

## 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*