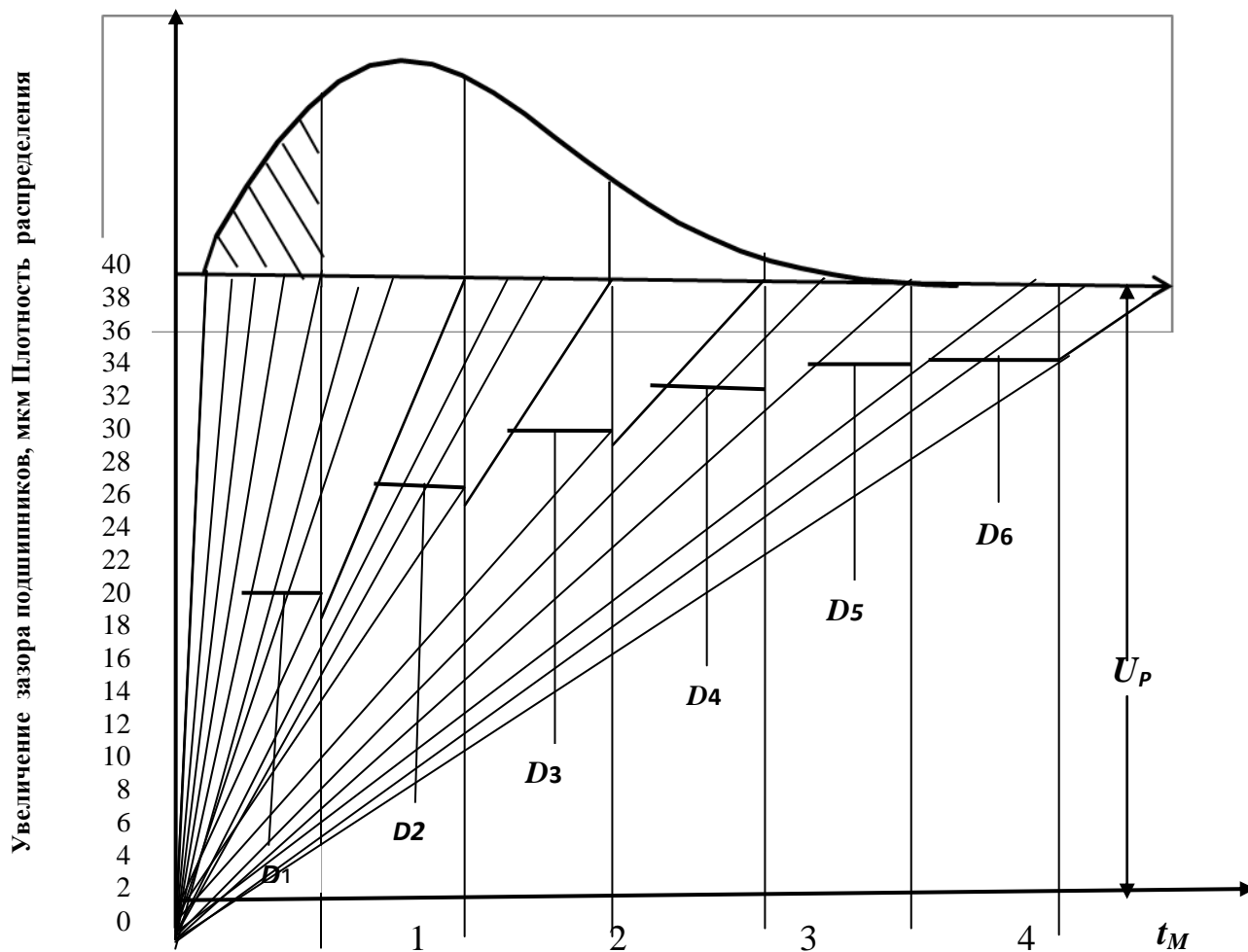
На диаграмме 1 представлены динамика радиальных зазоров и плотность их распределения по горизонтальной линии  $U_p$  при одном допускаемом зазоре. По горизонтали ниже размещены вертикальные межконтрольные периоды с 1- го по 7 – й. Слева диаграммы по вертикали отмечены зазоры подшипников от 0 до 40 мкм.



**Межконтрольный период, 2000 мотоочасов,  $t_M$**

Диаграмма 1- Плотность Вейбулловского распределения износов с одним допускаемым зазором подшипников № 208 при одном допускаемом зазоре

Проверка зазоров осуществляется в точках пересечения допускаемого зазора с вертикальными линиями межконтрольных периодов (ВЛМП). Зазоры, не пересекающие ВЛМП, относятся к подшипникам, у которых наблюдаются отказы, например в первом межконтрольном периоде, когда в начале работы новой машины диагностика не проводится. Зазоры, пересекающие ВЛМП выше точки пересечения с допуском, относятся к подшипникам, предупредительно заменяемым в соответствующем межремонтном периоде. Наконец, зазоры, расположенные ниже точек пересечения, т. е. ниже линии допускаемого зазора, характеризуют ресурс работающих подшипников до пересечения с одной из границ межконтрольного периода, в котором подшипники предупредительно заменяют для ремонта или замены.



### Межконтрольный период, 2000 моторочасов, $t_M$

Диаграмма 2- Плотность Вейбулловского распределения зазоров с допускаемыми зазорами от  $D_1$  до  $D_6$

На диаграмме 2 представлены динамика радиальных зазоров и плотность их распределения при нескольких допускаемых зазорах.

Анализируя две диаграммы с одним и несколькими допускаемыми зазорами подшипников, можно сделать ряд сравнительных выводов.

Во-первых, применение 2 - й диаграммы обеспечивает удобство при работе с износом деталей, и значительно увеличивает их ресурс. Достаточно проанализировать пространство под плотностью распределения, чтобы убедиться в этом. Например, наработку подшипников табл. 1 уже нельзя поместить в нижней части диаграммы 2. Это можно только сделать, убрав больше половины зазоров подшипников. Не говоря уже об уменьшении числа отказов и предупредительных замен деталей [2].

На каждом межконтрольном периоде, начиная с конца 1 - го периода, устанавливается такой допускаемый износ, который обеспечивает предупредительную замену деталей, отказываемых только в следующем периоде.

При существующей методике предупредительную замену осуществляют с учетом коэффициентов наработки  $K_N$ , посередине наработки  $D$  и  $U_p$ , а в новой методике - посередине  $D_i$  и  $D_{i+1}$  из числа допускаемых износов ( $D_1 \dots D_6$ ).

### Литература

1. Табаков П. А. Устройство для измерения отклонений параметров подшипников, Патент на полезную модель №137925 от 30 сентября 2013 г
2. Табаков П. А. Определения допустимого износа деталей при эксплуатации. Труды ГОСНИТИ, № 108, 2011.- С. 25-29.
3. Патент. Устройство для диагноза, обслуживания и ремонта конструктивных элементов для повышения их безотказности. Выдан ФРГ, зарегистрирован 19.03.2009 г. № 20 2009 000 546.1

4. Свидетельство о регистрации компьютерной программы. Заявка 2009616004, регистрация 11.01.2010 г.