

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ИХ СРОКОВ СУЩЕСТВОВАНИЯ

С ростом срока существования космических аппаратов (КА) и с переходом на непосредственную передачу информации по радиоканалу (КА типа «Ресурс-ДК») срок существования для КА стал определяться не только запасами рабочего тела и энергетики (например, фотопленки для КА «Ресурс» или вода, пища, биопрепараты для КА «Бийон»), но и ресурсом бортовой аппаратуры, то есть стал в значительной мере случайной величиной.

С целью достижения высокой экономической эффективности эксплуатации КА длительного функционирования при организации их групповой эксплуатации необходимо предусмотреть создание подсистемы прогнозирования надежности КА, как элемента системы эксплуатации. Использование моделей, описывающих изменение определяющих параметров (ОП), позволяет прогнозировать процесс функционирования КА по результатам их измерения.

Наиболее интересен индивидуальный прогноз надежности и технического состояния, проводимый для конкретного КА, находящегося в эксплуатации. Для решения задачи прогнозирования надежности необходимо иметь:

- информацию о технических характеристиках КА (масса, моменты инерции, удельные тяги двигателей, параметры системы энергоснабжения и другие);
- планируемую программу полета;
- конкретные условия эксплуатации;
- законы изменения ОП во времени;
- полное и точное знание текущего состояния всех систем КА.

Получение и обобщение этих данных требует, во-первых, своевременной организации их сбора и, во-вторых, большого объема расчетов.

Созданная модель функционирования КА реализована на языке программирования СИ++ в среде программирования Borland C++ Builder 3.

Модель прогнозирования надежности создана на основе метода статистического моделирования, основная идея которого заключается в многократном расчете параметров по некоторой формализованной схеме, являющейся математическим описанием рассматриваемого процесса. При этом для случайных параметров, входящих в расчетные формулы, пере-

бираются наиболее вероятные их значения в соответствии с известным законом распределения.

Таким образом, каждое статистическое «испытание» заключается в выявлении одной из реализаций случайного процесса. Подставляя, хотя и случайным образом выбранные, но фиксированные параметры, получаем зависимость, которая описывает данный процесс при принятых условиях.

Многочисленные повторения испытаний по схеме дают возможность получить большое число реализаций случайного процесса, оценить его ход и основные характеристики. Упрощенная блок-схема прогнозирования надежности приведена на рис. 1. Алгоритм прогнозирования (блок 2) заключается в многократно повторяющемся моделировании функционирования КА. Число реализаций N достаточно велико и составляет 10^5 и более.

После статистической обработки данных, полученных в реализациях, вычисляются усредненные оценки таких характеристик, как средний срок существования, вероятность безотказной работы, значения определяющих параметров КА.

В качестве исходных данных используется вся имеющаяся информация по надежности изделий-аналогов и данные по результатам испытаний и эксплуатации.

Структура включает пакеты прикладных программ, решающих задачи сбора, обработки и идентификации первичной статистической информации (программ статистической обработки), хранения данных (базы данных).

Пополнение и обновление информации в базах данных по результатам испытаний и эксплуатации производится после обработки их специальными программами статистической обработки и объединения методами Байеса и методом группового учета аргументов.

В блоке 1 в диалоговом режиме осуществляется выбор задачи, режима, типа и вида оценки или прогноза надежности и задается его точность.

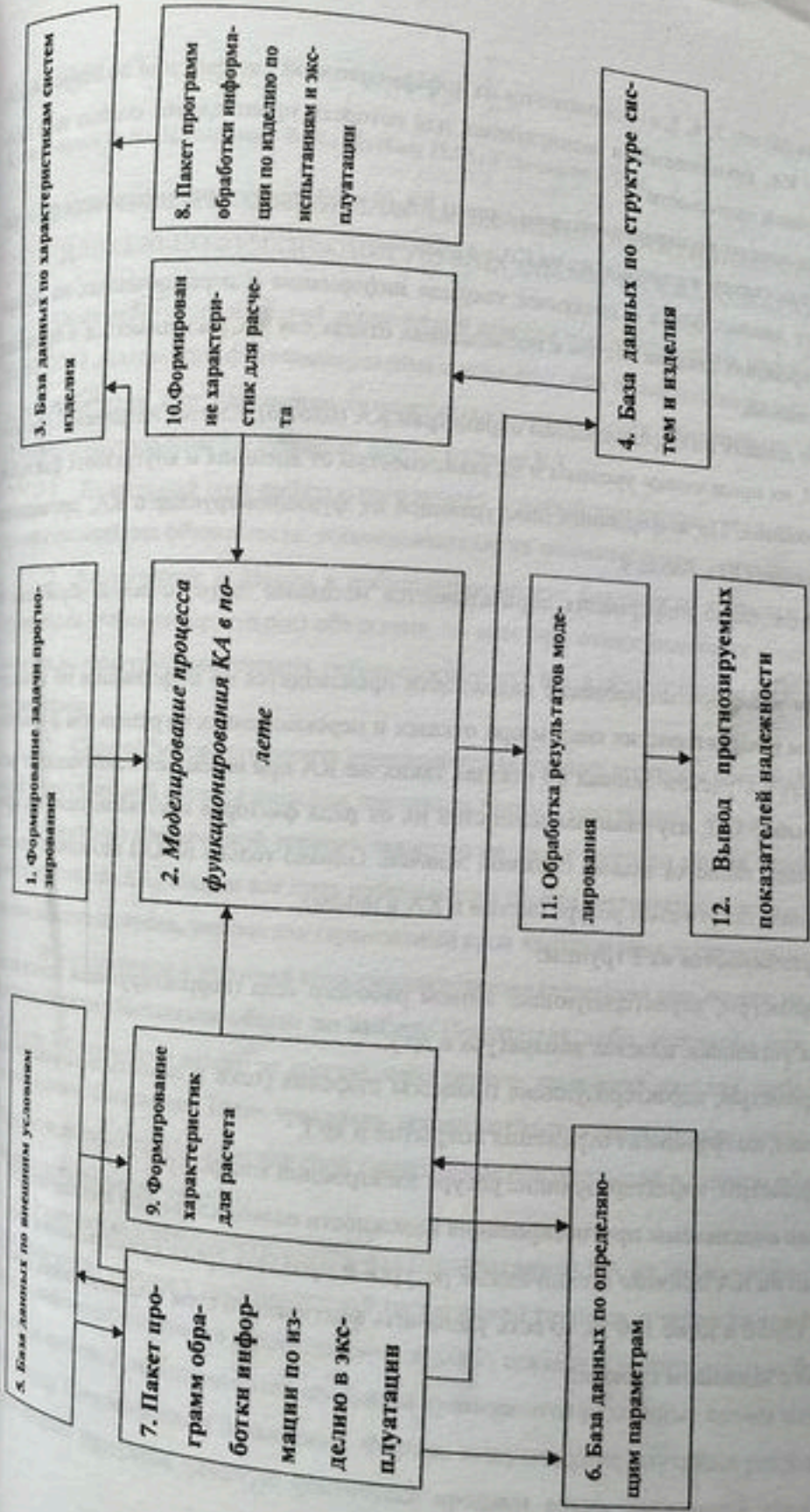


Рис.1 Блок-схема работ по прогнозированию срока существования КА

Базы данных (блоки 3, 4, 5, 6) пополняются из информационной системы или по текущей информации о КА, находящемся в эксплуатации, для которого производится оценка или прогноз показателей надежности.

В базу данных по характеристикам систем КА (блок 3) поступает информация об отказах, наработках систем и влиянию их на КА в целом.

В базу данных блока 4 поступает текущая информация о переключениях на резерв систем КА, временах отказов систем и последствиях отказа для КА, находящегося в процессе функционирования.

В базе данных по определяющим параметрам КА (блок 6) имеется информация по выбранным ОП, их предельным уровням и их зависимостям от внешних и внутренних факторов функционирования. По информации, поступающей от функционирующего КА, проводится анализ изменения ОП в блоке 9.

Предварительно информация обрабатывается методами статистической обработки в блоках 7, 8.

На начальном этапе прогнозирование надежности производится по информации об изменении структуры и характеристик систем при отказах и переключениях на резерв для функционирующего КА и с учетом данных об отказах таких же КА при наземных испытаниях и эксплуатации. Выбор ОП, изучение зависимостей их от ряда факторов и установление их предельных уровней является весьма сложной задачей. Однако только по ОП возможно достоверно определить остаточный ресурс систем и КА в целом.

ОП условно разбиваются на 3 группы:

1. параметры, характеризующие запасы рабочего тела (корректирующая двигательная установка, целевая аппаратура и др.);
2. параметры, характеризующие процессы старения (токи и емкость источников питания, коэффициент отражения покрытий и др.);
3. параметры, характеризующие ресурс электронной аппаратуры.

Использование подсистемы прогнозирования надежности позволило ввести в техническую документацию на КА понятие «технический ресурс» и продлить сроки существования трех типов КА на 15, 50 и даже 100 %, то есть увеличить фактический срок существования вдвое по сравнению с заданным сроком.