



Рис. 3. Упрощенная 3D модель для использования в больших сборках

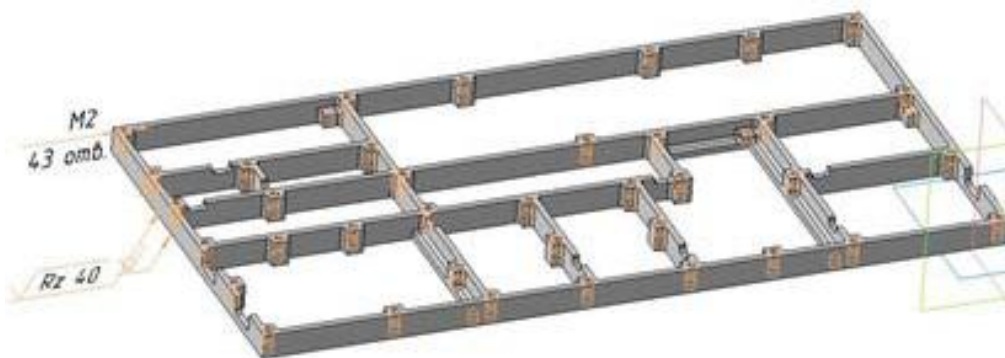


Рис. 4. Аннотированная 3D модель (на предприятиях с развитым электронным документооборотом)

Оптимальным представляется методика формирования ГМ в которой посредством исключения из расчета некоторых операций можно получить упрощенную модель для сборок или для МКЭ.

По результатам проделанной работы были составлены рекомендации по разработке 3D-моделей включающие следующие основные пункты:

- анализ эксплуатационных требований;
- анализ видов моделирования;
- указания по формированию 3D-моделей.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ СИСТЕМЫ АСОНИКА-К-СЧ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛАССА «ФИЛЬТРЫ»

М. А. Монахов, В. В. Жаднов (научный руководитель)

*Московский институт электроники и математики
национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»
109028, Москва, б. Трехсвятительский пер., 3
E.mail: mixa.monahov@list.ru*

Наряду с электрорадиоизделиями (ЭРИ) на безотказность радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) влияют механические элементы (МЭ). Поэтому при создании новой (4.12) версии программного комплекса (ПК) АСОНИКА-К в его базовую версию (систему АСОНИКА-К-СЧ) было решено ввести возможность расчета надежности РЭА с учетом МЭ. В данной работе представлен анализ математической модели класса «Фильтры» представленной в американском стандарте NSWC-2011/LE10.

Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2013 году. В плане оценки надежности МЭ большой интерес представляют

модели, приведенные в американском стандарте *NSWC-2011/LE10* [1], разработанного специалистами Кардерокской дивизии ВМФ США. Рассмотрим класс «Фильтр». Оборудование для фильтрации жидкости уникально в том плане, что его надежность рассчитывают скорее с целью расчета влияния фильтра на надежность остальных компонентов системы, а не для расчета наработки на отказ самого фильтра. Так происходит в связи с тем, что компоненты гидросистемы очень быстро изнашиваются, если жидкость в системе плохо отфильтрована. Считается, что отказ фильтра произошел, если он начал пропускать захваченные ранее частицы примесей, начал пропускать нефильтрованную жидкость или разрушился и загрязнил жидкость частицами материала, из которого сделан. Закупоривание фильтра частицами примесей и увеличение перепада давления является следствием работы системы и не считается отказом, даже если закупоривание происходит преждевременно. Отказы фильтра могут быть вызваны такими факторами, как высокие перепады давления в системе, фильтрация замкнутого потока жидкости, вибрация, холодные запуски системы, и даже сама фильтруемая жидкость, если она несовместима с фильтром.[1].

Рассмотрим математическую модель эксплуатационной интенсивности отказов для класса «фильтр», приведенную в данном стандарте.

$$\lambda_F = \lambda_{FB} \cdot C_{DP} \cdot C_V \cdot C_{CS} \cdot C_{CF}, \quad (1)$$

где λ_{FB} – базовая интенсивность отказов; C_{DP} – коэффициент, учитывающий перепады давления; C_V – коэффициент, учитывающий влияние вибрации; C_{CS} – коэффициент, учитывающий вязкость жидкости; C_{CF} – коэффициент цикличности потока жидкости.

Значение λ_{FB} в формуле (1) является постоянной величиной, равной $2,53 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$.

Значение коэффициента C_{DP} рассчитывается по модели:

$$C_{DP} = 1,25 \frac{P_0}{P_R}, \quad (2)$$

где P_0 – давление на внешнюю поверхность в номинальном рабочем режиме; P_R – давление на внутреннюю поверхность в номинальном рабочем режиме.

Значение коэффициента C_V зависит от группы аппаратуры (стойкости к воздействию внешних факторов). Для авиационной и мобильной аппаратуры он равен 1,25, для остальных групп аппаратуры значение коэффициента принимается за 1.

Значение коэффициента C_{CF} рассчитывается по модели:

$$C_{CF} = \left(\frac{\eta_{\text{coldstart}}}{\eta_{\text{normal}}} \right)^x, \quad (3)$$

где $\eta_{\text{coldstart}}$ – вязкость жидкости при температуре жидкости в момент включения насоса; η_{normal} – вязкость жидкости при рабочей температуре жидкости; x – коэффициент, зависящий от типа жидкости. Значения коэффициента x для различных жидкостей представлены на рис. 1.

Значения коэффициента C_{CF} приведены на рис. 2.

Анализ математических моделей (1)–(3) показал, что в них входят коэффициенты, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- параметры ТУ (Data Sheet);
- параметры режима применения;
- эмпирические коэффициенты;
- физические константы [2].

Результаты проведенной классификации приведены в табл. 1.

Вещество	Вязкость жидкости, ν , при температуре °C								X
	0	20	40	60	80	100	125	150	
Water	1,8	1,0	0,75	0,56	0,35	0,28	–	–	0,2
Sea water	1,9	1,1	0,87	–	–	–	–	–	0,2
Gasoline, 0,68 s.g.	0,51	0,42	0,35	0,3	–	–	–	–	0,3
Kerosene, 0,81 s.g.	3,7	2,3	1,6	1,2	0,96	–	–	–	0,2
Light lubricating oil, 0,91 s.g.	390	96	34	16	8,7	5,4	–	–	0,2
Heavy lubricating oil, 0,91 s.g.	3492	500	123	43	20	10	–	–	0,7
SAE 10 oil	555	122	41	14	8,7	5,4	3,3	2,2	0,5
SAE 20 oil	1141	213	65	22	11	6,8	4,4	2,8	0,6
SAE 30 oil	2282	358	101	33	15	9,4	5,5	3,6	0,7
SAE 40 oil	4640	624	137	51	26	13	7,8	5,0	0,8
SAE 50 oil	8368	1179	251	76	32	17	9,5	6,4	0,9
SAE 60 oil	15215	2206	380	107	38	20	11	7,5	1,0
SAE 60 oil	23203	2953	456	137	49	25	14	8,5	1,1

Рис. 1. Значения коэффициента χ

Тип фильтра	Всплеск частоты, Гц	C_{CF}
Поры фильтра одинакового размера	0–0,1	1,0
	0,1–0,5	1,2
Поры фильтра разного размера	0–0,1	1,2
	0,1–0,5	1,5

Рис. 2. Значения коэффициента C_{CF}

Таблица 1

Параметры и коэффициенты модели эксплуатационной интенсивности отказов

Обозначение	Наименование	Значение	Ед. измерения	Примечание
1	2	3	4	5
Параметры ТУ (<i>Data Sheet</i>)				
	Типономинал (ТУ) фильтра	Из БД	–	ТУ на фильтр
P_0	Давление на внешнюю поверхность в номинальном рабочем режиме	Из БД	psi	ТУ на фильтр
P_R	Давление на внутреннюю поверхность в номинальном рабочем режиме	Из БД	psi	ТУ на фильтр
T_{normal}	Температура жидкости в номинальном рабочем режиме	Из БД	°C	ТУ на фильтр
	Марка материала фильтра	Из БД	–	ТУ на фильтр
	Типы ТУ жидкостей	Из БД	–	ТУ на фильтр
$\nu(T)$	Зависимость вязкости от температуры	Из БД	–	ТУ на фильтр
Параметры режима применения				
	Типономинал (ТУ) фильтра	Список из БД	–	ТУ на фильтр
	Тип (ТУ) рабочей жидкости	Список из БД	–	ТЗ на объект
$T_{coldstart}$	Температура жидкости в момент включения насоса	–	°C	ТЗ на объект
	Вид объекта установки	Список из БД	–	ТЗ на объект
Эмпирические коэффициенты				
$\lambda_{\text{б}}$	Базовая интенсивность отказов	Из БД	Ч ⁻¹	NSWC-2011/LE10
X	Коэффициент зависящий от типа жидкости	Из БД	Отн. ед.	NSWC-2011/LE10
C_V	Авиационные объекты установки	Из БД	Отн. ед.	NSWC-2011/LE10
	Другие объекты установки			

На основании данной классификации ведется разработка базы данных для этого класса. Пользователю необходимо будет выбрать технические условия, после чего определиться ряд параметров ТУ необходимых для данного расчета. После этого останется внести данные из ТЗ. Если в БД нет необходимых технических условий, пользователю будет предложено окно, в котором можно внести все необходимые для расчета коэффициенты вручную.

База данных системы АСОНИКА-К изменяется только если необходимо изменить какой-либо коэффициент в математической модели класса [3]. Поэтому таблицы разрабатываются так, чтобы они с легкостью дополнялись новой элементной баз без особых усилий и затрат.

Список литературы

1. NSWC-2011/LE10. Handbook of Reliability prediction Procedures for Mechanical Equipment.
2. Монахов М. А. Разработка баз данных для расчета интенсивности отказов механических элементов в системе АСОНИКА-К-СЧ // VI Междунар. науч.-практ. конф. учащихся и студентов. Протвино : Учеб. центр «Прометей», 2013.
3. Жаднов В. В., Сарафанов А. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств : учеб. пособие. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2004. 464 с.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА РАННЕЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А. В. Солдатов, А. А. Левицкий (научный руководитель)

Институт инженерной физики и радиоэлектроники, СФУ
660074, Красноярск, ул. Куренского, 28
E-mail: anvin@sibnet.ru

Представлены подходы к расчету тепловых режимов электронных устройств, включая анализ газогидродинамических процессов, с целью более детального учета конвективного охлаждения. Приведен пример расчета теплового режима прибора.

Повышение производительности компьютеров и развитие программных средств, позволяющих моделировать технические системы, включая исследование протекающих в них физических процессов, привело к существенному сокращению объема стендовых испытаний разрабатываемых изделий на ранних стадиях проектирования.

Одной из задач, возникающих при создании радиоэлектронных устройств, является обеспечение заданных тепловых режимов, связанных, как правило, с устранением их недопустимого перегрева [1]. До недавнего времени тепловые расчеты электронной аппаратуры выполнялись в основном на основе упрощенных моделей, построенных с использованием электротепловых аналогий и полуэмпирических соотношений, приближенно описывающих механизмы теплопередачи. Данный подход, имеет некоторые достоинства, но, тем не менее, вытесняется моделированием тепловых процессов с применением пакетов численного анализа.

Это объясняется рядом причин, к которым, в частности относятся возможность непосредственной передачи трехмерной геометрической модели исследуемого объекта в расчетную программу, а также возможностью детального учета гидроаэродинамических процессов, определяющих конвективное охлаждение. Широкую известность получили как универсальные научные пакеты конечно-элементного анализа, например *ANSYS*, так и инженерно-ориентированные программы, такие как *SolidWorksFlowSimulation (COSMOSFloWorks)*.

Несмотря на широкие функциональные возможности пакета *ANSYS*, инженерно-ориентированные программы также находят широкое применение. Так, при разработке конструкции в среде *SolidWorks* программа *SolidWorksFlowSimulation (COSMOSFloWorks)*,