

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В.Д. Чертовской

Введение. Организационные системы (рис. 1) имеют, по сравнению с системами автоматического управления, одну серьезную особенность.

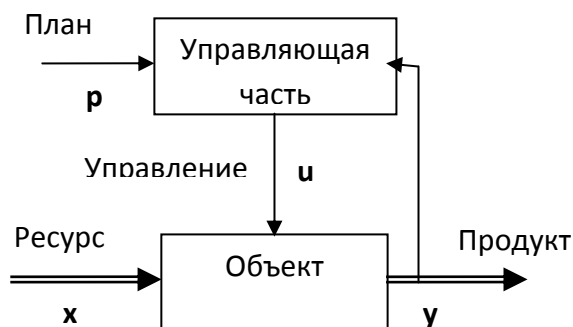


Рис. 1. Обобщенная схема автоматизированной системы

Специфика организационных систем заключается в том (рис. 1), что об объекте управления реальной идентифицируемой системы управления существуют все документально зафиксированные данные. В то же время в управляющей части (УЧ) реальной системы документируется не более тридцати процентов принимаемых решений и.

К тому же математический аппарат описания процессов в системе должен удовлетворять противоречивым требованиям: описание должно позволять учитывать, с одной стороны, алгоритм работы ЛПР, для чего необходима имитационная модель, а с другой – учитывать экономические интересы структурных элементов с последующим улучшением режимов использования материальных и нематериальных ресурсов, что возможно лишь в оптимизационной модели системы.

Получать данные для модели из реальной системы удобнее в рамках имитационной модели [1–4], тогда как улучшение характеристик процедуры управления требует наличия модели оптимального управления.

В этих условиях построение приспособляющейся (адаптивной) автоматизированной системы управления производством, включающей прежде всего подсистемы технико-экономического планирования и оперативного управления основным производством АСУП, приходится проводить в два этапа [5].

1. Построение имитационной (приближенной) модели реальной системы.
2. Переход к оптимизационной модели этой системы.

Предлагаемая динамическая имитационная модель, предназначенная для автоматизированного управления производством, отличается тем, что в процедуре идентификации недостающие числовые данные компенсируются в некоторой степени данными технологии выработки решений, получаемых в беседе с ЛПР, при этом «физическая» интерпретация полученного математического описания достаточно проста. Результаты работы этой модели позволяют легко перейти от имитационной модели к более эффективной оптимизационной модели процесса управления производством.

В имитационной модели объект управления описывается выражениями (рис. 2)

$$\mathbf{z}(t) = \mathbf{A}\mathbf{z}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t), \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{z}(t), \quad (2)$$

где \mathbf{z} , \mathbf{u} , \mathbf{y} – векторы состояния, управления, выхода; \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} – матрицы, характеризующие

динамику системы.

Управляющая часть имитационной модели имеет описание

$$\boldsymbol{\varepsilon}(t) = \mathbf{p}(t) - \mathbf{y}(t), \quad (3)$$

$$\mathbf{u}(t) = \mathbf{u}(\boldsymbol{\varepsilon}(t), \mathbf{f}(\mathbf{w}_r(t))), \quad \mathbf{r} = 1, R, \quad (4)$$

где \mathbf{p} , $\boldsymbol{\varepsilon}$ – векторы плана и отклонения; \mathbf{f} – некоторая функция; $\mathbf{w}_r(t)$ – векторы промежуточных переменных.

Имитационная модель может предусматривать принятие окончательного решения человеком на основе решений-советов компьютера. Достоинством динамической имитационной модели является [2, 3] простота ее построения, учет нелинейностей (по координатам), близость описания решений модели к решениям ЛПР.

Однако здесь имеются сложности в оценке ее адекватности, слабо описана связь (прежде всего экономическая) между уровнями, а удержание заранее выработанного плана $P_{jk}[t_i]$, (j – вид продукции, k – номер цеха, i – номер интервала времени) при действии возмущений может сказаться неблагоприятно. Принятие решений с учетом только ограничений и численный характер модели затрудняют выявление общих закономерностей. Большое разнообразие описания различных элементов неудобно и вызывает потребность в более единообразной форме представления с учетом оптимальности режима функционирования исследуемой системы.

Эти недостатки отсутствуют в оптимизационных моделях систем, к которым целесообразно перейти после выявления их особенностей с помощью имитационных моделей.

Переход к оптимизационной модели означает сохранение выражений (1)–(3) и замену выражения (4) на выражение

$$J = J(\boldsymbol{\varepsilon}(t), \mathbf{u}(t)) \rightarrow \min, \quad (5)$$

где J – целевая функция.

В качестве целевой функции (5) возможно использовать функционал вида

$$J = \int_0^T \{C1\boldsymbol{\varepsilon}(t) + C2\mathbf{u}(t)\} dt \rightarrow \min, \quad (6)$$

где $C1$, $C2$ – вектор строки потерь, вызванных отклонениями от плана и затрат на дополнительные ресурсы для управления. В этом случае легко оценить экономический результат. К тому же математический аппарат процессов планирования и управления становится универсальным, может быть использовано динамическое линейное программирование.

В данной работе рассмотрим вопросы построения и реализации имитационной модели уровней цехов и диспетчера.

Имитационная модель цеха. Обсудим сначала формирование динамической имитационной модели (ДИМ) цеха, построенной по результатам обследования швейного производства.

Следует учесть, что разные цеха контролируются по различным показателям. Так, ряд цехов производства характеризуются выпуском продукции (в штуках) и нормативной стоимостью обработки (НСО) – стоимостью затрат в данном цехе. В других цехах к этим характеристикам добавляется трудоемкость (в рабочих часах), являющаяся основной учетной единицей. Отметим, что тенденция изменения для НСО и трудоемкости различных видов продукции очень часто не совпадают.

ДИМ, позволяющая отслеживать заранее рассчитанный план, представляет собой (рис. 2) совокупность элементов и связывающих их потоков (сетей).

Различные сети (потоки) могут быть представлены в модели в разной степени агрегации. Отсчет по времени характеризуется моментами (t_i) и интервалами времени $[t_i]$, $i =$

1, m ; m – целое число. Как правило, $[t_i] = [t] = const$.

В описании потоков выделяются 2 понятия:

1) уровень, характеризующий накопление в состояниях структурных элементов системы;

2) темп (скорость), описывающий координаты системы.

На интервале $[t_i]$ темп постоянен и может меняться только на границах интервалов времени.

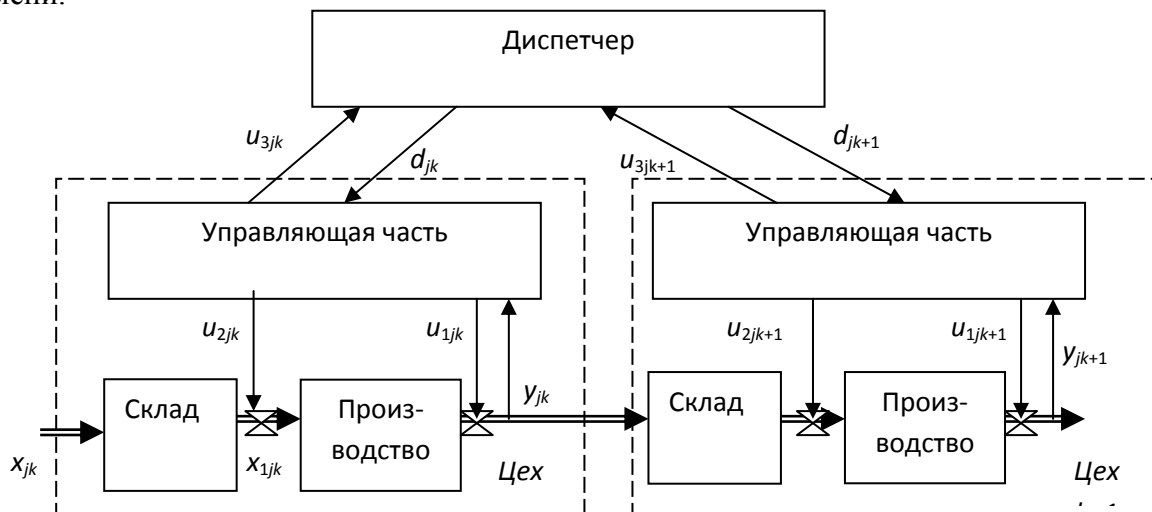


Рис. 2. Схема двухуровневой имитационной модели организационной системы управления производством

Имеются и более крупные интервалы времени $[T] = m [t]$, m – целое число.

Модель объекта управления строится на основе числовых данных, отраженных в документообороте системы.

При построении модели управляющей части (УЧ) учитывается представление исследователя о процессах в УЧ, однако модель УЧ строится по результатам бесед с ЛПР, выполненных по схеме «имеются отклонения в выполнении плана – Ваши действия?».

Поскольку процедура построения модели УЧ в значительной степени субъективна, могут быть различны и результаты использования построенной модели. Для выявления возможности применения полученной модели для целей управления проводится проверка адекватности (похожести) модели исследуемой системе путем сравнения реакций модели и системы на одинаковое входное воздействие. Если разница в реакциях велика, то построенную модель следует уточнить. Поскольку формирование одинаковых входных воздействий – процедура сложная, чаще всего ограничиваются неформальной проверкой адекватности.

Предполагается, что в цехе k ($k = 1, K$) производится только обработка полуфабриката j ($j = 1, J$), где j – одновременно и вид выпускаемой продукции. Наиболее подробно отразим потоки материальных ресурсов, тогда как остальные виды потоков (кроме информационного) представим интегрально в виде темпа w_{5jk} , заданного как число и определяющего верхний предел выпуска продукции с учетом трудовых, финансовых ресурсов и оборудования. При принятии решений по управлению потоками используются описанные ниже эвристические алгоритмы.

Управляющая часть вырабатывает следующие виды решений: 1) темп выпуска продукции u_{1jk} ; 2) темп запуска продукции u_{2jk} ; 3) темп запроса диспетчеру u_{3jk} .

Тогда формальное описание ОУ (склад и производство) имеет следующий вид

$$z_{1jk}(t_i) = z_{1jk}(t_{i-1}) + [t]^*(x_{jk}[t_i] - x_{1jk}[t_i]), \quad (7)$$

$$z_{2jk}(t_i) = z_{2jk}(t_{i-1}) + [t]^*(x_{1jk}[t_i] - y_{1jk}[t_i]), \quad (8)$$

$$y_{jk}[t_i] = (1 - b_{jk})y_{1jk}[t_i], \quad (9)$$

где z_{1jk} , z_{2jk} – уровни запаса и незавершенного производства; x_{jk} , x_{1jk} – темпы поступления полуфабрикатов и запуска их в производство; y_{1jk} , y_{jk} , y_{2jk} – темпы выпуска продукции с учетом брака и без учета брака и темп выпуска брака; b_{jk} – доля брака (величина постоянная).

Пусть v_{1jk} , v_{2jk} , w_{1jk} – информация о величинах z_{1jk} , z_{2jk} , y_{jk} . Тогда процесс передачи информации из ОУ в УЧ можно представить так: $w_{1jk}[t_i] = \square_1 y_{jk}[t_i]$, $v_{1jk}(t_{i-1}) = \square_2 z_{1jk}(t_{i-1})$, $v_{2jk}(t_{i-1}) = \square_3 z_{2jk}(t_{i-1})$, где $\square_1, \square_2, \square_3 \square 1$, $\square_1, \square_2, \square_3 \square 1$.

Как видно из трех последних уравнений, в имитационной модели возможен учет умышленного искажения информации (активные системы), если значения $\square_1, \square_2, \square_3 \square 1$ зависят от действий в объекте управления. Далее для определенности полагаем $\square_1 = \square_2 = \square_3 = 1$, т. е. искажения информации отсутствуют. Иными словами:

$$w_{1jk}[t_i] = y_{jk}[t_i],$$

$$v_{1jk}(t_{i-1}) = z_{1jk}(t_{i-1}), \quad (10)$$

$$v_{2jk}(t_{i-1}) = z_{2jk}(t_{i-1}).$$

Перейдем к описанию управляющей части, неопределенность в числовой информации которой в какой-то мере скомпенсируем логической информацией о процессе принятия решения u_{1jk} руководителем. Рассмотрим подробно поэтапную процедуру принятия решений u_{1jk} .

I. Выявление уровня отклонений в выполнении плана. Полагаем, что план, не выполненный в момент времени t_i , «раскладывается» на интервал $[t]$. Уровень невыполненного плана

$$v_{3jk}(t_i) = v_{3jk}(t_{i-1}) + \{[t]^*p_{jk}[t_i] - [t]^*w_{1jk}[t_i]\}, \quad (11)$$

где $v_{4jk}(t_i)$ – уровень скорректированного плана, p_{jk} – рассчитанная заранее величина плана цеха.

II. Определение уровня скорректированного плана:

$$v_{4jk}(t_i) = p_{jk}(t_i) + v_{3jk}(t_i). \quad (12)$$

III. Определение темпа скорректированного плана:

$$w_{2jk}[t_{i+1}] = v_{4jk}(t_i)/[t].$$

IV. Учет указаний диспетчера в виде заданного им темпа $d_{jk}[t_{i+1}]$:

$$w_{3jk}[t_{i+1}] = \max \{w_{2jk}[t_{i+1}], d_{jk}[t_{i+1}]\}.$$

V. Учет возможного выпуска брака:

$$w_{4jk}[t_{i+1}] = w_{3jk}[t_{i+1}]/(1 - b_{jk}).$$

VI. Учет наличия других ресурсов. Трудовые ресурсы и оборудование учитываются укрупненно в виде предельного темпа $w_{5jk}[t_{i+1}]$ выпуска продукции на выходе системы. В то же время производство инерционно с длительностью технологического цикла (в днях) a_{2jk} . Тогда решение

$$u_{1jk}[t_{i+1}] = \min \{w_{4jk}[t_{i+1}], w_{5jk}[t_{i+1}], v_{2jk}(t_i)/a_{2jk}\}.$$

VII. Передача решения на объект управления:

$$y_{1jk}[t_{i+1}] = u_{1jk}[t_{i+1}].$$

Аналогично описываются решения u_{2jk} , u_{3jk} .

Имитационная модель диспетчера. Диспетчерские алгоритмы могут быть двух видов, которые назовем соответственно последовательным и параллельным.

Последовательный алгоритм может быть описан следующим образом.

$$d_{jk1}[t_i] = N_k u_{3jk}[t_i], \quad k = 2, K, \quad (13)$$

$$b_j[t_i] = N_1 u_{3j1}[t_i], \quad k = 1, \quad (14)$$

где N_k – норма расхода ресурсов.

Этот алгоритм представляет собой разновидность метода КАНБАН, недостатком которого является большое информационное запаздывание при передаче информации от последнего элемента технологической цепочки к первому.

Предпочтительнее поэтому применять параллельный алгоритм, схема которого показана на рис. 3.

Он имеет вид

$$d_{jk1}[t_i] = N_k u_{3jk}[t_i], \quad k = K, \quad (15)$$

$$d_{jk1}[t_i] = N_k \max(d_{jk}[t_i], u_{3jk}[t_i]), \quad k = 1, K - 1, \quad (16)$$

$$b_j[t_i] = N_1 \max(d_{j1}[t_i], u_{3j1}[t_i]), \quad k = 1. \quad (17)$$

Параллельный алгоритм позволяет резко сократить информационное запаздывание.

Полученная модель была реализована на СУБД InterBase. Переходный процесс на двадцати процентный скачок плана отдельного цеха для двух видов продукции представлен на рис. 4. Одновременно неформальным способом [1] была определена достаточная адекватность модели системе.

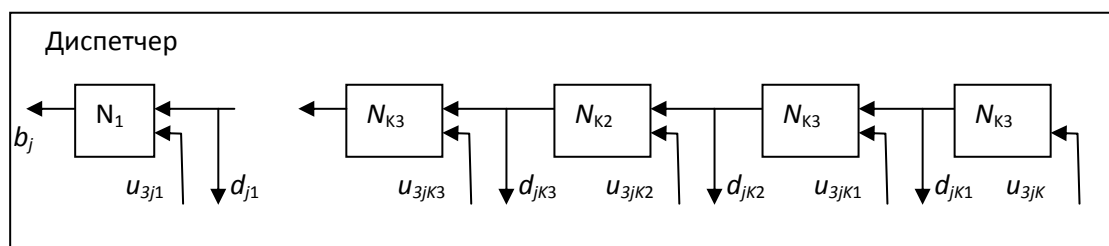


Рис. 3. Схема параллельного алгоритма диспетчера

В настоящее время ведутся исследования по последовательной «цепочке» цехов.

Заключение. Недостаток документально зафиксированной числовой информации в организационных системах управления производством частично скомпенсирован описанием в динамической имитационной модели последовательности в принятии решений руководителями. Представлена технология формирования и реализации имитационной модели автоматизированной системы управления производством.

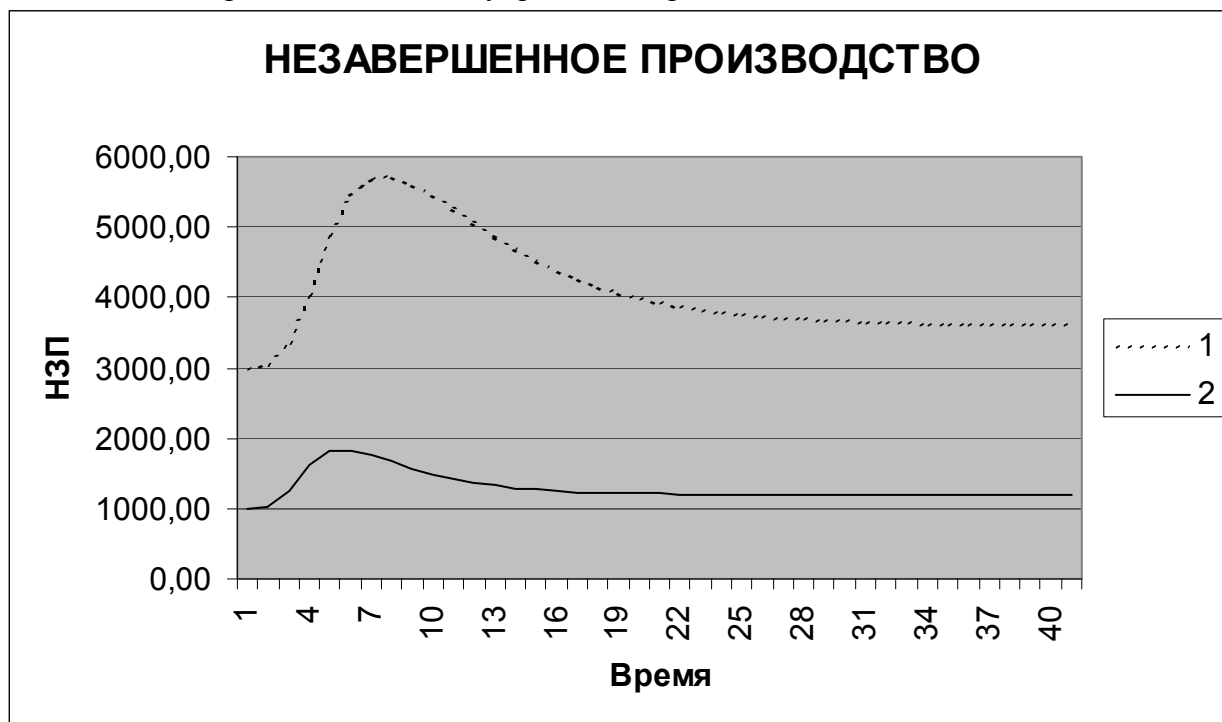


Рис. 4. Реакция имитационной модели на двадцатипроцентный скачок плана (для двух видов продукции)

Изучение организационно-экономической системы с помощью имитационной модели создает базу для перехода к оптимизационной модели системы с более эффективным использованием ресурсов.

Литература

1. **Форрестер Д.** Основы кибернетики предприятия. – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.
2. Имитационное моделирование производственных систем / А.А. Вавилов, Д.Х. Имаев, Б.Ф. Фомин и др.; под общей ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение. – Берлин: Техника, 1983. – 416 с.
3. **Советов Б.Я., Чертовской В.Д.** Автоматизированное адаптивное управление производством. – СПб.: Лань, 2003. – 176 с.
4. **Забродский В.Л., Скурихин В.И.** Оптимизация функционирования АСУ предприятия. – К.: Вища школа, 1978. – 135 с.
5. **Чертовской В.Д.** Интеллектуализация автоматизированного управления производством. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. – 164 с.