

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ КЛАССА ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Лушпа И.Л.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Московский институт электроники и математики, г. Москва

Проводится сравнение двух методик расчета интенсивности отказов класса зубчатые соединения, приведенных в РМ 25 446-87 и NSWC-2011/LE10. Рассмотрены математические модели интенсивности отказов и их применение.

COMPARATIVE ANALYSIS TECHNIQUES CALCULATION RELIABILITY OF CLASS GEARS

Lushpa I.

In this work compare two methods for calculating the failure rate class gears listed in RM 25 446-87 and NSWC-2011/LE10. Mathematical models of the failure rate and their application.

Данное научное исследование (номер проекта 14-05- 0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014 г.

Надежность зубчатых передач или элементов приводов требуют, возможно, наиболее важного рассмотрения при рассмотрении конструирования системы. Некоторым универсальным проектным ограничениям и требованиям следует уделить особое внимание из-за их толковых импульсов на длительную надежность всей системы.

На рисунке 1 представлены виды зубчатой передачи.

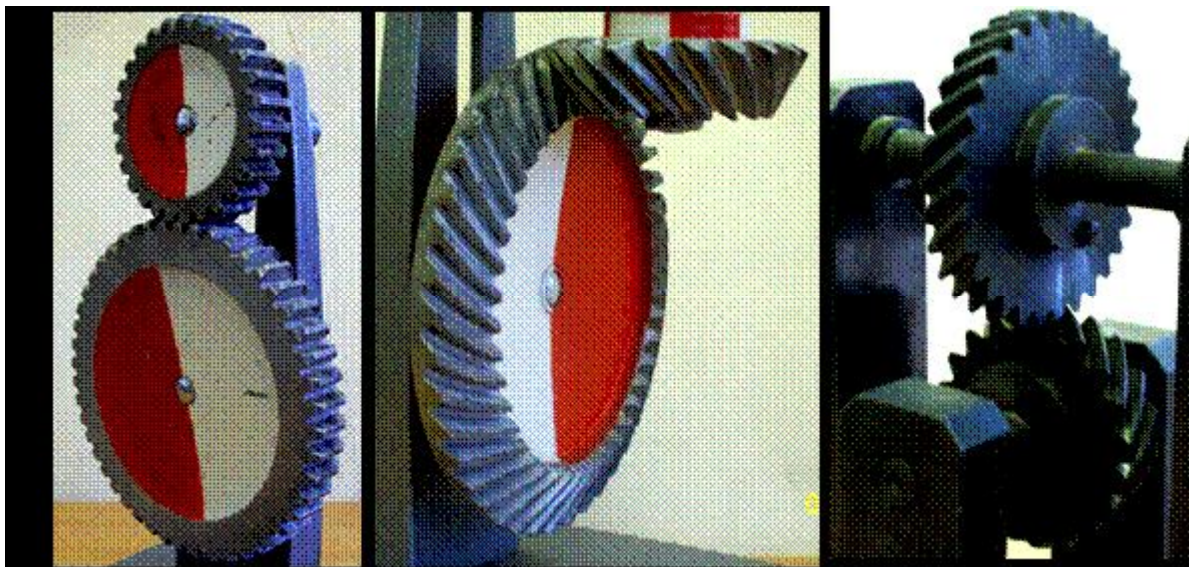


Рис.1 Виды зубчатых передач: цилиндрическая, коническая, винтовая

В NSWC [1] представлена следующая математическая модель:

$$\lambda_G = \lambda_{G,B} \cdot C_{GS} \cdot C_{GP} \cdot C_{GA} \cdot C_{GL} \cdot C_{GT} \cdot C_{GV} \quad (1)$$

где: $\lambda_{G,B}$ – базовая интенсивность отказов, C_{GS} – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение, согласно конструкции, C_{GP} – поправочный коэффициент, учитывающий реальные нагрузки передачи, согласно конструкции, C_{GA} – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение от заданного положения, C_{GL} – поправочный коэффициент, учитывающий отклонение в смазке, согласно конструкции, C_{GT} – поправочный коэффициент, учитывающий рабочую температуру, C_{GV} – поправочный коэффициент, учитывающий коэффициент ААПП.

В РМ 25 446-87 [2] представлена следующая математическая модель:

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot a_K \quad (2)$$

где: λ_0 - интенсивность отказов пружины в номинальном режиме и нормальных условиях (температура окружающей среды $20 \pm 10^\circ\text{C}$; относительная влажность воздуха 30...70%; атмосферное давление $0,825 \dots 1,06 \cdot 10^5$ Па; отсутствие вибрации и ударов), K_{11} - поправочный коэффициент, учитывающий воздействие вибрации; K_{12} - поправочный коэффициент, учитывающий воздействие ударов; K_{13} - поправочный коэффициент, учитывающий воздействие климата; K_{14} - поправочный коэффициент, учитывающий воздействие качества обслуживания; K_{15} - поправочный коэффициент, учитывающий воздействие качества изготовления, a_K – поправочный коэффициент, учитывающий расположение шестерен.

Как видно из (1), результат расчета для данной зависит от параметров применения, физико-химических свойств, а так же технологического исполнения элемента. Это дает возможность рассчитывать интенсивность отказов для каждого отдельного элемента индивидуально. Очевидно, что расчет с учетом всех параметров даст более точный результат [3-6]. При этом, характерной чертой данной модели является специально разработанный коэффициент ААПП, учитывающий условия эксплуатации.

Модель, приведенная в (2) учитывает исключительно исполнительские параметры. Недостатком является отсутствие влияния геометрических параметров на результат, что рождает проблемы при проектировании и конструировании системы.

Для примера будет проведен расчет зубчатой передачи. Сначала по (1), затем по (2).

В таблице 1 приведены входные параметры для модели (1).

Таблица 1. Входные параметры

Наименование	Значение
Отношение рабочей скорости к расчетной	0,75
Отношение рабочей нагрузки к расчетной	0,65
Угол отклонения	1,3°

Отношение вязкости рекомендуемой смазки к используемой	0,95
Рабочая температура	75 °С
Коэффициент ААПП	1,5

В результате расчетов получены следующий результат:

Эксплуатационная интенсивность отказов равна:

$$\lambda_G = 5.03 \cdot 10^{-8} \text{ отказов/час}$$

В таблице 2 приведены входные параметры для модели (2).

Таблица 2. Входные параметры

Наименование коэффициента	Значение
K ₁₁	3,0
K ₁₂	1,2
K ₁₃	1,1
K ₁₄	1,5
K ₁₅	0,5
a _к	1,3

Эксплуатационная интенсивность отказов равна:

$$\lambda_G = 3.86 \cdot 10^{-7} \text{ отказов/час}$$

Модели интенсивности отказов, приведённые в [2], практически не учитывают влияние режима применения и конструкторско-технологического исполнения механических изделий [7-9], в отличие от моделей, приведенных в [1].

Исходя из вышеизложенного, представляется актуальным при расчете характеристик надежности механических изделий и разработки программного обеспечения [10-14] использовать математические модели справочника NSWC-2011/LE10.

Литература

- NSWC-2011/LE10. Handbook of reliability prediction procedures for mechanical equipment. 10.PM 25 446-87. Изделия приборостроения. Методика расчета показателей безотказности. Рекомендуемый материал.

11. Лушпа, И.Л. Обзор основных методик расчета надежности механических элементов радиоизделий. / И.Л. Лушпа. // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов НИУ ВШЭ. Материалы конференции. - М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2014.
12. Жаднов, В.В. Методы и средства оценки показателей надежности механических и электромеханических элементов приборов и систем. / В.В. Жаднов. // Датчики и системы. - 2013. - № 4. - с. 15-20.
13. 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.
14. 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. - 2011. - Vol. 2, No 4. - p. 94-102.
15. Lushpa, I.L. The Calculation of the Vibroinsulators' Failure Rate. / I.L. Lushpa. // Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. Part 2. / Ed. by S. U. Uvaysov. - M.: HSE, 2014. - p. 483-489.
16. Жаднов, В.В. Модели прогнозирования безотказности фильтров для жидкостных систем охлаждения электронной аппаратуры. / В.В. Жаднов. // Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции. / Отв. ред. И.А. Иванов, под общ. ред. С.У. Увайсов. - М.: МИЭМ НИУ ВШЭ, 2013. - с. 123-129. - т. 3.
17. Zhadnov, V.V. Influence of the quality of technical systems on the reliability characteristics of their elements. / V.V. Zhadnov. // Innovative Information Technologies: Materials of the International scientific-practical conference. Part 3. / Ed. S.U. Uvaysov. - M.: HSE, 2014. - p. 233-238.
18. Лушпа И.Л. Программный модуль расчета характеристик надежности механических элементов для системы АСОНИКА-К-СЧ. / И.Л. Лушпа. // Материалы XI Всероссийской научно-технической конференции «XI Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н.Е. Жуковского»: Сборник докладов. - М.: Издательский дом ВВИА им. проф. Н.Е.Жуковского, 2014.
19. Монахов, М.А. Разработка базы данных для системы АСОНИКА-К-СЧ по характеристикам надежности механических элементов класса «Фильтры». / М.А. Монахов, В.В. Жаднов. // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. / науч. ред. Г.Я. Шайдуров; отв. за вып. А.А. Левицкий. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - с. 366-369.
20. Монахов, М.А. Разработка информационно-справочной базы данных для оценки безотказности механических элементов класса «Резьбовые соединения». / М.А. Монахов, В.В. Жаднов. / Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. тр. [Электронный ресурс]. - Красноярск: СФУ, 2014. - с. 471-474.
21. Лушпа, И.Л. Разработка раздела «Подшипники» для базы данных системы АСОНИКА-К-СЧ. / И.Л. Лушпа. // Новые информационные технологии в автоматизированных системах: материалы семнадцатого научно-практического семинара. - М.: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2014. - с. 27-31.
22. Лушпа, И.Л. Разработка базы данных для оценки безотказности радиоэлектронной аппаратуры с учетом механических и электромеханических элементов. / И.Л. Лушпа, М.А. Монахов. // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. VI Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 14 февр. 2014 г. - Муром: Издательско-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2014. - с. 188-190.