

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОКРЕСТНОСТНО-ВРЕМЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

Томилин А.А.

(Липецкий государственный технический университет)  
alexat@lipetsk.ru

*Рассматриваются проблемы формирования организационной структуры при помощи дискретных симметричных линейных окрестностно-временных моделей. Предложен подход к определению структуры организации на основе решения задачи смешанного оптимального управления и в соответствии с принятым механизмом стимулирования. Приведены практические результаты апробации подхода на примере конкретного предприятия.*

Ключевые слова: окрестностно-временные модели, организационные системы, формирование организационной структуры, оптимальное смешанное управление, механизм стимулирования.

## **Введение**

При решении задач управления в социальных и экономических системах возникают проблемы математического моделирования организационных систем, формирования оптимальных иерархических организационных структур (ОС) [3, 4], разработки эффективных численных методов и алгоритмов идентификации и оптимального управления, их реализации в виде комплексов проблемно-ориентированных программ, применения в реальных организационных системах с целью повышения эффективности их функционирования.

Анализ литературных источников, посвященных исследованию формальных моделей формирования ОС и управлению на их основе, позволяет отметить следующее:

- на текущий момент отсутствует единый подход к формированию ОС при помощи формальных моделей;
- при моделировании ОС не используется математическое описание системы как совокупности входов, состояний, выходов;
- отсутствует учет наличия технологических взаимодействий и взаимосвязей между исполнителями в структуре модели;
- чтобы упростить поставленную задачу, делаются важные предположения, сужающие область применимости моделей на практике;
- не учитывается информация об особенностях деятельности организаций и предметной области, в которой они функционируют.

Среди важных факторов в организационных системах выделяются наличие отношений непосредственного подчинения и взаимосвязей на уровне исполнителей, возникающих при обслуживании технологических процессов. Эти особенности связывают их с окрестностными системами [1, 5], для которых существует достаточно развитый математический аппарат и примеры применения в других предметных областях. Однако в современной теории окрестностных систем не учитывается ряд особенностей, возникающих при решении задачи построения ОС, а именно, ограничения на переменные, различная размерность векторов сигналов, динамика во времени в явном виде.

Таким образом, актуальной является задача разработки и применения аппарата формирования ОС, основанного на создании окрестностно-временных моделей (ОВМ) рассматриваемых систем, учета взаимосвязей этапов решения задачи организационного дизайна и специфики предприятия.

## 1. Цель работы и постановка задачи

Цель работы состоит в построении окрестностно-временных моделей организационных систем, методов и алгоритмов идентификации и оптимального управления, комплекса программ на их основе, позволяющих эффективно решать задачи формирования организационных структур, апробации на практике разработанных механизмов на примере конкретного предприятия.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- анализ современных математических методов формирования иерархических ОС;
- построение линейных ОВМ для получения оптимальных вариантов ОС;
- разработка структуры базы данных информационной системы для работы с ОВМ;
- системный анализ проблематики обслуживания процесса оказания транспортных услуг и разработка модели технологии взаимодействия персонала автотранспортного предприятия;
- модификация алгоритмов параметрической идентификации, оптимального смешанного управления для окрестностно-временных систем с целью учета ограничений на переменные;
- определение наилучшего варианта в соответствии с принятым механизмом стимулирования;
- разработка программного комплекса, который предназначен для моделирования систем при помощи ОВМ.

Постановка задачи формирования ОС выглядит следующим образом. Задано конечное множество всех сотрудников организации  $V$ , множество допустимых ОС  $\Omega \subseteq \Omega(V)$  и функция затрат ОС на стимулирование  $C: \Omega \rightarrow [0, +\infty)$ . Необходимо найти допустимую ОС с минимальными затратами, для которой построен алгоритм оптимального смешанного управления по

различным критериям оптимальности в зависимости от известных фактических параметров технологических процессов.

Среди особенностей подхода к решению указанной задачи можно отметить, что:

1. Функционирование организации описывается линейной ОВМ, построенной с учетом технологических процессов на предприятии.

2. Эффективность деятельности предприятия определяется при помощи решения задачи оптимального смешанного управления.

3. Задача определения минимальной стоимости ОС решается на основе результатов предыдущего пункта и в соответствии с принятыми механизмами стимулирования.

## **2. Описание ОВМ организации**

Одним из ключевых факторов, влияющих на вид ОС, являются особенности технологии функционирования организации, поэтому построение модели требуется начать именно с определения способов взаимодействия при обслуживании основных производственных процессов.

В качестве используемой технологии функционального моделирования процессов в работе была выбрана технология IDEF0, отличающаяся эффективностью и удобством в практике применения [6]. Полученные результаты, приведенные на рисунках 1-3, содержат серию диаграмм, разбивающих сложный объект на составные части, которые представлены в виде блоков.

Нас будут интересовать процессы, характеристики выполнения которых можно оценить с помощью численных показателей, их количество и взаимосвязи между исполнителями. Таким образом, размерность векторов входов и состояний узла исполнителя будет определяться количеством измеряемых характеристик обслуживаемых им процессов.

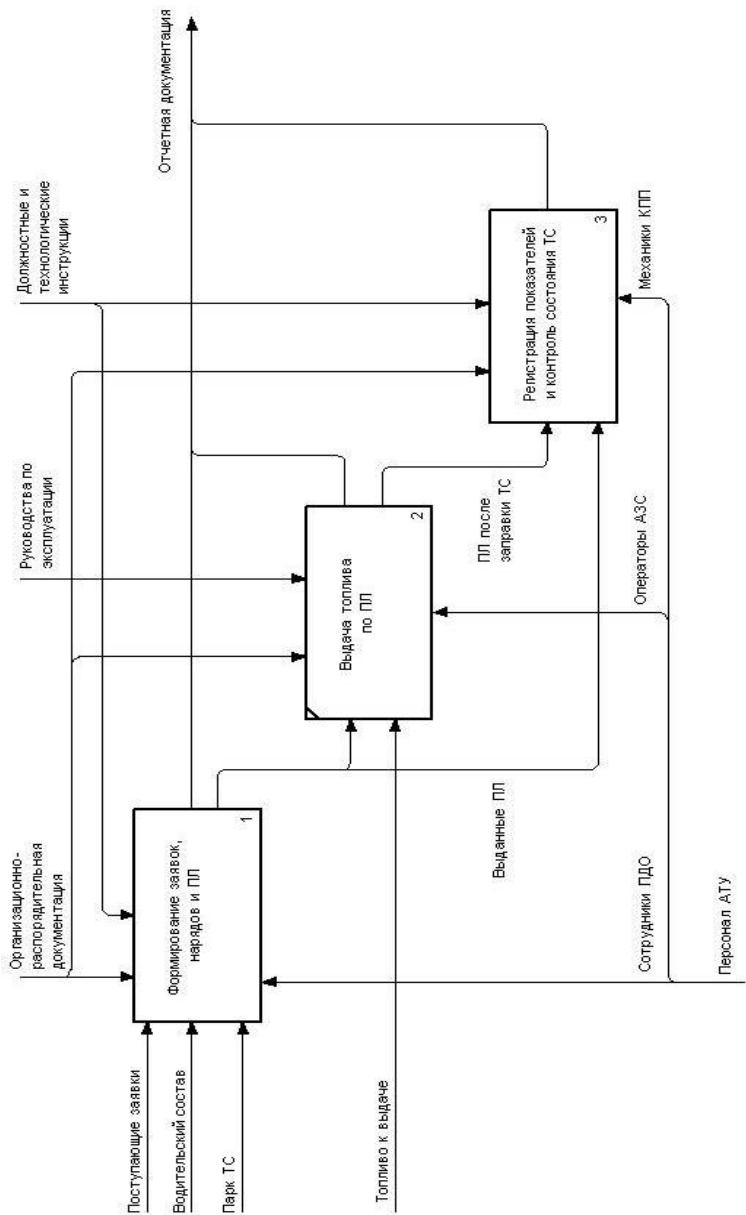


Рис. 1. Декомпозиция первого уровня процесса

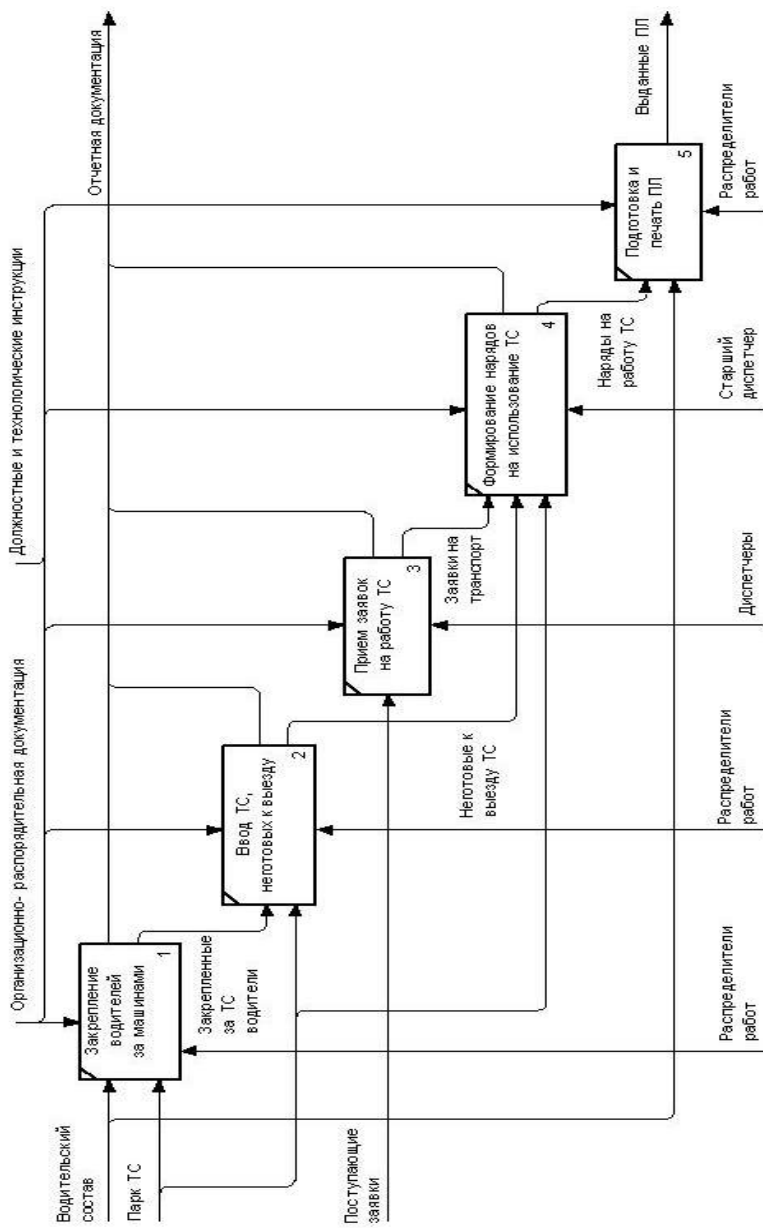


Рис. 2. Декомпозиция процесса «Формирование заявок, нарядов и ПП»

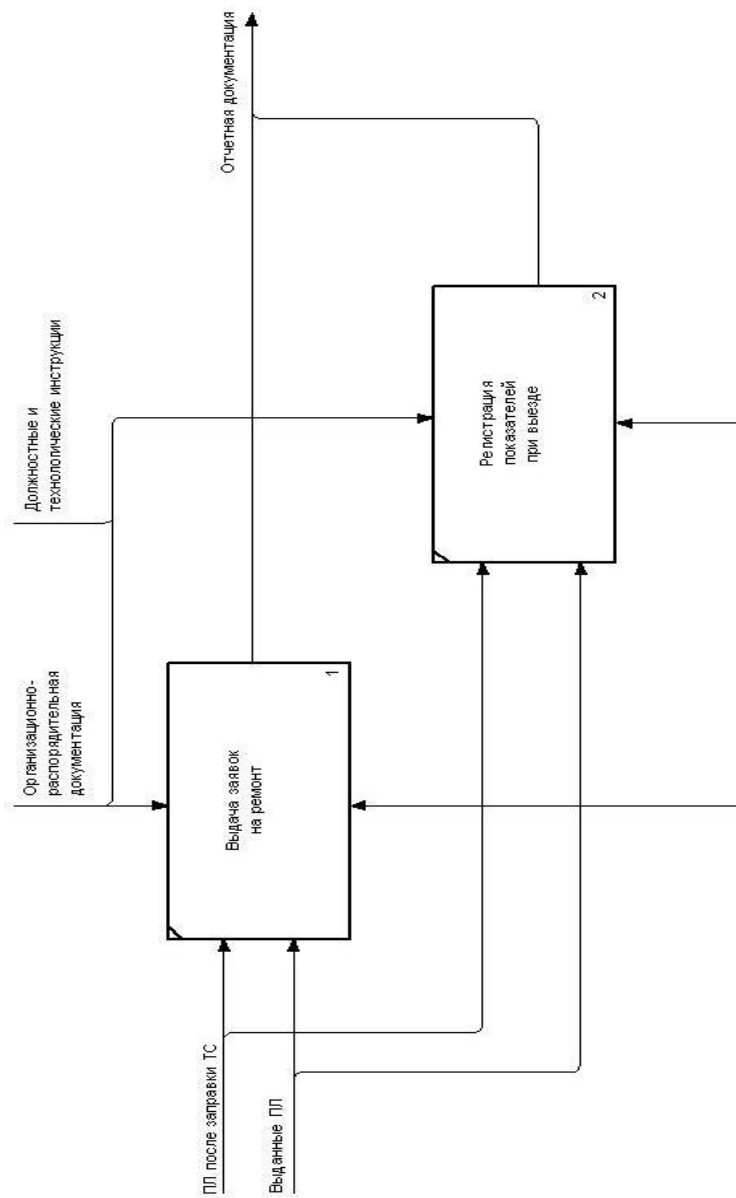


Рис.3. Декомпозиция процесса «Регистрация показателей и контроль состояния ТС»

Для изображения ОС в виде окрестностно-временной системы сопоставим каждому процессу его исполнителя, учтем последовательность выполнения процессов взаимосвязями между исполнителями, отобразим отношения непосредственного подчинения связями между исполнителями и менеджерами, группой менеджеров и менеджером более высокого уровня.

Функционирование организации с учетом технологических процессов на предприятии описывается линейной ОВМ:

$$(1) \quad \sum_{\alpha' \in O_x[a, t+1]} \Omega[a, \alpha'] x[\alpha', t+1] + \sum_{\alpha'' \in O_x[a, t]} \Omega[a, \alpha''] x[\alpha'', t] = \\ = \sum_{\beta \in O_v[a, t]} \Xi[a, \beta] v[\beta, t]$$

где  $v[a, t] \in R^m$ ,  $x[a, t] \in R^n$  – вход и состояние в узле  $a$  в момент времени  $t$  (параметры  $m$  и  $n$  в общем случае могут быть различными для каждого вектора сигнала);

$\Xi[a, \alpha] \in R^{c \times m}$ ,  $\Omega[a, \alpha] \in R^{c \times n}$  – постоянные матрицы-параметры в узле системы  $a$  для рассматриваемого узла окрестности  $\alpha$  (компонент  $c$  одинаков для всех матриц-параметров узла и его окрестности, но может быть различным для каждого из узлов);

$O_v[a, t]$ ,  $O_x[a, t]$  – окрестности узла  $a$  по входу и состоянию в момент времени  $t$  ( $O_v[a, t] \neq O_x[a, t] \forall a \in A$ );

$a, \alpha', \alpha'', \beta \in A$ ,  $A = \{a_1, \dots, a_N\}$  – множество значений аргумента системы (1), где  $|A|=N$ .

### 3. Особенности схемы управления

Решающим условием, определяющим пригодность ОС для эффективного функционирования предприятия, является решение задачи оптимального управления, дающее требуемые значения состояний в зависимости от заданных сигналов модели.

Будем рассматривать два случая: по неизвестным переменным присутствуют значения плановых показателей (при этом



решается задача оптимального смешанного управления) или план заранее неизвестен (решается задача смешанного управления). При этом схема управления имеет вид, изображенный на рис. 4. Множество допустимых ОС определяется на основе мнений экспертов о наиболее приемлемых вариантах ОС с минимальными затратами.

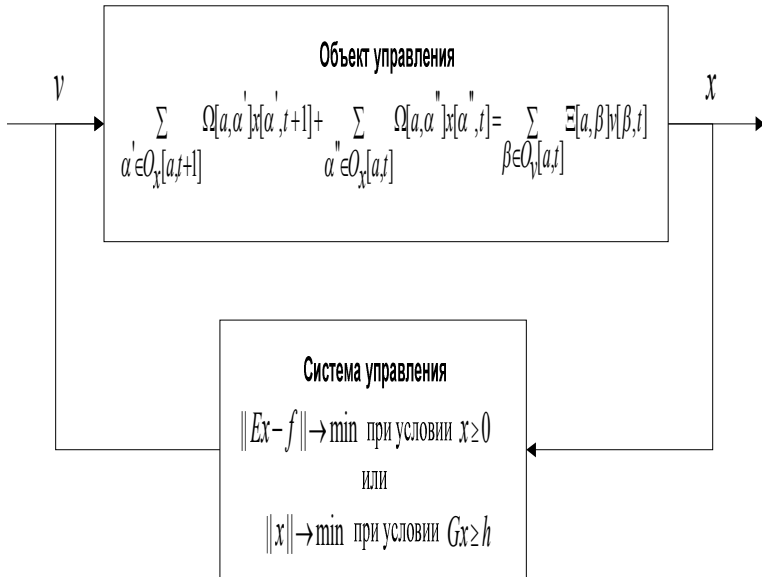


Рис.4. Общая структурная схема управления

На рис. 4  $E(\tilde{\Omega}, \tilde{\Xi}, \tilde{x}(t+1), \tilde{x}(t), \tilde{v}(t))$  и  $f(\tilde{\Omega}, \tilde{\Xi}, \tilde{x}(t+1), \tilde{x}(t), \tilde{v}(t))$  – матрица коэффициентов и вектор-столбец, полученные после приведения матричного уравнения  $AX=BV$  к виду  $Ex = f$ , волной обозначены известные элементы соответствующих компонентов ОВМ,  $x^*$  – плановые показатели для неизвестных компонентов сигналов.

#### 4. Механизм стимулирования

Для поиска ОС с минимальными затратами используется механизм стимулирования, учитывающий объем проведенных работ. При этом стимулирование строится таким образом. Центр согласно сложности и важности работы предлагает агенту функцию стимулирования следующего типа: фиксированная ставка за объем работы, не превышающий план (заранее заявленный объем работ) и премия согласно реально выполненному объему работ.

Полагается, что функция затрат зависит от показателей загрузки персонала, полученных в результате применения алгоритма управления для возможных вариантов ОС. Критерий минимальности затрат, определяющий оптимальную ОС в смысле затрат на стимулирование сотрудников, имеет вид:

$$(2) \quad C(H) = \sum_{i=1}^N N_i \sigma_i \rightarrow \min,$$

$$\text{где } \sigma_i = \begin{cases} \alpha_i (x_i - x_i^A) + \sigma_i^A, \alpha_i = \frac{2}{3} \frac{\sigma_i^A}{x_i^A}, \text{ при } x_i^A < x_i \leq x_i^B, \\ \sigma_i^A, \text{ при } 0 \leq x_i \leq x_i^A; \end{cases}$$

– размер затрат ОС на стимулирование  $i$ -того сотрудника;  $N$  – общее количество узлов;  $N_i$  – число сотрудников в  $i$ -том узле модели;  $x_i^A$ ,  $x_i$ ,  $x_i^B$ ,  $\sigma_i^A$  – плановая, фактическая, предельная нагрузка и базовая ставка оплаты  $i$ -того сотрудника соответственно;  $H$  – множество допустимых вариантов ОС.

#### 5. Практическая апробация подхода

Рассмотрим применение описанного подхода на примере автотранспортного управления (АТУ) ОАО "НЛМК". Отметим, что работа рассматриваемого предприятия имеет свою специфику, которая оказывает влияние на структуру организации. Среди особенностей АТУ ОАО «НЛМК» выделим ориентированность

100

его деятельности на обслуживание потребностей металлургического производства, которое характеризуется непрерывностью цикла производимых работ и, как следствие, необходимостью в обеспечении бесперебойности осуществления технологических процессов. Примем во внимание, что на предприятии существует информационная система по учету работы автотранспорта, являющаяся поставщиком массивов данных, пригодных для анализа и оценки степени занятости персонала, обслуживающего транспортные процессы.

Построим для существующей организационной структуры дискретную симметричную линейную ОВМ. Чтобы чрезмерно не усложнять модель, примем ряд допущений. Объединим в один узел исполнителей, выполняющих схожие работы и занимающих одну должность. Учтем только те узлы, которые находятся в тесной взаимосвязи в процессе осуществления деятельности по обслуживанию автотранспортного процесса, горизонтальные (технологические) и вертикальные (административные) связи между сотрудниками рассматриваемой организации. Значения параметров узлов ОВМ, используемые при построении модели и решении задачи формирования оптимальной ОС, приведены в таблицах 1 и 2. Задача параметрической идентификации решалась на основании данных, полученных при помощи отражения результатов выполнения технологических процессов, описание которых приведено на рисунках 1-3, в информационной системе "Учет работы автотранспорта", эксплуатируемой в автотранспортном управлении. При этом структура, схема модели организации и технологических процессов во взаимосвязи, описание параметров базовой ОВМ АТУ соответствуют работе [2].

*Таблица 1. Параметры узлов исполнителей*

	И1	И2	И3	И4	И5	И6
$\mu_i$	2,9	1,6	5,5	1	1,4	0,8
$N_i$	2	16	1	2	12	1

$N_v^i$	2	2	0	2	0	0
$N_x^i$	2	3	2	1	1	0
$x_i^A$	577,5	465	446,2	121	257	14
$x_i^B$	866,25	697,5	669,3	181,5	385,5	21
$\alpha_i$	0,0067	0,008	0,038	0,011	0,0436	0,0381

Таблица 2. Параметры узлов менеджеров

	M1	M2	M3	M4
$\mu_i$	19,8	6,6	6,6	6,6
$N_i$	1	1	1	1
$N_v^i$	0	0	0	0
$N_x^i$	1	1	1	1
$x_i^A$	2560,5	1688,7	155	350,8
$x_i^B$	3840,8	2533,05	232,5	526,2
$\alpha_i$	0,0052	0,0026	0,0284	0,0125

Параметры  $N_v^i$ ,  $N_x^i$  определяют количество компонент входов и состояний в  $i$ -том узле для исходной ОВМ,  $\mu_i$  показывает, во сколько раз отличается базовая ставка узла И4 от базовой ставки сотрудников  $i$ -того узла модели. Предполагается, что базовая ставка узла И4  $\sigma_{И4}^A = 1$ , тогда  $\mu_i = \sigma_i^A \forall i = 1, N$ .

Тенденции развития предприятия приводят к постоянному изменению количества выполняемых им функций, влияющих на состав и структуру организации.

В ходе внедрения информационной системы по учету работы автотранспорта появилась потребность в обслуживании следующих технологических процессов:

- регистрация факта проведения технических обслуживаний (П9);

- оформление актов о снятии остатков и переливов топлива (П10).

Для определения структуры с минимальными затратами на стимулирование были выбраны варианты:

1. Поручить выполнение этих процессов узлу И3.
2. Поручить выполнение этих процессов узлу И5.
3. Распределить полномочия: П9 обслуживает узел И3, П10 – узел И5.
4. Распределить полномочия: П9 обслуживает узел И5, П10 – узел И3.
5. Поручить выполнение этих процессов новому узлу И6, который находится в подчинении М4.

Для каждого варианта строились симметричные ОВМ, решалась задача смешанного и оптимального смешанного управления для выявления фактической работы, выполненной персоналом. На основании данных о размере стимулирования (таблицы 1 и 2) проводились вычисления стоимости ОС в каждом конкретном случае. Результаты проведенных расчетов, которые содержатся в таблицах 3 и 4, позволяют выбрать наилучшую модель в смысле минимальных затрат на стимулирование сотрудников ОС. Жирным цветом выделены минимальные значения затрат ОС для каждой из решенных управленческих задач. Полученные результаты позволяют говорить о выгодности распределения полномочий по обслуживанию указанных процессов согласно 3-его варианта (П9 обслуживает узел И3, П10 – узел И5).

*Таблица 3. Результаты проведенных расчетов в случае смешанного управления*

	Смешанное управление				
	№ варианта				
Код проц.	1	2	3	4	5
К1	93,45	93,91	95,13	92,89	99,19
К3	691,55	722,79	677,22	732,74	732,3

K5	929,11	932,75	910,18	944,24	944,22
K7	223,54	217,74	227,26	234,97	226,25
K11	683,95	655,32	648,24	641,09	676,13
K12	6873,48	6990,8	7118,54	6784,66	6781,34
K14	17,97	18,47	17,86	18,99	18,41
K16	1789,521	1699,141	1748,211	1732,591	1781,421
K18	355,974	375,884	358,784	356,484	364,624
K19	2740,565	2691,975	2599,185	2653,715	2631,065
K20	16,1	15,82	15,9	16,69	16,02
K21	12,63	12,64	12,08	12,68	12,17
C(H)	96,738	96,646	<b>95,894</b>	96,48	97,295

*Таблица 4. Результаты проведенных расчетов  
в случае оптимального смешанного управления*

	Оптимальное смешанное управление				
	№ варианта				
Код проц.	1	2	3	4	5
K1	90,73	95,92	94,59	94,52	91,43
K3	692,88	700,49	675,65	687,36	688,05
K5	911,84	887,49	913,32	920,01	881,54
K7	223,67	226,78	216,74	225,05	222,43
K11	637,49	628,25	648,31	619,41	635,65
K12	6543,42	6745,99	6839,38	6807,22	6437,64
K14	18,34	18,39	18,34	17,85	17,8
K16	1715,52	1709,87	1737,56	1686,37	1723,46
K18	359,55	360,7	349,97	355,09	354,64
K19	2582,01	2585,53	2560,03	2576,18	2605,57
K20	15,58	15,94	15,71	16,28	15,8
K21	12,11	12	11,64	12,18	11,65
C(H)	95,728	95,779	<b>95,499</b>	95,611	96,506

## **Заключение**

В настоящей работе отражены некоторые вопросы, касающиеся формирования оптимальной ОС при помощи ОВМ. Практическая ценность разработанных подходов заключается в том, что их применение позволяет получать информацию, необходимую для принятия управленческих решений по повышению эффективности функционирования предприятия в производственных условиях.

При использовании предложенных математических моделей и методов в АТУ ОАО «НЛМК» появилась возможность для решения следующих задач: перераспределение нагрузки между сотрудниками структурных подразделений, выявление необходимости внесения изменений в состав и структуру, анализ различных вариантов принятия управленческих решений по ОС, информационное обеспечение моделей для принятия управленческих решений.

## **Литература**

1. БЛЮМИН С.Л., ШМЫРИН А.М. *Окрестностные системы*. Липецк: Липецкий эколого-гуманитарный институт, 2005. – 132 с.
2. БЛЮМИН С.Л., ТОМИЛИН А.А. *Методика моделирования организационной структуры при помощи симметричных окрестностных моделей // Управление большими системами / Сборник трудов. Выпуск 17. М.: ИПУ РАН, 2007. С.29-39.*
3. ГУБКО М.П. *Математические модели оптимизации иерархических структур*. М.: ЛЕНАНД, 2006. – 264 с.
4. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: Московский психолого-социальный институт, 2005. – 584 с.
5. ТОМИЛИН А.А. *Построение симметричной окрестностной модели выпуска транспортных средств на линию //*

Системы управления и информационные технологии. 2006. №1.2(23). С. 291-293.

6. ТОМИЛИН А.А. *Применение IDEF-моделирования при проектировании информационной системы для учета работы автотранспортного управления крупного промышленного предприятия* // Экология ЦЧО РФ. 2005.№2 (15). С. 48-54.