

инновационная деятельность региона является программно – целевой метод. Программно – целевой метод представляет собой способ решения сложных социально – экономических проблем посредством выработки и проведения органами управления системы взаимосвязанных программных мер, направленных на достижение целей, устранения, подавления, смягчения возникшей проблемы.

На основе полученных результатов применения программно – целевого метода разрабатываются целевые программы, концепции развития, стратегии, а также проекты программ, т.е. совокупность целеориентированных, намеченных к планомерному проведению, согласованных по содержанию, скоординированных в пространстве и во времени, обеспеченных ресурсами мероприятий, научно – технического, производственно – технологического, природоохранного характера, направленных на решение экономической проблемы, которое не может быть обеспечено без концентрации усилий и средств на достижение поставленной цели

**При использовании программно – целевого метода** в области регионального инновационного развития возникают трудности, связанные с оценкой эффективности расходования бюджетных средств, выделяемых на программные мероприятия и общей оценкой социально – экономического эффекта от реализации программно – целевого метода в области инновационной политики. В связи с этим необходимо провести комплексный анализ существующих программ в области инновационной политики и дополнить программные мероприятия критериями оценки финансовой, социально – экономической эффективности, а также усовершенствовать принципы принятия программных решений в области регионального инновационного развития.

**Прикладным результатом** проведенного анализа является обоснование использования программно – целевого метода как инструмента выработки эффективных управленческих решений в области инновационной политики на региональном уровне.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛАССА «ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ»

Медведев Д.В., Хунов Т.Х., Полесский С.Н.  
(НИУВШЭ, МИЭМ)

### **Research of model of failure rate of mechanical elements of the class "Electric motors". Medvedev D., Hunov T., Polesskiy S.**

In the work the analysis of mathematical model of mechanical equipment failure rate of the class "Electric motors" given in the American NSWC-2011/LE10 standard is submitted.

Данное научное исследование (№ проекта 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014 г.

Наряду с электрорадиоизделиями на безотказность радиоэлектронной аппаратуры влияют механические элементы. Поэтому при создании новой (4.12) версии программного комплекса АСОНИКА-К в его базовую версию (систему АСОНИКА-К-СЧ) было решено ввести возможность расчета надежности радиоэлектронной аппаратуры с учетом механических элементов. Рассмотрим математическую модель эксплуатационной интенсивности отказов для класса «Электродвигатели», приведенную в данном стандарте.

Интенсивность отказов такого электродвигателя зависит от рабочей нагрузки и типа двигателя.

Обобщенное уравнение интенсивности отказов электродвигателя, приведенное в стандарте NSWC-2011/LE10 [1] имеет вид:

$$\lambda_M = (\lambda_{M,B} \cdot C_{SF}) + \lambda_{WI} + \lambda_{BS} + \lambda_{ST} + \lambda_{AS} + \lambda_{BE} + \lambda_{GR} + \lambda_C \quad (1)$$

где:  $\lambda_M$  – интенсивность отказов для двигательной системы,  $\lambda_{M,B}$  – базовая интенсивность отказов двигателя,  $\lambda_{WI}$  – интенсивность отказа обмотки электродвигателя,  $\lambda_{BS}$  – интенсивность отказа щетки,  $\lambda_{ST}$  – интенсивность отказов статора,  $\lambda_{AS}$  – интенсивность отказа вала якоря,  $\lambda_{BE}$  – интенсивность отказа подшипника,  $\lambda_{GR}$  – интенсивность отказа шестерни,  $\lambda_C$  – интенсивность отказа конденсатора (если присутствует);  $C_{SF}$  – поправочный коэффициент.

Значение коэффициента  $C_{SF}$ , учитывающего условия работы электродвигателя, приведено в табл. 1.

Таблица 1. Условия работы электродвигателя

№ п/п	Условие работы	Описание	$C_{SF}$
1	Равномерная нагрузка	Непрерывная работа, минимальная разница в нагрузке, нет ударов или вибрации	1.00
2	Минимальные импульсы	Частая остановка и продолжение нагрузки, минимальные удары и вибрация	1.50
3	Средние импульсы	Частая двунаправленная, обратная работа двигателя, средняя смена нагрузки, средние нагрузки и вибрация	2.00
4	Сильные импульсы	Воздействие сильной вибрации, ударная нагрузка, сильная смена нагрузок	3.00

2. Значение интенсивности отказов  $\lambda_{M,B}$ , учитывающего тип двигателя, приведено в табл.

Таблица 2. Зависимость интенсивности отказов от типа двигателя

№ п/п	Тип двигателя	$\lambda_{M,B}$
1	Постоянный ток	2.17
2	Постоянный ток, бесщеточный	1.75
3	Переменный ток, однофазный	6.90
4	Переменный ток, многофазный	10.00

Значение интенсивности отказов  $\lambda_{WI}$ , учитывающего тип обмотки электродвигателя рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{WI} = \lambda_{WI,B} \cdot C_T \cdot C_V \cdot C_{alt} \quad (2)$$

где:  $\lambda_{WI,B}$  – базовая интенсивность отказов обмотки электродвигателя, которая рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{WI,B} = \frac{1.0 \cdot 10^6}{L_I} \quad (3)$$

где:  $L_I$  – ожидаемое время эксплуатации обмотки.

Значение коэффициента  $C_T$ , учитывающего окружающую температуру, рассчитывается по формуле:

$$C_T = 2^{(T_o - 40)/10} \quad (4)$$

где:  $T_o$  – температура окружающей среды двигателя, работающего при полной нагрузке.

Значение коэффициента  $C_V$ , учитывающего различное напряжение источника рассчитывается по формулам (5) и (6).

Для однофазного двигателя:

$$C_V = 2^{10(V_D/V_R)} \quad (5)$$

где:  $V_D$  – разница между номинальным и фактическим напряжением;  $V_R$  – номинальное напряжение.

Для трехфазного двигателя:

$$C_V = 1 + (0.40 \cdot V_U)^{2.5} \quad (6)$$

где:  $V_U = 100 \cdot (\text{наибольшая разница напряжения}) / (\text{среднее напряжение})$ .

Значение коэффициента  $C_{alt}$ , учитывающего высоту над уровнем моря, определяется как:

- Для высоты более 1000 метров:

$$C_{alt} = 1.00 + 8 \cdot 10^{-5} \cdot (a - 3300) \quad (7)$$

где:  $a$  – рабочая высота.

- Для высоты менее 1000 метров:

$$C_{alt} = 1.0 \quad (8)$$

Анализ моделей (1)-(8), в соответствии с принятой классификацией [4], позволил сформировать следующую классификацию параметров и коэффициентов модели интенсивности отказов для группы «Электродвигатели», приведенную в табл. 3.

Таблица 3. Классификация параметров и коэффициентов модели интенсивности отказов

Обозначение	Наименование	Значение	Ед. измерения	Примечание
Параметры ТУ				
$L_I$	Ожидаемое время эксплуатации обмотки	-	ч	ТУ на электродвигатель
$T_o$	Температура среды около двигателя работающего при полной нагрузке	-	°С	ТУ на электродвигатель
$V_D$	Разница между номинальным и фактическим напряжением	-	В	ТУ на электродвигатель
$V_R$	Номинальное напряжение	-	В	ТУ на электродвигатель
$V_U$	Дисбаланс напряжения	-	отн. ед.	ТУ на электродвигатель
$a$	Рабочая высота	-	Футы	ТУ на электродвигатель
Параметры режима применения				
$C_{SF}$	Тип нагрузки двигателя	-	отн. ед.	ТЗ на аппаратуру
$\lambda_{BS}$	Интенсивность отказа щетки	-	ч <sup>-1</sup> /щетку	ТЗ на аппаратуру
$\lambda_{ST}$	Интенсивность отказов статора	-	ч <sup>-1</sup>	ТЗ на аппаратуру
$\lambda_{AS}$	Интенсивность отказа вала якоря	-	ч <sup>-1</sup>	ТЗ на аппаратуру
$\lambda_{BE}$	Интенсивность отказа подшипника	-	ч <sup>-1</sup>	ТЗ на аппаратуру
$\lambda_{GR}$	Интенсивность отказа шестерни	-	ч <sup>-1</sup>	ТЗ на аппаратуру

$\lambda_C$	Интенсивность отказа конденсатора	-	$\text{ч}^{-1}$	ТЗ на аппаратуру
Эмпирические коэффициенты				
$\lambda_{M,B}$	Базовая интенсивность отказов электродвигателя	Из БД	$\text{ч}^{-1}$	NSWC-2011/LE10
$\lambda_{W1,B}$	Базовая интенсивность отказов обмотки электродвигателя	Из БД	$\text{ч}^{-1}$	ТУ на материал
$T_S$	Предел прочности	Из БД	$\text{lb/in}^2$	ТУ на материал

На основании таблицы 3 ведется разработка базы данных для этого класса [5-7]. Пользователю необходимо будет выбрать типонаминал электродвигателя (номер ТУ), после чего определятся все параметры из ТУ, необходимые для расчета. После этого останется только ввести данные из ТЗ и характеристики режима применения. Если в БД нет необходимых данных, то пользователю будет выведено окно, в котором необходимо ввести все данные «вручную».

### Литература

1. Маркин А.В. Методы оценки надёжности элементов механики и электромеханики электронных средств на ранних этапах проектирования. / А.В. Маркин, С.Н. Полесский, В.В. Жаднов. // Надёжность. - 2010. - № 2. - с. 63-70.
2. Полесский С. Обеспечение надёжности НКРТС. / С.Н. Полесский, В.В. Жаднов. - LAMBERT Academic Publishing, 2011. - 280 с.
3. NSWC-2011/LE10. Handbook of Reliability prediction Procedures for Mechanical Equipment.
4. Zhadnov V. Methods and means of the estimation of indicators of reliability of mechanical and electromechanical elements of devices and systems. / V. Zhadnov. // Reliability: Theory & Applications: e-journal. - 2011. - Vol. 2, No 4. - p. 94-102.
5. Монахов М.А. Разработка базы данных по характеристикам надёжности механических элементов. / М.А. Монахов. // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. V Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез.докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 1 февр. 2013 г. - Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2013. [Электронный ресурс]: 1 электрон.опт. диск (CD-ROM).
6. Монахов М.А. Разработка баз данных для расчета интенсивности отказов механических элементов в системе АСОНИКА-К-СЧ. / М.А. Монахов. // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции учащихся и студентов: в 2 ч. - Протвино: Управление образования и науки, 2013. - ч. 2.
7. Монахов М.А. Разработка базы данных программного комплекса АСОНИКА-К для расчета надёжности радиоэлектронной аппаратуры с учетом механических элементов. / М.А. Монахов. // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ НИУ ВШЭ. Тезисы докладов. - М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013.