

В. В. ЗАХАРОВ

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург

## ПЛАНИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УНАСЛЕДОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*В докладе предложена постановка многокритериальной задачи планирования функционирования производственного предприятия и процессов модернизации унаследованной информационной системы, которая свелась к задаче оптимизации на комплексе логико-динамических моделей.*

**Введение.** Объектом исследования в докладе является унаследованная информационная система (УИС), которая относится к классу сложных технических система (СТС). Подобные интегрированные в производственный процесс аналитико-информационные комплексы мониторинга и синтеза управляющих программ требуют постоянного своевременного обновления и обслуживания. Функционирование подсистем УИС, особенно тех, которые включены в критически важные для предприятия бизнесы процессы, должно быть подвергнуто комплексному моделированию и всестороннему анализу [1].

Отметим, что в связи с возросшей скоростью разработки, внедрения и обновления информационных технологий, мы можем говорить, что какое-либо разделение жизненного цикла изделий, в т. ч. и СТС, на стадии становится весьма условно. В процессе эксплуатации систем необходимо постоянно разрабатывать не только рациональный план работ на определенном этапе, а одновременно и комплексно управлять всеми структурами СТС. Таким образом, сегодня необходимо проактивно вырабатывать набор упреждающих управляющих воздействий, которые переводят систему в заданное состояние. В контексте проведения модернизации и обновления элементов УИС, необходимо непрерывно и обоснованно отвечать на ряд вопросов: «что и когда модернизировать?»; «в какие сроки?»; «в какой последовательности производить работы?»; «как составить план, учитывающий связь функционирования УИС с бизнес-процессами предприятия?» [2].

Традиционно проблемы управления модернизацией информационных систем относят к классу задач структурно-функционального синтеза облика СТС. Современная скорость развития информационно-вычислительных ресурсов и советующего программного обеспечения требует разработки программно-математического обеспечения, которое позволит динамически управлять процессом функционирования и модернизации СТС. Доклад посвящен разработке технологий проактивного комплексного (совместного) планирования производственных программ и процессов модернизации (в т. ч. обслуживания) УИС [3].

**Основная часть.** Произведем содержательную постановку задачи. Необходимо найти такую допустимую программу управления модернизацией УИС и производственную программу предприятия, в рамках которой будут своевременно и полностью выполнены все операции, входящие в соответствующие технологические циклы, а обобщенный показатель качества функционирования предприятия снижался бы минимально.

Особенностью предлагаемого в докладе подхода является использование логико-динамического описания предметной области. Это позволяет производить декомпозицию исходной большеразмерной задачи на ряд частных моделей, описывающих СТС на всех этапах с разным уровнем детализации (в т. ч. временном) процессов функционирования [4].

**Логико-динамическая модель совместного планирования модернизации УИС и функционирования производственного предприятия.** Для формальной постановки задачи совместного планирования программ производства и процессов модернизации УИС, представленной в данном докладе в виде многофункциональных стоек управления, введем необходимые множества.

Пусть  $\tilde{A} = \{\tilde{A}_i, i \in \tilde{N}\}$  множество технологических операций, выполняемых на предприятии. Допустим, что в цеху установлены унифицированные средства производства. Введем обобщенное множество связанных производственных единиц (многофункциональных станков)

$B = \{B_j, j \in M = \tilde{N} \cup \tilde{M} = \{1, \dots, S_i\}\}$  и множество выпускаемых изделий  $D^{(i)} = \{D_i^{(i)}, i \in \Phi\}$ ,

$\Phi = \{1, \dots, s_i\}$ . Представим динамическую модель производственного процесса.

$$\begin{aligned}
 M_o = & \left\{ \mathbf{u}^{(o)}(t) \mid \dot{x}_{ij}^{(o,1)} = \sum_{j=1}^{S_i} r_{ij}(t) \cdot u_{ij}^{(o,1)}; x_{ij}^{(o)}(t_0) = 0, \right. \\
 & x_{ij}^{(o)}(t_f) = a_{ij}^{(o)}, \\
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{S_i} u_{ij}^{(o,1)} \leq P_j^{(o,1)}, \\
 & \left. \sum_{j=1}^{S_i} \sum_{i=1}^m u_{ij}^{(o,1)} \leq P_i^{(o,2)}, u_{ij}^{(o,1)}(t) \in \{0,1\}, \right. \\
 & \left. u_{ij}^{(o,1)} \left[ \sum_{\tilde{\alpha} \in \Gamma_{i1}} (a_{i\tilde{\alpha}}^{(o,1)} - x_{i\tilde{\alpha}}^{(o,1)}) + \sum_{k \in \Gamma_{i3}} (a_{ik}^{(u,1)} - x_{ik}^{(u,1)}) + \prod_{\tilde{\beta} \in \Gamma_{i2}} (a_{i\tilde{\beta}}^{(o,1)} - x_{i\tilde{\beta}}^{(o,2)}) \right] = 0, \right. \\
 & \left. i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, S_i \right\},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $x_{ij}^{(o,1)}$  – переменная, характеризующая количество выпущенных изделий  $D_i^{(o,1)}$ ;  $a_i^{(o,1)}, a_{i\tilde{\alpha}}^{(o)}, a_{i\tilde{\beta}}^{(o)}$  – заданное количество единиц продукции  $D_i^{(o,1)}, D_{\tilde{\alpha}}^{(o,1)}, D_{\tilde{\beta}}^{(o,1)}$ ;  $u_{ij}^{(o,1)}(t)$ , – интенсивность обработки изделия на  $A_j$  станке.  $\Gamma_{ij1}, \Gamma_{ij2}$  – множества номеров производственных операций, непосредственно предшествующих и технологически связанных с производством  $D_i^{(o,1)}$  с помощью логических операций «И», «ИЛИ» соответственно;  $P_j^{(o,1)}, P_i^{(o,2)}$  – заданные константы, характеризующие технические ограничения, связанные с функционированием производства (цеха) в целом и конкретного оборудования;  $r_{ij}(t)$  – известная матричная временная функция, с помощью которой задаются пространственно-временные ограничения, связанные с производственным процессом, данная функции принимает значение 1, если операцию возможно выполнить; 0 – в противоположном случае.

**Логико-динамическая модель управления модернизацией УИС.** Введём множество информационных процессов, связанных с соответствующими производственными единицами:  $\tilde{B} = \{\tilde{B}_i, i \in \tilde{M}\}$ . Также введем обобщенное множество универсальных управляющих стоек  $V = \{B_l, l, i, j \in M = \tilde{N} \cup \tilde{M} = \{1, \dots, m\}\}$  и множество операций по их модернизации, входящих в соответствующий технологический цикл  $M^{(i)} = \{D_\gamma^{(i)}, \gamma \in \Phi\}$ ,  $\Phi = \{1, \dots, S_i\}$ .

$$\begin{aligned}
 M_u = & \left\{ \mathbf{u}^{(u)}(t) \mid \dot{x}_{ij}^{(u,1)} = \sum_{j=1}^v m_{ij}(t) \cdot u_{ij}^{(u,1)}; x_{ij}^{(u,1)}(t_0) = 0, \right. \\
 & x_{ij}^{(u,1)}(t_f) = a_{ij}^{(u,1)}, \\
 & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^v u_{ij}^{(u,1)} \leq R_j^{(u,1)}, \\
 & \left. \sum_{j=1}^v \sum_{i=1}^n u_{ij}^{(u,1)} \leq R_i^{(u,2)}, u_{ij}^{(u,1)}(t) \in \{0,1\}, \right. \\
 & \left. u_{ij}^{(u,1)} \left[ \sum_{\tilde{\alpha} \in \Gamma_{i1}} (a_{i\tilde{\alpha}}^{(o,1)} - x_{i\tilde{\alpha}}^{(o,1)}) + \sum_{k \in \Gamma_{i3}} (a_{ik}^{(u,1)} - x_{ik}^{(u,1)}) \right] = 0, \right. \\
 & \left. i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, v \right\},
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $x_{i\gamma}^{(u)}$  – переменная, характеризующая количество выполненных операций модернизации стоек управления  $M_j^{(u,1)}$ ;  $a_j^{(u,1)}, a_{ik}^{(u,1)}$  – заданные объёмы выполнения операций модернизации  $D_j^{(u,1)}, D_k^{(u,1)}$ ;  $u_{ij}^{(u,1)}(t)$  – интенсивность выполнения операций по модернизации стойки управления  $M_j^{(u,1)}$ ;  $\Gamma_{ik3}$  – множества номеров операций модернизации стоек, непосредственно предшествующих и технологически связанных с операцией  $D_j^{(u,1)}$  с помощью логических операций «И»;  $R_j^{(u,1)}, R_i^{(u,2)}$  – заданные константы, характеризующие технические ограничения, связанных с проведение процесса модернизации стоек управления;  $m_{ij}(t)$  – известная матричная временная функция, с помощью которой задаются пространственно-временные ограничения, связанные с процессом модернизации частей УИС. Данная функция принимает значение 1, если в данный промежуток времени работы по модернизации могут быть произведены; 0 – в противоположном случае [5].

**Показатели качества планирования функционирования производственного предприятия.** Оценивание качества программного управления процессов функционирования предприятия и модернизации стоек управления возможно с помощью различных целевых функций [6]. Представим некоторые из них:

$$J_1^{(o)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{s_i} [a_{ij}^{(o,1)} - x_{ij}^{(o,1)}(t_f)]^2, \quad (3)$$

$$J_2^{(o)} = \sum_{j=1}^m \int_{t_0}^{t_f} \eta_{ij}(\tau) u_{ij}^{(o,1)}(\tau) d\tau, \quad (4)$$

$$J_3^{(u)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^v [T^{(u,1)} - x_{ij}^{(u,1)}(t_f)]^2, \quad (5)$$

$$J_4^{(u)} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{\gamma=1}^v [a_{ij}^{(u,1)} - x_{ij}^{(u,1)}(t_f)]^2, \quad (6)$$

где  $J_1$  вводится в том случае, если необходимо оценить полноту выполнения требуемого объема производственных операций, входящих в технологический циклы производства.  $J_2$  – показатель, оценивающий величину суммарного штрафа за невыполнение заданных директивных сроков выполнения производственных операций.  $\eta_{i\gamma}(\tau)$  – известные монотонные функции времени, которые выбираются с учетом заданных директивных сроков начала (конца) выполнения производственных операций. Показатель  $J_3$  вводится для оценки равномерности проведения модернизации УИС. Показатель  $J_4$  вводится для оценивания полноты выполнения требуемого объема операций по модернизации УИС (обновления программного обеспечения управляющих стоек), входящих в технологический цикл модернизации.

Представленная в работе совместная логико-динамическая постановка задачи модернизации УИС и функционирования предприятия позволяет в процессе синтеза структурно-функционального облика системы в каждый момент времени опираться на фундаментальные научные результаты, полученные в современной теории управления структурной динамикой СТС [3].

**Заключение.** Уникальность разработанного полимодельного комплекса состоит в том, что на модельно-алгоритмическом уровне удалось описать с единых позиций процессы модернизации информационно-управляющих элементов СТС (стойки управления) и производственные процессы предприятия. Страты связаны с помощью ограничений, которые позволяют динамически определять и формировать технологию выполнения соответствующих работ [2]. К примеру, этап модернизации стоек управления не может начаться до тех пор, пока не будут выполнены полностью необходимые производственные операции. Обработка (выпуск) изделий на

соответствующих производственных мощностях не может начаться до того, как будет завершён технологический цикл модернизации стоек.

«Безболезненная» поддержка и обновление УИС возможна только в случае синтеза согласованных программ производства и модернизации. Подобный подход даёт возможность лицам, принимающим решения, рационально определять временные промежутки для проведения комплексов соответствующих работ. Полученные рациональные (оптимальные) планы позволяют оптимизировать и обоснованно распределять нагрузку на производственные и информационно-управляющие подсистемы.

Представленный полимодельный комплекс может быть дополнен рядом моделей, описывающих процесс передачи информации между управляющими стойками и станками. Дополнительно возможно произвести описание изменений, которое вносит модернизация в УИС и как те или иные этапы влияют на процессы функционирования СТС в целом.

*Исследования, выполненные по данной тематике, проводились при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№ 17-29-07073-офи-м, 18-07-01272, 18-08-01505, 19-08-00989, 20-08-01046), в рамках бюджетной темы №№0073–2019–0004*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бир С. Мозг фирмы. М.: Едиториал УРСС, 2005.
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. Охтилев М.Ю., Мустафин Н. Г., Миллер В. Е., Соколов Б. В. Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы // Приборостроение. 2014. №11.
4. Дилоу-Рагиня Э.Э., Колпин М.А., Григорьев К.Л., Соколов Б.В. Полимодельное описание процесса модернизации унаследованной информационной системы на основе сервис-ориентированного подхода // Приборостроение. 2010. №11
5. Захаров В.В. Динамическая интерпретация формального описания и решения задачи модернизации сложных объектов // Приборостроение. 2019. №10.
6. Павлов А.Н., Захаров В.В. Модельно-алгоритмическое обеспечение планирования модернизации судостроительных производств // Пятая международная научно-практическая конференция «Имитационное и комплексное моделирование морской техники и морских транспортных систем» (ИКМ МТМТС-2019). М. Изд-во Перо, 2019, с.133-137. ISBN 978-5-00150-311-8.

V.V. Zakharov, SPC RAS, Saint-Petersburg

#### **Planning of Modernization and Functioning of Legacy Information System**

The report proposes a multicriterial high-dimensional problem of a functioning production enterprise planning and processes of the legacy information system modernization, which is reduced to the problem of optimization on a complex of logical-dynamical models.