

10. InvestProfit [Электронный ресурс] : Нефтяной кризис 1973: как это было. Режим доступа: <https://investprofit.info/oil-crise-1973/?ysclid=lfqdwgt3in81126117>. Дата доступа: 30.03.2024.

11. Люди [Электронный ресурс] : Сет Кларман. Режим доступа: [https://www.peoples.ru/undertake/finans/seth\\_klarman/](https://www.peoples.ru/undertake/finans/seth_klarman/). Дата доступа: 30.03.2024.

12. Финам [Электронный ресурс] : Ипотечный кризис в США: причины и следствия. Режим доступа: <https://www.finam.ru/publications/item/ipotechnyy-krizis-v-ssha-prichiny-i-sledstviya-2021-11-04-02-41/>. Дата доступа: 27.03.2024.

13. Forbes [Электронный ресурс] : Как зарабатывать состояния во время войн и мировых кризисов: советы гуру инвестиций. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/finansy/452547-kak-zarabatyvat-sostoania-vo-vrema-vojn-i-mirovyh-krizisov-sovety-guru-investicij>. Дата доступа: 28.03.2024.

14. РБК Инвестиции [Электронный ресурс] : В чем была суть финансового кризиса 2008 года и повторится ли он сейчас. Режим доступа: <https://quote.rbc.ru/news/article/6411a0d49a7947ffe0f014fe>. Дата доступа: 28.03.2024.

15. Medium [Электронный ресурс] : Уоррен Баффет. Лучший инвестор в мире. Режим доступа: <https://medium.com/@followtrader/уоррен-баффет-лучший-инвестор-в-мире-17ecb8c8d07a>. Дата доступа: 27.03.2024.

УДК 51-74

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРИ АНАЛИЗЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ**

Праслов К.Д., Косов А.А.

Научные руководители:

Королёва М.Н., старший преподаватель кафедры ВМ,

Воюш Н.В., старший преподаватель кафедры РТС

В данной статье рассмотрим технический расчёт вероятностных процессов, происходящих во время эксплуатации червячного одноступенчатого редуктора при известных значениях диагностических параметров изменения отдельных его компонентов, наблюдение за которыми ведётся по дереву вероятностей ФТА. Целью является определение наработки объекта с момента технического диагностирования его состояния до достижения им предельного состояния с заданной вероятностью безотказной работы. Также в настоящей работе показана возможность применения вероятностных методов при анализе надежности работы изделий машиностроения, на примере определения остаточного

ресурса редуктора. Это позволит вовремя сделать техническое заключение о степени работоспособности механизма.

Проблематика данной статьи состоит в подборе технических решений в машиностроении для достаточно точного прогнозирования степени выработки ресурса всей технической системы и отдельного её компонента на примере червячного редуктора. Основной метод решения задачи по обеспечению точности расчётов состоит в привлечении специального математического вероятностного аппарата, включающего многоступенчатое дерево вероятностей ФТА. Мы располагаем сведениями о значениях диагностических параметров, таких как допускаемые контактные напряжения стенок редуктора, червяка и червячного колеса. Также имеет место расчёт срока службы всей системы. В данной статье мы бы хотели рассмотреть сферы с наиболее перспективным ростом внедрения и развития теории вероятности, отметить как явные положительные аспекты, так и недостатки.

Прогнозирование поведения объекта проводится следующими методами:

1. моделированием, т.е. исследованием физической модели объекта, деградиционных процессов, математическим (машинным) экспериментом аналитической модели;

2. методом аналогий поведения объекта с поведением других объектов в данных условиях эксплуатации.

Определение остаточного ресурса потенциально опасного объекта осуществляется на основе статистического метода, так как не представляется возможным проводить постоянный контроль его параметров. Также имеющаяся информация поможет в прогнозировании его технического состояния по определяющим параметрам до достижения ими предельного значения. Хотя в общем случае выбор метода прогнозирования остаточного ресурса должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиями точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта.

Для того, чтобы корректно переносить оценить остаточный ресурс и предел устойчивости изделия, необходимо создать систему чёткой взаимосвязи между процентной вероятностью и механическими характеристиками исследуемого объекта. Предлагается за основу взять систему зависимостей вероятностей отказа деталей от допускаемых контактных напряжений и максимальным числом рабочих циклов. Таким образом выполнение данной задачи делится на 3 этапа: оценка характера возникновения потенциальных повреждений и дальнейшее составление древа вероятностей, расчёт числа циклов с помощью контактных напряжений с учётом информации с датчика деформации, подсчёт вероятностей отказов и общее заключение о годности деталей.

На первом этапе выявляем наиболее опасные участки червячного редуктора в плане скорейшего разрушения. Выбранные места – червяк и червячное колесо. Выясняем самую частую причину их выхода из строя – излом венцов и зубьев. Имея все данные, строим ФТА.

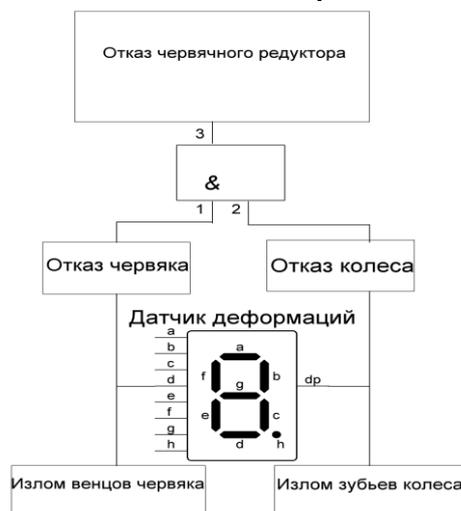


Рис.1. Дерево вероятностей ФТА

Далее проводим расчёт числа циклов нагружения червяка и зубчатого колеса. Данные о контактных напряжениях для обоих типов деталей мы получаем, анализируя сигналы с датчика деформации, в состав которого включены чувствительные элементы на основе тензо-резисторов.

Сигналы с датчика преобразуются в числовую последовательность и далее подсчитываются значения напряжений согласно закону Гука, где величины  $\mu$  и  $\rho$  выводятся из характера смятия поверхности материала.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{y}{\rho}$$

Полученные значения величин контактных напряжений для червяка и колеса составили:  $\sigma_{H1} = 835$  МПа,  $\sigma_{H2} = 580,9$  МПа.

Далее представлена формулы расчётов числа циклов всего червячного редуктора (1), червяка (2), зубчатого колеса (3):

(1)  $N_0 = 573 * \omega * t \approx 170000$ , где  $\omega$  - угловая скорость выходного вала редуктора,  $t$  - кол-во часов в смене (примем равным 8).

(2)  $N_{H1} = 0,78^6 * 17000000 \approx 3800000$

(3)  $N_{H2} = 1,06^6 * 17000000 \approx 2400000$ .

Далее проводим подсчёт вероятностей отказов каждой детали в отдельности:

$$P_1 = \frac{\text{Количество циклов в смену}}{\text{Количество циклов за весь срок}}$$

$$P_2 = \frac{\text{Количество циклов в смену} * \text{Количество заходов червяка}}{\text{Количество циклов за весь срок}} = P_{\text{черв}} = \frac{170000 * 2}{380000} = 0.89 \quad - \quad \text{для}$$

червяка;

$$P_3 = \frac{\text{Количество циклов в смену} * \text{Количество зубьев колеса}}{\text{Количество циклов за весь срок}} =$$

$$P_{\text{колес}} = \frac{170000 * 10}{2400000} = 0.7083 \quad - \quad \text{для зубчатого колеса.}$$

Исходя из анализа полученных данных, делаем вывод о возможности дальнейшей эксплуатации объекта исследования: в соответствие с заявленными в паспорте устройства данными об остаточном ресурсе, система готова к дальнейшему функционированию.

### *Литература*

1. Чернавский С.А. «Проектирование деталей машин»/ Сборник книг по ПТМ и ДМ/ (1987 г.) – Москва: «ЭнергоАтомИздат», 1987 г. - С 8-11
2. А.В. Александров, Потапов В.Д., Б.П. Державин «Соппротивление материалов»/(1980 г.) – Москва: «Высшая Школа», 2003 г. – С. 496-501
3. Ширяев А.Н. Вероятность. В 2-х книгах. – М., Изд-во МЦНМО, 2004. Кн.1 – 520 с. Кн2 – 408 с. 3-е изд., перераб. и доп
4. Остаточный ресурс – сайт. – URL:<https://cyberleninka.ru/article> (дата обращения: 05.04.2024)

*УДК 517.*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ТЕСТИРОВАНИИ ПО МАТЕМАТИКЕ, ОТ БАЛЛА АТТЕСТАТА**

Гонтарев С.А., Левданский А.А.

Научный руководитель – Чепелев Н.И., к. ф.-м. н., доцент

В математической статистике функциональная зависимость между случайными величинами встречается редко. Обычно между случайными величинами возникает статистическая связь, при которой изменение одной из величин ведет к изменению распределения другой. В частности, если изменение одной величины ведет к изменению среднего значения другой величины, то такая статистическая зависимость называется корреляционной.

Так как одной из основных задач математической статистики является определение существования зависимости между случайными величинами и