

Разработка модифицированного метода анализа нештатных ситуаций для оперативного принятия решений по управлению космическим аппаратом

© И.А. Рожнов

ОАО «РКК «Энергия», г. Королев, Московская обл., 141070, Россия

Изучен один из подходов к модификации алгоритма автоматизированного анализа на основе матриц состояний. Для оценки состояния бортовых систем космического аппарата (КА) предложено заранее формировать множество рассмотренных классов. Поскольку потенциальное количество нештатных ситуаций достаточно велико, выбраны параметры, по которым проводится ограничение количества классов. В первую очередь исследуются системы с наибольшей вероятностью отказа, далее предлагается ограничивать классы по действиям оперативной группы управления и формировать оценочную функцию для отдельно взятого класса. Такая постановка задачи позволяет повысить эффективность оперативного управления, а универсальность данного алгоритма — провести анализ работы практически всех постоянно действующих бортовых систем и динамических процессов КА.

Ключевые слова: космический аппарат, автоматизированное управление, теория принятия решений, оперативное управление полетом, нештатная ситуация, автоматизированный анализ данных.

Введение. При управлении любой технической системой необходимо контролировать перечень параметров, которые характеризуют объект управления, состояние подсистем, качество выполнения подсистемами функций, предполагающее наличие обратной связи по контролируемым параметрам.

При управлении космическим полетом постоянной оценке подвергаются все виды параметров состояния космического аппарата (КА), внешней полетной обстановки и компоненты автоматизированной системы управления космическим полетом (АСУ КП). При этом интегральная оценка контролируемых параметров в каждый момент времени должна гарантировать способность КА выполнить программу полета, обеспечить безопасность экипажа, прохождение управляющих воздействий на борт и адекватную реакцию на них, полноту объема получаемой информации с борта для оценки текущего состояния [1].

Таким образом, контролю подлежат все основные процессы и подсистемы КА и АСУ КП, участвующие в управлении, а также параметры внешней среды, в которой проходит полет. При управлении космическим полетом осуществляется оценка безопасности и состоя-

ния экипажа, а также работоспособности бортовых систем и располагаемого ресурса, выполнение полетных операций научно-исследовательской программы и плана полета в целом.

Бортовые системы космического аппарата, как и сам КА в целом, являются сложной технической системой [2]. Оценка состояния КА проводится на основании совокупности анализа параметров, получаемых с борта КА по телеметрическому тракту передачи информации, докладам экипажа и командным квитанциям. Основным источником информации для группы управления остаются данные, поступающие в составе телеметрической информации. В настоящее время объем телеметрической информации в современных космических аппаратах составляет десятки тысяч параметров, по которым проводится динамический контроль над состоянием КА. Каждый из получаемых параметров характеризует состояние узла, блока, агрегата какой-либо системы или подсистемы КА. Все поступающие параметры анализируются специалистами подгруппы оперативного контроля группы управления по определенным методикам, что приводит к увеличению нагрузки при выполнении рутинных операций.

Для принятия оперативных решений по управлению КА специалистам необходимо проанализировать большой объем данных за ограниченный промежуток времени и провести комплексную оценку сложившейся ситуации. Это осложняется тем, что специалистам необходимо установить достоверность поступающей с борта информации, сравнить ее с некоторой эталонной моделью, определить, является ли возникшая нештатная ситуация расчетной или нерасчетной, выяснить, каким временем располагают, и спрогнозировать, как эта нештатная ситуация повлияет на выполнение программы полета, и затем выдать рекомендации лицу, принимающему решение (ЛПР), по дальнейшей работе [3].

Далее рассмотрим один из подходов, позволяющий облегчить процесс принятия решения специалистами группы управления.

Модифицированный метод матрицы состояний на основе оценочных функций. Для оценки состояния бортовых систем КА заранее формируется множество рассмотренных состояний, включающих в себя множество штатных состояний и множество нештатных расчетных ситуаций [4]:

$$S_{\text{рассм}} = S_{\text{штат}} \cup S_{\text{н/с-рассм}} = \{S_{\text{рассм}}^j\}.$$

Таким образом $S_{\text{рассм}}^j$ — j -й класс заранее рассмотренных состояний бортовой системы, при $j = [1, 2, \dots, k]$. Для каждого j -го класса $S_{\text{рассм}}^j$ заранее формируется вектор состояния, включающий в себя

вектор единичных параметров $P = \{p_i\}$, которые получены с борта КА, и вектор обобщенных параметров $C = \{c_j\}$, которые вычисляются по значениям параметров, поступивших с борта КА. В данном случае имеем возможность отдельно формировать оценочную функцию параметров для каждого класса как разновидность функции принадлежности параметра к классу состояния [5].

Далее для анализа ситуации и принятия решения получаем вектор текущего состояния бортовой системы, который сравниваем с заранее составленными векторами. По результатам сравнительного анализа, если имеется совпадение, делается вывод, что текущее состояние системы соответствует тому состоянию, с которым совпал полученный вектор. Во всех других случаях делается вывод о нерасчетной нештатной ситуации на борту КА. Отметим некоторые важные аспекты данного подхода.

Теоретически при летно-конструкторских испытаниях КА в контролируемой бортовой системе может возникнуть любая расчетная или нерасчетная нештатная ситуация. Таким образом, потенциальное количество нештатных ситуаций достаточно велико. Для оценки состояния системы на практике количество апостериори определенных классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$, к одному из которых может относиться текущее состояние $S_{\text{тек}}$, должно быть строго ограничено. Поэтому $S_{\text{рассм}}^j \rightarrow \infty$ следует свести в ограниченное число классов состояния системы, из которых необходимо выбрать наиболее критичные, и проводить оценку в первую очередь на основе выбранных состояний. В классы сводят похожие состояния системы. Далее рассмотрим два способа определения «похожих» состояний системы.

При использовании первого подхода предполагаем, что обобщение состояний бортовой системы в классы заключается в близком значении параметров, описывающих состояние исследуемой системы. Например, в один из классов могут входить нештатные ситуации, связанные с повышением давления водорода в водородной магистрали системы кислородообеспечения «Электрон-ВМ». Недостатком такого подхода является то, что в один из классов могут попасть нештатные состояния системы не только разных видов, но и относящиеся к различным узлам и агрегатам системы. Таким образом, при парировании нештатной ситуации группой управления будут применяться различные методики и управляющие воздействия на систему.

При втором подходе нештатные ситуации обобщаются в классы на основе близости расположения их причин в системе. Иными словами, в системе кислородообеспечения в один класс могут входить неисправности, обобщенные признаком «отказ клапана». Недостат-

ком такого подхода является то, что в один класс попадают неисправности с причинами и признаками разной физической природы и, соответственно, разными наборами параметров, полностью описывающих состояние системы.

Для более информативного анализа на практике необходимо применять комбинированный метод, включающий оба подхода, в зависимости от сложившейся нештатной ситуации. При использовании комбинированного метода оператор сталкивается с еще одной проблемой — выбором ограниченного состава классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$, оцениваемых в первую очередь. Принципиально возможных нештатных состояний бортовых систем достаточно много. Из этого следует, что теоретически можно обосновать вероятность образования сотен классов. Однако для каждого класса необходимо проведение большого объема работ. Решениями этой задачи могут послужить: формирование конкретного набора параметров, описывающих класс; определение оценочных функций параметров, характерных для каждого класса; выработка рекомендаций по действиям группы управления в случае нештатной ситуации и т. д. Все это накладывает жесткие ограничения на состав классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$.

В каждом конкретном случае задачу выбора определенного количества классов следует решать с учетом складывающихся обстоятельств. Рассмотрим один из общих подходов к выбору количества классов. Для сложившейся оценки заданной системы предлагается включать в состав рассмотренных классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$ те нештатные ситуации, статистическая вероятность появления которых была существенно больше, чем невключенных ситуаций.

При условии $\{S_{\Sigma}\} = \{S_a\} \cup \{S_b\}$, $P_a \gg P_b$, где $\{S_{\Sigma}\}$ — общее множество всех состояний рассматриваемой системы; $\{S_a\}$ — множество рассмотренных классов состояний $\{S_a\} = \{S_{\text{рассм}}^j\}$; $\{S_b\}$ — дополнение $\{S_a\}$ относительно $\{S_{\Sigma}\}$, т. е. множество классов принципиально возможных состояний, но не вошедших в $\{S_a\}$; P_a — вероятность того, что возникшее в ходе управления полетом состояние $S_{\text{тек}} \in \{S_a\}$; P_b — вероятность того, что возникшее в ходе управления полетом состояние $S_{\text{тек}} \in \{S_b\}$.

Анализ нештатных ситуаций бортовой системы на основе модифицированной матрицы состояний. В процессе системного анализа нештатных ситуаций бортовой системы КА будем рассматривать три варианта принятия решений:

1) состав телеметрических параметров, получаемых с борта, полный и соответствует исходному, который был предусмотрен на этапе построения и выбора классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$. Телеметрическая информация поступает без сбоев и значения телеметрических параметров достоверны;

2) состав телеметрических параметров, получаемых с борта, не полный и не соответствует исходному, который был предусмотрен на этапе построения и выбора классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$. Сбои в процессе получения с борта и обработки телеметрии могут послужить причиной такой ситуации. Кроме того, возможен отказ некоторых бортовых датчиков, информация с которых формировала полный список оцениваемых параметров;

3) состав телеметрических параметров, получаемых с борта, полный и соответствует исходному, который был предусмотрен на этапе построения и выбора классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$. В процессе оценки и принятия решения телеметрическая информация поступает без сбоев и значения телеметрических параметров достоверны, но текущая ситуация $S_{\text{тек}}$ после выполнения процедуры идентификации не может быть отнесена ни к одной из рассмотренных ситуаций.

В первом случае оператор анализирует работу системы после соответствующей обработки телеметрической информации, в распоряжении имеет вектор $R = \{r_k\}$, который в данном случае представляет собой совокупность множества единичных параметров $P = \{p_i\}$, полученных с борта КА, и множества обобщенных параметров $C = \{c_j\}$: $\{r_k\} = \{p_i\} \cup \{c_j\}$.

С помощью вектора $R = \{r_k\}$ для специалиста группы управления описывается текущее состояние оцениваемой системы $S_{\text{тек}}$. В распоряжении специалиста имеется заранее разработанный и описанный состав классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$, включающий в себя ситуации штатного функционирования и рассмотренные нештатные ситуации, возникновение которых возможно в системе. Таким образом, текущее состояние системы должно быть соотнесено с состояниями из классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$.

Оценка осуществляется исходя из правила $S_{\text{тек}} \Rightarrow S_{\text{рассм}}^j \in \{S_{\text{рассм}}^j\}$, если выполняется следующее условие:

$$\sum_{i=1}^{N_j} (r_i^{\text{тек}} \oplus r_i^{\text{рассм}}) = 0 \quad \text{при} \quad r_i^{\text{тек}} \oplus r_i^{\text{рассм}} = \begin{cases} 0, & \text{если } r_i^{\text{тек}} = r_i^{\text{рассм}}; \\ 1, & \text{если } r_i^{\text{тек}} \neq r_i^{\text{рассм}}, \end{cases}$$

где $S_{\text{тек}}$ — текущая ситуация на борту КА; $S_{\text{рассм}}^j$ — j -я рассмотренная ситуация из множества классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$; $r_i^{\text{тек}}$ и $r_i^{\text{рассм}}$ — вектора соответствующих параметров состояний $S_{\text{тек}}$ и $S_{\text{рассм}}^j$; N_j — количество строго определенных параметров, выбираемое для j -й рассмотренной ситуации заранее.

Таким образом, текущее состояние оцениваемой системы идентифицируется как j -я рассмотренная ситуация из множества классов возможных состояний в том случае, если имеется полное попарное совпадение соответствующих параметров, описывающих текущее состояние, и параметров, описывающих j -ю рассмотренную ситуацию.

На практике в частных случаях возможно как загрубление оценки, так и детализация ее. При загрублении ввиду недостаточности получаемой с борта информации и отсутствия косвенных средств контроля текущую ситуацию не удастся идентифицировать как определенную $S_{\text{рассм}}^j$, а возможно только отнесение ее к определенному подмножеству множеств ситуаций:

$$S_{\text{тек}} \Rightarrow \bigcup_{j=1}^M S_{\text{рассм}}^j \subset \{S_{\text{рассм}}^j\}.$$

В ряде случаев можно провести более детальную оценку текущей ситуации и соотнести ее с одной из разновидностей j -й рассмотренной ситуации. Это возможно при использовании, например, косвенных данных, позволяющих уточнить ситуацию:

$$S_{\text{тек}} \Rightarrow S_{\text{рассм}}^{kj} \quad \text{при} \quad S_{\text{рассм}}^j = \bigcup_{k=1}^L S_{\text{рассм}}^{kj} \quad \text{и} \quad S_{\text{рассм}}^j \in \{S_{\text{рассм}}^j\}.$$

Во *втором случае* рассматривается ситуация, при которой количество поступивших с борта КА телеметрических параметров, описывающее текущее состояние $S_{\text{тек}}$, на один меньше требуемого, например не получен $r_q^{\text{тек}}$. Тогда возможна ситуация, при которой для идентификации j -й рассмотренной ситуации $S_{\text{рассм}}^j$ из множества классов состояний $\{S_{\text{рассм}}^j\}$ недостаточно информации. Иными словами,

$$N_{\text{борт}} = N_j - 1 < N_j,$$

где $N_{\text{борт}}$ — количество параметров, описывающих текущую ситуацию; N_j — количество строго определенных параметров, выбираемое для j -й рассмотренной ситуации заранее.

Оценка текущей ситуации как ее идентификация с j -й рассмотренной ситуацией невозможна. В данном случае из подмножества классов состояний, в которых есть параметр r_q , необходимо его удалить. В этом случае возможно образование нового множества рассмотренных ситуаций $\{\tilde{S}_{\text{рассм}}^j\}$. Однако необходимо иметь в виду, что из-за удаления определенного параметра вполне вероятно ухудшение точности распознавания. В некоторых заранее рассмотренных состояниях удаляемый параметр может являться ключевым и тогда возможно либо объединение некоторых классов рассмотренных состояний либо ошибка идентификации. В любом случае $\{\tilde{S}_{\text{рассм}}^j\} \subseteq \{S_{\text{рассм}}^j\}$.

Если не получены множества параметров вместо одного, то все описанные рассуждения и выводы остаются в силе, но ситуация в этом случае может только ухудшиться. Для исключения подобного при получении телеметрии с борта КА необходимо предусматривать избыток поступающей информации, который можно использовать для восстановления отсутствующих параметров, например, по косвенным признакам или после проведения соответствующих вычислений.

В *третьем случае* рассматривается ситуация, при которой выполнение процедуры идентификации не может быть отнесено ни к одной из рассмотренных ситуаций, т. е. $S_{\text{тек}} \notin \{S_{\text{рассм}}^j\}$, поскольку

$$\sum_{i=1}^{N_j} (r_i^{\text{тек}} \oplus r_i^{\text{рассм}}) \neq 0 \text{ при } r_i^{\text{тек}} \oplus r_i^{\text{рассм}} = \begin{cases} 0, & \text{если } r_i^{\text{тек}} = r_i^{\text{рассм}}, \\ 1, & \text{если } r_i^{\text{тек}} \neq r_i^{\text{рассм}}. \end{cases}$$

В этом случае имеется нерасчетная нештатная ситуация на борту КА. Определение согласованного состояния объекта управления специалистами становится более сложной задачей. Однако для того чтобы задать направление возможного анализа ситуации, следует идентифицировать ближайшую рассмотренную к сложившейся ситуации. В этом случае при формировании интерсубъективной текущей ситуации специалисты вполне смогут использовать части онтологий, сформированных для разрешения похожих рассмотренных ситуаций [6]. Поэтому встает задача оценки «близости» текущего состояния объекта управления к одному из рассмотренных.

Постановка задачи выглядит следующим образом. Имеется текущее состояние оцениваемой системы $S_{\text{тек}}$, которое описывается с помощью

вектора параметров $R^{\text{тек}} = \{r_i^{\text{тек}}\}$. Необходимо подобрать такое $S_{\text{рассм}}^j \in \{S_{\text{рассм}}^j\}$, которое описывается параметрами $R_j^{\text{рассм}} = \{r_i^{\text{рассм}}\}$, и чтобы выполнялось условие

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) \rightarrow \min,$$

где $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}})$ — расстояние между точками пространства параметров.

На практике возможен и даже необходим подбор нескольких, ближайших к текущему, рассмотренных состояний объекта управления, поскольку формальный выбор одного ближайшего рассмотренного состояния объекта управления может дать ложное направление поиска состояния [7]. В случае подбора нескольких возможных состояний объекта управления специалисты на основании комплексных данных способны оценить общие признаки сравниваемых состояний. В таком случае условие будет представлено в следующем виде:

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) \leq \Delta,$$

где Δ — наперед заданная величина, которая характеризует множество рассматриваемых состояний, наиболее близких к данному.

Существует несколько подходов к оценке $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}})$. Наиболее простым является вычисление $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}})$ расстояния по Хеммингу, которое определяется так:

$$\begin{aligned} L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) &= |r_1^{\text{тек}} - r_1^{\text{рассм}}| + |r_2^{\text{тек}} - r_2^{\text{рассм}}| + \dots + |r_N^{\text{тек}} - r_N^{\text{рассм}}| = \\ &= \sum_{i=1}^N |r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}|. \end{aligned}$$

Однако необходимо учитывать, что компоненты векторов $R^{\text{тек}} = \{r_i^{\text{тек}}\}$ и $R_j^{\text{рассм}} = \{r_i^{\text{рассм}}\}$ могут иметь разную природу (давление, температура, расход и т. д.), поэтому представляется целесообразным переписать выражение в виде

$$\begin{aligned} L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) &= \left| \frac{r_1^{\text{тек}} - r_1^{\text{рассм}}}{r_1^{\text{рассм}}} \right| + \left| \frac{r_2^{\text{тек}} - r_2^{\text{рассм}}}{r_2^{\text{рассм}}} \right| + \dots + \left| \frac{r_N^{\text{тек}} - r_N^{\text{рассм}}}{r_N^{\text{рассм}}} \right| = \\ &= \sum_{i=1}^N \left| \frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right|. \end{aligned}$$

В некоторых случаях, кроме оценки расстояния всех компонентов, бывает необходимо также провести оценку по максимальному расстоянию. В этом случае используется обобщенная мера расстояний порядка α :

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right)^\alpha \right]^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Тогда при $\alpha = 1$ величина $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}})$ описывается расстоянием Хемминга; при $\alpha = 2$ величина $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}})$ описывается евклидовым расстоянием; при $\alpha \rightarrow \infty$ величина $L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) \Rightarrow \Rightarrow \max_{1 \leq j \leq N} \left| \frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right|$, т. е. оценивается расстояние по наибольшему отклонению.

Иногда бывает целесообразным использовать некоторую степень расстояния

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) = \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right)^\alpha \right]^{\frac{\beta}{\alpha}}.$$

Тогда в случае необходимости, например при $\alpha = 1$ и $\beta = 2$, возможна оценка квадратов расстояний:

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right)^2.$$

В некоторых ситуациях параметры, описывающие состояние объекта управления, нельзя считать одинаково значимыми для оценки, т. е. пространство параметров является анизотропным с точки зрения значимости параметров. Учет свойств анизотропного пространства параметров может быть проведен, например, с помощью ввода весовых коэффициентов, которые характеризуют значимость того или иного параметра в ходе оценки состояния.

Так, весовые коэффициенты представляют собой вектор $w = [w_1, w_2, \dots, w_N]$, с помощью компонентов которого учитывается значимость соответствующих параметров $r = [r_1, r_2, \dots, r_N]$. Как правило, для оценки значимости используется относительный, поэтому для весовых коэффициентов можно использовать условие нормирования, например в виде

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \text{ или } \prod_{i=1}^N w_i = 1,$$

тогда меру расстояния, характеризующую близость текущей ситуации к одной из рассмотренных с учетом неравноценности параметров, можно записать как

$$L(R^{\text{тек}}, R_j^{\text{рассм}}) = \left[\sum_{i=1}^N \left(w_i \times \left| \frac{r_i^{\text{тек}} - r_i^{\text{рассм}}}{r_i^{\text{рассм}}} \right| \right)^\alpha \right]^{\frac{\beta}{\alpha}}.$$

Таким образом, рассмотренные выше варианты развития нештатной ситуации на борту космического аппарата удовлетворяют требованиям детального анализа, который проводит оператор группы управления.

Заключение. Оценивая полученные результаты работы, можно отметить следующее. Для решения задач оперативного управления полетом российского сегмента МКС в целях повышения эффективности процесса принятия решений в нештатных ситуациях рациональная автоматизация анализа телеметрической информации на основе модифицированной матрицы состояний с применением оценочных функций позволяет во многом облегчить процесс парирования нештатных ситуаций специалистам группы оперативного управления в напряженных условиях ограниченного временного интервала.

Ввиду универсальности данного алгоритма он может быть интегрирован в специализированные системы поддержки принятия решений (АСППР) и, являясь важной компонентой в процессе повышения безопасности управления, предоставлять в распоряжение специалистов главной оперативной группы управления набор различных средств для эффективной работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Соловьёв В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. *Управление космическими полётами*. В двух частях. Ч. 2. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009, 426 с.
- [2] Глазов Б.И. *Автоматизированное управление в больших кибернетических системах*. Изд. 2-е, доп. и перераб. Москва, МО СССР, 1981.
- [3] Бетанов В.В., Демидов А.С., Ступак Г.Г. и др. *Теоретические основы построения автоматизированной системы организационно-технического управления космическими средствами*. А.Г. Янчик, ред. Москва, ВА РВСН, 2002.
- [4] Кравец В.Г. *Автоматизированные системы управления космическими полётами*. Москва, Машиностроение, 1995.

- [5] Матюшин М.М., Саркисян Х.В. Построение оценочной функции для поддержки принятия оперативных решений при контроле параметров состояния космического аппарата. *Наука и образование: электронное научно-техническое издание*, 2011, № 4. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/174749.html>
- [6] Матюшин М.М. Использование элементов теории интерсубъективного управления для описания процессов функционирования АСУ пилотируемых космических аппаратов. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XV международной конференции*. Самара, Самарский научный центр РАН, 2013, с. 274–286.
- [7] Ларичев О.И. *Объективные модели и субъективные решения*. Москва, Наука, 1987.

Статья поступила в редакцию 27.01.2016

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Рожнов И.А. Разработка модифицированного метода анализа нештатных ситуаций для оперативного принятия решений по управлению космическим аппаратом. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2016, вып. 4.
<http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2016-04-1482>

Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на XL Академических чтениях по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства, Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 26–29 января 2016 г.

Рожнов Иван Алексеевич родился в 1986 г., окончил МГУЛ в 2009 г. Ведущий инженер ОАО «РКК «Энергия». e-mail: irozhnov86@gmail.com

Development of a modified method of the emergency situation analysis for operational solving of spacecraft control problems

© I.A. Rozhnov

S.P. Korolev Rocket And Space Public Corporation Energia, Korolev town,
Moscow Region, 141070, Russia

The article considers an approach to the automated analysis algorithm modification on the basis of the state matrices. To assess the condition of the onboard spacecraft systems it is proposed to form previously a multitude of considered classes. Since the potential number of emergency situations is large enough, the restricting parameters are selected. The systems with the highest probability of failure are analyzed; it is proposed to restrict the classes depending on the control operation crew activity, to form an estimator for a particular class. This formulation of the problem allows improving the efficiency of operational control, and the flexibility of the action algorithm allows analyzing the operation of almost all permanent onboard systems and spacecraft dynamic processes.

Keywords: spacecraft, automated control, decision theory, operational flight control, emergency situation, automated data analysis.

REFERENCES

- [1] Solovyev V.A., Lysenko K.N., Lubinskiy V.E. *Upravlenie kosmicheskimi poletami* [Space Flight Control]. In two parts. Part 2. Moscow, BMSTU Publ., 2009, 426 p.
- [2] Glazov B.I. *Avtomatizirovannoe upravlenie v bolshikh kiberneticheskikh sistemakh* [Automated Control in Large Cybernetic Systems]. Moscow, MO USSR Publ., 1981.
- [3] Betanov V.V., Demidov A.S., Stupak G.G., et al. *Teoreticheskie osnovy postroyeniya avtomatizirovannoy sistemy organizatsionno-tekhnicheskogo upravleniya kosmicheskimi sredstvami* [Principal Theory of Constructing the Automated System of Space Facility Management and Control]. Yanchik A.G., ed. Moscow, Military Academy RVSU Publ., 2002.
- [4] Kravets V.G. *Avtomatizirovannye sistemy upravleniya kosmicheskimi poletami* [Automated Space Flight Control Systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1995.
- [5] Matushin M.M., Sarkisyan Kh.V. *Nauka i obrazovanie: elektronnyy nauchno-tekhnicheskij zhurnal — Science and Education: Electronic Scientific and Technical Journal*, 2011, no. 4. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/174749.html>
- [6] Matushin M.M. *Ispolzovanie elementov teorii intersub'yektivnogo upravleniya dlya opisaniya protsessov funktsionirovaniya ASU pilotiruemykh kosmicheskikh apparatov* [Using the elements of intersubjective control theory to describe the functioning of the automatic control system of manned spacecraft]. *Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh. Trudy XV mezhdunarodnoy konferentsii* [Problems of control and simulation in complex systems. Proceedings of the XV International Conference]. Samara, Samara Research Centre RAS, 2013, pp. 274–286.
- [7] Larichev O.I. *Obyektivnye modeli i sub'yektivnye resheniya* [Objective models and subjective solutions]. Moscow, Nauka Publ., 1987.

Rozhnov I.A. (b. 1986) graduated from Moscow State Forest University in 1986. Lead engineer at “S.P. Korolev Rocket And Space Public Corporation Energia”.
e-mail: irozhnov86@gmail.com