in locating the fault; when the measurement error was $\pm 2,5\%$ the error in locating the fault was from $0,8\%$ to $2,5\%$. Thus, the offered empirical criteria

allow locating faults with accuracy, sufficient for practical application, and they can be used in remote-acting devices for locating faults.

© Солдатов В.А., Захаров В.С.

УДК 621.37

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-52-4-140-147

Р.Б. Яруллин, М.Ф. Туктаров, И.Д. Бадретдинов, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Ключевые слова: линейный электропривод; эксплуатационная надежность; вероятность безотказной работы; аварийные отказы; вероятность отказа; зерноочистительная машина.

Введение. В современном развитии сельскохозяйственного производства важным вопросом является качество полученного зернового материала, так как от него зависит степень обеспечения населения продуктами питания, уровень развития кормовой базы для животноводства и сырьевой базы для ряда отраслей промышленности. При этом для повышения качества продовольственного зерна требуется его очистка от вредных примесей. Решение зерновой проблемы в нашей стране во многом зависит от технической оснащенности и эффективности работы применяемых технологических машин. Большинство применяемых в хозяйствах РФ зерноочистительных агрегатов и комплексов для послеуборочной обработки семян зерновых культур выработало свой ресурс (80 % машинного парка приобретено 20...25 лет назад), так как включает в себя огромное количество сложных (комбинированных) элементов, каждый из которых может отказать в любой момент времени, что в итоге приводит к серьезным экономическим потерям [4, 6, 9]. При этом существующая теория надежности позволяет спрогнозировать период появления такого рода отказов и аварийных случаев в технологической машине и предотвратить их негативные последствия [7]. Рассмотрим эксплуатационную надежность разработанного линейного электропривода решетного стана зерноочистительной машины (далее – ЛЭП РС ЗМ) [10], испытания которой проведены с использованием ГОСТ 24055-2016 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки.

Цель исследования: определение эксплуатационной надежности ЛЭП РС ЗМ.

Задачи исследования: определить эмпирическую вероятность безотказной работы ЛЭП РС ЗМ и интенсивность отказов элементов ЛЭП

РС ЗМ, рассчитать эксплуатационную надежность ЛЭП РС ЗМ.

Условия, материалы и методы исследования. Объектом исследования является ЛЭП РС, используемый в зерноочистительной машине, конструкция которой представлена на рисунке 1. Работу зерноочистительной машины можно описать следующим образом [12]. При подключении линейного асинхронного электродвигателя (далее – ЛАД) блоком управления к источнику напряжения индуктор 7 создает бегущее электромагнитное поле. Взаимодействие бегущего электромагнитного поля индуктора 7 с вторичным элементом (бегуном) 5 вынуждает конечный, а следовательно, и жестко скрепленный с ним решетный стан 1 двигаться в направлениях сил F_x и F_y . Решетный стан 1, подвешенный на шарнирно закрепленных упругих подвесках 6 равной длины под углом α к горизонтали, при включении ЛАД под действием силы F_y (поперечное направление) притягивается к индуктору 7, а под действием силы F_x (продольное направление) приходит в поступательное движение в сторону бегущего электромагнитного поля. При этом упругие элементы 3, 4 (цилиндрические винтовые пружины) деформируются. В какой-то момент времени происходит отключение индуктора ЛАД 7 от источника питания. Под действием потенциальной энергии, накопленной в упругих элементах 3 и 4, решетный стан 1 движется в обратном направлении. При этом за счет резкого торможения решетного стана 1 происходит инерционное перемещение зернового материала по его поверхности. Таким образом, решетный стан 1 совершает сложное возвратно-поступательное движение [10], что при частых включениях создаёт повышенный износ рабочих элементов, неблагоприятно влияющий на суммарную надежность ЗМ.

Рисунок 1

Конструкция электропривода решетного стана: а – главный вид; б – вид сверху; 1 – решетный стан; 2 – основание; 3, 4 – упругие элементы; 5 – вторичный элемент ЛАД; 6 – упругие подвески; 7 – индуктор ЛАД

Исследования проводились на ЛЭП РС ЗМ, работавшем по 8 ч в сутки в течение четырех месяцев (в год общая продолжительность работы составила 960 ч). При среднем сроке эксплуатации ЗМ, равном 6 годам, общая продолжительность работы составит 5760 ч. Эмперическим методом (путем наблюдений) были получены данные частоты отказов в заданном интервале работы основных элементов ЛЭП РС ЗМ (таблица 1).

Одним из элементов, оказывающим большое влияние на суммарную надежность зерноочистительной установки, является индуктор (в качестве примера проведем расчеты этого элемента), для определения эксплуатационной надежности которого воспользуемся программой Microsoft Excel (далее – МЕ), основываясь на одном из трёх существующих методов (рисунок 2) [2].

Таблица 1 Полученные эмперические данные частоты отказов ЛЭП РС ЗМ

№	Элемент установки ЛЭП РС ЗМ	Кол-во элементов, шт.	Эмперическая частота отказов элемента в интервале работы Δt , шт.	Интервал работы ЛЭП РС ЗМ, ч
1	Индуктор ЛАД	1	4	0...5760
2	Вторичный элемент ЛАД (решетный стан)	1	2	
3	Подвеска	4	14	
4	Ролик подпружиненный	2	15	
5	Упругий элемент (винтовая пружина)	4	15	
6	Блок управления	1	2	
7	Дозатор (подача зернового материала)	1	1

Рисунок 2

Представление методов построения моделей надежности в МЕ в виде команд выполнения

Наиболее предпочтительным из предоставленных методом построения эксплуатационной надежности в МЕ является графический, так как он наиболее нагляден и прост в использовании, а также имеет встроенную оценку достоверности построенной модели надежности. Данный метод построения моделей регрессии основан на построении линий тренда, представляющих собой геометрическое отображение средних значений анализируемых показателей, полученных с помощью какой-либо математической функции. Существует 6 различных линий тренда (аппроксимация и сглаживание), которые могут быть добавлены в диаграмму в МЕ. Выбор типа зависит от особенностей представленных данных, в нашем случае это [13, 14].

Линейная аппроксимация – это прямая линия, наилучшим образом описывающая набор данных [13, 14]. Она применяется в самых простых случаях, когда распределение точек данных соответствует прямой линии, то есть прогнозируемый показатель увеличивается или убывает с примерно постоянным шагом:

$$y = mx + b, \quad (1)$$

где m – тангенс угла наклона линейной регрессии к оси абсцисс; x – переменная величина; b – координата точки пересечения линейной регрессии с осью ординат.

Полиномиальная аппроксимация используется для описания величин, попеременно возрастающих и убывающих. Степень полинома определяется количеством экстремумов (максимумов и минимумов) кривой. Так, полином второй степени может описать только один максимум или минимум, полином третьей степени имеет один или два экстремума:

$$y = c_0 + c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 + c_6x_6, \quad (2)$$

где $c_i = \text{const}$, значения которых определяются в ходе построения; x_i – переменная величина.

Экспоненциальная аппроксимация полезна в том случае, если скорость изменения данных непрерывно возрастает (или убывает). Однако

для данных, которые содержат нулевые или отрицательные значения, этот вид приближения неприменим. В связи с этим построение производится в соответствии с уравнением:

$$y = c + e^{bx}. \quad (3)$$

где c – const; x – переменная величина; b – коэффициент.

Результаты исследования. В стандартное определение эксплуатационной надежности любого элемента технологической машины входят прогнозирование периода отказов и аварийных случаев; нахождение времени безотказной работы.

Для этого необходимо построить теоретическую модель распределения времени безотказной работы элементов (определение функции надежности), которая позволит на ее основе получить дополнительные параметры надежности (срок эксплуатации, наработка на отказ и т. д.). Для расчетов требуется провести сбор и обработку наблюдений об отказах элементов ЛЭП РС 3М и анализ причин, вызвавших эти отказы, по нижеприведенной методике.

На рабочем листе МЕ подготовим параметры «входной» и «выходной» информации модели надежности для нахождения данных (рисунок 3):

- в B3...B8 – интервал работы, ч;
- в C3...C8 – значение середины временного интервала t , ч;
- в D3...D8 – значение эмпирической частоты отказов в интервале Δn , шт.;
- в E3 – число отказов за весь период наблюдения N , шт.;
- в F3...F8 – суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала $n_i(t)$, шт.;
- в G3...G8 – значение эмпирической вероятности отказов для середины интервала $F_{ci}(t)$;
- в H3 – значения эмпирических вероятностей безотказной работы $P_{ci}(t)$.

	A	B		C	D	E	F	G	H
1	Индуктор ЛАД								
2	№	Интервал работы, ч		Середина интервала	Δn	N	ni(t)	Fci(t)	Pci(t)
3	1	0	960	480	0	4			
4	2	960	1920	1440	1				
5	3	1920	2880	2400	1				
6	4	2880	3840	3360	1				
7	5	3840	4800	4320	0				
8	6	4800	5760	5280	1				

Рисунок 3

Заданные параметры «входной» и «выходной» информации модели надежности в МЕ

Для заполнения неизвестных исходных данных следует подсчитать число (частоту) значений случайной величины в каждом интервале (например, число отказов в интервале исследуемого объекта – эмпирическую частоту отказов в интервале Δn – и число отказов к моменту $n_i(t)$), суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала [5].

$$n_i(t) = a_1 + a_2 + \dots + a_i / 2, \quad (4)$$

где $a_1 \dots a_n$ – значения эмпирической частоты отказа в интервалах (Δn), шт.; a_i – значение эмпирической частоты в текущем интервале, шт.

Следовательно, для первого интервала формула (4) примет вид:

$$n_i(t) = a_i / 2, \quad (5)$$

Далее следует определить эмпирическую вероятность отказов для середины интервала $F_{ci}(t)$ по формуле:

$$F_{ci}(t) = \frac{n_i(t)}{N}, \quad (6)$$

где $n_i(t)$ – число отказов в интервале (суммарное число отказов в текущем интервале, вычисленное для середины интервала); i – номер интервала; N – суммарное количество всех наблюдений (число отказов за весь период наблюдения), шт.

Исходя из того, что полная группа событий равна единице, т. е. сумма эмпирической вероятности безотказной $P_{ci}(t)$ работы со значение эмпирической вероятности отказов $F_{ci}(t)$ равна единице, определяется распределение эмпирической функции надежности $P_{ci}(t)$, т. о., вычисляется ее значение на каждом интервале:

$$P_{ci}(t) = 1 - F_{ci}(t). \quad (7)$$

Эмпирическим методом в качестве примера были рассчитаны данные для индуктора ЛЭП РС 3М (таблица 2), основываясь на которых, построен точечный график эмпирической вероятности безотказной работы индуктора, его вид приводится на рисунке 4.

Таблица 2 Расчетные данные для индуктора ЛЭП РС 3М

№	Середина интервала работы t , ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$
1	480	0	4	0	0	1
2	1440	1		0,5	0,125	0,875
3	2400	1		1,5	0,375	0,625
4	3360	1		2,5	0,625	0,375
5	4320	0		3	0,75	0,25
6	5280	1		3,5	0,875	0,125

Рисунок 4

График вероятности безотказной работы индуктора с линией тренда

В меню команд выберем линию тренда «Линейная аппроксимация» и «Полиномиальная аппроксимация» [13, 14], установим уравнение теоретической функции надежности и величину достоверности аппроксимации (R^2) на диаграмму (рисунок 4).

Линейное уравнение ($y = -0,0002 \cdot x + 1,0988$) и полиномиальное уравнение ($y = 0,00000001 \cdot x^2 - 0,0002 \cdot x + 1,1531$) на графике рисунка 4 представляют собой теоретическую функцию надежности (модель надежности) $P_{3T}(t)$, полученную в

результате использования графического метода компьютерного моделирования:

$$P_{3T}(t) = -0,0002 \cdot x + 1,0988; \quad (8)$$

$$P_{3T}(t) = 0,00000001 \cdot x^2 - 0,0002 \cdot x + 1,1531. \quad (9)$$

Вычислим значения теоретической функции надежности для середины временного интервала t , которые рассчитаны на основании полученной формулы (5). В таблице 3 представлены расчетные данные, полученные по графику.

Таблица 3 Расчетные данные для индуктора

№	Середина интервала работы, t , ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$	$P_{2T}(t)$	Интенсивность отказов, λ	Коэффициент, C	$P_{3T}(t)$
1	480	0	4	0	0	1	0,825307	0,0004	1,515	1,2503
2	1440	1		0,5	0,125	0,875	0,562142			0,8516
3	2400	1		1,5	0,375	0,625	0,382893			0,5800
4	3360	1		2,5	0,625	0,375	0,2608			0,3951
5	4320	0		3	0,75	0,25	0,177639			0,2691
6	5280	1		3,5	0,875	0,125	0,12099			0,1833

Величина достоверности аппроксимации R^2 представляет собой так называемый коэффициент детерминации – это доля дисперсии зависимой переменной, объясняемая рассматриваемой моделью, по значению которого можно судить о правомерности использования экспоненциального уравнения регрессии, вычисляемой по формуле [1, 10, 11]:

$$R^2 = \frac{S_x}{S_0},$$

где S_x – сумма квадратов различия между двумя уровнями x ; S_0 – суммарное действие факторов.

Если коэффициент детерминации приближается к 1, то эту зависимость можно использо-

вать для предсказания результата. В данном случае коэффициент детерминации $R^2 = 0,9869$, поэтому гипотезу об квадратичной (полиномиальной) зависимости распределения времени безотказной работы можно принять и полученную модель надежности считать достоверной [10].

Используем полученную модель надежности для прогнозирования вероятности безотказной работы индуктора ЛЭП РС ЗМ за заданное время. Для предсказания прогноза в полученную формулу модели надежности $P_{3T}(t)$ вместо независимой переменной t подставить конкретное заданное значение времени (таблица 4).

Таблица 4 Прогнозирование отказов индуктора

№	Середина интервала работы, t ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_i(t)$	$P_{ci}(t)$	$P_{2T}(t)$	Интенсивность отказов, λ	Коэффициент, C	$P_{3T}(t)$
1	480	0	4	0	0	1	0,8253	0,0004	1,51	1,2803
2	1440	1		0,5	0,125	0,875	0,5621			0,8516
3	2400	1		1,5	0,375	0,625	0,3828			0,5800
4	3360	1		2,5	0,625	0,375	0,2608			0,3951
5	4320	0		3,0	0,750	0,250	0,1776			0,2691
6	5280	1		3,5	0,875	0,125	0,1209			0,1833
7	6240	–		–	–	–	–			0,1248
...	7200	–		–	–	–	–			0,0850
14	12960	–		–	–	–	–			0,0084
15	13920	–		–	–	–	–			0,0057

По полученным данным построим график прогнозирования отказов индуктора на будущий период 5280...13920 ч работы (рисунок 5).

Проанализировав полученные данные (таблица 5) и построенные графики в МЕ (рисунок

5), сделаем вывод, что таким методом расчета можно вычислить эксплуатационную надежность и спрогнозировать время отказов всех элементов по отдельности, и в частности всей ЗМ с ЛЭП РС (рисунок 6).

Таблица 5 Расчетные данные для индуктора

№	Интервал работы, ч		Середина интервала работы, t ч	Δn	N	$n_i(t)$	$F_{ci}(t)$	$P_{ci}(t)$
1	0	960	480	8	59	4	0,067797	0,932203
2	960	1920	1440	10	59	13	0,220339	0,779661
3	1920	2880	2400	9	59	22,5	0,381356	0,618644
4	2880	3840	3360	9	59	31,5	0,533898	0,466102
5	3840	4800	4320	9	59	40,5	0,686441	0,313559
6	4800	5760	5280	14	59	52	0,881356	0,118644

Рисунок 5
Прогнозирование отказов индуктора

Рисунок 6
Прогнозирование отказов ЗМ с ЛЭП РС

Выводы. Рассмотрены методы построения надежности, рассчитана эмпирическая вероятность безотказной работы, проведено прогнозирование работы каждого элемента зерноочистительной установки и установки в целом (по результатам наблюдений за период работы прогнозируемая вероятность на 12480...13440 ч (1,42...1,53 г.) составит 0,00849 %). При этом адекватность составленной модели на прогнози-

руемый период может колебаться, поэтому возможны увеличения вероятности появления отказов в связи с окончанием срока эксплуатации и за счет естественного износа и старения. Из этого можно сделать вывод, что принцип исследования эксплуатационной надежности при выявлении неисправностей может быть применим и к другим видам зерноочистительных машин.

Библиографический список

1. Бледных, В.В. Исследование операций в сельском хозяйстве и агроинженерии [Текст] / В.В. Бледных. Москва: Росинформагротех, 2012. 150 с.
2. Komarov V.A. Research of Technical Service Enterprises for Promoting Equipment Reliability (Case Study of Agro-Industrial Complex of the Republic of Mordovia). Mordovia university bulletin. Mordovia, 2018. Pp. 222–238.
3. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин [Текст]: учеб. для вузов / И.П. Копылов. М.: Высш. шк., 2001. 327 с.
4. Линенко, А.В. Математическая модель инерционного транспортера на базе линейного асинхронного электропривода со звеном предварительного разгона [Текст] / А.В. Линенко, С.В. Акчурин // Фундаментальные основы научно-технической и технологической модернизации АПК (ФОНТиТМ-АПК-13): материалы Всерос. науч.-практ. конф. (06–07 июня 2013 года, г. Уфа). Уфа: Башкирский ГАУ, 2013. Ч. 1. С. 409–416.
5. Макарова, Н.В. Статистика в Excel [Текст]: учеб. пособие / Н.В. Макарова. М.: Финансы и статистика, 2003. 368 с.
6. Моделирование в агроинженерии [Текст]: учебно-методическое пособие для студентов-магистров, обучающихся по направлению 35.04.06 (110800) «Агроинженерия» / А.И. Ясаков, Е.А. Листров. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2014. 96 с.
7. Надежность в технике. Термины и определения [Текст]. Федеральное агентство по техническому регулированию и технологии ГОСТ 27.002-2009. Введ. с 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2010. 28 с.
8. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Государственная система обеспечения единства измерений [Текст]: ГОСТ Р 8.010-2013. Введен от 01.03.2015. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
9. Туктаров, М.Ф. Повышение надежности линейных электроприводов [Текст] / М.Ф. Туктаров, С.В. Фефелова, В.Г. Байназаров // Наука молодых – инновационному развитию АПК. Материалы XI Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: Башкирский ГАУ, 2018. С. 57–61.
10. Туктаров, М.Ф. Линейный асинхронный электродвигатель как один из элементов надежности зерноочистительной машины [Текст] / М.Ф. Туктаров, С.В. Фефелова // Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы IX междунар. науч.-техн. конф. Саратов: СГАУ, 2018. С. 219–221.
11. Tyutrin S. Improving reliability of parts of mounted mower according to monitoring results by fatigue gauges from tin foil. Engineering for Rural Development: Th international scientific conference engineering for rural development. LATVIA. Jelgava, 2019. С. 22–27.

12. Федоренко, В.Ф. Зерноочистка – состояние и перспективы [Текст] / В.Ф. Федоренко, Е.Л. Ревякин. М.: Росинформагротех, 2006. 204 с.

13. Шпет, Н.А. Оценка эксплуатационной надежности технических устройств [Текст] / Н.А. Шпет // Электронные и электромеханические системы и устройства. Тезисы докладов XIX науч.-техн. конф. 16–17 апреля 2015 г. Томск: НПЦ Полюс, 2015. С. 114–116.

14. R.S. Aipov, R.B. Yarullin, I.I. Gabitov, S.G. Mudarisov, A.V. Linenko, M.N. Farhshatov, E.R. Khasanov, F.Z. Gabdrafiqov, G.P. Yukhin and R.R. Galiullin, 2018. Mechatronic System Linear Swing Vibrating Screen of a Grain Cleaner. Journal of Engineering and Applied Sciences, 13: 6473–6477.

Сведения об авторах

1. **Яруллин Ринат Бариевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: linenko-bsau@yandex.ru.

2. **Туктаров Марат Фанисович**, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических машин и электрооборудования, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

3. **Бадретдинов Ильдар Дамирович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: badri7ildar@mail.ru.

4. **Фефелова Светлана Валерьевна**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: www.Svet1k15@mail.ru.

5. **Байназаров Валинур Галинурович**, аспирант, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

Предложена методика определения эксплуатационной надежности линейного электропривода зерноочистительной машины, метод определения основан на существующей теории надежности с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Приведены данные эмпирического наблюдения с использованием ГОСТ 24055-2016 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки» за период работы зерноочистительной машины. Выявлено число отказов в интервале времени и за весь период работы зерно-

очистительной машины. Приведены расчеты эмпирической вероятности отказов для середины интервала, определена эмпирическая функция надежности с использованием графиков, вероятности безотказной работы, построенных в программе Microsoft Excel. Спрогнозирован период отказов и аварийных случаев отдельных элементов и установки в целом. Предложенная методика позволяет предотвратить негативные последствия, аварийные случаи, тем самым снизить экономические потери и повысить срок эксплуатации.

R. Yarullin, M. Tuktarov, I. Badretdinov. S. Fefelova, V. Baynazarov

PROCEDURE FOR DETERMINING OPERATIONAL RELIABILITY OF A LINEAR ELECTRIC DRIVE IN THE GRAIN CLEANING MACHINE

Key words: *linear electric drive; operational reliability; probability of failure-free operation; emergency failures; probability of failure; grain cleaning machine.*

Authors' personal details

1. **Yarullin Rinat**, Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor at The Electric Machines And Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: linenko-bsau@yandex.ru.

2. **Tuktarov Marat**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Electric Machines and Electrical Equipment Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Marat.TukZar@yandex.ru.

3. **Badretdinov Ildar**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, head of the Mathematics Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: badri7ildar@mail.ru.

4. **Fefelova Svetlana**, Post-graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: www.Svet1k15@mail.ru

5. **Baynazarov Valinur**, Post-graduate student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», 450001, Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Baynazv@mail.ru.

The paper describes a procedure for determining operational reliability of a linear electric drive in the grain cleaning machine. The technique was based on the existing theory of reliability using the Microsoft Excel (ME) computer program. The grain cleaning machine operation was observed and the data were presented in line with the national standard GOST 24055-2016. Agricultural machinery. Methods of operational and technological assessment. The number of failures for the time interval and the number of failures for the entire operational

period of the grain cleaning machine were revealed. The empirical probability of failures for the midpoint of the interval was calculated, the empirical reliability function was determined using graphs describing the probability of failure-free operation plotted in the ME program. Periods of failures and emergency failures of the separate components and the machine were predicted. Thanks to the procedure negative consequences, emergency cases could be prevented thereby reducing economic losses and increasing the lifespan of the machine.

© Яруллин Р.Б., Туктаров М.Ф., Бадретдинов И.Д., Фефелова С.В., Байназаров В.Г.