

## Разработка раздела «Подшипники» для базы данных системы АСНИКА-К-СЧ

Лушпа И.Л.

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,  
Московский институт электроники и математики*  
[illushpa@edu.hse.ru](mailto:illushpa@edu.hse.ru)

**Аннотация.** В докладе рассматриваются вопросы создания раздела в базе данных системы АСНИКА-К-СЧ, которая необходима для расчета интенсивностей отказов подшипников. В работе приводятся основные классификация данных и этапы построения логической модели раздела и его реализации.

**Ключевые слова:** надежность, подшипники, АСНИКА-К, база данных, модуль расчета

Одним из важнейших показателей надежности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) является интенсивность отказов. Благодаря своевременному прогнозированию этого показателя можно избежать проблем на всех этапах разработки РЭА.

Наряду с электрорадиоизделями (ЭРИ) на надежность влияют механические и электромеханические элементы (М/ЭМ) [Маркин и др., 2010]. Поэтому расчёт интенсивности отказов М/ЭМ элементов такой же необходимый процесс, как и расчёт интенсивности отказов ЭРИ.

Методики расчёта интенсивностей отказов М/ЭМ элементов были рассмотрены в [Лушпа, 2014], на основе чего была выбрана методика стандарта [NSWC, 2011], а так же был сделан вывод о том, что необходимо создать модуль расчета интенсивности отказов М/ЭМ для системы АСНИКА-К-СЧ.

Математическая модель интенсивности отказов для класса «Подшипники» была рассмотрена в [Монахов и др., 2013]. Анализ модели позволил определить классификацию ее параметров:

- Параметры ТУ
- Параметры режима применения
- Эмпирические коэффициенты

Параметрами ТУ являются те параметры, которые приведены в заводской документации на подшипники и являются характерными для каждой марки. Эмпирическими коэффициентами являются физические константы или различные постоянные формульные коэффициенты. Параметры режима применения - это те параметры, которые характеризуют условия, в которых функционирует подшипник.

Параметры и коэффициенты математической модели интенсивности отказов класса «Подшипники», сгруппированные в соответствии с описанной выше классификацией, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры и коэффициенты математической модели интенсивности отказов класса «Подшипники»

| Обозначение                 | Наименование  | Значение | Ед. измерения      | Примечание       |
|-----------------------------|---|----------|--------------------|------------------|
| 1                           | 2   | 3        | 4                  | 5                |
| Параметры ТУ                |   |          |                    |                  |
| -                           | Типономинал элемента  | Из БД    | -                  | ТУ на подшипник  |
| R                           | Коэффициент надежности                                      | Из БД    | %                  | ТУ на подшипник  |
| $V_L$                       | Вязкость смазочной жидкости, рекомендованной производителем | Из БД    | Па·с               | ТУ на подшипник  |
| CW                          | Содержание воды в используемой смазке                       | Из БД    | %                  | ТУ на смазку     |
| Параметры режима применения |   |          |                    |                  |
| n                           | Рабочая скорость  | -        | Об/мин             | -                |
| $L_s$                       | Динамическая нагрузка на подшипник                          | -        | Па                 | ТЗ на аппаратуру |
| $L_A$                       | Радиальная нагрузка на подшипник                            | -        | Па                 | ТЗ на аппаратуру |
| $V_O$                       | Вязкость используемой смазки                                | -        | Па·с               | -                |
| $T_0$                       | Рабочая температура   | -        | $^{\circ}\text{C}$ | -                |
| Эмпирические коэффициенты   |   |          |                    |                  |
| $\lambda_{BE, B}$           | Базовая интенсивность отказов подшипника                    | Из БД    | $\text{h}^{-1}$    | -                |
| y                           | Степенной коэффициент                                       | Из БД    | -                  | -                |

Параметры режима применения при каждом новом расчете могут изменять свои значения, поэтому данный тип параметров пользователь должен вводить «вручную».

С другой стороны, параметры ТУ и эмпирические коэффициенты не зависят от условий эксплуатации, поэтому целесообразно хранить их в базе данных.

В базе данных системы АСОНИКА-К-СЧ имеется строгая иерархия таблиц. Главными для всех являются таблицы CLASS, GROUP и PODGRUPP. В данных таблицах хранится информация о всех разделах БД. Подробное описание БД системы АСОНИКА-К-СЧ приведено в [Жаднов и др., 2012].

Для создания физической модели раздела БД для класса «Подшипники» необходимо дополнить эти таблицы ссылками на этот раздел. Физическая модель раздела БД приведена на рисунке 1.

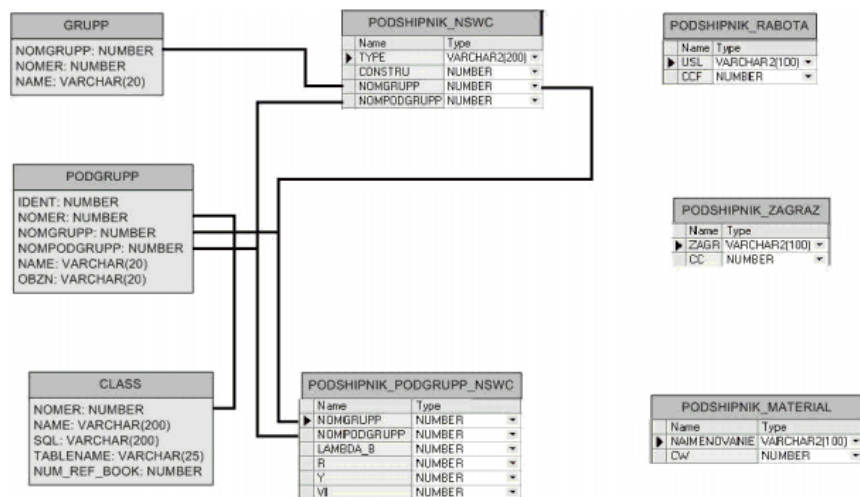


Рисунок 1 - Физическая модель раздела БД для класса «Подшипники»

Таблицами раздела БД для класса «Подшипники» (см. рисунок 1) являются: PODSHIPNIK\_NSWC, PODSHIPNIK\_PODGRUPP\_NSWC, PODSHIPNIK\_RABOTA, PODSHIPNIK\_ZAGRAZ, PODSHIPNIK\_MATERIAL.

В таблице PODSHIPNIK\_NSWC хранится информация, необходимая для связи с главными таблицами, такая, как номера групп и подгрупп.

В таблице PODSHIPNIK\_PODGRUPP\_NSWC хранятся эмпирические коэффициенты, необходимые для расчетов.

В таблице PODSHIPNIK\_RABOTA, PODSHIPNIK\_ZAGRAZ хранятся значения поправочных коэффициентов, характерных для каждого подшипника.

В таблице PODSHIPNIK\_MATERIAL хранятся данные от смазок, используемых в подшипниках.

Кроме того, для этого раздела базы данных необходимо сформировать коды расчетных формул [Жаднов и др., 2003]. Кодирование формул и занесение их в БД системы АСОНИКА-К-СЧ осуществляется с помощью программы Koder (см. рисунок 2).

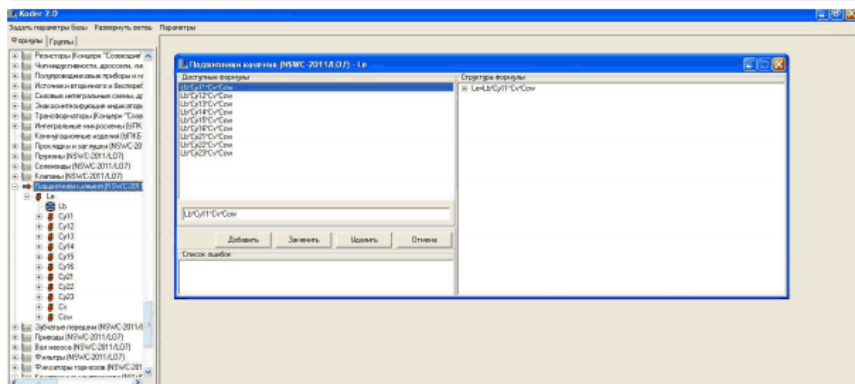


Рисунок 2 - Koder: Окно программы

Далее, в СУБД ORACLE на основе физической модели были созданы таблицы для раздела БД. Пример одной из таких таблиц приведен на рисунке 3.

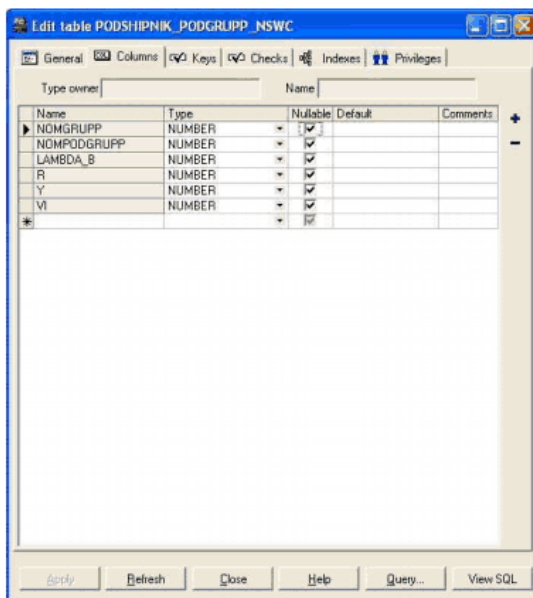


Рисунок 3 - СУБД Oracle: Главная таблица раздела БД для класса «Подшипники»

Таким образом, созданный раздел БД интегрирован в СЧ БД системы АСОНИКА-К-СЧ и может быть использован при создании модуля расчета интенсивностей отказов подшипников. Это позволит расширить

возможности системы АСНИКА-К-СЧ для прогнозирования надежности РЭА, содержащей М/ЭМ элементы [Zhadnov, 2011], [Жаднов, 2013].

## **Благодарности**

Данное научное исследование (№ проекта 14-05-0038) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд НИУ ВШЭ» в 2014/2015 гг.

## **Список литературы**

- [Маркин и др., 2010] 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.
- [Лушпа, 2014] Лушпа, И. Обзор современных программных комплексов расчета безотказности механических и электромеханических элементов. / И. Лушпа, М. Монахов. // Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции учащихся и студентов. 1 ч. / Под редакцией Ю.А. Романенко, Н.А. Анисинкиной, О.А. Солошенко. - Протвино: Управление образования и науки, - 2014. - с. 128-130.
- [NSWC, 2011] NSWC-2011/LE10. Handbook of reliability prediction procedures for mechanical equipment.
- [Монахов и др., 2013] Монахов, М.А. Анализ математической модели расчёта надёжности механических элементов класса «Подшипники». / М.А. Монахов, И.Л. Лушпа, В.М. Фокин. / Радиовысотометрия-2013: Сборник трудов Четвертой Всероссийской научно-технической конференции. // Под ред. А.А. Иофина, Л.И. Пономарева. - Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2013. - с. 352-357.
- [Жаднов и др., 2003] Жаднов, В.В. Автоматизация проектных исследований надёжности радиоэлектронной аппаратуры: научное издание. / В.В. Жаднов, Ю.Н. Кофанов, Н.В. Малютин, Е.П. Власов, И.В. Жаднов, С.П. Замараев, А.С. Измайлов, К.В. Марченков, С.Н. Полесский, С.А. Працкий, В.В. Сотников. - М.: Радио и связь, 2003. - 156 с.
- [Жаднов и др., 2012] Жаднов, В.В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: Учебное пособие. / В.В. Жаднов, А.В. Сарафанов. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - 464 с.
- [NSWC, 2011] NSWC-2011/LE10. Handbook of reliability prediction procedures for mechanical equipment.
- [Zhadnov, 2011] 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.
- [Жаднов, 2013] 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.