

И.В. СОЛОВЬЕВА, Б.В. СОКОЛОВ  
**АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ ПЛАНОВ РАБОТЫ  
КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПОЗИЦИОННОЙ  
ОПТИМИЗАЦИИ**

---

*Соловьева И.В., Соколов Б.В. Алгоритм коррекции планов работы корпоративной информационной системы на основе метода позиционной оптимизации.*

**Аннотация.** В статье рассматривается обобщенная динамическая модель управления корпоративной информационной системой (КИС), предлагается для коррекции планов ее работы использовать позиционные управления, построенные с использованием метода позиционной оптимизации, приводится обобщенный алгоритм программно-позиционного управления КИС.

**Ключевые слова:** динамические модели программного управления, позиционные управления, метод позиционной оптимизации, корпоративная информационная система.

*Solovyeva I.V., Sokolov B.V. Algorithm of plan operation correction of corporate information system based on the position optimization method.*

**Abstract.** The generalized dynamic model of the control of corporate information system is considered. The scheme and the generalized algorithm of the positional control construction using the position optimization method are proposed.

**Keywords:** dynamic model of program control, position control, position optimization method, corporate information system.

---

**1. Введение.** В задачах оперативного (календарного) планирования для различных систем управления активными подвижными объектами (АПО), к числу которых можно отнести: космические средства, транспортные средства воздушного, наземного, водного базирования, обеспечивающие интермодальные перевозки в цепях поставок, аппаратно-программные средства, входящие в состав современных «виртуальных предприятий», может быть использована обобщенная динамическая модель управления корпоративной информационной системой (КИС), ранее описанная в работах [1–3]. Она содержит несколько подмоделей, описывающих свойства и особенности функционирования АПО с учетом пространственно-временных, технических и технологических ограничений. Традиционно при планировании работы КИС решаются задачи оптимального программного управления.

Однако, на этапе реализации указанных управлений из-за наличия возмущающих воздействий приходится проводить коррекцию уже сформированных планов.

Ранее в работе [4] была приведена постановка задачи коррекции планов работы КИС с учетом информации о ее состоянии, поступающей в заданные дискретные моменты времени. Предполагалось, что периодичность и состав полученной информации в указанные моменты времени определялись в зависимости от технических или технологических особенностей функционирования рассматриваемой информационной системы. В данной статье при решении задачи коррекции плана работы КИС предлагается использовать технологию построения управлений (корректировки планов работы КИС) в классе дискретных кусочно-постоянных ограниченных функций. Для рассматриваемой модели управления могут быть определены по методу позиционной оптимизации [5–8]. Данный метод может использоваться для линейных и нелинейных систем, а также для систем, на которые действуют ограниченные возмущения. В его основу положены известные математические методы решения вспомогательных (сопровождающих) задач оптимального управления и адаптивные методы решения задач линейного программирования (ЛП) [5–8].

**2. Описание модели.** В работах [1–3] обобщенная динамическая модель программного управления (планирования работы) КИС включает модель программного управления операциями, выполняемыми в КИС, модель программного управления ее ресурсами и модель программного управления информационными потоками в КИС. Обозначим  $A = \{A_i; i = 1, \dots, n\}$  – множество целевых и обеспечивающих процессов;  $B = \{B_j; j = 1, \dots, m\}$  – множество объектов (подсистем, элементов), входящих в КИС;  $D = \{D_k^i; k = 1, \dots, S_i\}$  – множество операций, входящих в состав целевых и обеспечивающих процессов;  $P = \{P_\rho^i; \rho = 1, \dots, P_i\}$  – множество потоков, образующихся при функционировании КИС;  $K = \{K_\nu \cup \tilde{K}_\mu; \nu = 1, \dots, \omega, \mu = 1, \dots, \varpi\}$  – множество центров обработки информации (ЦОИ);  $E = \{D_{\nu\mu}^{\tilde{i}}; \tilde{i} = 1, \dots, \tilde{n}, \nu = 1, \dots, \omega, \mu = 1, \dots, \varpi, \nu \neq \mu\}$  – множество вспомогательных процессов, связанных с синхронизацией информации между основными ЦОИ (ОЦОИ) и резервными ЦОИ (РЦОИ)  $\tilde{K}_\mu$ . Рассмотрим

данную модель в общем виде:

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

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  $\mathbf{x} = (\mathbf{x}^{(o)T}, \mathbf{x}^{(k)T}, \mathbf{x}^{(p)T})^T$ ,  $\mathbf{x}^{(o)} = (\mathbf{x}^{(o,1)}, \mathbf{x}^{(o,2)}, \mathbf{x}^{(o,3)})$ , переменная  $x_{ik}^{(o,1)}$  – характеризует состояние выполнения операции  $D_k^i$  при реализации процесса  $A_i$ ,  $x_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(o,2)}$  – характеризует состояние выполнения вспомогательного процесса  $D_{\nu\mu}^{\tilde{i}}$ , в ходе выполнения которого должна осуществляться передача информации типа  $\rho$  из ОЦОИ  $K_\nu$  в РЦОИ  $K_\mu$ ,  $x_i^{(o,3)}$  – характеризует состояние вспомогательной операции;  $\mathbf{x}^{(p)} = (\mathbf{x}^{(p,1)}, \mathbf{x}^{(p,2)})$ , переменная  $x_{ikj}^{(p,1)}$  – характеризует текущий объем информации, обработанной с использованием  $B_j$ ,  $x_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)}$  – характеризует объем информации типа  $\rho$ , переданный из ОЦОИ  $K_\nu$  в РЦОИ  $K_\mu$ , каждая компонента  $x_j^{(k)}$  вектора  $\mathbf{x}^{(k)T}$  характеризует состояние ресурса (объекта)  $B_j$  на момент времени  $t$ . Вектор соответствующих управляющих воздействий обозначен  $\mathbf{u} = (\mathbf{u}^{(o)T}, \mathbf{u}^{(k)T}, \mathbf{u}^{(p)T})^T$ . Функции  $h_0, h_1$  – задают краевые условия в моменты времени  $t_0, t_f$ ; а  $J = (J^{(o)T}, J^{(k)T}, J^{(p)T})^T$  – система показателей качества, оценивающих суммарную точность выполнения краевых условий, невыполнение директивных сроков реализации операций и равномерность использования ресурсов на всем интервале планирования работы КИС. С помощью  $q^{(1)}, q^{(2)}$  заданы ограничения, накладываемые на процесс функционирования КИС, при этом в модели  $M$  присутствуют как линейные, так и нелинейные логические ограничения.

Исходная задача планирования работы КИС может интерпретироваться как задача программного управления соответствующим комплексом целевых и обеспечивающих процессов. В работах [2, 3] показано, как можно с помощью метода локальных сечений преобразовать рассматриваемую задачу неклассического вариационного исчисления в краевую двухточечную задачу и решить ее с использованием метода Крылова-Чернуосько. При этом было предложено вместо исходного класса допустимых управле-

ний  $U = \{\mathbf{u}(t) \mid u_{ikj}^{(o,1)}(t), u_{\nu\mu i\rho}^{(o,2)}(t), u_i^{(o,3)}(t) \in \{0,1\}; q^{(1)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = 0, q^{(2)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \leq 0\}$  использовать расширенный класс управлений  $U_p = \{\mathbf{u}(t) \mid u_{ikj}^{(o,1)}(t), u_{\nu\mu i\rho}^{(o,2)}(t), u_i^{(o,3)}(t) \in [0,1]; q^{(1)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) = 0, q^{(2)}(\mathbf{x}, \mathbf{u}) \leq 0\}$ .

С учетом вышеизложенного обозначим программное управление КИС и соответствующую фазовую траекторию, определенные на этапе планирования, как  $(\mathbf{u}_{pr}(t), \mathbf{x}_{pr}(t))$ . Рассмотрим задачу коррекции планов работы КИС с учетом информации о векторе состояния системы, поступающей в определенные моменты времени в процессе управления [4].

**3. Коррекция планов работы КИС на основе метода позиционной оптимизации.** Будем считать, что в процессе функционирования КИС в реальных условиях внешние воздействия могут реализоваться в виде кусочно непрерывной ограниченной функции, а в моменты времени  $t_\sigma \in [t_0, t_f)$  в координирующий орган КИС поступает информация о её текущем состоянии  $\tilde{\mathbf{x}}(t)$  (о состоянии системы в модели (1)) в виде вектора состояния  $\mathbf{x}_\sigma$ . В соответствии с [4] задача коррекции планов работы КИС состоит в построении управления  $\tilde{\mathbf{u}}(t)$  (на основе корректировки программного управления  $\mathbf{u}_{pr}(t)$ ) в процессе реализации плана работы КИС на  $[t_0, t_f)$ , удовлетворяющего ограничениям и краевым условиям модели (1), компенсирующим ограниченные внешние воздействия (возмущения) и обеспечивающим минимальное значение показателя качества  $\tilde{J} = \int_{t_0}^{t_f} |\tilde{\mathbf{x}}(t) - \mathbf{x}_{pr}(t)| dt \rightarrow \min$ .

Определим агрегированные операции  $D^i = \bigcup_{k=1}^{S_i} D_k^i$  и вместе с моделью  $M$  рассмотрим модель  $\tilde{M}$ , в которой нет необходимости учитывать нелинейные логические ограничения, определяющие детально технологию функционирования КИС.

Обозначим вектор отклонений  $\mathbf{y}(t) = \tilde{\mathbf{x}}(t) - \mathbf{x}_{pr}(t)$  реальной фазовой траектории системы  $\tilde{\mathbf{x}}(t)$  от планируемой траектории  $\mathbf{x}_{pr}(t)$  и вектор управлений  $\mathbf{w}(t) = \tilde{\mathbf{u}}(t) - \mathbf{u}_{pr}(t)$ . Для новых переменных

уравнения модели (1) примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{S_i} \dot{y}_{ik}^{(o,1)} &= \sum_{k=1}^{S_i} \sum_{j=1}^m \varepsilon_{ij}(t) \theta_{ikj}(t) w_{ikj}^{(o,1)}(t), \\ \dot{y}_i^{(o,3)} &= w_i^{(o,3)}(t), \quad \dot{y}_i^{(o,3)} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} \theta_{ikj} w_{ikj}^{(o,1)}(t), \\ \dot{y}_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)} &= w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)}(t), \quad \dot{y}_{ikj}^{(p,1)} = w_{ikj}^{(p,1)}(t), \quad \dot{y}_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(p,2)} = w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(p,2)}(t) \end{aligned} \quad (2)$$

при  $i = \overline{1, n}$ ,  $\tilde{i} = \overline{1, \tilde{n}}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $v = \overline{1, \omega}$ ,  $\mu = \overline{1, \varpi}$ . Здесь  $\varepsilon_{ij}(t)$ ,  $\theta_{ikj}(t)$  – известные булевы функции времени такие, что  $\varepsilon_{ij}(t) = 1$ , если  $A_i$  попал в зону взаимодействия  $B_j$ ,  $\varepsilon_{ij}(t) = 0$  иначе;  $\theta_{ikj}(t) = 1$ , если на ресурсе  $B_j$  есть средства для выполнения операции  $D_k^i$ ,  $\theta_{ikj}(t) = 0$  иначе.

Пусть управление  $w_{ikj}^{(o,1)}(t)$  принимает следующие значения

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

аналогично определим управление  $w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)}(t)$ :  $w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)}(t) = 1$ , если  $u_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}pr}^{(o,2)}(t) = 0$  и осуществляется передача информации типа  $\rho$  из  $K_v$  в  $K_\mu$ ;  $w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)}(t) = -1$ , если  $u_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}pr}^{(o,2)}(t) = 1$  и при корректировке оно отменяется; иначе  $w_{v\tilde{\mu}\tilde{\rho}}^{(o,2)}(t) = 0$ . Для  $w_i^{(o,3)}(t)$  выполнено:  $w_i^{(o,3)}(t) = 1$ , если  $u_i^{(o,3)}(t) = 0$ , в момент завершения задачи  $A_i$  и после;  $w_i^{(o,3)}(t) = -1$ , если  $u_i^{(o,3)}(t) = 1$ , но не завершена задача  $A_i$ ; иначе  $w_i^{(o,3)}(t) = 0$ . Ограничения на управляющие воздействия

$\mathbf{w}(t)$  в модели  $\widetilde{M}$  запишутся в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 & - \sum_{j=1}^m u_{ikj_{pr}}^{(o,1)} \leq \sum_{j=1}^m w_{ikj}^{(o,1)} \leq 1 - \sum_{j=1}^m u_{ikj_{pr}}^{(o,1)}, \quad \forall i = \overline{1, n}, \quad \forall k = \overline{1, S_i}, \\
 & - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(o,1)} \leq \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} w_{ikj}^{(o,1)} \leq R_j^{(o,1)} - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(o,1)}, \quad \forall j = \overline{1, m}, \\
 & - \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(o,2)} \leq \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} w_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(o,2)} \leq R_\nu^{(o,1)} - \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(o,2)}, \\
 & \hspace{25em} \forall \nu = \overline{1, \omega}, \\
 & - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(p,1)} \leq \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} w_{ikj}^{(p,1)} \leq R_j^{(o,1)} - \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{S_i} u_{ikj_{pr}}^{(p,1)}, \quad \forall j = \overline{1, m}, \\
 & - \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(p,2)} \leq \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} w_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)} \leq R_\nu^{(o,1)} - \sum_{\tilde{i}=1}^{\tilde{n}} \sum_{\rho=1}^{\Pi_i} \sum_{\mu=1}^{\varpi} u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(p,2)}, \\
 & \hspace{25em} \forall \nu = \overline{1, \omega},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -u_{ikj_{pr}}^{(p,1)}(t) \leq w_{ikj}^{(p,1)}(t), \quad u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(p,2)}(t) \leq w_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)}(t), \\
 & w_{ikj}^{(p,1)}(t) - C_{ikj}^{(p,1)} w_{ikj}^{(o,1)}(t) \leq C_{ikj}^{(p,1)} u_{ikj_{pr}}^{(o,1)}(t) - u_{ikj_{pr}}^{(p,1)}(t), \\
 & w_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)}(t) - C_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)} w_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(o,2)}(t) \leq C_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)} u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(o,2)}(t) - u_{\nu\mu\tilde{i}\rho_{pr}}^{(p,2)}(t), \quad (3)
 \end{aligned}$$

где заданные величины  $R_j^{(o,1)}$ ,  $R_\nu^{(o,1)}$  – соответственно характеризуют пропускную способность (производительность) объектов (ресурсов)  $B_j$  и ЦОИ  $K_\nu$ , а величины  $R_j^{(p,1)}$ ,  $R_\nu^{(p,1)}$  – максимальную интенсивность обработки информации на объекте  $B_j$  и максимальную пропускную способность каналов связи ОЦОИ. Константы  $C_{ikj}^{(p,1)}$ ,  $C_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)}$  – задают максимально возможное значение интенсивности обработки  $u_{ikj}^{(p,1)}(t)$  и передачи  $u_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(p,2)}(t)$  информации.

В задаче корректировки плана КИС, как и в задаче планирования ее работы, управления  $\tilde{\mathbf{u}}^{(o,1)}(t)$ ,  $\tilde{\mathbf{u}}^{(o,2)}(t)$ ,  $\tilde{\mathbf{u}}^{(o,3)}(t)$  будем искать в расширенном классе допустимых управлений:  $\tilde{U}_p = \{\tilde{\mathbf{u}}(t) \mid \tilde{u}_{ikj}^{(o,1)}(t), \tilde{u}_{\nu\mu\tilde{i}\rho}^{(o,2)}(t), \tilde{u}_i^{(o,3)}(t) \in [0, 1]; q^{(1)}(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{u}}) = 0, q^{(2)}(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{u}}) \leq 0\}$ .

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  $\widetilde{M}$ , которые являются допустимыми, то есть удовлетворяют ограничениям задачи (3), и критерий качества  $\widetilde{J}$  вдоль них достигает минимального значения.

Рассмотрим семейство задач оптимального управления для системы (2) с ограничениями (3) на управления  $\mathbf{w}(t)$  и  $\widetilde{\mathbf{u}}(t) \in \widetilde{U}_p$  и с условиями в моменты  $\tau$  и  $t_f$ :  $\mathbf{y}(\tau) = \mathbf{z}$ ,  $\mathbf{y}(t_f) = \mathbf{0}$  на множестве  $t \in T_\tau$  с функционалом  $\widetilde{J}$ . 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  $(\tau, \mathbf{z})$  (позиционное решение),  $Y(\tau)$  – множество всех возможных начальных состояний  $\mathbf{z} = \mathbf{y}(\tau)$ , для которых задача имеет решение при фиксированном  $\tau$ ,  $\mathbf{z} = \mathbf{y}(\tau)$ ,  $\mathbf{y}(\tau) \in Y(\tau)$ ,  $t \in T(\tau) = [\tau, t_f]$ , как и в статье [8].

Отметим следующие основные особенности рассматриваемой задачи коррекции планов: матрица системы (2) модели  $\widetilde{M}$  нестационарная (вид функций  $\varepsilon_{ij}(t)$ ,  $\theta_{ikj}(t)$  приведен в работе [2]), в модели присутствуют интервальные линейные ограничения на управления  $\mathbf{w}(t)$ , при этом в некоторых ограничениях (3) одновременно присутствуют управляющие воздействия подмодели программного управления операциями, выполняемыми в КИС, и подмодели программного управления информационными потоками:  $w_{ikj}^{(p,1)}$ ,  $w_{ikj}^{(o,1)}$  и  $w_{\nu\mu\tilde{i}\tilde{p}}^{(p,2)}$ ,  $w_{\nu\mu\tilde{i}\tilde{p}}^{(o,2)}$ .

Для решения задачи коррекции планов работы КИС может быть использован метод оптимизации нестационарных многомерных систем с полиэдральными ограничениями, предложенный в работе [8]. Ограничения такого вида усложняют решение задачи, поскольку построение позиционных управлений в классе дискретных обратных связей может привести к увеличению числа ограничений задачи. Выбор данного метода объясняется тем, что в нем учтена специфика ограничений, и его эффективность не зависит от шага  $h$ .

Следуя [8], значения управления  $\mathbf{w}(t)$  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  $\tau = t_\sigma$ . В классе дискретных управлений они могут быть преобразованы в задачи линейного программирования с матрицей "ленточной" структуры и ограничениями на  $\mathbf{w}(t)$ :  $\tilde{U}(t) = \{\mathbf{w}(t) | f_1 \leq Q(t)\mathbf{w}(t) \leq f_2, \mathbf{u}_{pr}(t) + \mathbf{w}(t) \in \tilde{U}_p\}$ . В данном случае при применении адаптивного метода решения задачи ЛП опора состоит из двух частей: опора полиэдральных ограничений и опора терминальных ограничений. Алгоритм адаптивного метода при этом также состоит из двух основных процедур: замены опоры и замены плана.

**4. Обобщенный алгоритм программно-позиционного управления КИС.** На первом этапе его реализации осуществляется поиск программного управления (плана функционирования) КИС и соответствующей фазовой траектории  $(\mathbf{u}_{pr}(t), \mathbf{x}_{pr}(t))$ .

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 в отклонениях (2), с ограничениями (3) и новым функционалом.
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. Решение задачи ЛП адаптивным методом.
6. Использование корректирующего управления на интервале времени до следующего поступления информации о состоянии системы  $(t_{\sigma+1}, \mathbf{x}_{\sigma+1})$ .



**5. Заключение.** В статье приведена оригинальная агрегированная динамическая модель, используемая на этапе коррекции планов работы КИС. Предложенный обобщенный алгоритм программно – позиционного управления КИС включает в себя два основных этапа: первый – планирование работы КИС и второй – корректировка планов работы. Основное достоинство состоит в том, что в рамках данного подхода при построении программных управлений на первом этапе и позиционных управлений – на втором, используется комбинация моделей и на конструктивном уровне осуществляется взаимодействие моделей и алгоритмов программного и позиционного управления.

## Литература

1. *Иконникова А.В., Петрова И.А., Потрясаев С.А., Соколов Б.В.* Динамическая модель комплексного планирования модернизации и функционирования информационной системы // Изв. высш. учебн. заведений: Приборостроение. 2008. №11. 62–69 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. *Соловьева И.В., Семенков 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. *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.
6. *Габасов Р.Ф., Кириллова Ф.М., Ружсицкая Е.А.* Демпфирование и стабилизация маятника при больших начальных возмущениях // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. Т. 40. №6. 29–38 с.

7. *Габасов Р.Ф., Ружицкая Е.А.* Стабилизация систем с обеспечением дополнительных свойств переходных процессов // Кибернетика и системный анализ. 2001. №3. 139–151 с.
8. *Габасов Р.Ф., Дмитрук 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.

**Соловьева Инна Владимировна** — к.ф.-м.н.; ассистент факультета Прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета, м.н.с. лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, СПИИРАН. Область научных интересов: теория оптимального управления. Число научных публикаций — 10. [isolovyeva@mail.ru](mailto:isolovyeva@mail.ru); СПбГУ ПМПУ, Университетский пр., д. 35, Петергоф, г. Санкт-Петербург, 198504, РФ.

**Solovyeva Inna Vladimirovna** — Cand. of Ph. and Math. Sci.; assistant of Faculty of Applied Mathematics and Control Processes, St. Petersburg State University; junior scientist of Information Technologies in Systems Analysis and Modeling Laboratory, SPIIRAS. Research interests: optimal control theory. Number of publications — 10. [isolovyeva@mail.ru](mailto:isolovyeva@mail.ru); SPbU, Universitetskii prospekt 35, Petergof, Saint-Petersburg, 198504, Russia.

**Соколов Борис Владимирович** — д.т.н., профессор; зам. директора по научной работе СПИИРАН. Область научных интересов: научные основы теории управления структурной динамикой сложных организационно-технических систем, классическая теория управления, исследование операций, искусственный интеллект, теория систем и системный анализ. Число научных публикаций — 180. [sokol@ias.spb.su](mailto:sokol@ias.spb.su); СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-0103.

**Sokolov Boris Vladimirovich** — Dr. Techn. Sci., Professor; Deputy Director for Research of SPIIRAS. Research interests: control theory of complex efficiency systems, classical control theory, operation analysis, artificial intelligence, systems theory and system analysis. Number of publications — 180. [sokol@ias.spb.su](mailto:sokol@ias.spb.su); SPIIRAS, 14-t line V.O., 39, Saint-Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-0103.

**Поддержка исследований.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №05–07–90088, №10-07-00311, №10-08-90027-Бел\_а, №11-08-01016, №11–08-00641, №11-08-00767, №10-08-00906 и программы фундаментальных исследований ОНИТ РАН (проект 2.3).

Рекомендовано лабораторией информационных технологий в системном анализе и моделировании СПИИРАН, зав. лаб. д.т.н. профессор Соколов Б.В.

Статья поступила в редакцию 19.03.2012.

## РЕФЕРАТ

*Соловьева И.В., Соколов Б.В.* **Алгоритм коррекции планов работы корпоративной информационной системы на основе метода позиционной оптимизации.**

В данной статье рассматривается обобщенная динамическая модель управления корпоративной информационной системой (КИС), план работы которой определялся при решении задачи оптимального программного управления. Обсуждается функционирование КИС при наличии возмущающих воздействий в предположении, что информация о состоянии системы поступает в определенные моменты времени. Здесь предложена постановка задачи корректировки ранее сформированных планов работы КИС.

В статье совместно с исходной динамической моделью управления КИС вводится в рассмотрение агрегированная динамическая модель. Ее предлагается использовать для решения задачи коррекции планов, определяя управляющие воздействия в классе дискретных кусочно-постоянных ограниченных функций и с учетом особенностей задачи и плана работы КИС, полученных на первом этапе. Управления для агрегированной модели могут быть определены по методу позиционной оптимизации, в основе которого лежат известные математические методы решения вспомогательных задач оптимального управления и адаптивные методы решения задач линейного программирования. Здесь приведен обобщенный алгоритм программно-позиционного управления КИС, который включает в себя два основных этапа: планирование работы КИС и корректировка планов ее работы.

Основное достоинство предлагаемого подхода состоит в том, что в рамках данного подхода, при построении программных управлений (на этапе планирования) и позиционных управлений (на этапе коррекции), используется комбинация моделей, и на конструктивном уровне осуществляется взаимодействие моделей и алгоритмов программного и позиционного управления.

## SUMMARY

*Solovyeva I.V., Sokolov B.V.* **Algorithm of plan operation correction of corporative information system based on the position optimization method.**

In this paper the generalized dynamic model of the control of corporate information system (CIS) is considered. We suppose that operation plan was defined as the optimal program control problem solution. We discuss the CIS functioning in the context of disturbances and we assume that information about system condition is obtained at certain time intervals. Besides, the formulation of problem of operation plan correction is proposed.

Initial dynamic model of the control of CIS is considered together with aggregate dynamic model. It is used for the control construction in the class of discrete piecewise constant functions with allowance for the peculiarities of the model and operation plan of CIS, which formulated at the first stage. Management of aggregated model can be constructed with the use of position optimization method which is based on the well-known mathematical methods of optimal control problems and adaptive methods of linear programming. In the paper we suggest the generalized algorithm of program-position control of CIS. It includes 2 main stages: scheduling of CIS (1) and operation plan correction (2).

The main advantage of this approach is implementation of combination of models for construction of the program and position controls. The interaction of considered models and algorithms is performed on the construction level.