

Момент аэродинамического сопротивления определяется по формуле:

$$M_a = 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot C_a \cdot \Omega^2 \cdot \Gamma_\phi,$$

где  $\rho$  – плотность окружающей среды;  $C_a$  – аэродинамический коэффициент;  $\Gamma_\phi$  – геометрический фактор, значение которого зависит от геометрической формы и размеров маховика.

Геометрический фактор зависит от геометрической формы и размеров маховика. Существует несколько различных форма маховика и для каждой существует своя формула для расчета геометрического фактора.

В нашем случае маховик имеет форму, представленную на рис. 3.

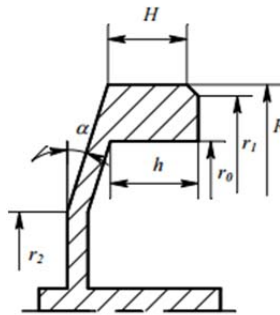


Рис. 3. Форма маховика

Ниже приведена формула для расчета геометрического фактора для спроектированного маховика.

$$\Gamma_\phi = R^4 \cdot H + r_0^4 \cdot h + \frac{1}{\cos \alpha} \cdot \frac{2 \cdot R^5 + r_0^5 - 2 \cdot r_2^5}{5} + \frac{2 \cdot r_2^5 + r_1^5 - r_0^5}{5}$$

Момент трения шарикоподшипника состоит из следующих составляющих: момента трения качения шариков с наружным и внутренними кольцами; момента трения скольжения шариков с кольцами; момента трения скольжения шариков с сепаратором и сепаратора с центрирующим кольцом; момента, вызываемого сопротивлением движению смазки.

Момент трения шарикоподшипника приближенно определяется эмпирической зависимостью:

$$M_n = M_0 + 1,25 \cdot k_{mp} \cdot \left( \frac{D_0}{d_{ш}} \right) \cdot F_r,$$

где  $M_0$  – момент трения ненагруженного шарикоподшипника;  $D_0$  – диаметр окружности, проходящей через центры шариков;  $d_{ш}$  – диаметр шариков;  $k_{mp} = 0,001 \div 0,005$  см – коэффициент трения качения;  $F_r$  – радиальная нагрузка [1].

Параметрические возможности T-Flex CAD позволяют включать в 3D-модель или чертеж расчет характеристик проектируемой конструкции, зависящих от ее геометрических размеров. Это очень эффективно при проектировании маховика, т. к. с изменением наружного радиуса перестраивается 3D-модель и одновременно в Редакторе переменных пересчитывается значение момента сопротивления маховика, зависящей от его наружного радиуса. На рис. 4 представлен расчет момента сопротивления в Редакторе переменных для двух маховиков с разными значениями наружного радиуса.

Группа: Расчет момента сопротивления			Группа: Расчет момента сопротивления				
Ca	$0.53 \cdot \rho_e \cdot (0.5)$	0.031	Аэродинамический коэффициент	Ca	$0.53 \cdot \rho_e \cdot (0.5)$	0.044	Аэродинамический коэффициент
DO	12	12	Диаметр окружности, проходящего через центры шариков	DO	12	12	Диаметр окружности, проходящего через центры шариков
Fr	758	758	Радиальная нагрузка	Fr	758	758	Радиальная нагрузка
MO	$4 \cdot DO \cdot (10 - 1.25 \cdot k_{tr}) \cdot (DO/10) \cdot (d_w/10) \cdot Fr$	8.59	Момент трения ненагруженного шарикоподшипника	MO	$4 \cdot DO \cdot (10 - 1.25 \cdot k_{tr}) \cdot (DO/10) \cdot (d_w/10) \cdot Fr$	8.59	Момент трения ненагруженного шарикоподшипника
Ma	$2 \cdot \rho \cdot C_a \cdot \pi \cdot Z \cdot r_e^3$	32.5	Аэродинамический момент	Ma	$2 \cdot \rho \cdot C_a \cdot \pi \cdot Z \cdot r_e^3$	8.411	Аэродинамический момент
Mc	Ma + Mn	44.88	Момент сопротивления	Mc	Ma + Mn	20.791	Момент сопротивления
Mn	$MO + 1.25 \cdot k_{tr} \cdot (DO/10) \cdot (d_w/10) \cdot Fr$	12.38	Момент трения подшипника	Mn	$MO + 1.25 \cdot k_{tr} \cdot (DO/10) \cdot (d_w/10) \cdot Fr$	12.38	Момент трения подшипника
P	$2 \cdot 10^{-9}$	0	Плотность окружающей среды	P	$2 \cdot 10^{-9}$	0	Плотность окружающей среды
Re	$(\pi \cdot R \cdot Z) \cdot v$	285.017	Число Рейнольдса	Re	$(\pi \cdot R \cdot Z) \cdot v$	145.417	Число Рейнольдса
dfr	3	3	Диаметр шарика	dfr	3	3	Диаметр шарика
ktr	$1 \cdot 10^{-3}$	0.001	Коэффициент трения качения	ktr	$1 \cdot 10^{-3}$	0.001	Коэффициент трения качения
p	3.14	3.14	Пи	p	3.14	3.14	Пи
r0	61.45	61.45		r0	61.45	61.45	
r1	68	68		r1	68	68	
r2	25	25		r2	25	25	
v	18000	18000	Кинетический коэффициент вязкости	v	18000	18000	Кинетический коэффициент вязкости
Ge	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3)$	75189.891	Геометрический фактор	Ge	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3)$	13898.883	Геометрический фактор
Ge1	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5)$	17953.828		Ge1	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5)$	12637.828	
Ge2	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5)$	6629.559		Ge2	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5)$	66.55	
Ge3	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5)$	1194.505		Ge3	$(\pi \cdot l \cdot r_0^2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5 \cdot (1/10)^5)$	1194.505	

а

б

Рис. 4. Расчет момента сопротивления:

а) наружный радиус 70 мм, б) наружный радиус 50 мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В.С., Костюченко Т.Г., Гладышев Г.Н. Электромеханические исполнительные органы систем ориентации космических аппаратов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 208 с.
2. Индыгашева Н.С. Проектирование маховика при создании расчетно-конструкторской модели гиродина // Наука. Технологии. Инновации. – Новосибирск, 2016. – С. 28–30.

МЕТОДИКА НАПОЛНЕНИЯ БАЗ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ТАБЛИЦ ПАРАМЕТРОВ НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА

Козлов А.А.<sup>1</sup>, Коблов Н.Н.<sup>1,2</sup>

Научный руководитель: Бориков В.Н., профессор, д.т.н.

<sup>1</sup>Акционерное общество «Научно-производственный центр «Полус»  
634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в»

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: info@polus-tomsk.ru

METHOD OF FILLING DATABASES OF ELECTRONIC COMPONENTS BASED ON THE UNIFORM TABLES OF DOCUMENT PARAMETERS

Kozlov A.A.<sup>1</sup>, Koblov N.N.<sup>1,2</sup>

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Borikov V.N.

<sup>1</sup>JSC «Scientific & Industrial Centre «Polyus»  
Russia, Tomsk, Kirova ave., 56v, 634050

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnic University  
Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634034

E-mail: info@polus-tomsk.ru

Рассматриваются вопросы разработки методики автоматизированного наполнения баз данных электрорадиоизделий, основанной на объединении таблиц параметров нормативного документа. Показаны её основные этапы и особенности. Предложено оформлять связи между параметрами и правило формирования наименования элементов в текстовом файле-шаблоне. Приводится предварительная оценка времени оформления файлов-шаблонов различных нормативных документов. Показано применение методики для автоматического наполнения технологических справочников.

The problems of the development of the methodology for the automated filling of databases of electronic products based on the integration of the parameters tables of the normative document are considered. Its main stages and features are shown. It is proposed to formalize the relationship between the parameters and the rule for the formation of the names of elements in a text file-template. A preliminary estimate of the time for creating

template files for various normative documents is given. The application of the technique for automatic filling of technological databases is shown.

Современные системы электронного документооборота классов PDM, PLM, ориентированные на отечественное приборостроение [1, 2], должны решать задачу хранения атрибутов и идентификации электрорадиоизделий (ЭРИ). Как правило, такие системы взаимодействуют с внутренней или внешней реляционной базой данных (БД), содержащей всю атрибутивную информацию об ЭРИ (емкость, мощность, масса, технологические параметры, графика и т. д.). При этом на уровне таблиц БД за уникальный идентификатор элемента принимают его наименование, с которым сопоставляется уникальный набор атрибутов. Данный подход предполагает наличие в системе уже заполненных или предустановленных расширяемых справочников элементов, находящихся в ведении отдела, контролирующего применение ЭРИ предприятия, наполняемых администратором. При необходимости применения на предприятии нового элемента в отдел контроля поступает запрос, далее администратор справочников по соответствующим нормативным документам (техническим условиям, государственным стандартам, спецификациям, каталогу производителя элемента) проводит анализ параметров ЭРИ и вводит новые записи в соответствующий справочник. Эта процедура сопряжена с трудоемким процессом ручного ввода большого количества записей в БД и не позволяет оперативно реагировать на быстро меняющиеся условия производства.

Предлагаемая методика наполнения справочников ЭРИ, основанная на объединении их таблиц параметров, способна существенно уменьшить трудоемкость наполнения БД по элементам, исключить ошибки в формировании их наименований, автоматически проверять целостность, формат и уникальность данных.

Любой нормативный документ на ЭРИ, поставляемый предприятию изготовителем элемента, содержит информацию о допустимом распределении его параметров. Как правило, в нормативных документах связи между параметрами ЭРИ оформляются в виде таблиц или же могут быть сведены к таблицам, а их наименования формируются по шаблону, в который подставляются в явном или неявном виде значения соответствующих параметров элемента (табл. 1).

Таблица 1. Параметры конденсатора К10-17

Вариант	Группа	Напряжение	Емкость	Отклонение	Наименование
К10-17а	МП0	50 В	2,2 пФ	±5 %	К10-17а-50 В-МП0-2,2 пФ±5 %
		100 В	0,015 мкФ		К10-17а-100 В-МП0-0,015 мкФ±5 %
	50 В	М47			К10-17а-М47-0,015 мкФ±5 %
		М1500	75 пФ		К10-17а-М1500-75 пФ±10 %
К10-17б	Н20	50 В	680 пФ	±10 %	К10-17б-Н20-680 пФ±10 %
	Н50				К10-17б-Н50-680 пФ±10 %

Оформив необходимый набор таблиц и правило формирования наименований элементов в специальном текстовом файле, результирующую таблицу распределения параметров ЭРИ можно получить объединением всех таблиц файла-шаблона, при этом каждая строка результирующей таблицы будет представлять уникальный элемент с наименованием, генерируемым по предопределенному шаблону.

Разработанная методика наполнения БД ЭРИ записями, соответствующими элементам из нормативного документа (рис. 1), в общем виде состоит из следующих этапов:

1. Оформление набора таблиц распределения параметров ЭРИ.
2. Ввод шаблона формирования наименования элемента.

3. Генерация таблицы всевозможных сочетаний значений параметров элемента.
4. Формирование для каждого сочетания параметров ЭРИ наименования по шаблону.
5. Импорт итоговой таблицы в соответствующую БД.

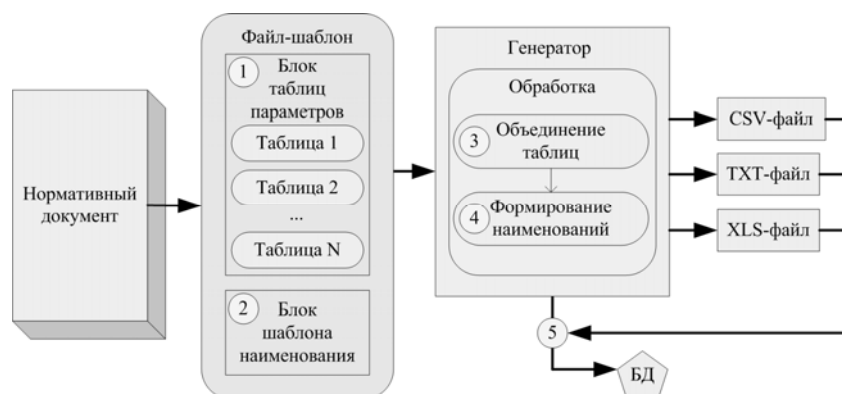


Рис. 1. Методика наполнения БД на основе объединения таблиц файла-шаблона

Файл-шаблон, содержащий набор таблиц и правило формирования наименований, обрабатывается специальной программой-генератором, задача которой считать его данные во внутренние структуры, применяя алгоритмы текстового разбора. В качестве программного инструментария применяется библиотека компонентов графического интерфейса Qt, широко используемая в проектировании современных программных продуктов и поставляемая с открытым исходным кодом под лицензией LGPL [3, 4]. Она является переносимой между платформами и хорошо адаптирована к взаимодействию с другими библиотеками. Для программного разбора шаблона наименований применяется свободная C++ библиотека Boost Spirit, которая также имеет открытый исходный код и способна существенно ускорить разработку текстовых анализаторов. Основным форматом файла-шаблона выбран Microsoft Office Word docx, который представляет собой zip-архив, содержащий XML-текст. Файлы данного формата можно прочитать внешним приложением, применяя технологию чтения OLE-объектов, или разобрать его средствами сторонних библиотек.

Следует заметить, что применение описанной выше методики имеет ряд достоинств:

- не предъявляются требования к формату нормативного документа;
- результирующие таблицы для разных нормативных документов имеют одинаковую структуру;
- трудоемкость заполнения БД определяется трудоемкостью оформления таблиц распределения параметров элементов и их шаблона наименования;
- таблицы файла-шаблона могут содержать параметры, не фигурирующие в наименовании;
- таблицы распределения параметров в файле-шаблоне можно оформить идентично таблицам в нормативном документе;
- формат файла-шаблона может быть расширен;
- схема наполнения БД применима к любой параметризованной сущности (крепежные изделия, технологическая оснастка, соединители, материалы и т. д.).

Предварительная оценка времени оформления файлов-шаблонов для разных нормативных документов (табл. 2) показала эффективность предложенной методики.

Таблица 2. Время оформления файлов-шаблонов для разных справочников

Сущность	Справочник	Нормативный документ	Время оформления файла-шаблона, ч	Количество записей
Конденсатор	ЭРИ	АДПК.673547.006ТУ	0,5	584
		АЖЯР.673546.005ТУ	0,5	483
		ФЦТА.673516.016ТУ	3	61640
Вставка Плавкая	ЭРИ	ОЮ0.480.003ТУ-Р	3	4252
Соединитель		Ке0.364.000 ТУ	3	149
Провод	Материалы	ТУ 16-505.195-80	0,4	20
Винт	Крепеж	ГОСТ 17473-80	3	5375
		ГОСТ 17475-80	2	3773
Фреза	Инструмент	ГОСТ 15086-69	1,5	140
		ГОСТ 16225-81	1,8	180

Разработанная методика опробована для наполнения справочника режущих инструментов (рис. 2), применяемого при проектировании технологических процессов [5], входящего в состав разрабатываемой на предприятии автоматизированной системы управления инженерными данными и производством. Структура итоговых таблиц, сгенерированных по соответствующим файлам-шаблонам режущих инструментов, позволила унифицировать импорт, хранение и подбор записей справочника. В настоящий момент методика также применяется для наполнения и других справочников системы: стандартных изделий, средств измерений, ЭРИ.

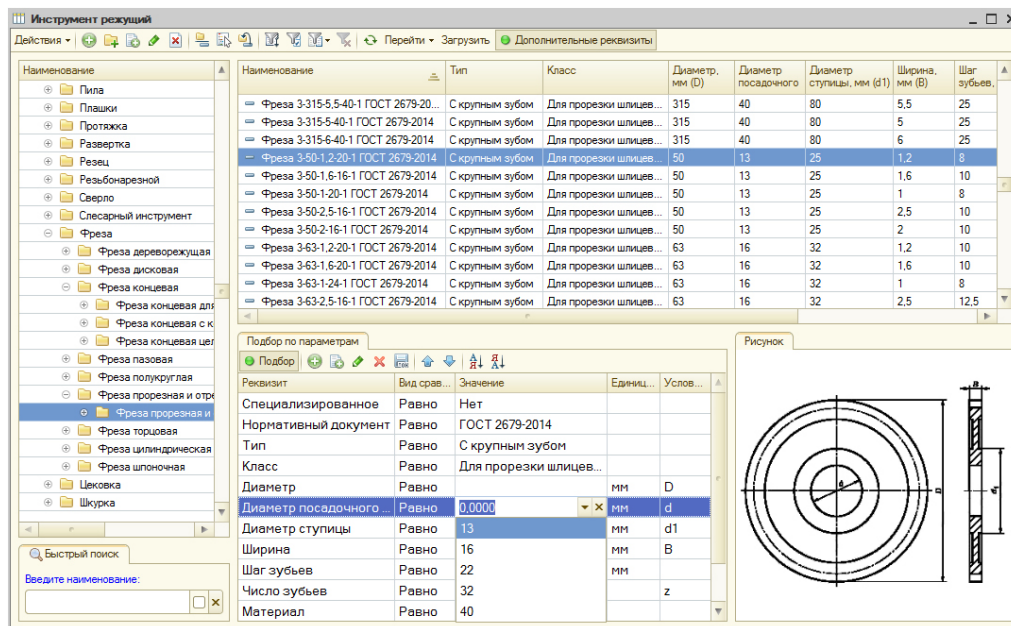


Рис. 2. Форма справочника режущего инструмента

Разработанная методика исключает ручной ввод данных в справочник, существенно уменьшает трудоемкость наполнения БД, позволяет унифицировать хранение и подбор записей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информационная поддержка организации производства изделий радиоэлектронной аппаратуры на предприятии ОАО «НПП «Радиосвязь» Р.Г. Галлеев [и др.] // Журнал Сиб. фед. ун-та. – 2014. – № 7. – С. 758–766.

2. Коблов Н.Н., Черватюк В.Д., Чекрыгин С.С. Повышение эффективности проведения изменений в конструкторской документации // Электронные и электромеханические системы и устройства : тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов ОАО «НПЦ «Полнос». – Томск, 2013. – С. 213–215.
3. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: программирование GUI на C++ : пер. с англ. 2-е изд., доп. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. – 736 с.
4. Шлее М. Qt 4.8: Профессиональное программирование на C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 912 с.
5. Коблов Н. Н. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления инженерными данными // Электронные и электромеханические системы и устройства: тез. докл. XVIII науч.-техн. конф. – Томск, 2010. – С. 228–230.

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОВОРОТНОГО СТОЛА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ТОМОГРАФА В T-FLEX CAD**

Стасевский В.И.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., доцент, к.т.н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: vis12@tpu.ru

### **THE SPECIALIZED TOMOGRAPH ROTARY TABLE DESIGN IN THE T-FLEX CAD SYSTEM**

Stasevsky V.I.<sup>1</sup>

Scientific Supervisor: Associate Prof., PhD, Kostyuchenko T.G.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: vis12@tpu.ru

*Статья «Проектирование поворотного стола специализированного томографа в T-Flex CAD» посвящена актуальной проблеме обеспечения правильного расположения объектов контроля в томографических комплексах. Представлен вариант конструкции поворотного стола, спроектированный в среде T-Flex CAD.*

*The article «Designing of the Rotary Table of the Specialized Tomograph in the T-Flex CAD system» is devoted to the urgent problem of the object correct arrangement control in a tomographic complex. The rotary table embodiment is designed with the T-Flex CAD system.*

Томографические установки ТПУ отличаются от других типов установок простотой, габаритами, массой, удобством в эксплуатации и малыми затратами на изготовление. В Институте неразрушающего контроля разрабатываются специализированные томографы для неразрушающего контроля различных объектов – от небольших изделий до изделий весом в несколько тонн [1].

При томографическом исследовании необходимо обеспечить высокую точность расположения объекта контроля относительно источника излучения и детектора-приемника. Основной задачей данной работы является проектирование поворотного стола для размещения объектов контроля с возможностью перемещения в различных направлениях. При повороте объекта контроля на 360° необходимо обеспечить точность до 6 угловых секунд. Скорость вращения стола – от 0,1 до 5 об/мин. При этом вертикальная нагрузка на стол – 500 кг.

Разработка поворотного стола для специализированного томографа осуществлялась с использованием системы автоматизированного проектирования T-Flex CAD 3D. Для всех элементов конструкции были созданы 3D-модели. На рис. 1. представлена 3D-модель поворотного стола в составе конструкции специализированного томографа.