

УДК 519.3

В.А. ПОПОВ, И.В. АЛЕЙНИК, Н.В. ЕРЕМЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ**

Проведен системный анализ металлообрабатывающего предприятия, на основе которого предложена функциональная модель его взаимодействия с внешней средой. Модель показывает зависимость параметров предприятия от параметров внешней среды. Для определения количества компьютеров, необходимого для подключения в заводскую компьютерную сеть, в работе применен принцип включения и исключения. Построение компьютерной системы предлагается на основе потоковой модели взаимодействия структурных подразделений. На основе графа информационного взаимодействия отделов предложена модернизированная компьютерная сеть металлообрабатывающего предприятия.

Ключевые слова: системный анализ, внешняя среда предприятия, внутренняя среда предприятия, параметры предприятия, параметры внешней среды, алгебра множеств, задача включения, граф информационного взаимодействия предприятия.

Введение

В современных условиях информатизации общества внедрение IT-технологий в различных отраслях человеческой деятельности стало обыденным делом. С каждым годом всё больше и больше подвергаются информатизации предприятия легкой и тяжёлой промышленности. Создание информационных систем на предприятиях уже перестало быть желаемой перспективой, а является необходимостью.

Залогом производства качественного и конкурентоспособного товара является эффективное управление предприятием. Правильно спроектированная информационная система помогает руководству анализировать, прогнозировать и избегать отклонений от планируемых сроков производства, задержек в поставках сырья на склад, возникновений брака и др. Поэтому каждое предприятие заинтересованно в разработке и внедрении такой системы.

Зачастую состояние информационной среды машиностроительных предприятий не отвечает требованиям эффективного управления. Разработка и внедрение соответствующего информационного обеспечения является одним из наиболее приоритетных направлений деятельности современных промышленных предприятий.

Для создания информационной системы (ИС) может быть предложена методика разделения структуры ИС на функциональную и организационную составляющие [1]. Методика оценки эффективности существующей организационной структуры, а также рекомендации по реорганизации управления предложены в [2] на примере предприятия масло-жировой промышленности. В организационной

структуре предприятия также находит отражение разделение логистики на логистику материалов и сбыта. При определении задач логистики производства используют аналогичный подход [3].

В соответствии с принципами системного подхода необходимо в первую очередь исследовать взаимоотношение системы с внешней средой, а затем – связи внутри самой системы. Принцип последовательного продвижения по этапам создания системы должен соблюдаться и при проектировании логистических информационных систем [4]. Поэтому имеет смысл привести теоретико-множественное представление предметной области. Для построения функциональной модели необходимо рассматривать его взаимодействие с внешней средой. В рамках внутренней среды предприятия проводится разделение производственной системы на: управляемую и управляющую; функциональную и обеспечивающую. Нашей задачей является доказательство функциональной зависимости между параметрами предприятия и параметрами внешней среды.

Эффективность работы предприятия следует из сравнения результатов работы предприятия с расходом потребляемых ресурсов [5, 6].

Важную роль в управлении промышленным предприятием играет управление потоковыми процессами, особенность которого заключается в максимальной интеграции отдельных звеньев логистической цепи в единую систему, которая и обеспечивает эффективное управление потоками [5]. Для обоснования архитектуры компьютерной сети (КС) предприятия необходимо построить потоковую модель функционирования предприятия в виде графа информационного взаимодействия предприятия.

1. Системная модель функционирования предприятия

1.1. Теоретико-множественное представление предметной области

Рассмотрим предприятие с позиции его теоретико-множественного представления [6].

Пусть Π – рассматриваемое предприятие, представленное совокупностью некоторых составляющих; S – внешняя среда предприятия.

Совокупность предприятия и внешней среды, как некоторых множеств Π , S и операций с элементами этих множеств Σ , представим в виде алгебраической структуры [7]

$$G = \langle \Pi, S, \Sigma \rangle. \quad (1)$$

Внешняя среда S описывается как совокупность множеств [4]:

$$S = \langle \text{Post}, \text{Potr}, \text{Nas}, \text{Gos}, \text{Konk} \rangle,$$

где Post – поставщики;

Potr – потребители;

Nas – население;

Gos – государственные органы;

Konk – конкуренты.

Тогда формула (1) принимает вид:

$$G = \langle \Pi, \text{Post}, \text{Potr}, \text{Nas}, \text{Gos}, \text{Konk}, \Sigma \rangle.$$

Поскольку Σ – сигнатура, представляющая собой множество функций взаимодействия Π и S , то запись $\Pi \Sigma_k \text{Post}_m$ означает, что предприятие Π связано с m -м поставщиком отношением Σ_k . Аналогично, можно выразить и другие отношения между элементами Π и Post, Potr, Nas, Gos, Konk.

С точки зрения основных производственных процессов производственная система (ПС) состоит из трёх основных подсистем: снабжения (Snab), производства (Proiz), сбыта (Sbit) [4]. Таким образом, ПС имеет вид:

$$\text{ПС} = (\text{Snab}, \text{Proiz}, \text{Sbit}).$$

В управленческом аспекте ПС предприятия условно можно разделить на управляемую систему (УС) и систему управления (СУ), что формально представляется совокупностью двух подмножеств [4]:

$$\Pi = \text{ПС} = (\text{УС}, \text{СУ}).$$

УС и СУ могут быть охарактеризованы с помощью производственной и организационной структур соответственно. В каждой из них необходимо выделить функциональную часть (ФЧ) и обеспечивающую часть (ОЧ):

$$\text{УС} = (C, D), \text{СУ} = (A, B), \quad (2)$$

где C – функциональная часть управляемой подсистемы, представляющая собой описание процессов производственного характера;

D – обеспечивающая часть управляемой подсистемы, представляющая собой совокупность ре-

сурсных элементов для реализации элементов множества C ;

A – функциональная часть системы управления, представляющая собой описание процессов управления;

B – обеспечивающая часть системы управления, представляющая собой совокупность ресурсных элементов для реализации элементов множества A .

Во множестве функций A выделим подмножество A' – функции, которые могут быть выполнены только персоналом, и подмножество A'' – функции, которые могут быть выполнены с помощью компьютерной техники, а во множестве ресурсов B выделим подмножество B' – ресурсы, обеспечивающие выполнение функций A' , и подмножество B'' – ресурсы, обеспечивающие выполнение функций A'' :

$$A' \subset A, A'' \subset A;$$

$$B' \subset B, B'' \subset B.$$

Конечной же целью данной работы является определение ФЧ и ОЧ для КС.

1.2. Пример параметрического описания предметной области

Зависимость параметров предприятия от параметров внешней среды обусловлена особенностями выбранной системной модели. Внешняя среда определяет целесообразность создания предприятия.

Рассмотрим подробнее взаимодействие предприятия и внешней среды (1). Поскольку Π и S находятся в тесной взаимосвязи, то между параметрами предприятия и параметрами внешней среды существует функциональная либо алгоритмическая зависимость.

Согласно [6] представим параметрическое описание предприятия с целью нахождения множества функций из (1).

Пусть $\bar{\Pi}$ – параметры предприятия; \bar{S} – параметры внешней системы; F – некоторая функциональная или алгоритмическая зависимость, например:

$$\bar{\Pi} = f(\bar{\Pi}, \bar{S}), \bar{\Pi} = f(\bar{S}).$$

Приведём пример одной из таких функций. Выберем в качестве параметра предприятия себестоимость выпуска товарной продукции в плановом периоде C , формирование которой происходит согласно формуле [6]:

$$C = C_{\text{произв}} + C_{\text{админ}} + C_{\text{сб}},$$

где $C_{\text{произв}}$ – производственная себестоимость;

$C_{\text{админ}}$ – административная себестоимость;

$C_{\text{сб}}$ – расходы на сбыт.

В свою очередь, производственная себестоимость рассчитывается по формуле [6]:

$$C_{\text{произв}} = MЗ + C_{\text{ОЗП}} + C_{\text{ДЗП}} + C_{\text{Отч}} + C_{\text{СОДЕРЖ}} + C_{\text{ПОТ}},$$

где $MЗ$ – затраты на материалы;

$C_{\text{ОЗП}}$ – основная заработная плата;

$C_{\text{ДЗП}}$ – дополнительная заработная плата;

$C_{\text{Отч}}$ – отчисления на социальные мероприятия;

$C_{\text{СОДЕРЖ}}$ – расходы на содержание оборудования;

$C_{\text{ПОТ}}$ – потери от брака.

Потери от брака рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{ПОТ}} = \frac{N_{\text{ПОТ}}}{100} (MЗ + C_{\text{ОЗП}} + C_{\text{ДЗП}} + C_{\text{Отч}} + C_{\text{СОДЕРЖ}}),$$

где $N_{\text{ПОТ}}$ – норматив потерь.

Допустим, что сумма затрат $C_{\text{ОЗП}}$, $C_{\text{ДЗП}}$, $C_{\text{Отч}}$, $C_{\text{СОДЕРЖ}}$, $C_{\text{ПОТ}}$, а также сумма административной себестоимости и расходов на сбыт постоянные величины:

$$T_1 = C_{\text{ОЗП}} + C_{\text{ДЗП}} + C_{\text{Отч}} + C_{\text{СОДЕРЖ}} = \text{const},$$

$$T_2 = C_{\text{админ}} + C_{\text{сб}} = \text{const}.$$

С учётом обозначений формула для расчёта производственной себестоимости примет вид:

$$C_{\text{произв}} = (MЗ + T_1) \left(1 + \frac{N_{\text{ПОТ}}}{100}\right).$$

Таким образом, формула для расчёта себестоимости будет выглядеть следующим образом:

$$C = (MЗ + T_1) \left(1 + \frac{N_{\text{ПОТ}}}{100}\right) + T_2,$$

где $N_{\text{ПОТ}}$ – константа.

Проанализировав полученные формулы, делаем вывод, что себестоимость продукции функционально зависит от затрат на материалы:

$$C = f(MЗ),$$

то есть параметр предприятия C зависит от параметра внешней среды $MЗ$.

2. Граф информационного взаимодействия подразделений предприятия

2.1. Пример применения принципа включения и исключения

Для построения компьютерной сети предприятия необходимо более подробно рассматривать части A и B модели (2). Построение КС означает нахождение их подмножеств A'' и B'' . Таким обра-

зом КС – это совокупность функций, выполняемых компьютерами, и ресурсов, обеспечивающих выполнение этих функций.

$$КС = \langle A'', B'' \rangle.$$

Рассмотрим пример формирования B'' с помощью принципа включения и исключения, для этого будем использовать операции пересечения и объединения множеств [7].

Допустим необходимо закупить компьютеры в отделы на предприятие, на котором имеются три компьютерных подсистемы (КПС). Одни компьютеры необходимо задействовать в КПС «Металлообработка», другие в КПС «1С: Предприятие», третьи в КПС «КОМПАС 3D». Некоторые компьютеры будут задействованы сразу в двух или трёх системах. Необходимо определить количество компьютеров, которое требуется для обеспечения этих КПС.

Пусть N – множество компьютеров, которое необходимо закупить для металлообрабатывающего предприятия, тогда $|N|$ – количество компьютеров;

B_1'' – множество компьютеров, которые будут задействованы в системе «Металлообработка», а $|B_1''|$ – их количество;

B_2'' – множество компьютеров, которые будут задействованы в системе «1С: Предприятие», а $|B_2''|$ – их количество;

B_3'' – множество компьютеров, которые будут задействованы в системе «КОМПАС 3D», а $|B_3''|$ – их количество.

Тогда:

$B_1'' \cap B_2''$ – множество компьютеров, которые будут задействованы в системах «Металлообработка» и «1С: Предприятие»; $B_1'' \cap B_3''$ – множество компьютеров, которые будут задействованы в системах «Металлообработка» и «КОМПАС 3D»; $B_2'' \cap B_3''$ – множество компьютеров, которые будут задействованы в системах «1С: Предприятие» и «КОМПАС 3D» (рис. 1); $B_1'' \cap B_2'' \cap B_3''$ – множество компьютеров, которые будут задействованы в системах «Металлообработка», «1С: Предприятие» и «КОМПАС 3D».

Для определения требуемого количества компьютеров используются принципы алгебры множеств [7].

$$|N| = |B_1'' \cup B_2'' \cup B_3''| = |B_1''| + |B_2''| + |B_3''| - |B_1'' \cap B_2''| - |B_1'' \cap B_3''| - |B_2'' \cap B_3''| + |B_1'' \cap B_2'' \cap B_3''|.$$

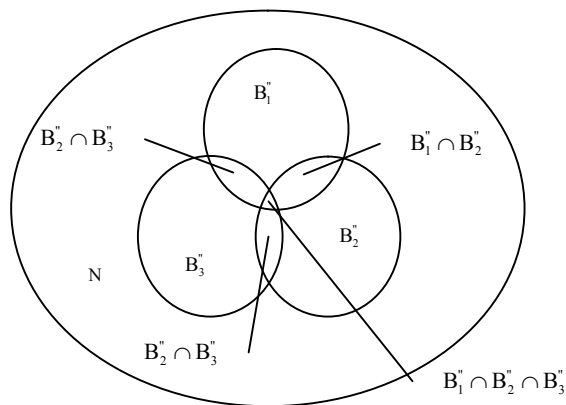


Рис. 1. Теоретико-множественное представление задачи

Пусть в системе «Металлообработка» необходимо задействовать компьютеры в следующих отделах: производственно-диспетчерской службе (ПДС) – 7 шт., группе по программированию (ГПП) – 4 шт., отделе главного конструктора (ОГК) – 23 шт., отделе главного технолога (ОГТ) – 8 шт., центрально-материальном складе (ЦМС) – 2 шт., начальников цехов – 3 шт., главного инженера (ГИ) – 1 шт., директора – 1 шт. Всего: 49 компьютеров.

В системе «1С: Предприятие» в отделах: отделе материально-технического снабжения (ОМТС) – 4 шт., ЦМС – 3 шт., бухгалтерии – 11 шт., планово-экономическом отделе (ПЭО) – 2 шт., ПДС – 5 шт., ГИ – 1 шт., директора – 1 шт. Всего: 27 компьютеров.

В системе «КОМПАС 3D» в отделах: ГПП – 4 шт., ОГК – 23 шт., ОГТ – 8 шт., начальников цехов – 3 шт., ГИ – 1 шт., директора – 1 шт. Всего: 40 компьютеров.

Учитывая обозначения, имеем следующие данные для решения задачи:

$$|B_1| = 49, |B_2| = 27, |B_3| = 40.$$

$$|B_1 \cap B_2| = 9, |B_1 \cap B_3| = 40, |B_2 \cap B_3| = 2.$$

$$|B_1 \cap B_2 \cap B_3| = 2.$$

Необходимо найти $|N|$.

Количество компьютеров, которое требуется:

$$\begin{aligned} |N| &= |B_1 \cup B_2 \cup B_3| = \\ &= 49 + 27 + 40 - 9 - 40 - 2 + 2 = 67. \end{aligned}$$

Таким образом, потребность в компьютерах составляет 67 шт.

Решённая задача имеет практическое применение в материально-техническом снабжении при закупке компьютеров для последующего обеспечения ими отделов предприятия.

2.2. Пример построения графа информационного взаимодействия предприятия

Объектами управления информационных систем являются потоки информации, связанные со снабжением, производством, запасами и распределением готовой продукции в многосвязных производственно-хозяйственных комплексах (как внутри отдельных организаций, так и за их пределами) [6]. Субъектом управления информационными потоками в логистических системах являются конкретные структурные подразделения или лица, принимающие решения.

Реализация системного подхода в логистике требует рассмотрения объекта и субъекта управления как совокупности элементов (звеньев), между которыми установлены определенные функциональные связи и отношения.

Информационным звеном считается некоторый экономически и/или функционально обособленный объект, не подлежащий дальнейшей декомпозиции в рамках действующей информационной системы. Этот объект выполняет локальную цель, связанную с определенными информационными операциями. Звеном информационной системы может быть автоматизированное рабочее место управленческого персонала, информационное подразделение системы управления организацией или обособленная группа управленческих работников. Между собой звенья ИС объединены общностью выполняемых информационных функций (процедур, операций).

Поэтому перед разработкой архитектуры информационной системы очень важно внимательно изучить организационную и функциональную структуру предприятия.

В результате анализа организационной и функциональной структуры предприятия был построен граф информационного взаимодействия структурных подразделений предприятия (рис. 2).

Формализованное представление графа имеет вид:

$$G = (V, U),$$

где $V = \{v_1, \dots, v_k\}$ – множество вершин (узлов) графа;

$U = \{u_1, \dots, u_m\}$ – множество дуг (рёбер) графа.

В качестве узлов графа выступают отделы предприятия, а дуги представляют собой информационные потоки, существующие между отделами. Информация между отделами передаётся в двух видах: электронном и бумажном. На рис.2 сплошными стрелками обозначен бумажный документооборот, а пунктирными – электронный. Выделенные

вершины означают отделы, в которых компьютеры подключены в существующую информационную систему предприятия. Вершины обозначены в формате i/j , где i – номер вершины (отдела), j – количество компьютеров в отделе.

Среднее количество информации, передаваемое между отделами в сутки, было получено статисти-

ческим путём. На предприятии используются оба вида документооборота. Для сведения объёмов информации в одну таблицу необходимо подсчитать примерные объёмы печатных документов, для чего их количество в формате А4 необходимо умножить на 24 Кб (средний размер электронной страницы А4). Часть данных приведена в табл. 1.

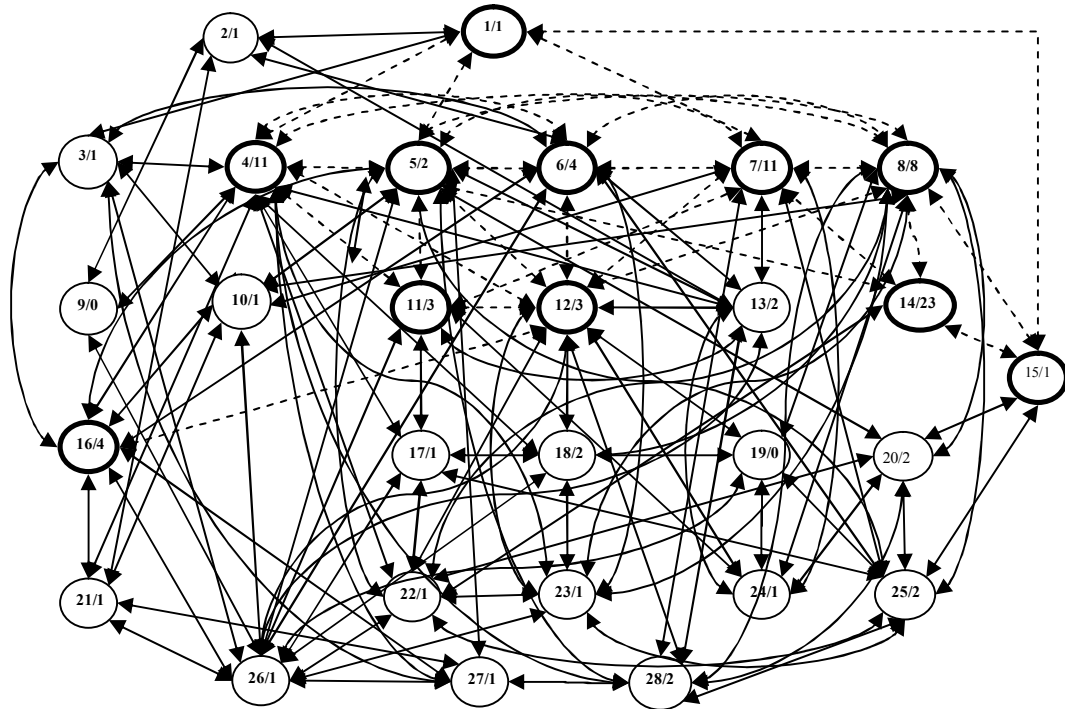


Рис. 2. Граф информационного взаимодействия структурных подразделений предприятия:
 1 – генеральный директор предприятия; 2 – заместитель генерального директора предприятия;
 3 – юриконсульт; 4 – бухгалтерия; 5 – ПЭО; 6 – ОМТС; 7 – ПДС; 8 – ОГТ; 9 – ремонтно-строительный участок; 10 – отдел внешнеэкономических связей; 11 – ЦМС; 12 – производственные цеха;
 13 – транспортный цех; 14 – ОГК ; 15 – ГИ; 16 – ГПП; 17 – центрально-заводская лаборатория;
 18 – участок покраски; 19 – инструментальный цех; 20 – отдел главного энергетика;
 21 – служба экономической безопасности (СЭБ); 22 – группа по стандартизации;
 23 – отдел технического контроля; 24 – служба охраны труда (СОТ); 25 – отдел главного механика;
 26 – общий отдел; 27 – отдел кадров (ОК); 28 – отдел организации и оплаты труда (ОО и ОТ)

Таблица 1

Количество данных, передаваемых между отделами (Гб/сутки)

Структурные подразделения	1	2	3	4	5	6	...	28	Σ выходной информации	Σ выходных потоков
1	X	0,03	0,03	0,03	0,03		...	0,03	0,23	9
2	0,05	X		0,03		0,03	...	0,01	0,17	9
3	0,03		X	0,01		0,01	...	0,01	0,12	8
4	0,05	0,05	0,01	X	0,85	0,8	...	0,05	5,54	27
5	0,03			0,7	X	0,8	...	0,5	4,41	17
6		0,01	0,01	1,3	1	X	...	0,03	4,58	14
...
28	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	...	X	1,18	27
Σ входной информации	0,29	0,15	0,14	4,25	4,18	4,22	...	1,84	X	X
Σ входящих потоков	9	9	8	28	17	14	...	27	X	X

На основе построенного графа и таблицы объёмов передаваемой информации, а также с учётом рассчитанного количества неподключённых компьютеров, предлагается провести модернизацию существующей компьютерной сети предприятия.

Для включения в КС предприятия на практике, как правило, выбираются узлы, в которых сумма входной и выходной информации превышает объём минимальной нагрузки, например, 1 Гб/сутки. Тогда узел номер 3 не будет включён, так как сумма входной и выходной информации 0,26 Гб/сутки, что меньше заданной минимальной нагрузки; узел номер 28 будет включён в сеть, так как сумма входной

и выходной информации 3,02 Гб/сутки, т.е. значительно превышает заданную минимальную загрузку. Администраторы сети на основе расчетов и анализа организационного и функционального взаимодействия подразделений предприятия могут включать компьютеры в КС, нагрузка на которых невелика. Несмотря на малый объём передаваемой информации узлами 1,2 и 15, важно подключить эти компьютеры в сеть для осуществления управления предприятием и своевременного оперативного контроля.

Полученная архитектура компьютерной сети типового металлообрабатывающего предприятия представлена на рис. 3.

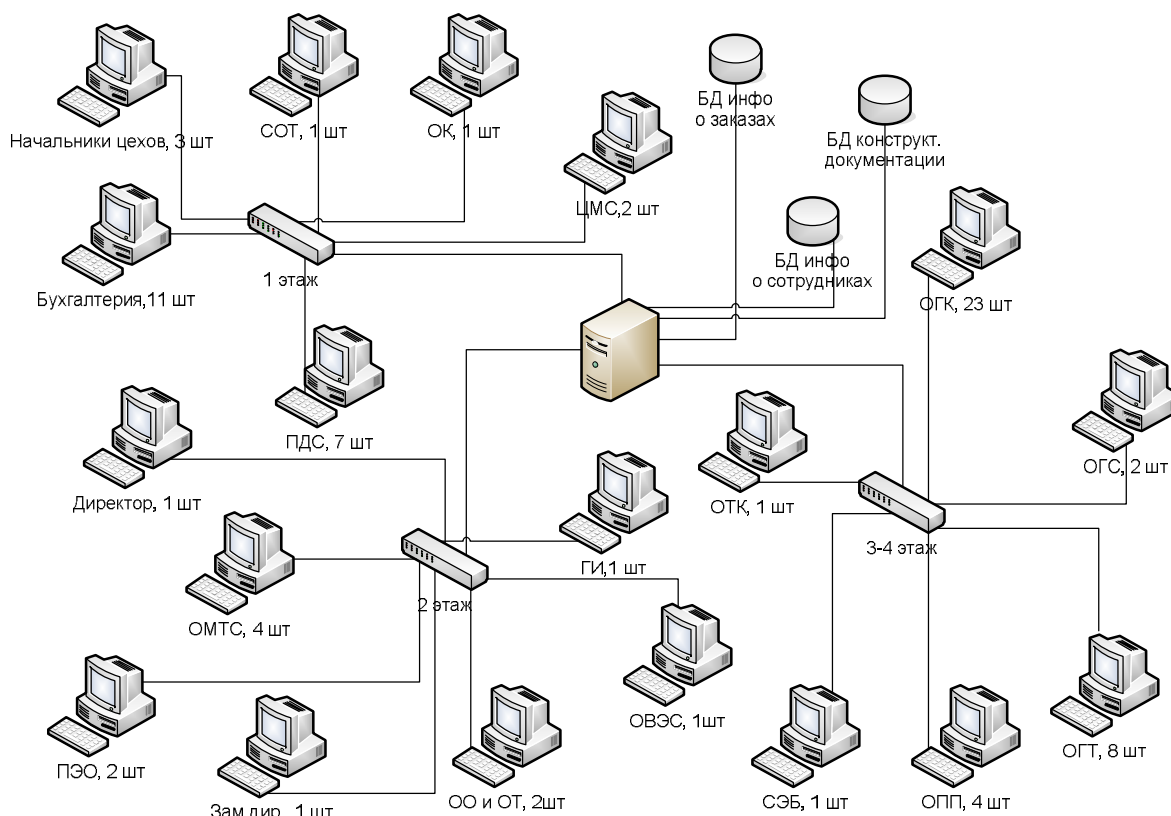


Рис. 3. Предлагаемая архитектура компьютерной системы предприятия

Заключение

В работе рассмотрена проблема выбора и обоснования средств компьютерной поддержки на основе системной модели предприятия, предложены теоретико-множественное и параметрическое представления. Приведены примеры их использования для информационной части и для предприятия в целом. На основе выделенного графа информационного взаимодействия структурных подразделений предприятия построена таблица с количественными значениями объемов передаваемой и обрабатываемой информации в сети, что позволило предложить соответствующую компьютерную систему предприятия.

Литература

1. Никифоров В. *Логистика. Транспорт и склад в цепях поставок* / В. Никифоров. – М.: Гросс-Медиа, – 2008. – 192 с.
2. Сумец А.М. *Особенности логистического управления предприятием масложировой промышленности* / А.М.Сумец, И.П. Мищенко // *Логистика: проблемы и решения*. – 2010. – № 2. – С. 28-40.
3. Гаджинский А.М. *Логистика* / А.М. Гаджинский. – 18-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010. – 484 с.
4. Федорович О.Е. *Логистические модели управления производством: моногр.* / О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, А.В.Попов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 218 с.

5. Курашова М.В. Разработка проекта информационной системы для машиностроительного предприятия / М.В. Курашова // Приборы и системы. Контроль. Диагностика. – 2004. – № 3. – С. 25-27.

6. Смагин В.Н. Экономика предприятия: учеб. пособие / В.Н. Смагин. – М.: Кнорус, 2006. – 160 с.

7. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов / Ф.А. Новиков. – СПб.: Питер, 2000. – 304 с.

Поступила в редакцию 10.02.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав.каф. авиационных приборов и измерений Н.Д. Кошевой, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ МЕТАЛООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА З МЕТОЮ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПІДТРИМКИ

В.О. Попов, І.В. Алейнік, Н.В. Єременко

На основі проведеного системного аналізу підприємства запропонована функціональна модель взаємодії металообробного підприємства та зовнішнього середовища, яка вказує на залежність параметрів підприємства від параметрів зовнішнього середовища. В роботі застосовано принцип включення та виключення для визначення кількості комп'ютерів, які необхідно підключити до заводської комп'ютерної мережі. Побудована потокова модель взаємодії структурних підрозділів підприємства, на основі якої пропонується побудувати комп'ютерну систему.

Ключові слова: системний аналіз, зовнішнє середовище підприємства, внутрішнє середовище підприємства, параметри підприємства, параметри зовнішнього середовища, алгебра множин, задача включення, граф інформаційної взаємодії підприємства.

THE SYSTEM ANALYSIS OF THE METALCUTTING ENTERPRISE FOR SUBSTANTIATION OF COMPUTER SUPPORT INSTRUMENTS

V.A. Popov, I.V. Aleynik, N.V. Eremenko

The article suggests the system analysis of the enterprise. The functional model of interaction of the metal cutting enterprise with an environment is offered and it was based on the spent analysis. The model is showing the dependence of the enterprise parameters on the environment parameters. The principle of inclusion and exception are applied in the work. The problem of inclusion is considered as an example. It helps to define computers which will be connect to a factory computer network. The flowchart model of structural divisions interaction for the enterprise is constructed. It is proposed to create a computer system on its basis.

Keywords: the system analysis, an enterprise environment, the internal environment of the enterprise, enterprise parameters, environment parameters, algebra of sets, a problem of inclusion, the flowchart of information interaction of the enterprise.

Попов Вячеслав Алексеевич – канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Алейнік Ирина Владимировна – магистр кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Єременко Наталия Валентиновна – младший научный сотрудник кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.