

И.В. СОЛОВЬЕВА
**МОДЕЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОРРЕКЦИИ ПЛАНОВ
РАБОТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Соловьева И.В. Модельно-алгоритмическое обеспечение решения задачи коррекции планов работы информационной системы наземно-космического мониторинга.

Аннотация. В статье рассматривается задача коррекции планов работы информационной системы наземно-космического мониторинга с учетом текущей информации, приводится обобщенный алгоритм программно-позиционного управления и результаты его работы на численном примере.

Ключевые слова: программные управления, позиционные управления, информационная система наземно-космического мониторинга.

Solovyeva I.V. Model-algorithmic aids to plan operation correction of ground based space monitoring information system.

Abstract. The plan operation correction problem of ground based space monitoring information system is considered in this paper. The generalized algorithm of the positional control construction is proposed and illustrated on the numerical example.

Keywords: program control, position control, information system of ground based space monitoring.

1. Введение. В настоящее время орбитальные системы управления навигационными космическими аппаратами (НКА) и наземными техническими средствами, входящими в состав наземного комплекса управления (НКУ), используются для обеспечения потребителей (объектов обслуживания (ОО)) навигационной информацией. Они имеют пространственно распределенную структуру, при которой в зоне взаимодействия каждого ОО на фиксированном интервале времени находится заданное число НКА. Их модели могут содержать несколько подмоделей различных классов, описывающих пространственно-временные, технические и технологические особенности и ограничения.

В работах [1, 2] предложена динамическая модель, используемая для планирования работы основных элементов автоматизированной системы управления (АСУ) НКА и НКУ. Решение задачи оптимального программного управления позволяет определить план работы системы, далее в процессе ее работы при наличии ограниченных возмущающих воздействий рассматривается задача

коррекции уже сформированных планов. Ранее в работе [4] была приведена постановка задачи коррекции планов работы системы с учетом информации о ее состоянии, поступающей в заданные дискретные моменты времени. В данной статье при решении этой задачи предлагается использовать технологию построения позиционных управлений (корректировки планов работы) в классе дискретных кусочно-постоянных ограниченных функций с использованием известных математических методов решения вспомогательных (сопровождающих) задач оптимального управления и адаптивных методов решения задач линейного программирования (ЛП) [6–8].

2. Описание модели информационной системы наземно-космического мониторинга. В работах [1, 2] динамическая модель АСУ КА и НКУ включает модель программного управления операциями взаимодействия и каналами и модель программного управления информационными потоками. В рамках данной статьи рассмотрим более подробно вопросы планирования и корректировки планов работы информационной системы (ИС) наземно-космического мониторинга (НКМ), организационно входящей в состав АСУ КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Обозначим $A = \{A_i; i = 1, \dots, n\}$ – множество КА, входящих в состав орбитальной системы, $B = \{B_j; j = 1, \dots, m\}$ – множество пунктов управления и пунктов обслуживания (ПО), $C^j = \{C_\lambda^j; \lambda = 1, \dots, l_j\}$ – множество средств наземного комплекса управления (множество каналов), $D = \{D_k^i; k = 1, \dots, S_i\}$ – множество операций взаимодействия (операции обработки, приемки и передачи информации) ПО B_j КА A_i , $P = \{P_\rho^i; \rho = 1, \dots, \Pi_i\}$ – множество потоков информации.

Рассмотрим данную модель в общем виде:

$$M = \begin{cases} \mathbf{u}(t) \mid \dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \\ h_0(\mathbf{x}(t_0)) \leq 0, h_1(\mathbf{x}(t_f)) \leq 0 \\ q^{(1)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = 0, q^{(2)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

В выражении (1) и далее по тексту, где это не мешает восприятию смысла, мы не будем указывать зависимость функций \mathbf{x} , \mathbf{u} , \mathbf{y} , \mathbf{w} от t , чтобы не загромождать формулы. Здесь $\mathbf{x} = (\mathbf{x}^{(o)T}, \mathbf{x}^{(k)T}, \mathbf{x}^{(p)T})$, $\mathbf{x}^{(o)}$ – характеризуют текущий объем информации, полученной, переданной, обработанной с КА A_i в ходе выполнения D_k^i по каналу C_λ^j с B_j в момент времени t , суммарную длительность использования всех технических средств на B_j и состояние вспомо-

гательных операций. Вектор соответствующих управляющих воздействий обозначен $\mathbf{u} = (\mathbf{u}^{(o)T}, \mathbf{u}^{(k)T}, \mathbf{u}^{(p)T})^T$. С помощью h_0, h_1 заданы краевые условия в моменты времени t_0, t_f ; $q^{(1)}, q^{(2)}$ — ограничения, накладываемые на процесс функционирования системы; $J = (J^{(o)T}, J^{(k)T}, J^{(p)T})^T$ — система показателей качества работы наземных технических средств и программного управления потоками.

В работах [2, 3] показано, что задача планирования работы ИС НКМ, сформулированная как задача программного управления соответствующим комплексом целевых и обеспечивающих процессов, может быть преобразована в краевую двухточечную задачу и решена с использованием метода Крылова-Черноусько. При этом было предложено вместо исходного класса допустимых управлений $U = \{\mathbf{u}(t) \mid \text{компоненты } \mathbf{u}^{(o)}(t) \in \{0, 1\}; \mathbf{u}^{(k)}(t) \in [\underline{\mathbf{u}}^{(k)}, \overline{\mathbf{u}}^{(k)}]; \mathbf{u}^{(p)}(t) \in [\underline{\mathbf{u}}^{(p)}, \overline{\mathbf{u}}^{(p)}]; q^{(1)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = 0, q^{(2)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \leq 0\}$ использовать расширенный класс управлений $U_p = \{\mathbf{u}(t) \mid \text{компоненты } \mathbf{u}^{(o)}(t) \in [0, 1]; \mathbf{u}^{(k)}(t) \in [\underline{\mathbf{u}}^{(k)}, \overline{\mathbf{u}}^{(k)}]; \mathbf{u}^{(p)}(t) \in [\underline{\mathbf{u}}^{(p)}, \overline{\mathbf{u}}^{(p)}]; q^{(1)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = 0, q^{(2)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \leq 0\}$.

Обозначим $(\mathbf{u}_{pr}(t), \mathbf{x}_{pr}(t))$ программное управление и соответствующую фазовую траекторию, определенные на этапе планирования.

3. Корректировка планов работы ИС НКМ. Будем считать, что в реальных условиях при работе информационной системы внешние воздействия, которые могут реализоваться, представимы в виде кусочно непрерывной ограниченной функции, а в моменты времени $t_\sigma \in [t_0, t_f]$ измеряется её текущее состояние $\tilde{\mathbf{x}}(t)$ (состояние системы в модели (1)) в виде вектора \mathbf{x}_σ . Рассмотрим задачу коррекции планов работы СУ [4]: построить управления $\tilde{\mathbf{u}}(t)$ (на основе корректировки программного управления $\mathbf{u}_{pr}(t)$) в процессе реализации плана работы СУ на $[t_0, t_f]$, удовлетворяющее ограничениям и краевым условиям модели (1), компенсирующее ограниченные внешние воздействия (возмущения) и обеспечивающее минимальное значение показателя качества $\tilde{J} = \int_{t_0}^{t_f} |\tilde{\mathbf{x}}(t) - \mathbf{x}_{pr}(t)| dt \rightarrow \min$.

План работы $(\mathbf{u}_{pr}(t), \mathbf{x}_{pr}(t))$ был получен при решении задачи программного управления для M с J , поскольку \tilde{J} оценивает отклонения состояний системы от программной траектории, то в ра-

боте [5] предложено ввести агрегированные операции $D^i = \bigcup_{k=1}^{S_i} D_k^i$,

и вместе с моделью M рассматривать агрегированную модель \widetilde{M} . В ней $\dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t, \xi(t))$ и нет нелинейных логических ограничений, определяющих детально технологию функционирования СУ.

Введем векторы $\mathbf{y}(t) = \widetilde{\mathbf{x}}(t) - \mathbf{x}_{pr}(t)$, $\mathbf{w}(t) = \widetilde{\mathbf{u}}(t) - \mathbf{u}_{pr}(t)$ и запишем уравнения модели \widetilde{M} в новых переменных:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{S_i} \dot{y}_{ik}^{(o)} &= \sum_{k=1}^{S_i} \sum_{j=1}^m \varepsilon_{ij}(t) \theta_{ikj}(t) w_{ikj}^{(o)}(t) + \xi_{ik}^{(o)}(t), \quad i = \overline{1, n}, \\ \dot{y}_i^{(k)} &= \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} w_{ikj}^{(o)}(t) + \xi_i^{(k)}(t), \\ \dot{y}^{(p)} &= \mathbf{w}^{(p)}(t) + \xi^{(p)}(t), \quad j = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь $\varepsilon_{ij}(t)$, $\theta_{ikj}(t)$ – известные булевы функции времени, $\varepsilon_{ij}(t)$ задает пространственно-временные ограничения: $\varepsilon_{ij}(t) = 1$, если A_i попал в зону взаимодействия B_j , $\varepsilon_{ij}(t) = 0$ иначе; $\theta_{ikj}(t)$ характеризует технические возможности реализации операций взаимодействия: $\theta_{ikj}(t) = 1$, если на A_i и B_j есть свободный канал для выполнения операции взаимодействия D_k^i , $\theta_{ikj}(t) = 0$ иначе.

Для компонент вектора управления $w^{(o)}(t)$ выполняется:

$$w_{ikj}^{(o)}(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } u_{ikj_{pr}}^{(o)}(t) = 0 \text{ и на } A_i \text{ } D_{ikj}^i \text{ выполняется с} \\ & \text{использованием } B_j, \\ -1, & \text{если } u_{ikj_{pr}}^{(o,1)}(t) = 1 \text{ и при корректировке оно} \\ & \text{отменяется,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

В неравенствах, которые задают ограничения на управляющие воздействия $\mathbf{w}(t)$ в модели \widetilde{M} , присутствуют как компоненты век-

тора $w^{(o)}(t)$, так и $w^{(p)}(t)$. Например, некоторые из них имеют вид:

$$\begin{aligned}
 -\sum_{j=1}^m u_{ikj_{pr}}^{(o)} &\leq \sum_{j=1}^m w_{ikj}^{(o)} \leq 1 - \sum_{j=1}^m u_{ikj_{pr}}^{(o)}, \quad \forall i = \overline{1, n}, \forall k = \overline{1, S_i}, \\
 -\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(o)} &\leq \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} w_{ikj}^{(o)} \leq R_j^{(o)} - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(o)}, \quad \forall j = \overline{1, m}, \\
 -\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(p)} &\leq \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} w_{ikj}^{(p)} \leq R_j^{(p)} - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(p)}, \quad \forall j = \overline{1, m},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -u_{ikj_{pr}}^{(p)}(t) &\leq w_{ikj}^{(p)}(t), \\
 w_{ikj}^{(p)}(t) - C_{ikj}^{(p)} w_{ikj}^{(o)}(t) &\leq C_{ikj}^{(p)} u_{ikj_{pr}}^{(o)}(t) - u_{ikj_{pr}}^{(p)}(t), \quad (3)
 \end{aligned}$$

где заданные константы $R_j^{(o)}$ — характеризуют пропускную способность (производительность) объектов (ресурсов) B_j , а величины $R_j^{(p)}$ — максимальную интенсивность обработки информации на B_j и максимальную пропускную способность каналов связи, $C_{ikj}^{(p)}$ — максимально возможное значение интенсивности обработки $u_{ikj}^{(p)}(t)$ информации.

В задаче корректировки плана, как и в задаче планирования работы системы, будем искать управления $\tilde{\mathbf{u}}^{(o)}(t)$ в расширенном классе допустимых управлений: $\tilde{U}_p = \{\tilde{\mathbf{u}}(t) \mid \text{компоненты } \tilde{u}^{(o)}(t) \in [0, 1]; \tilde{\mathbf{u}}^{(k)}(t) \in [\underline{\tilde{\mathbf{u}}}^{(k)}, \tilde{\mathbf{u}}^{(k)}]; \tilde{\mathbf{u}}^{(p)}(t) \in [\underline{\tilde{\mathbf{u}}}^{(p)}, \tilde{\mathbf{u}}^{(p)}]; \tilde{q}^{(1)}(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{u}}) = 0, \tilde{q}^{(2)}(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{u}}) \leq 0\}$, где $\tilde{q}^{(1)}, \tilde{q}^{(2)}$ — ограничения в модели M .

Рассмотрим интервал времени, на котором была ранее решена задача программного управления $[t_0, t_f]$, $t_0 < t_f < +\infty$, зададим шаг дискретности $h = (t_f - t_0)/L$, где L — целое число и обозначим $T_0 = [t_0, t_0 + h, \dots, t_f]$, $T_\tau = [\tau, \tau + h, \dots, t_f]$. Определим функцию $\mathbf{w}(t)$, $t \in [t_0, t_f]$, как дискретное управление $\mathbf{w}(t) = \mathbf{w}(t_0 + lh)$ при $t \in [t_0 + lh, t_0 + (l+1)h)$, $l = \overline{0, L-1}$. Следуя работе [8] обозначим оптимальное управление $\mathbf{w}^0(t)$ и соответствующую траекторию $\mathbf{x}^0(t)$ в модели \tilde{M} , которые являются допустимыми, то есть они удовлетворяют ограничениям задачи (3) и критерий качества

\tilde{J} вдоль них достигает минимального значения. Рассмотрим семейство задач оптимального управления для системы (2) с ограничениями (3) на управления $\mathbf{w}(t)$ и $\tilde{\mathbf{u}}(t) \in \tilde{U}_p$ и заданными условиями $\mathbf{y}(\tau) = \mathbf{z}$, $\mathbf{y}(t_f) = 0$, на множестве $t \in T_\tau$, с функционалом \tilde{J} . Рассматриваемое семейство зависит от параметра $\tau \in T_\tau$ и вектора \mathbf{z} . Обозначим $\mathbf{w}(\tau | \tau, \mathbf{z})$ - оптимальное программное управление $\mathbf{w}^0(t)$ для позиции (τ, \mathbf{z}) (позиционное решение), $Y(\tau)$ - множество всех возможных начальных состояний $\mathbf{z} = \mathbf{y}(\tau)$, для которых задача имеет решение при фиксированном τ , $\mathbf{z} = \mathbf{y}(\tau)$, $\mathbf{y}(\tau) \in Y(\tau)$, $t \in T(\tau) = [\tau, t_f]$.

Для решения рассматриваемой задачи может быть использован метод оптимизации нестационарных многомерных систем с полиэдральными ограничениями, предложенный в работе [8], поскольку матрица системы (2) в \tilde{M} нестационарная (вид функций $\varepsilon_{ij}(t)$, $\theta_{ikj}(t)$ приведен в работе [2]) и в модели присутствуют интервальные линейные ограничения на управления $\mathbf{w}(t)$. Следуя [8], компоненты вектора управлений $\mathbf{w}(t)$ будем определять последовательно, путем формирования и решения вспомогательных задач оптимального управления с новыми начальными условиями $\mathbf{y}(\tau = t_\sigma) = \mathbf{y}_\sigma$, в соответствующие моменты времени $\tau = t_\sigma$.

4. Алгоритм программно-позиционного управления информационно-коммуникационной системой (ИКС) НКМ. На первом этапе осуществляется поиск программного управления (плана функционирования) ИС, соответствующей фазовой траектории ($\mathbf{u}_{pr}(t)$, $\mathbf{x}_{pr}(t)$) и приоритетов операций, определяющих последовательность их выполнения.

На втором этапе реализации предлагаемого алгоритма (этапе коррекции плана в случае возникновения отклонений от плановой траектории) осуществляется

1. введение агрегированных операций и преобразование модели $M(1)$ в \tilde{M} ,
2. построение системы (2), с ограничениями (3) и нового функционала,
3. построение вспомогательной (сопровождающей) задачи оптимального программного управления с новыми начальными условиями $(t_\sigma, \mathbf{x}_\sigma)$,

4. реализация процедуры синтеза управления – в классе дискретных управлений $\mathbf{w}(t) = \mathbf{w}(t_0 + lh)$, при $t \in [t_0 + lh, t_0 + (l + 1)h)$, $l = \overline{0, L - 1}$, сведение вспомогательной (сопровождающей) задачи оптимального программного управления к задаче ЛП и ее решение на множестве $T_\tau = [\tau, \tau + h, \dots, t_f]$ при $\tau = t_\sigma$,
5. использование корректирующего управления на интервале времени до следующего поступления информации о состоянии системы $(t_{\sigma+1}, \mathbf{x}_{\sigma+1})$.

Отметим, что вспомогательная задача оптимального управления формируется в каждый момент поступления информации о текущем состоянии системы, и решается на всем оставшемся интервале времени, поэтому на каждой итерации с уменьшением временного интервала размерность матрицы ограничений последовательно уменьшается. На интервале между измерениями используется лишь часть компонент вектора управлений, а остальные значения могут быть использованы в качестве начальных приближений при решении вспомогательной задачи на следующей итерации.

На пятом этапе алгоритма дополнительно нужно учитывать, что некоторые компоненты вектора управлений могут принимать только булевы значения, поэтому и вспомогательная задача ЛП является целочисленной по части переменных. При большом количестве переменных, принимающих целые значения, методы частично-целочисленного программирования работают значительно дольше, чем методы ЛП. Поэтому при реализации алгоритма для решения вспомогательных задач предлагается использовать методы ЛП и последовательно, в соответствии с величиной приоритета операции, значения управлений округлять до целочисленных, с учетом выполнения всех ограничений модели и ранее сформированного (на этапе планирования) программного управления.

Пространственно-временные и технические ограничения, действующие в каждый момент времени и увеличение числа временных интервалов при сведении вспомогательной задачи оптимального управления к задаче линейного программирования приводит к увеличению, как числа строк, так и числа столбцов соответствующей матрицы линейных ограничений системы. Поэтому могут быть использованы специальные методы ЛП [6], [8]. В качестве альтернативы, для определения управления $\mathbf{w}(t)$ вспомогательная

задача оптимального программного управления может быть сведена не только к задаче ЛП, но и к задаче квадратичного программирования, в зависимости от выбранного показателя качества.

5. Пример. Рассмотрим работу данного алгоритма на системе, в которой параметры: $n = 5$, $m = 3$, и 7 вспомогательных операций, $t_0 = 0$, $t_f = 5$, $L = 5$, внешнее воздействие $|\xi| \leq 1.5$ влияет на интенсивность обработки и передачи объемов информации в каждый момент времени. Ограничения для компонент векторов $0 \leq u_{ikj}^{(o)} \leq 1$, $0 \leq u_{ikj}^{(p)} \leq 5$.

Параметры $S_i = 2$, $R_j^{(p)} = 5$, $R_j^{(o)} = 2$, $C_{ikj}^{(p)}$ принимают значения от 10 до 14. В результате работы алгоритма новое управление не меняет последовательность выполнения операций $\mathbf{u}_{pr}^{(o)} = \tilde{\mathbf{u}}^{(o)}$, но изменяет интенсивность передачи информации $\mathbf{u}_{pr}^{(p)}$. Значения $\mathbf{u}_{pr}^{(p)}(t)$ и $\tilde{\mathbf{u}}^{(p)}(t)$ представлены на рисунках 1 и 2.

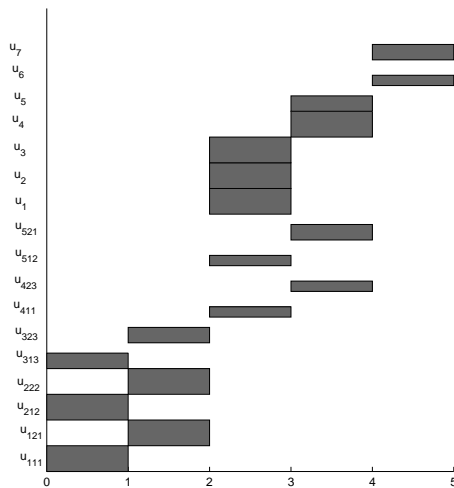


Рис. 1. Исходный план работы системы.

Значение функционала системы при условии действующих на нее возмущений, замкнутой \mathbf{u}_{pr} равно $\tilde{J} = 39.8$ при этом не выполняются все ограничения; управление $\tilde{\mathbf{u}}$ обеспечивает выполнение ограничений и значение функционала равно $\tilde{J} = 35.5$.

6. Заключение. Использование комбинации моделей при построении программных управлений на первом этапе и позиционных управлений – на втором, учет их взаимодействия на конструк-

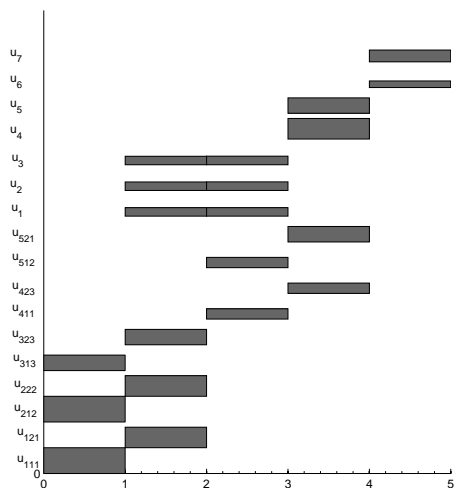


Рис. 2. Скорректированный план работы системы.

тивном уровне и взаимосвязи их параметров является основной особенностью рассматриваемого подхода. В статье предложен алгоритм программно – позиционного управления работы ИС НКМ, который включает в себя два основных этапа: первый – планирование работы ИС и второй – корректирование планов работы с учетом поступающей информации и представлены результаты его работы для числового примера.

Литература

1. *Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Комплексное моделирование функционирования автоматизированной системы управления навигационными космическими аппаратами // Проблемы управления и информатики. 2002. №5. 103–117 с.
2. *Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.* Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
3. *Потрясаев С.А.* Динамическая модель и алгоритмы комплексного планирования операций и распределения ресурсов в корпоративной

информационной системе: Дисс. . . канд. техн. наук. по спец. 05.13.01 — сист. ан. синт. и обр. инф. СПб., 2009. 159 с. (СПИИРАН)

4. *Соловьёва И.В., Семенов О.И., Соколов Б.В.* Постановка задачи коррекции планов работы корпоративной информационной системы с использованием метода позиционной оптимизации // Изв. высш. учебн. заведений: Приборостроение. 2010. №11. 67–73 с.
5. *Соловьёва И.В., Соколов Б.В.* Алгоритм коррекции планов работы корпоративной информационной системы на основе метода позиционной оптимизации. // Труды СПИИРАН. 2012. №1(20). 153–164 с.
6. *Балашевич Н.В., Габасов Р.Ф., Кириллова Ф.М.* Численные методы программной и позиционной оптимизации линейных систем управления // Журн. вычисл. математики и мат. физики. 2000. Т. 40. №6. 838–859 с.
7. *Габасов Р.Ф., Ружижская Е.А.* Стабилизация систем с обеспечением дополнительных свойств переходных процессов // Кибернетика и системный анализ. 2001. №3. 139–151 с.
8. *Габасов Р.Ф., Дмитриук Н.М., Кириллова Ф.М.* Численные методы оптимизации нестационарных многомерных систем с полиэдральными ограничениями // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2005. Т. 45. №4. 617–636 с.

Соловьёва Инна Владимировна — к.ф.-м.н.; доцент факультета Прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета, н.с. лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, СПИИРАН. Область научных интересов: теория оптимального управления. Число научных публикаций — 12. isolovyeva@mail.ru; СПбГУ ПМПУ, Университетский пр., д. 35, Петергоф, г. Санкт-Петербург, 198504, РФ.

Solovyeva Inna Vladimirovna — Cand. of Ph. and Math. Sci.; associate professor of Faculty of Applied Mathematics and Control Processes, St. Petersburg State University; scientist of Information Technologies in Systems Analysis and Modeling Laboratory, SPIIRAS. Research interests: optimal control theory. Number of publications — 12. isolovyeva@mail.ru; SPbU, Universitetskii prospekt 35, Peterhof, Saint-Petersburg, 198504, Russia.

Поддержка исследований. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант №11-08-00767-а и программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.11).

Статья поступила в редакцию 30.04.2013.

РЕФЕРАТ

Соловьева И.В. Модельно-алгоритмическое обеспечение решения задачи коррекции планов работы информационной системы наземно-космического мониторинга.

В данной статье рассматривается модель автоматизированной системы управления навигационными космическими аппаратами и наземными техническими средствами (комплексом управления), используемой для обеспечения потребителей навигационной информацией. Особый интерес представляют вопросы связанные с работой системы при наличии внешних воздействий. Предполагая, что в определенные моменты времени поступает информация о состоянии системы, рассмотрим задачу коррекции уже сформированного плана работы основных элементов автоматизированной системы управления, определенного ранее при решении задачи оптимального программного управления. В данной работе при решении этой задачи предлагается использовать технологию построения позиционных управлений (корректировки планов работы) в классе дискретных кусочно-постоянных ограниченных функций с использованием известных математических методов решения вспомогательных (сопровождающих) задач оптимального управления.

Использование комбинации моделей при построении программных управлений на первом этапе и позиционных управлений – на втором, учет их взаимодействия на конструктивном уровне и взаимосвязи их параметров является основными особенностями рассматриваемого подхода. В статье предложен алгоритм программно – позиционного управления работы информационной системы наземно-космического мониторинга, который включает в себя два основных этапа: первый – планирование работы информационной системы и второй – корректирование планов работы с учетом поступающей информации, обсуждаются особенности его работы и представлены результаты его работы для числового примера.

SUMMARY

Solovyeva I. V. **Model-algorithmic aids to plan operation correction of ground based space monitoring information system.**

In this paper the model of automated management information system of unmanned spacecraft and ground technical equipment providing consumers of navigational information considered. System operation in response to external actions is of special interest. Assuming operations plan is defined as the optimal program control problem solution. On the supposition of obtaining the information about the system condition in certain time intervals the problem of operations plan correction is considered. For solving this problem position control can be constructed in the class of discrete piecewise constant functions using position optimization method which is based on well-known mathematical methods of optimal control problems and linear programming.

Implementation of models combination for construction the program and position controls and the interaction of considered models on the construction level and interrelation of its parameters are main peculiarities of this approach. In the paper the algorithm of program-position control of automated management information system is suggested. It includes 2 main stages: the first — scheduling and the second — operations plan correction. Results of its realization are demonstrated on the numerical example.