

# ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ УПРАВЛЕНИЯ (MODELING OF THE DYNAMICS MANAGEMENT SYSTEM)

---

*Janusz Soboń<sup>1</sup>*  
*Sylwia Ahmed-Skrzypek<sup>2</sup>*

## Аннотация

---

Представлена модель управления хозяйственной деятельностью промышленного предприятия экспонируя описание взаимодействия основных подсистем управления. Предложена интегрированная система автоматизированной обработки данных для целей управления промышленным предприятием особенно учитывая информационные связи между выделенными подсистемами. Рассмотрена основная модель управления производством с применением компьютерной техники особенно выделяя базу данных системы и роль выделенных подсистем в системе. Построена модель использования технологического оборудования для оперативного управления производством. Разработана оптимальная стратегия управления запасами материалов в производстве на основе стохастической модели. В конце монографии представлена методика построения модели и имитация динамики системы управления промышленным предприятием.

**Ключевые Слова:** модель управления, подсистем управления, динамики системы управления.

---

<sup>1</sup> Prof. Hab. PhD, The Jacob of Paradyz University, Poland.

<sup>2</sup> MA, University of Economics and Innovation in Lublin, Poland.

---

## Abstract

---

The model of management activity in the manufacturing company exhibiting description interaction of basic management subsystems have been presented. Integrated system of automatic data processing present purpose of management in the manufacturing company, with particular taking into consideration information between given off coherent subsystems have been discussed. Fundamental model of management production treat database of system with utilization of computer technique are exhibiting and meaning give off subsystems have been shown. Model of the technological endowment of utilization are build for operative drive production. Optimal strategy of a material reserves management on the base of the probabilistic model in a manufacturing company have been discussed. Finally, there have been presented the methodology of modeling and simulation of dynamic systems management in manufacturing company.

**Keywords:** management activity, management subsystems, dynamic systems management.

---

## Введение

---

Эффективное управление промышленным предприятием действующим в условиях рынка требует анализа динамики его системы управления. Такой метод изучения информационных характеристик обратных связей в управлении хозяйственной деятельностью служит исследованию реакции организационной структуры (на пример в запаздывании входных величин, взаимодействий и др.), влияющей на результативность и эффективность работы предприятия<sup>3</sup>. Однако основным предметом анализа динамики управления хозяйственной деятельностью промышленного предприятия являются взаимодействия между потоками (величинами): заказов на изделия, материалов, производственных нарядов, продукции, денег и персонала<sup>4</sup>. Инструментом имитации указанных взаимодействий является модель, которая должна отражать (воспроизводить) интересующие исследователя свойства системы управления в степени достаточной для данного (определенного) объема научных исследований. Одновременно модель должна способствовать проведе-

---

<sup>3</sup> Жуковски П. Современное управление организацией. Ополе: ВШУиА, 2007.

<sup>4</sup> Repenning, Nelson P. (2001). "Understanding fire fighting in new product development". *The Journal of Product Innovation Management*. No 18 (5), p.285–300.

нию исследований с возможностью их повторения при разных условиях работы промышленного предприятия<sup>5</sup>.

Мы здесь ставим задачу построения модели динамики системы управления хозяйственной деятельностью промышленного предприятия и исследования причин изменения избранных величин, характеризующих этот процесс, в случае изменения величины заказов на изделия наплывающих из рынка используя процесс компьютерной имитации по построенной модели<sup>6</sup>.

## Описание модели

Дадим описание модели динамики системы управления промышленным предприятием. С рынка сбыта (продажи) идут два потока информации, один несет заказы на изделия, другой – данные о величине потока заказов на эти изделия. Информация, как основа для принятия решений, трансформируется соответствующим образом в местах (пунктах) принятия решений. Далее математически опишем в виде соответствующих формул все выделенные пункты (места) принятия управленческих решений.

1. В первом пункте принятия управленческих решений описывается поток (величина) поступающих заказов на изделия из рынка сбыта (RK). Принято, что эта величина имеет ступенчатый характер и определяется из равенства:

$$RK = RK_0 + ZF \cdot 1(T)$$

где:

$RK_0$  – Начальная величина заказов на изделия,

$ZF$  – Величина поступающих из рынка сбыта заказов на изделия.

2. Второй пункт принятия управленческих решений регулирует поток принимаемых заказов на изделия (ZDS); принимаются только те из поступающего количества заказов на изделия, которые материально обеспечены (выполнение условия **а**) с использованием вспомогательной переменной  $S_2$ ). Действие этого пункта принятия решений определяется функцией  $F^*$  вида:

<sup>5</sup> Compare: Sterman, John D. (2000). *Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGrawHil

<sup>6</sup> Compare: Randers, Jorgen (1980). *Elements of the System Dynamics Method*. Cambridge: MIT Press.

$$F^{*} = \begin{cases} 1, & \text{if } MM \geq DS \\ 0, & \text{if } MM < DS \end{cases}$$

где:

$MM$  – Уровень склада материалов и полуфабрикатов,

$DS$  – Портфель (величина) заказов на изделия.

Величину  $ZDS$  определим из равенства:

$$ZDS = F^{*} \cdot RK$$

Этот пункт принятия решений корректирует также информацию о величине потока заказов на изделия, формируя среднюю величину (уровень) заказов на изделия ( $ZS$ ).

3. Новое значение портфеля заказов ( $DS$ ) представляет собой количество принятых заказов на изделия и находится по формуле:

$$DS = DS_0 + T \cdot (ZDS - ZMP)$$

где:

$DS_0$  – предыдущая величина заказов на изделия,

$ZDS$  – поток принятых заказов на изделия,

$ZMP$  – поток реализованных заказов на изделия,

$T$  – интервал времени.

4. Пункт принятия решений 4 (уровень  $ZMP$ ) регулирует:

- величину отправляемых изделий со склада конечной продукции ( $MP$ ),
- величину реализованных заказов на изделия, передаваемых из отдела продажи (сбыта) и маркетинга в архив.

Действие этого пункта принятия решений определяется равенством:

$$ZMP = DS / TDS$$

где:

$DS$  – величина (портфель) принятых заказов на изделия,

$TDS$  – время реализации заказов (постоянная величина).

5. Пятый пункт принятия решений определяет среднюю величину (уровень) ( $ZS$ ) поступающих из рынка заказов на изделия (с учетом корректировочных действий второго пункта принятия решений –  $ZDS$ ). Действие этого пункта принятия решений выражается формулой:

$$ZS = ZS_0 + T \cdot (ZDS - ZS_0)$$

где:

$ZS_0$  – средняя предыдущая величина заказов изделия,

$ZDS$  – величина потока принимаемых заказов изделия,

$T$  – интервал времени.

6. Пункт принятия решений 6 (величина потока производственных нарядов  $ZPR$ ) регулирует (с использованием вспомогательной переменной  $S_1$ , согласно условию **а**):

- величину потока производственных нарядов ( $ZPR$ ),
- величину потока материалов и полуфабрикатов передаваемых на производство (из склада материалов  $MM$ ).

Действие шестого пункта принятия решений выражается равенством:

$$ZPR = ZS + S_1 / TPR$$

где:

$TPR$  – время перехода пропускной способности производства.

7. Пункт принятия решений 7 (уровень  $ZZR$ ) – согласно условию **с**) (используя вспомогательную переменную  $S_3$ ) – отсекает (приостанавливает) передачу нарядов на производство, когда уровень склада материалов и полуфабрикатов станет минимальным. Действие этого пункта принятия решений определяется функцией  $P^*$  вида:

$$P^* = \begin{cases} 1, & \text{if } S_3 \geq 0 \\ 0, & \text{if } S_3 < 0 \end{cases}$$

Величину (уровень)  $ZZR$  определим из равенства:

$$ZZR = P^* \cdot ZPR$$

где:

$ZZR$  – величина потока переданных на производство нарядов.

8. Объем продукции – величина потока продукции ( $WPR$ ) тождественная передачи нарядов на производство, определяет время, необходимое на производство. Время перехода (пропускная способность) производства ( $TPR$ ) принимаем постоянным, а накопительным элементом пропускной способности является величина потока переданных нарядов на производство ( $ZZR$ ). Действие этого пункта принятия решений выражается равенством:

$$WPR = ZZR / TPR$$

9. Пункт принятия решений 9 (производственные наряды PR) определяет текущую величину производственных нарядов и выражается равенством:

$$PR = PR_0 + T \cdot (ZZR - WPR)$$

где:

$PR_0$  – предыдущая величина производственных нарядов,

$T$  – интервал времени.

10. Для уровня склада конечной продукции (величины MP) (10 пункт принятия решений), входом является поток продукции из производства (WPR), а выходом – поток продукции, отправляемой на рынок сбыта (потребителю) (ZMP). Разница между этими потоками накапливается (остаётся) на складе конечной продукции (MP). Действие этого пункта принятия решений выражается равенством:

$$MP = MP_0 + T \cdot (WPR - ZMP)$$

где:

$MP_0$  – предыдущая величина (уровень) склада продукции,

$ZMP$  – величина отправленной на рынок сбыта (реализованной) продукции.

11. Величина потока нарядов на покупку материалов и полуфабрикатов (ZDZ) определяет поток нарядов на покупку материалов и полуфабрикатов через отдел снабжения, который – согласно условию **d**) – соответствует потоку заказов на изделия (RK):

$$ZDZ = RK$$

где:

$RK$  – поток заказов на изделия (наплывающий из рынка сбыта).

12. Поток закупленных материалов и полуфабрикатов (MDZ) – это материалы и полуфабрикаты, доставленные на склад материалов и полуфабрикатов (MM) отделом снабжения. Величина этого потока регулируется на основе информации о числе нарядов на материалы и полуфабрикаты, накопившихся в отделе снабжения, и выражается равенством:

$$MDZ = DZ / TDZ$$

где:

$DZ$  – число нарядов на материалы и полуфабрикаты,

$TDZ$  – время закупки материалов и полуфабрикатов.

13. Отдел снабжения (DZ) накапливает разницу между поступающим потоком нарядов на покупку материалов и полуфабрикатов (ZDZ) и величиной отправленных на склад материалов и полуфабрикатов (MDZ). Действие 13 пункта принятия решений определяет равенство:

$$DZ = DZ_0 + T \cdot (ZDZ - MDZ)$$

где:

$DZ_0$  – предыдущее число нарядов на материалы и полуфабрикаты.

14. Склад материалов и полуфабрикатов (MM) накапливает разницу между потоком закупленных материалов и полуфабрикатов (MDZ) и потоком их передачи на производство (ZZR). Действие этого пункта принятия управленческих решений выражается равенством:

$$MM = MM_0 + T \cdot (MDZ - ZZR)$$

где:

$MM_0$  – предыдущая начальная величина склада материалов и полуфабрикатов.

## Начальные условия компьютерной имитации и анализ ее результатов

Перейдем к описанию начальных условий. Начальные условия определяют состояние предприятия, в котором оно находится перед изменением величины принятых заказов на изделия  $ZF \cdot 1(T)$  поступивших из рынка сбыта. В начальном состоянии величина поступающих заказов на изделия (RK) из рынка сбыта равна величинам: отправки изделий (ZMP), потока продукции (WPR), потока материалов и полуфабрикатов, доставленных на склад материалов (MDZ), среднего уровня поступающих заказов из рынка на изделия (ZS), т.е.:

$$RK = RK_0 = ZMP = WPR = MDZ = ZS$$

Величины разных уровней в начальном состоянии определяются произведением величины потока, связанного с данным уровнем, и временем перехода для этого потока, а именно:

$$DS = RK = RK_0$$

$$DZ = MDZ \cdot TDZ = RK \cdot TDZ$$

$$PR = WPR \cdot TPR = RK \cdot TRK$$

Уровни ММ и МР не связаны во времени со своими потоками, поэтому следует задаться некоторыми их начальными значениями.

Уровень склада материалов и полуфабрикатов (ММ) можно задать любым числом, но его начальный уровень ( $MM_0$ ) должен быть больше некоторого минимального запаса ( $Min$ ), т.е.:

$$MM = MM_0 > Min$$

Уровень склада конечной продукции (МР), согласно условиям работы предприятия (согласно условию **a**)), должен иметь некоторый желаемый уровень продукции ( $k \cdot ZS$ ), т.е.:

$$MP = k \cdot ZS = k \cdot RK_0$$

В данном исследовании модели динамики управления промышленным предприятием приняты следующие значения начальных параметров (выраженных числом недель):  $TDS = 1$ ,  $TZS = 2$ ,  $TPR = 2$ ,  $TMP = 2$ ,  $TDZ = 2$ ,  $Min = 0$ ,  $k = 3$ ,  $T = 0,1$  и  $RK_0 = 100$  единиц в неделю.

В заключении приведем результаты исследований с использованием компьютерной имитации по предложенной нами модели, относящиеся к четырём основным случаям функционирования предприятия (системы), когда наступает:

1. увеличение заказов на изделия (ZF) на 20 единиц в неделю при начальном уровне материалов и полуфабрикатов на складе ( $MM_0$ ) равным 270 единиц (рис. 1),
2. увеличение заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов и полуфабрикатов на складе ( $MM_0$ ) равным 270 единиц (рис. 2),
3. увеличение заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов и полуфабрикатов на складе ( $MM_0$ ) равным 350 единиц (рис. 3),
4. увеличение заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов и полуфабрикатов на складе ( $MM_0$ ) равным 420 единиц (рис. 4).

Результаты имитации по предложенной модели динамики управления промышленным предприятием проиллюстрированы рисунками 1–4.

Рис. 1 показывает, что при ступенчатом возрастании заказов на изделия (ZF) на 20 единиц в неделю начинаются временные сбои в работе промышленного предприятия. Это выражается колебанием уровня продукции (PR) и поступления потока материалов на производство (ZZR); эти колебания затухают после 16 недель с момента увеличения заказов на изделия.



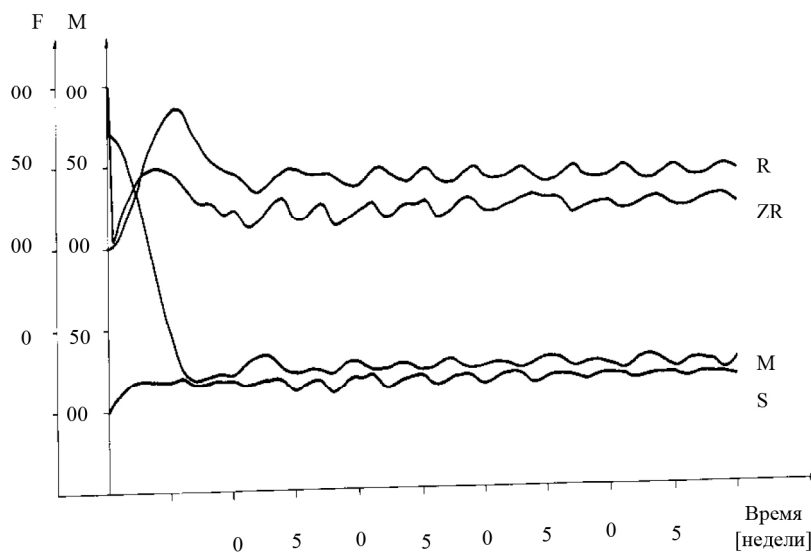


Рис. 1. График результатов имитации при увеличении заказов на изделия (ZF) на 20 единиц в неделю при начальном уровне материалов на складе (MM0) равным 270 единиц.

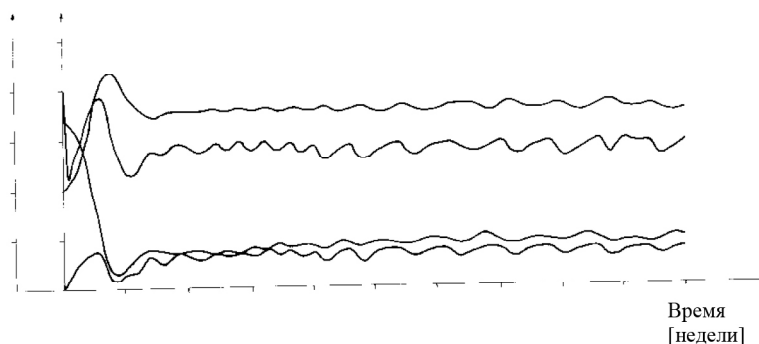
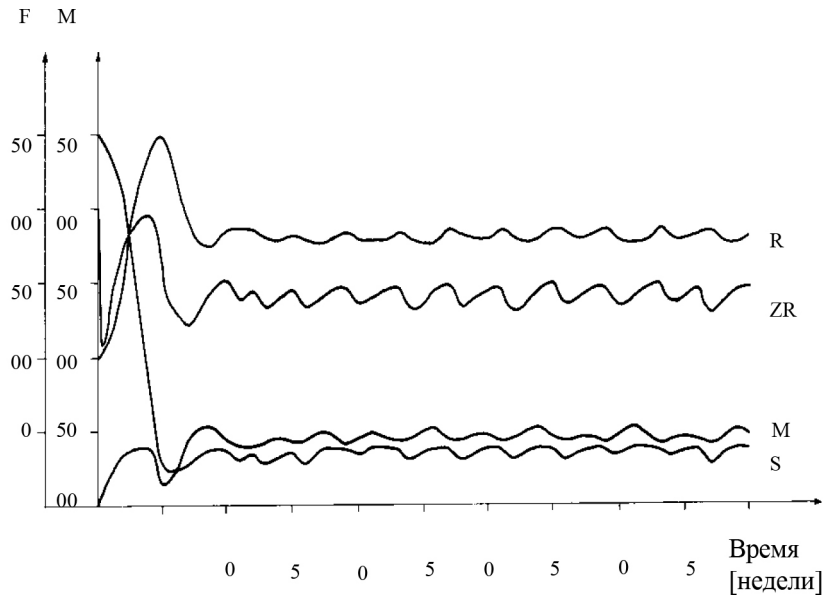
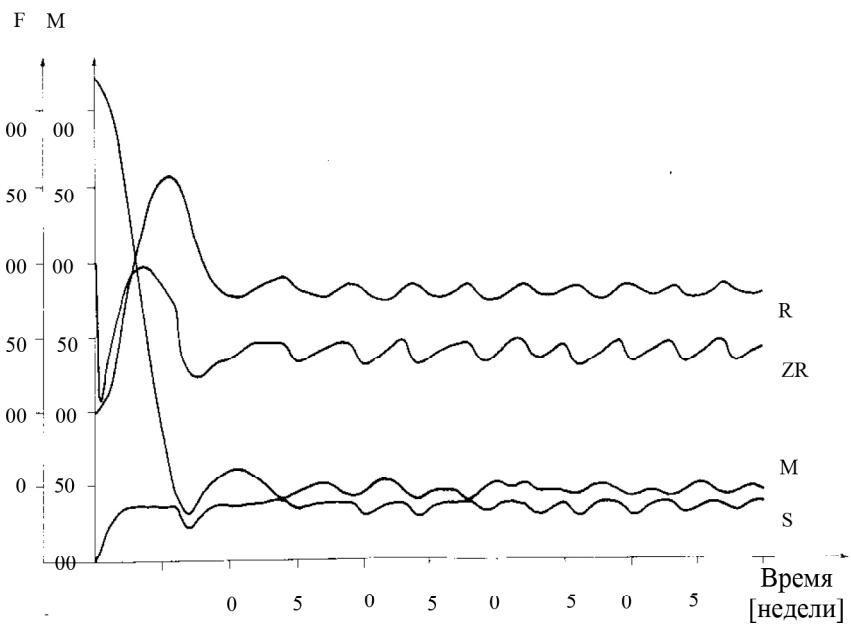


Рис. 2. График результатов имитации при увеличении заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов на складе (MM0) равным 270 единиц.

При увеличении заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю (рис. 6.3) сбои в работе предприятия заметны еще на 35-й неделе, причем амплитуда колебаний достигает около 10% среднего значения. Этот график показывает также причину большого периода временных сбоев в работе предприятия. Именно на рис. 6.3 видно взаимное пересечение кривых MM и DS, что – согласно условию **b)** работы предприятия – является поводом для временной приостановки принятия



**Рис. 3. График результатов имитации при увеличении заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов на складе (MM0) равным 350 единиц**



**Рис. 4. График результатов имитации при увеличении заказов на изделия (ZF) на 40 единиц в неделю при начальном уровне материалов на складе (MM0) равным 420 единиц.**

новых заказов на изделия. Этот эффект равносителен рыночным изменениям величины заказов на изделия и тем самым вводит добавочные сбои в работе предприятия; эти добавочные сбои в работе предприятия происходят не от внешних причин, как на первый взгляд могло бы показаться, только по внутренним причинам предприятия.

Достаточно, чтобы уровень склада материалов и полуфабрикатов имел начальный запас ( $MM_0$ ) равный 350 единиц, вместо 270 при увеличении заказов на изделия на 40 единиц в неделю (рис. 3), чтобы временные сбои в работе предприятия прекратились уже после 15 недель от момента увеличения заказов на изделия. При первоначальном уровне склада материалов и полуфабрикатов ( $MM_0$ ) равным 420 единиц (рис. 4) сбои в работе предприятия устраняются также после 15 недель, однако анализ изменений показывает, что в этом случае стабилизация работы более устойчива.

Разработана модель динамики системы управления промышленным предприятием проверена в промышленной практике через сравнение полученных расчётных величин по модели с действительными данными определённого мебельного предприятия. Результаты имитации показывают, что при ступенчатом возрастании заказов на мебельные изделия наблюдаются сбои в работе предприятия проявляющиеся прежде всего в изменениях уровня продукции и уровня передаваемых материалов и полуфабрикатов на производство. Эти временные сбои в работе предприятия исчезают в разном периоде. Длина этого периода зависит от величины заказа на изделия ( $ZF$ ) и начального запаса материалов и полуфабрикатов на складе ( $MM_0$ )<sup>7</sup>. Построенная модель динамики системы управления промышленным предприятием имеет практическое значение, ибо позволяет предусмотреть период (в неделях) в сбоях работы предприятия в случае принятия нового (добавочного) заказа на изделия, при известной начальной величине запасов материалов и полуфабрикатов на складе.

## Литература (references)

- Morecroft, J. (2007). *Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach*. John Wiley & Sons.  
Randers, J. (1980). *Elements of the System Dynamics Method*. Cambridge: MIT Press.

<sup>7</sup> Morecroft, John (2007). *Strategic Modelling and Business Dynamics: A Feedback Systems Approach*. John Wiley & Sons; Sterman, John D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: McGraw.

Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. New York: McGraw Hill.

Жуковский П. (2007). *Современное управление организацией*. Ополе: ВПУиА.

Repenning, N. P. (2001). "Understanding fire fighting in new product development". *The Journal of Product Innovation Management*. No 18 (5).