

DOI: 10.12731/2070-7568-2018-2-111-128**УДК 330.4, 51-74****ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЯ
ПО РЕМОНТУ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ
СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ***Лажануникас Ю.В.*

В связи с экономическим кризисом, наблюдающимся во всех отраслях народного хозяйства, а также с недостаточным финансированием, в настоящее время происходит значительный спад производства сельскохозяйственной техники. Сельскохозяйственные предприятия не могут приобретать новую технику. В связи с этим возникает необходимость грамотного планирования применения имеющейся техники так, чтобы ее можно было использовать максимально эффективно, с минимальными затратами на ремонт и техническое обслуживание.

В экономической эффективности работы сельскохозяйственного предприятия немаловажную роль играет надежность техники, поэтому ее прогнозирование различными средствами позволяет снизить общие затраты. Правильная эксплуатация и своевременный ремонт машин и оборудования позволяет повысить работоспособность, тем самым, снижая простои техники.

В настоящее время наблюдается довольно обостренная ситуация с проблемой надежности машин. Это, прежде всего, связано с все более возрастающей сложностью конструкции современных машин и механизмов, их многодетальностью, интенсификацией рабочих процессов, тяжелыми условиями эксплуатации. Эффективность решения задачи замены или ремонта деталей, а следовательно, и вопрос об экономической эффективности работы ремонтного предприятия, находится в прямой зависимости от степени научно-методического сопровождения соответствующих мероприятий, одним из которых является процесс оценки износа деталей.

Цель исследования: исследовать эффективность работы предприятия по ремонту машин и оборудования на основе статистического анализа износа шейки под шарикоподшипник 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82, установить что в данном случае более эффективно – ремонт или замена рассматриваемой детали.

Методы исследования: методы статистического анализа.

Результаты: Получены наиболее информативные параметры, отражающие износ шейки под шарикоподшипник 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82. На основе проведенного анализа установлено, что, с экономической точки зрения, своевременное техническое обслуживание и текущий ремонт рассматриваемой детали является более эффективным, чем ее замена на новую.

Область применения результатов: результаты исследования могут быть использованы при оценке экономической эффективности работы предприятия по ремонту машин и оборудования.

Ключевые слова: экономическая эффективность; износ детали; статистический анализ; надежность машин.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE COMPANY REPAIR OF MACHINERY AND EQUIPMENT BASED ON STATISTICAL ANALYSIS OF WEAR

Lazhauninkas J.V.

Due to the economic crisis in all sectors of the economy, as well as insufficient funding, there is now a significant decline in the production of agricultural machinery. Therefore, agricultural enterprises are unable to purchase new equipment. In this regard there is a need of competent planning of use of the available equipment so that it could be used most effectively, with the minimum expenses for repair and maintenance.

The economic efficiency of agricultural enterprises plays an important role in the reliability of equipment, so its forecasting by various means allows to reduce the total cost. Proper operation and timely re-

pair of machinery and equipment can improve efficiency, thereby reducing downtime.

Currently, there is a rather acute situation with the problem of reliability of machines. This is primarily due to the increasing complexity of the design of modern machines and mechanisms, their large number, intensification of work processes, severe operating conditions. The efficiency of solving the problem of replacement or repair of parts, and therefore the question of the economic efficiency of the repair company, is directly dependent on the degree of scientific and methodological support of relevant activities, one of which is the process of assessing the wear and tear of parts.

Purpose: *to investigate efficiency of work of the enterprise for repair of cars and the equipment on the basis of the statistical analysis of wear of a neck under a ball-bearing of 208 shaft of a primary gearbox MTZ-82 to establish that in this case more effectively-repair or replacement of the considered detail.*

Methodology in article: *statistical analysis methods.*

Results: *Received the most informative parameters indicating the wear of the neck under the bearing 208 of the primary shaft of the gearbox MTZ-82. On the basis of the conducted analysis it is established that, from the economic point of view, timely maintenance and repair of the considered part is more effective than its replacement with a new one.*

Practical implications: *the results can be used to assess the economic efficiency of the enterprise for repair of machinery and equipment.*

Keywords: *economic efficiency; detail wear; statistical analysis; reliability of machines.*

Введение

В настоящее время наблюдается значительный спад производства сельскохозяйственной техники [6, 16, 18, 20]. Это, прежде всего, связано с экономическим кризисом, наблюдающимся во всех отраслях народного хозяйства, а также с недостаточным финансированием. В связи с этим сельскохозяйственные предприятия не могут приобретать новую технику. Поэтому очень важно грамотно планировать

использование имеющейся техники с максимальной эффективностью и с минимальными затратами на ремонт и техническое обслуживание. Это, несомненно, будет способствовать повышению эффективности использования машин и оборудования, материальных и финансовых ресурсов, а также экономии рабочего времени.

Значительный вклад в изучение проблем экономической эффективности использования машинно-тракторного парка сельскохозяйственными предприятиями с учетом показателей надежности техники внесены работами Л.В. Канторовича [7, с. 71], Д.Б. Юдина [22, с. 103], Ю.М. Ермолева [4, с. 88], А.М. Гатаулина [2, с. 112], В.А. Кардаша [9, с. 38]. Но в указанной литературе не представлен подробный статистический анализ деталей или узлов сельскохозяйственной техники.

Проблема надежности машин, прежде всего, связана с все более возрастающей сложностью конструкции современных машин и механизмов, их многодетальностью, интенсификацией рабочих процессов, тяжелыми условиями эксплуатации.

Вопрос оценки износа деталей в современных условиях становится особенно актуальным [5, 10, 13, 17] и требует подробного изучения. С этой целью в данной работе проводится статистический анализ результатов, полученных в ходе сбора данных на одном из предприятий по ремонту сельскохозяйственной техники.

Сельскохозяйственные машины, выпускаемые современной промышленностью, обладают свойствами, определяющими их надежность и работоспособность. На их общее техническое состояние оказывает влияние ряд случайных факторов. Суммарное воздействие случайных факторов сказывается на интенсивности изнашивания деталей, частоте отказов и изменении показателей надежности техники в целом.

Срок службы сельскохозяйственной техники определяется износом их деталей – изменением размеров, форм, массы деталей, состоянием поверхностей вследствие изнашивания, усталостным и коррозионным разрушением и т.д. Скорость изнашивания деталей зависит от многих факторов: условий и режима работы, материала, из которого они изготовлены, состояния окружающей среды, типа

смазки, температуры в точках сопряжения и т.д. Износ некоторых деталей можно обнаружить визуально. Износ других определяется замером зазоров, усилий на рычагах и приводах [5, 10, 13, 17].

Для того чтобы выявить потребность в ремонте или замене детали, необходимо спрогнозировать основные показатели ее надежности, зачастую без раскрытия влияния каждого случайного фактора. При выявленных объективных закономерностях и тенденциях можно повысить эффективность управления технологическими и производственными процессами, а также обеспечить определенную надежность работы сельскохозяйственной техники. Математический аппарат теории вероятностей и статистических методов анализа, а также теории надежности позволяет решать эти и другие задачи [11, 12, 13, 14].

Материалы и методы

В данной работе проводится статистический анализ износа деталей, а также производится оценка качества их восстановления. Расчеты проводятся для детали – вал первичной коробки передач МТЗ-82 с контролируемым дефектом – износ шейки под шарикоподшипник 208.

Результаты

В результате экспериментального исследования были получены значения размеров изношенных деталей (таблица 1).

Таблица 1.

39,961	39,931	39,928	39,954	39,945	39,958	39,942	39,932	39,959	39,938
39,927	39,948	39,96	39,938	39,937	39,98	39,95	39,943	39,938	39,959
39,966	39,975	39,945	39,92	39,931	39,935	39,956	39,959	39,962	39,953
39,928	39,949	39,965	39,915	39,929	39,925	39,94	39,939	39,939	39,97
39,947	39,922	39,941	39,972	39,943	39,954	39,953	39,959	39,924	39,977
39,938	39,942	39,96	39,948	39,933	39,933	39,97	39,969	39,954	39,942
39,952	39,954	39,928	39,961	39,96	39,956	39,94	39,96	39,919	39,951
39,949	39,959	39,936	39,979	39,964	39,92	39,922	39,946	39,96	39,964
39,972	39,953	39,948	39,942	39,966	39,949	39,947	39,946	39,937	39,964
39,918	39,968	39,942	39,937	39,943	39,944	39,974	39,932	39,935	39,92

Наименьший предельный размер вала составляет 39,992 мм.
Составим вариационный ряд величины износа (таблица 2).

Таблица 2.

№ п/п	Износ, мм	№ п/п	Износ, мм	№ п/п	Износ, мм	№ п/п	Износ, мм	№ п/п	Износ, мм
1.	0,012	21.	0,032	41.	0,04	61.	0,050	81.	0,059
2.	0,013	22.	0,032	42.	0,041	62.	0,050	82.	0,060
3.	0,015	23.	0,032	43.	0,042	63.	0,050	83.	0,060
4.	0,017	24.	0,032	44.	0,043	64.	0,050	84.	0,061
5.	0,018	25.	0,032	45.	0,043	65.	0,051	85.	0,061
6.	0,020	26.	0,033	46.	0,043	66.	0,052	86.	0,063
7.	0,020	27.	0,033	47.	0,044	67.	0,052	87.	0,064
8.	0,022	28.	0,033	48.	0,044	68.	0,053	88.	0,064
9.	0,022	29.	0,033	49.	0,044	69.	0,053	89.	0,064
10.	0,023	30.	0,033	50.	0,045	70.	0,054	90.	0,065
11.	0,024	31.	0,034	51.	0,045	71.	0,054	91.	0,067
12.	0,026	32.	0,036	52.	0,046	72.	0,054	92.	0,068
13.	0,026	33.	0,036	53.	0,046	73.	0,054	93.	0,070
14.	0,027	34.	0,038	54.	0,047	74.	0,055	94.	0,070
15.	0,028	35.	0,038	55.	0,047	75.	0,055	95.	0,072
16.	0,028	36.	0,038	56.	0,048	76.	0,055	96.	0,072
17.	0,028	37.	0,038	57.	0,049	77.	0,056	97.	0,072
18.	0,030	38.	0,039	58.	0,049	78.	0,057	98.	0,073
19.	0,031	39.	0,039	59.	0,049	79.	0,057	99.	0,074
20.	0,031	40.	0,039	60.	0,050	80.	0,059	100.	0,077

Составим статистический ряд распределения (таблица 3), для чего разобьем вариационный ряд на $n=10$ интервалов. Длина каждого интервала вычисляется по формуле $h = \frac{I_{max} - I_{min}}{n}$, тогда $h \approx 0,0065$ мм. Наблюдаемая (опытная) вероятность в каждом интервале определяется по формуле $\bar{p}_i = \frac{m_i}{N}$, где m_i – наблюдаемая частота, $N = 100$ – объем выборки. Значения накопленных опытных вероятностей определяются суммированием вероятностей по интервалам: $\bar{F}(I) = \sum \bar{p}_i$.

Таблица 3.

Границы интервала, мм	0,012 – 0,019	0,019 – 0,025	0,025 – 0,0315	0,0315 – 0,038	0,038 – 0,0445	0,0445 – 0,051	0,051 – 0,0575	0,0575 – 0,064	0,064 – 0,0705	0,0705 – 0,077
Середина интервала, мм	0,015	0,022	0,028	0,038	0,041	0,048	0,054	0,061	0,067	0,074
Опытная частота m_i	5	6	9	17	12	16	14	10	5	6
Опытная вероятность \bar{p}_i	0,05	0,06	0,09	0,17	0,12	0,16	0,14	0,1	0,05	0,06
Накопленная опытная вероятность $\bar{F}(I)$	0,05	0,11	0,2	0,37	0,49	0,65	0,79	0,89	0,94	1

Определим основные числовые характеристики износов. К ним относятся среднее значение износа (математическое ожидание), среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации. Среднее значение износа характеризует центр группирования случайной величины [15]. Среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации являются характеристиками рассеивания случайной величины от величины среднего износа.

Среднее значение износа вычислим по известной формуле $\bar{I} = \sum_{i=1}^n I_{ci} \cdot \bar{p}_i$, где I_{ci} – середина i -го интервала, \bar{p}_i – опытная вероятность в i -ом интервале. Тогда $\bar{I} \approx 0,045$ мм.

Среднее квадратическое отклонение $\sigma_I = \sqrt{\sum_{i=1}^n (I_{ci} - \bar{I})^2 \cdot p_i} = 0,016$ мм. Коэффициент вариации рассчитаем по формуле $V = \frac{\sigma}{I - I_{cm}}$, где I_{cm} – смещение начала рассеяния, при $N > 25$ $I_{cm} = I_1 - 0,5 \cdot h = 0,0012 - 0,5 \cdot 0,0065 = 0,0088$ мм. Тогда $V = \frac{0,016}{0,045 - 0,0088} = 0,43$.

Величина коэффициента вариации влияет на выбор теоретического закона распределения. Практика изучения износов сельскохозяйственной техники показывает, что износ, как случайная величина

на лучше всего описываются законами нормального распределения (ЗНР) и распределения Вейбулла (ЗРВ).

Поскольку $V = 0,43$ попадает в интервал от 0,3 до 0,5, то выбирается тот закон распределения, который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информацией. Для этого необходимо рассчитаем дифференциальную и интегральную функции распределения износа детали по ЗНР и ЗРВ, с последующей проверкой правдоподобия каждого из них по одному из критериев согласия и примем соответствующее решение.

Для нормального закона распределения. Так как при составлении статистического ряда (см. таблицу 3) были вычислены не статистические плотности функции распределения $\bar{f}(I)$, а опытные вероятности попадания наблюдений в i -й интервал \bar{p}_i , то для обеспечения сравнимости распределений вычислим теоретические вероятности этих же событий по зависимости: $p(I_{ci}) = \frac{h}{\sigma_I} f_0(z_i)$, где h – длина интервала, принятая при построении статистического ряда; $z_i = \frac{I_{ci} - \bar{I}}{\sigma_I}$ – квантиль нормального распределения, значение которого вычислено для середины i -го интервала I_{ci} ; $f_0(z_i) = f_0\left(\frac{I_{ci} - \bar{I}}{\sigma_I}\right)$ – значение центрированной и нормированной плотности распределения, которые берутся из известных таблиц (при этом $f_0(-z) = f_0(z)$); n – число интервалов, принятое при составлении статистического ряда.

Значения теоретических вероятностей запишем в таблицу 4.

Интегральная функция распределения вычислим по формуле: $F(I) = F_0(z_i)$, где $z_i = \frac{I_{ci} - \bar{I}}{\sigma_I}$ – квантиль нормального распределения, значение которого вычислено для конца i -го интервала; $F_0(z_i)$ – значение интегральной функции нормального распределения (при этом $F_0(-z) = 1 - F_0(z)$). Полученные значения функции запишем в таблицу 4.

Используя значение функции распределения, определим теоретическое число интересующих нас событий (число отказов в i -м

интервале) по формуле: $m_{T_i} = (F(I_{ki}) - F(I_{k(i-1)}))N$, где N – объем выборки; $F(I_{ki}), F(I_{k(i-1)})$ – интегральные функции в конце и в начале i -го интервала.

Определим значения теоретических частот для каждого интервала и занесем полученные значения в таблицу 4.

Для закона распределения Вейбулла. Вычислим не $f(I)$, а теоретические вероятности попадания случайной величины в i -й интервал. $p(I_{ci}) = \frac{h}{a} \cdot f_i\left(\frac{I_{ci} - I_{cm}}{a}, b\right)$, где h – длина интервала; a – ресурсная характеристика, параметр масштаба ЗРВ; b – параметр формы; I_{cm} – смещение начала рассеяния; $f_i\left(\frac{I_{ci} - I_{cm}}{a}, b\right)$ – табулированное значение дифференциальной функции.

Параметры ЗРВ определяются в зависимости от коэффициента вариации. Так как $V = 0,43$, то $b = 2,5, K_b = 0,89, C_b = 0,38$.

Расчет $f(I_{ci})$ для ЗРВ проведем для каждого интервала и полученные данные запишем в таблицу 4.

Функция распределения Вейбулла имеет вид: $F(I_{ki}) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{I_{ki} - I_{cm}}{a}\right)^b\right)$. Данная функция зависит от двух аргументов – от параметра b и обобщенного параметра $\left(\frac{I_{ki} - I_{cm}}{a}\right)$. Полученные значения внесем в таблицу 4.

Используя значение функции распределения, вычислим теоретическое число интересующих нас событий $m_{T_i} = (F(I_{ki}) - F(I_{k(i-1)}))N$, где N – объем выборки; $F(I_{ki}), F(I_{k(i-1)})$ – интегральные функции в конце и в начале i -го интервала. Полученные значения внесем в таблицу 4.

Таблица 4.

Границы интервала, мм	0,012	0,019	0,025	0,031	0,038	0,044	0,051	0,057	0,064	0,070
	0,019	0,025	0,031	0,038	0,044	0,051	0,057	0,064	0,070	0,077
Середина интервала, мм	0,015	0,022	0,028	0,038	0,041	0,048	0,054	0,061	0,067	0,074
Опытная частота m_i	5	6	9	17	12	16	14	10	5	6

Окончание табл. 4.

Дифференциальный закон распределения	Опытная вероятность $\bar{p}(I_{ci})$	0,05	0,06	0,09	0,17	0,12	0,16	0,14	0,1	0,05	0,06
	Теоретическая вероятность $p(I_{ci})$	НЗР	0,0248	0,0505	0,0917	0,1329	0,1629	0,1625	0,1409	0,0987	0,062
ЗРВ		0,0307	0,0693	0,1095	0,1409	0,1574	0,1519	0,1262	0,0896	0,0554	0,0313
Интегральный закон распределения	Накопленная опытная вероятность $\bar{F}(I) = \sum \bar{p}(I_{ci})$	0,05	0,11	0,2	0,37	0,49	0,65	0,79	0,89	0,94	1
	Функция распределения $F_i = F(I_{ki})$	НЗР	0,0238	0,0756	0,187	0,308	0,48	0,659	0,796	0,89	0,977
ЗРВ		0,031	0,093	0,194	0,348	0,495	0,659	0,777	0,878	0,934	0,972
Теоретическая частота m_n	НЗР	2,38	5,18	11,14	12,15	17,18	17,96	13,65	9,36	8,75	0,25
	ЗРВ	3,1	6,31	10,06	15,42	14,67	16,37	11,79	10,14	5,63	3,75

Проверим правдоподобие (сходимость) опытного и теоретического законов распределения по критерию согласия Пирсона. Для этого рассчитаем величину $\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - m_{T_i})^2}{m_{T_i}}$, где m_i – опытная частота попадания случайной величины в i -тый интервал статистического ряда; m_{T_i} – теоретическая частота в i -том интервале.

Значение критерия для ЗРВ $\chi^2 = 5,45$, а для НЗР $\chi^2 = 5,64$. число степеней свободы $k = n - (m + 1) = 10 - (2 + 1) = 7$, где n – число интервалов статистического ряда, а m – число параметров теоретического закона распределения (для НЗР и ЗРВ $m = 2$); приняты уровень значимости (вероятность необоснованного отклонения гипотезы) $\alpha = 0,05$. Необходимо выбрать теоретический закон распределения, наиболее адекватный распределению статистической информации.

По известным таблицам определим критические значения критерия Пирсона. Для ЗРВ $\chi^2(a, k) = 12,6$, для НЗР $\chi^2(a, k) = 11,1$. В данном случае для обоих законов выполняется $\chi^2 < \chi^2(a, k)$, поэтому выдвинутая гипотеза о сходимости опытного с теорети-

ческими распределениями с вероятностью $p = 1 - \alpha = 0,95$ не отвергается.

Для принятия окончательного решения определим вероятность подтверждения проверяемого теоретического закона распределения. Для ЗРВ $P = 48,68\%$, для НЗР $P = 33,99\%$. Следовательно, в данном случае принимаем гипотезу о том, что анализируемая статистическая информация с достаточной степенью достоверности подчиняется закону распределения Вейбулла [3, с. 382, 19, с. 157].

Определим доверительный интервал исследуемого значения износа: $(\bar{I} - I_{CM}) \cdot \sqrt[b]{r_3} + I_{CM} < m_t < (\bar{I} - I_{CM}) \cdot \sqrt[b]{r_1} + I_{CM}$, где $I_{CM} = 0,0088$, $r_1 = 1,23$ и $r_3 = 0,83$ – коэффициенты распределения Вейбулла и $\beta = 0,95$ выбирается из таблицы. Получаем нижнюю и правую границы доверительного интервала: $I_{\beta_1} = 0,0424$ мм и $I_{\beta_2} = 0,0481$ мм соответственно.

То есть с вероятностью $\beta = 0,95$ можно утверждать, что исследуемое значение износа детали находится в интервале от 0,0424 до 0,0481 мм.

Определим относительную ошибку точности оценки износа, которая позволяет корректно сравнивать объекты и по разнородным показателям. $\varepsilon = \frac{I_{\beta_0} - \bar{I}}{\bar{I} - I_{CM}} \cdot 100\%$, где I_{β_0} – верхняя граница изменения среднего значения износа, установленного с вероятностью $\beta_0 = 0,95$.

Тогда $\varepsilon = \frac{0,0481 - 0,045}{0,045 - 0,0088} \cdot 100\% = 4,9\%$. Максимально допустимая ошибка не превышает 20%.

Определим число годных и требующих восстановления деталей. Допустимые износы детали при сопряжении с новыми $I_{ДН}$ и бывшими в эксплуатации $I_{ДЭ}$ деталями найдем по формулам: $I_{ДН} = d_{KM} - d_{ДН}$ и $I_{ДЭ} = d_{KM} - d_{ДЭ}$, где $d_{ДН}$ – допустимый размер вала при сопряжении его с новыми деталями; $d_{ДЭ}$ – допустимый размер вала при сопряжении его с деталями, бывшими в эксплуатации; d_{KM} – наименьший предельный размер вала. $I_{ДН} = 39,992 - 39,970 = 0,022$ мм и $I_{ДЭ} = 39,992 - 39,990 = 0,002$ мм.



Рис. 1. Теоретическая кривая износов

Найдем количество годных деталей, для этого определим вероятность $p_{ГН}$, того что детали окажутся годными (их восстановление не потребуется) при условии их сборки с новыми сопрягаемыми деталями [17]. Значение допустимого износа $I_{ДН} = 0,022$ отложим по оси абсцисс (рис. 1) и восстановим перпендикуляр до пересечения с теоретической кривой износов $F(I)$. Полученную точку проектируем на ось ординат. Получим искомую вероятность $p_{ГН} = 0,093$. Тогда процент годных без ремонта деталей составляет 9,3%. Аналогично, для значения $I_{ДЗ} = 0,002$ определяем процент годных деталей при сопряжении их с деталями, бывшими в эксплуатации, получаем 0%.

Итак, коэффициент годности анализируемых деталей составляет 0,093, а коэффициент восстановления деталей 0,907.

Таким образом, по значениям вычисленных коэффициентов заключаем, что необходимо более тщательно составлять план работы ремонтного предприятия по анализируемой детали.

Полученные значения свидетельствуют о том, что ремонтное предприятие неэффективно обслуживает клиентов, не позволяя им минимизировать затраты. Процент годных деталей слишком мал, а это говорит о том, что не вовремя было проведено техническое обслу-

живание техники, не был произведен необходимый ремонт анализируемой детали. Поэтому в сложившейся ситуации требуется замена шарикоподшипника 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82.

Стоимость шарикоподшипника 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82 порядка 200 руб. Замена шарикоподшипника 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82 составляет порядка 3000 руб. В то время как своевременное техническое обслуживание техники с текущим ремонтом указанной детали составляет порядка 1000 руб. В некоторых случаях достаточно смазать подшипник, чтобы нормализовать его работу и устранить шум в КПП. Если игнорировать признаки неисправности подшипника, то впоследствии может потребоваться серьезный ремонт сцепления или коробки передач. Сравнивая приведенные стоимости, делаем вывод, что эффективнее проводить своевременный текущий ремонт.

Заключение

В экономической эффективности работы сельскохозяйственного предприятия немаловажную роль играет надежность техники, поэтому ее прогнозирование различными средствами позволяет снизить общие затраты. Правильная эксплуатация и своевременный ремонт машин и оборудования позволяет повысить работоспособность, тем самым, снижая простои техники.

В данной работе проведен статистический анализ износа шейки под шарикоподшипник 208 вала первичной коробки передач МТЗ-82. Получены наиболее информативные параметры, отражающие износ рассматриваемой детали. На основе проведенного анализа сделан вывод о том, что, с экономической точки зрения, своевременное техническое обслуживание и текущий ремонт рассматриваемой детали является более эффективным, чем ее замена на новую.

Список литературы

1. Гатаулин А.М. Издержки производства сельскохозяйственной продукции (методология измерения и пути снижения). М.: «Экономика», 1983. 184 с.

2. Гатаулин А.М. Экономико-математические методы в планировании сельскохозяйственного производства / А.М. Гатаулин, Г.В. Гаврилов, Л.А. Харитоновна. М.: «Колос», 1976. 223 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для бакалавров. Изд. 12-е. М.: «Юрайт», 2014. 479 с.
4. Ермольев Ю.М., Ястремский А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. М.: «Наука», 1979. 255 с.
5. Ерохин М.Н. Оценка износа крестовин шарниров типа CR115, применяемых в тракторах JOHN DEERE / М.Н. Ерохин, А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 14–21.
6. Кайшев В.Г., Алпатов А.В. Сельскохозяйственная техника в России: рыночные позиции внутреннего производства на фоне внешнеэкономических отношений // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 4. С. 19–27.
7. Канторович Л.В., Горстко А.Б. Математическое оптимальное программирование в экономике. М.: «Знание», 1968. 95 с.
8. Кардаш В.А. Модели управления производственно-экономическими процессами в сельском хозяйстве. М.: «Колос», 1981. 183 с.
9. Кардаш В.А., Рапопорт Э.О. Моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве. Новосибирск: «Наука. Сиб. Отделение», 1979. 157 с.
10. Королев А.Е. Расчетно-экспериментальный метод определения допустимого износа двигателей // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 1 (32). С. 135–139.
11. Кочегарова О.С., Лажаунинкас Ю.В. ABC–анализ как средство оптимизации решения задач прикладной статистики // Наука Красноярья. 2016. № 3-3 (26). С. 101–109.
12. Кочегарова О.С., Лажаунинкас Ю.В. Прогнозирование экономических процессов методами корреляционно-регрессионного анализа // О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук: сб. науч. тр. Челябинск, 2015. С. 9–12.
13. Кунтурова Н.Б., Кунтуров С.А. Расчет совокупного износа деталей механизмов машин // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 648. С. 153–156.

14. Лажаннинкас Ю.В. Т-статистика в Excel // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Саратов, 2017. С. 154–159.
15. Лажаннинкас Ю.В., Кочегарова О.С. Методика проведения статистической обработки экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel // Фундаментальные и прикладные исследования в высшей аграрной школе. Под ред. М.В. Муравьевой и Г.Н. Камышовой. Саратов, 2014. С. 34–36.
16. Нечаев В.Н. Анализ и развитие рынка сельскохозяйственной техники как направление обеспечения продовольственной безопасности / В.Н. Нечаев, М.Л. Нечаева, Е.В. Ганебных // Международный технико-экономический журнал. 2017. № 4. С. 21–30.
17. Осипов С.Н., Поздняков Д.А. Об оценке физического износа элементов технических устройств // Наука и техника. 2015. №2. С. 23–30.
18. Семенов И.В., Снимщикова И.В. Оценка состояния рынка сельскохозяйственной техники: российский и зарубежный аспект // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2 (18). С. 303–307.
19. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. пособие для магистров. М.: «Юрайт», 2012. 399 с.
20. Тиндова М.Г. Анализ производства тракторов и сельскохозяйственной техники // Агропродовольственная экономика. 2017. № 5. С. 83–90.
21. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М.: «Советское радио», 1974. 399 с.
22. Юдин Д.Б. Экстремальные модели в экономике. М.: «Экономика», 1979. 287 с.

References

1. Gataulin A.M. *Izderzhki proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produkt-sii (metodologiya izmereniya i puti snizheniya)* [Agricultural production costs (measurement methodology and ways of reducing)]. Moscow, «Ekonomika», 1983. 184 p.
2. Gataulin A.M. *Ekonomiko-matematicheskie metody v planirovanii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Economic and mathematical methods in agricultural production planning]. Moscow, «Kolos», 1976. 223 p.

3. Gmurman V.E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnoe posobie dlya bakalavrov* [Probability theory and mathematical statistics: a textbook for bachelors]. Moscow, «Yurayt», 2014. 479 p.
4. Ermol'ev Yu.M. *Stokhasticheskie modeli i metody v ekonomicheskom planirovanii* [Stochastic models and methods in economic planning]. Moscow, «Nauka», 1979. 255 p.
5. Erokhin M.N. *Otsenka iznosa krestovin sharnirov tipa CR115, primenyayemykh v traktorakh JOHN DEERE* [Evaluation of wear of CR 115 type cross joints used in JOHN DEERE tractors]. Trudy GOSNITI. 2017. Vol. 126, pp. 14–21.
6. Kayshev V.G., Alpatov A.V. *Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika v Rossii: rynochnye pozitsii vnutrennego proizvodstva na fone vneshneekonomicheskikh otnosheniy* [Agricultural machinery in Russia: market positions of domestic production against foreign economic relations]. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy*. 2017. Vol 4, pp. 19–27.
7. Kantorovich L.V., Gorstko A.B. *Matematicheskoe optimal'noe programirovanie v ekonomike* [Optimal mathematical programming in the economics]. Moscow, «Znanie», 1968. 95 p.
8. Kardash V.A. *Modeli upravleniya proizvodstvenno-ekonomicheskimi protsessami v sel'skom khozyaystve* [Models of management of production and economic processes in agriculture]. Moscow, «Kolos», 1981. 183 p.
9. Kardash V.A., Rapoport E.O. *Modelirovanie ekonomicheskikh protsessov v sel'skom khozyaystve* [Modeling of economic processes in agriculture]. Novosibirsk: «Nauka. Sib. Otdelenie», 1979. 157 p.
10. Korolev A.E. *Raschetno-eksperimental'nyy metod opredeleniya dopuskaemogo iznosa dvigateley* [Calculation and experimental method for determining the permissible engine wear]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya*. 2016. no. 1 (32), pp. 135–139.
11. Kochegarova O.S., Lazhauninkas Yu.V. *ABS–analiz kak sredstvo optimizatsii resheniya zadach prikladnoy statistiki* [ABC-analysis as a means to optimize the solution of tasks applied statistics]. *Nauka Krasnojarsk'ja*. 2016. no. 3-3 (26), pp. 101–109.

12. Kochegarova O.S., Lazhauninkas Yu.V. *Prognozirovanie ekonomicheskikh processov metodami korrelyatsionno-regressionnogo analiza* [Forecasting of economic processes by methods of correlation and regression analysis]. Chelyabinsk, 2015, pp. 9–12.
13. Kunturova N.B., Kunturov S.A. Raschet sovokupnogo iznosa detaley mekhanizmov mashin [Calculation of total wear and tear of machine parts]. *Trudy Voенно-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhayskogo*. 2015. no. 648, pp. 153–156.
14. Lazhauninkas Yu.V. *T-statistika v Excel* [T-statistics in Excel]. Agrarnaya nauka v XXI veke: problemy i perspektivy Sbornik statey Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saratov. 2017, pp. 154–159.
15. Lazhauninkas Yu.V., Kochegarova O.S. *Metodika provedeniya statisticheskoy obrabotki jeksperimental'nyh dannyh s ispol'zovaniem tablitsnogo processora Excel* [The methodology of statistical processing of experimental data using the Excel spreadsheet processor]. Saratov, 2014, pp. 34–36.
16. Nechaev V.N. Analiz i razvitie rynka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki kak napravlenie obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti [Analysis and development of the market of agricultural machinery as a direction of food security]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2017. Vol 4, pp. 21–30.
17. Osipov S.N., Pozdnyakov D.A. Ob otsenke fizicheskogo iznosa elementov tekhnicheskikh ustroystv [About assessment of physical wear of elements of technical devices]. *Nauka i tekhnika*. 2015. no. 2, pp. 23–30.
18. Semenenko I.V., Snimshchikova I.V. Otsenka sostoyaniya rynka sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: rossiyskiy i zarubezhnyy aspekt [Assessing the state of the agricultural machinery market: Russian and foreign aspects]. *Vestnik APK Stavropol'ya*. 2015. Vol. 2 (18), pp. 303–307.
19. Sidnyaev N.I. *Teoriya planirovaniya eksperimenta i analiz stati-sticheskikh dannykh : ucheb. posobie dlya magistrrov* [Theory of experiment planning and statistical data analysis: studies. handbook for masters]. Moscow, «Yurayt», 2012. 399 p.
20. Tindova M.G. *Analiz proizvodstva traktorov i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki* [Analysis of tractors and agricultural machinery production]. *Agroprodovol'stvennaya ekonomika*. 2017. Vol. 5, pp. 83–90.

21. Yudin D.B. *Matematicheskie metody upravleniya v usloviyakh nepol-noy informatsii* [Mathematical methods of control in conditions of incomplete information]. Moscow, «Sovetskoe radio», 1974. 399 p.
22. Yudin D.B. *Ekstremal'nye modeli v ekonomike* [Extreme models in economics]. Moscow, «Ekonomika», 1979. 287 p.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Лажануинкас Юлия Владимировна, доцент кафедры «Экономическая кибернетика», кандидат педагогических наук
ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова
Театральная пл., 1, г. Саратов, 410012, Российская Федерация
lazhauninkas@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Lazhauninkas Julia Vladimirovna, Associate Professor «Economic Cybernetics», Candidate of Pedagogical Sciences
Saratov State Agrarian University
1, Teatral'naya Sq., Saratov, 410012, Russian Federation
lazhauninkas@yandex.ru
SPIN-code: 8735-6760
ORCID: 0000-0002-8018-7818