

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КАТАЛОГОВ ЦЕНТРА КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА УКРАИНЫ

О.Г. Симонова

(представил д.т.н., проф. Д.В. Голкин)

Проведен анализ состава и методов хранения координатной информации о движении космического аппарата (КА) с учетом различных источников, выбраны виды каталогов и разработана их рациональная структура, обеспечивающая надежное с точки зрения решаемых задач функционирование Центра Контроля Космического Пространства (ЦККП) Украины.

В современных условиях задачи, связанные с контролем и анализом космической обстановки в интересах Украины, приобретают особую значимость, а эффективность их решения зависит от реализации концепции создания и технического оснащения Национальной системы контроля и анализа космической обстановки. Для достижения поставленной цели и в соответствии с Национальной космической программой Украины, введенной в действие Постановлением Верховного Совета Украины 23.12.1997 г. за номером 763/97-ВР, начиная с 1997 года в Украине развернуты работы по созданию государственной Системы контроля и анализа космической обстановки (СКАКО), основным рабочим звеном которой является ЦККП [1].

Надежное функционирование ЦККП может быть, в частности, достигнуто путем создания рационально построенной системы каталогов для хранения координатной и некоординатной информации о космических объектах (КО), а также специального программного математического обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс контроля и анализа космической обстановки.

Данная работа посвящена выбору структуры каталогов координатной информации, рациональной с точки зрения решаемых задач. Поставленная задача предполагает этап предварительного исследования структуры существующих каталогов КО: американских каталогов NORAD/NASA формата TLE (двухстрочный символьный формат) и каталога КО России [1].

В результате проведенных исследований были разработаны требования, предъявляемые к структуре каталогов координатной информации, а затем с учетом этих требований и их структура.

Рассмотрим основные требования, предъявляемым к структуре каталогов:

- 1) общие:
  - необходимость хранения идентификационных признаков КО;
  - координатная информация по КО должна отображаться в универсальной форме для различных форматов представления данных;

- при визуальном просмотре информация должна удовлетворять условию наилучшей читабельности;

2) требования “потребителей” информации:

- должна быть предусмотрена возможность хранения вектора состояния КО в различных форматах: Гринвичской подвижной системы координат (ГПСК), системы оскулирующих элементов (СОЭ), NORAD/NASA;

- должно быть предусмотрено хранение ошибок каждого из параметров вектора состояния КО;

- должна быть предусмотрена возможность быстрого поиска и отображения необходимой информации по КО;

- кроме вектора состояния по каждому КО желательно хранить средневзвешенную невязку двух последовательных каталогов и приблизительную дату прекращения существования КО;

3) требования “источников” информации:

- учет формата каталогов национальной СКАКО;

- учет форматов каталогов NORAD;

- в перспективе учет формата каталога Российской Федерации.

В соответствии с вышеизложенными требованиями и требованиями, предъявляемыми к системам управления базами данных [2], предлагаемая структура каталогов координатной информации предусматривает хранение информации в трех форматах: “0” - ГПСК, “1” – СОЭ, “2” – NORAD (табл. 1).

Таблица 1

Структура каталогов в форматах ГПСК и СОЭ

Номер строки								
1	2		3		4		5	
	ГПСК	СОЭ	ГПСК	СОЭ	ГПСК	СОЭ	ГПСК	СОЭ
F	X	$\Omega$	$V_Z$	T	ha	ha	dt	dt
Ins	Y	i	Bk	p	hp	hp	dX	d $\Omega$
Int.N	Z	u		e			dY	di
Nv	$V_X$	l		$\omega$	OSK Norma		dZ	du
Data	$V_Y$	h		Bk	Down Data		d $V_X$	dl
Time							d $V_Y$	dh
Fr.							d $V_Z$	dT
S							dBk	dp
DataF								

Для всех форматов общими являются признаки идентификации, включаемые в строку 1 табл. 1 и получаемые в результате прогнозирования OSK Norma и Down Data (табл.2).

Таблица 2

Поля OSK Norma и Down Data

Поле	Значение
F	признак формата (0,1,2);
Ins	строка - внутренний номер;
Int.N	строка - международный номер;
Nv	номер витка;
Data	дата наблюдения;
Time	мировое время наблюдения;
Fr.	строка - источник информации;
S	строка - признак источника информации;
DataF	дата занесения информации в каталог;
OSK Norma	средневзвешенная невязка двух последовательных каталогов;
Down Data	приблизительная дата прекращения существования.

Перечень параметров орбиты КО (номер строки 2, 3 и 4 в табл.1), подлежащих хранению в каталогах, приведен в табл. 3.

Таблица 3

Параметры орбиты КО

ГПСК	СОЭ
X - координата "X" в ГПСК (м),	$\Omega$ - долгота восходящего узла (рад.),
Y - координата "Y" в ГПСК (м),	i - наклонение (град.),
Z - координата "Z" в ГПСК (м),	u - аргумент широты (град.),
$V_x$ - скорость "Vx" в ГПСК (м/сек),	l - параметр Лапласа $l=e \cdot \cos(\omega)$ ,
$V_y$ - скорость "Vy" в ГПСК (м/сек),	h - параметр Лапласа $h=e \cdot \sin(\omega)$ ,
$V_z$ - скорость "Vz" в ГПСК (м/сек),	T - звездный период (мин),
Bk - баллистический коэффициент,	p - падение периода (мин/вит),
ha - высота апогея (м),	e - эксцентриситет,
hp - высота перигея (м),	$\omega$ - аргумент перигея (град.),
	Bk - баллистический коэффициент,
	ha - высота апогея (м),
	hp - высота перигея (м).

Массив ошибок параметров соответствующего формата представлен в строке 5 табл. 1.

Разработка базы данных (БД) предложенной структуры ведется в двух направлениях:

- первое – на длительном этапе настройки системы СКАКО, ее апробации и адаптации с целью облегчения процесса отладки отдано предпочтение символному отображению информации, поэтому используется БД с па-

тистрочной текстовой конфигурацией записи (длина записи 372 байта) и индексной организацией файловой структуры. Быстродействие предлагаемой БД на ПЭВМ с тактовой частотой 460 МГц составляет: выборка – 1 - 10 мс, выборка с прогнозом – около 25 мс;

- второе – параллельно ведутся разработки реляционной БД той же структуры в среде “ORACLE”.

Данная структура БД используется не только в качестве структуры Главного каталога космических объектов (ГККО) макета ЦККП, но и различных частных каталогов космических объектов (ЧККО), таких как:

- частный каталог сопровождаемых приоритетных КО;
- частный каталог прогнозных целеуказаний;
- частный каталог КО NORAD;
- частный каталог сгорающих КО;
- частный каталог маневрирующих КО;
- частный каталог падающих КО.

Специальное программное обеспечение макета ЦККП, включающее в себя 6 подсистем, разрабатывалось с учетом структуры ГККО и перечисленных выше ЧККО. Обновление ГККО производится после обработки ЧККО, поступающих по различным каналам, приведения их к единой форме с отождествлением международного и внутреннего номеров.

Апробация дееспособности некоторых подсистем макета ЦККП началась еще в 1998 году сопровождением КА “Сич-1”, а затем при выведении на орбиту ракетой-носителем “Зенит” КА “Global Star”. В дальнейшем надежность функционирования различных подсистем макета ЦККП проверялась при выведении на орбиту ракетой – носителем “Зенит” КА “Океан - О” (июль 1999 г.), а также при выведении на орбиту украинской ракетой – носителем “Днепр”:

- КА “UOSAT-12” (апрель 1999 г.);
- группировки из 5 спутников (Megsat-1, Tiungsat-1, Saudisat-1A, Saudisat-1B, Unisat) (сентябрь 2000 г.).

На основании приведенных данных можно сделать вывод о целесообразности применения выбранной структуры каталогов ЦККП для обеспечения функционирования государственной Системы контроля и анализа космической обстановки в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Ю.Ф., Беляков А.И. Полет космических аппаратов, проблемы и задачи. – Л.: Машиностроение, 1980. – 243 с.
2. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. – М.: Мир, 1980. – 662 с.

*Поступила в редколлегию 4.09.2000*