

УДК 621.37

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**Светлана Валерьевна Фефелова,**

Аспирант

ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет

**Марат Фанисович Туктаров,**

к.т.н., доцент

ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет

### Аннотация

Предлагается математическая модель, предназначенная для выявления закономерности отказов при работе линейного электропривода ЗМ, обусловленной действием внутренних и внешних факторов на составные части изделия с различным уровнем показателей надёжности и условий их работы, основанная на динамической модели изменения состояния составных частей и всей установки под воздействие указанных факторов. Отмечается, что представляемая модель позволяет определить зависимость вероятности работоспособного состояния установки от параметров требуемой функции изделия и его составных частей, а также выявить наиболее слабые места.

**Ключевые слова:** линейный электропривод; надёжность; вероятность безотказной работы; вероятность отказа; зерноочистительная машина; период работы.

## METHODS FOR INCREASING THE RELIABILITY OF A LINEAR ELECTRIC DRIVE DURING STORAGE AND OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY

**Svetlana .V. Fefelova,**

Bashkir state agrarian university

**Marat F. Tuktarov**

Bashkir state agrarian university

### ABSTRACT

A mathematical model is proposed to identify the patterns of failures during the operation of a linear electric drive ZM, due to the action of internal and external factors on the component parts of the product with different levels of reliability indicators and their operating conditions, based on a dynamic model of the change in the state of the components and the entire installation

under the influence of these factors . It is noted that the presented model makes it possible to determine the dependence of the probability of a working state of the installation on the parameters of the required function of the product and its components, as well as to identify the weakest points.

**Keywords:** linear electric drive; reliability; probability of failure-free operation; failure probability; grain cleaning machine; work period.

В современном сельскохозяйственном машиностроении одним из важнейших является вопрос обеспечения высокой надежности используемого оборудования на всех этапах его жизненного цикла (проектирование, изготовление, эксплуатация и хранение). Основным циклом работы является эксплуатация, при которой машина подвергается нагрузкам, различным режимам работы и внешним факторам, все это сказывается на работоспособность машин. Но также у сельскохозяйственной техники есть своя особенность, сезонный характер занятости, это связано с периодом её длительного хранения, в течение которого на машины действуют климатические, атмосферные и др. факторы, которые способствуют изменению и разрушению техники.

Сельскохозяйственная техника на всем своем жизненном цикле сопровождается трудностями (большой объем работы для технологической установки за относительно малый промежуток времени, большое количество сложных (комбинированных) элементов установок, работа в полевых условиях с агрессивной внешней средой, плохие условия хранения машин, слабое обеспечение качественной защитно-консервационной обработки, низкий уровень знаний обслуживающего оборудование персонала [5]).

Для решения вышесказанных проблем, является актуальным диагностика сельскохозяйственной техники и повышение надежности не только в период эксплуатации, но в период хранения техники.

В данной статье рассмотрим особенности работы сельскохозяйственной техники и методы повышения надежности, на примере зерноочистительной машины марки СМ-0,15.

На сельскохозяйственном предприятии (КФХ Шаяхметов А.С. Хайбуллинского района Республики Башкортостан) имеются 3 зерноочистительных машины СМ-0,15. Используя журналы учёта работы и журнал проверок технического состояния машин, были получены и проанализированы данные (табл. 1) [1]. Из журналов учёта видно, что ЗМ№1 и ЗМ№2 находившись в эксплуатации одинаковое количество времени, но имеют различную частоту отказов, это возможно в связи с тем, что машины в находились в различных условиях использования. ЗМ №3 по журналу проверок технического состояния машин, находилась на хранении в течении 6 лет с момента приобретения.

Таблица 1

Данные журнала учёта работы и журнала проверок технического состояния машин зерноочистительных машин СМ-0,15

Основные элементы установок СМ-0,15	Кол-во элементов, шт.	Эмпирическая частота отказов элемента $\Delta n$ , шт.		
		Период хранения ЗМ №1	Период эксплуатации	
			ЗМ №2	ЗМ №3
Индуктор ЛАД	1	0	4	2
Вторичный элемент ЛАД (решетный стан)	1	0	0	0
Подвеска	4	0	14	8

Ролик подпружиненный	2	4	15	11
Упругий элемент (винтовая пружина)	4	4	15	10
Блок управления	1	1	2	3
Дозатор (подача зернового материала)	1	0	1	0
Итого	14	9	51	34

Используя полученные данные: время работы, условия и коэффициенты влияния, и расчетами приведенные в предыдущих статьях [4] построим математическую модель вероятности работоспособного состояния. Математическая модель поможет выявить основные факторы влияния на отказ оборудования и показать слабые места [3].

$$\delta_A = 1 - \exp - \left[ 1/9(\gamma^2 - 1) \right] \cdot x^3. \quad (1)$$

$$\text{где } \gamma = \left[ 1 + 4 \cdot \frac{v^2}{\alpha} \right]^{\frac{1}{2}} = \left( 1 + 4 \cdot \frac{v^2}{2 \cdot v^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 3^{\frac{1}{2}} = 1,73. \quad (2)$$

$\alpha$  – относительное ускорение этой функции ( $\alpha = 2 \cdot v^2$ );

$v$  – относительное изменение во времени требуемой функции.

$$\delta_A = 1 - \exp - \left[ 1/9(1,73^2 - 1) \right] \cdot x^3.$$

В связи с тем что машина (ЗМ №3) находится в периоде хранения, она не будет подвергаться нагрузкам, из этого следует, что математическая модель зависимости различных коэффициентов от времени равна [4, 6]:

$$x = \int_{t_1}^{t_2} \frac{\delta_0}{\delta_1} dt \cdot K_1 \dots \quad (3)$$

Для машин в эксплуатации математическая модель будет равна:

$$x = \int_{t_1}^{t_2} \frac{t}{t_0} dt \cdot K \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{\delta_0}{\delta_1} dt \cdot K_1 \dots \quad (4)$$

где  $x = \frac{t}{t_0}; t_1 = \frac{2\beta}{\alpha}$ , в динамическом режиме работы;

$x = v \cdot t$  в статическом режиме работы;

$K_x$  – коэффициент влияния на работоспособность;

$t$  – время, с.;

$\delta_0$  – начальное значение вероятности отказов (первоначальный их источник), а второй член соответственно выражает дополнительную, во времени часть отказов с учетом их первоначального уровня.

Из вышесказанного следует, что математическая модель вероятности работоспособного состояния:

$$P_A = 1 - \delta_A, \quad (5)$$

В уравнения (6) подставим полученные данные:

$$P_A = 1 - \left[ 1/9(1,73^2 - 1) \right] \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{\delta_0}{\delta_1} dt \cdot K_1 \dots$$

- период хранения (6)

$$P_A = 1 - \left[ 1/9(1,73^2 - 1) \right] \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{t_0}{t_1} dt \cdot K \cdot \int_{t_1}^{t_2} \frac{\delta_0}{\delta_1} dt \cdot K_1 \dots$$

- период эксплуатации (7)

По результатам расчета уравнение (6,7) математической модели, построен график работоспособности ЗМ с линейным электроприводом рисунок 1, 2.

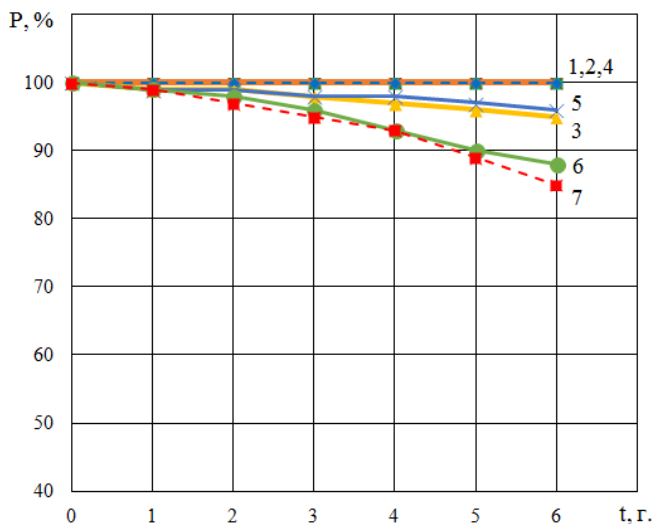
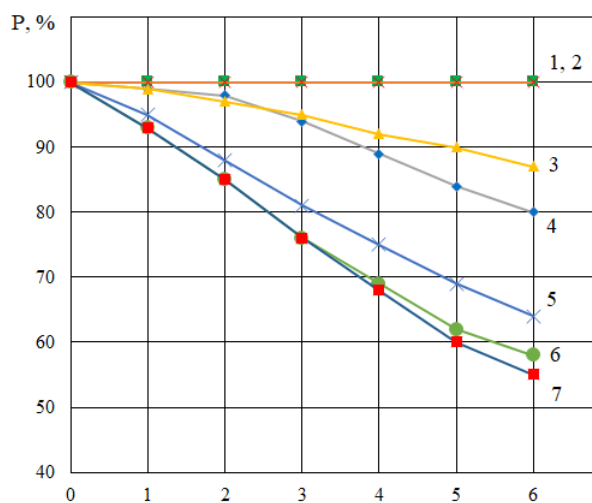
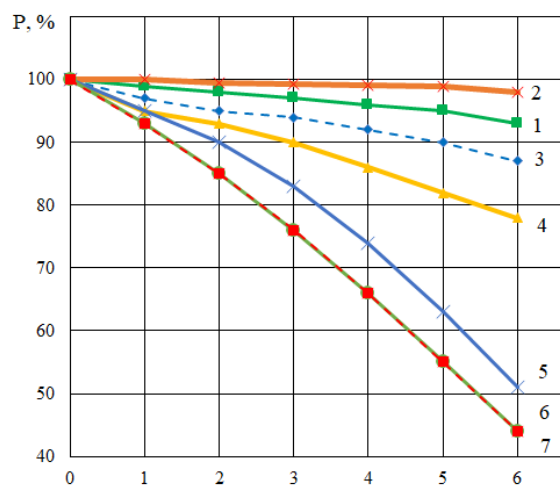


Рисунок 1 График вероятности работоспособного состояния основных элементов ЗМ-0,15 в период хранения: 1 – дозатор (подача зернового материала); 2 – вторичный элемент ЛАД (решетный стан); 3 – блок управления; 4 – индуктор ЛАД; 5 – подвеска; 6 – ролик подпружиненный; 7 – упругий элемент (винтовая пружина)

На рисунке 3 наглядно показан анализ вероятности работоспособного состояния в период эксплуатации двух зерноочистительных машин марки ЗМ-0,15. По данному графику видно, что вне зависимости от одинакового срока эксплуатации машины имеют разное количество отказов.



ЗМ-0,15 В



ЗМ-0,15 А

Рисунок 2 График вероятности работоспособного состояния основных элементов ЗМ в период эксплуатации: 1 – дозатор (подача зернового материала); 2 – вторичный элемент ЛАД (решетный стан); 3 – блок управления; 4 – индуктор ЛАД; 5 – подвеска; 6 – ролик подпружиненный; 7 – упругий элемент (винтовая пружина)

Для предотвращения приведенных выше проблем нужно соблюдать некоторые рекомендации и учитывать особенности машин с ЛЭД [2]:

в период хранения сельскохозяйственных машин с ЛЭД:

- хранить в закрытых помещениях или под навесом;
- на отдельно оборудованных территориях;
- места хранения должны быть защищены от снежных заносов;
- при хранении машин в закрытых помещениях и под навесами расстояние между

машинами в ряду и от машин до стены помещения должно быть не менее 0,7 м, а минимальное расстояние между рядами - 1,0 м.;

- наносить на неокрашенные поверхности защитные смазки, восстанавливать лакокрасочные покрытия;

- пружины, подвески нужно ослабить;

- перед установкой машин на длительное хранение следует проводить проверку их технического состояния с применением средств технической диагностики.

В период эксплуатации сельскохозяйственных машин с ЛЭД:

- размещение в закрытых помещениях или под навесом;
- использовать различные подставки и подкладки для уменьшения вибрации;
- очищать детали от технологических загрязнений, вороха зерна и других примесей;
- обработка открытых частей ЛЭД;
- применение смазывающего материала.

Уровень технической эксплуатации машин определяется установкой их в надлежащем месте, рациональным использованием в соответствии с назначением, квалификацией обслуживающего персонала, постановкой ухода и технического надзора за машинами, организацией смазочного хозяйства. Поэтому выполнению эксплуатационных мероприятий должно уделяться особое внимание.

**Вывод.** Таким образом, предложена математическая модель, предназначенная для выявления закономерности отказов при работе линейного электропривода ЗМ, основанная на динамической модели изменения состояния составных частей и всей установки под воздействием внутренних и внешних факторов. Данная математическая модель позволяет определить зависимость вероятности работоспособного состояния установки от параметров требуемой функции изделия и его составных частей, предотвратить появления отказов и аварийных случаев в оборудовании и их негативные последствия. Также с учётом найденных показателей возможно прогнозирование поведения требуемых элементов оборудования во времени и совершенствование изделия (повышение отказоустойчивости, расширение ресурса), т.е. становится возможным управление процессом совершенствования изделия.

### Список литературы:

1. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Государственная система обеспечения единства измерений: ГОСТ Р 8.010-2013. – Введен от 01.03.2015. – М.: Стандартинформ, 2019. – 14 с.

2. Сафронов, И. Н. Способ повышения надёжности изделий. Патент на изобретение №2477526. Бюл. №7, 2013.
3. Сафронов, И. Н. Физико-математическая модель для определения закономерности отказов изделий ракетно-космической техники при их функционировании // Космонавтика и ракетостроение. – Королёв: ФГУП ЦНИИмаш, 2014. – Вып. 2 (75)
4. Фефелова, С.В. Анализ отказов оборудования как источника информации (на примере зерноочистительной машины)/ С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров, М.Ф. Туктаров // Spirit Time. 2021. № 8 (44). С.
5. Ченцов, Н.А. Использование данных диагностики при прогнозировании срока отказов деталей механического оборудования // «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». Международный сб. научных трудов. Донецк, ДонГТУ 1999. Вып.№7. с.191-197.
6. Яруллин, Р.Б. Определение эксплуатационной надёжности линейного электропривода зерноочистительной машины // 6. Р.Б. Яруллин, М.Ф. Туктаров, И.Д. Бадретдинов, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 140-147.

#### References:

1. Direct measurements with multiple observations. Methods for processing the results of observations. State system for ensuring the uniformity of measurements: GOST R 8.010-2013. – Introduced on 03/01/2015. - M.: Standartinform, 2019. - 14 p.
2. Safronov, I. N. A way to improve the reliability of products. Patent for invention No. 2477526. Bull. No. 7, 2013.
3. Safronov, I. N. Physical and mathematical model for determining the regularities of failures of products of rocket and space technology during their operation // Cosmonautics and Rocket Engineering. - Korolev: FSUE TsNIIMash, 2014. - Issue. 2 (75)
4. Fefelova S.V. Analysis of equipment failures as a source of information (on the example of a grain cleaning machine) / S.V. Fefelova, V.G. Bainazarov, M.F. Tuktarov // Spirit Time. 2021. No. 8 (44). FROM.
5. Chentsov, N.A. The use of diagnostic data in predicting the failure time of mechanical equipment parts // Progressive Technologies and Systems of Mechanical Engineering. International Sat. scientific works. Donetsk, DonGTU 1999. Issue No. 7. pp.191-197.
6. Yarullin, R.B. Determination of the operational reliability of a linear electric drive of a grain cleaning machine // 6. R.B. Yarullin, M.F. Tuktarov, I.D. Badretdinov, S.V. Fefelova, V.G. Baynazarov // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2019. No. 4 (52). pp. 140-147.