

Библиографический список

1. Диалоговые системы. Современное состояние и перспективы развития / Довгялло А.М., Брановицкий В.И., Вершинин К.П. и др. Киев, Наук. думка, 1987. 248 с.
2. Денкин В., Эссиг Г., Маас С. Диалоговые системы "человек - ЭВМ". Адаптация к требованиям пользователя. М.: Мир, 1984. 112 с.
3. Вирт Н. Программирование на языке МОДУЛА-2. М.: Мир, 1987. 222 с.
4. Лазарева И.А. Руководство пользования ОС РАФОС (сообщение о программном обеспечении ЭВМ). М., 1987. 54 с.

УДК 681.5.001.57

Д.В.Дубровин, В.А.Цыбагов

Куйбышевский филиал ин-та машиноведения им. А.А.Благонравова
АН СССР

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ НА СИСТЕМЕ РЕСУРСНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ "РЕСУРС"

Рассматривается ресурсный подход к моделированию процессов производства, распределения и потребления, а также описывается инструментальная система ресурсного моделирования "РЕСУРС". Приводится пример практического использования системы "РЕСУРС" при исследовании конкретной экономической ситуации.

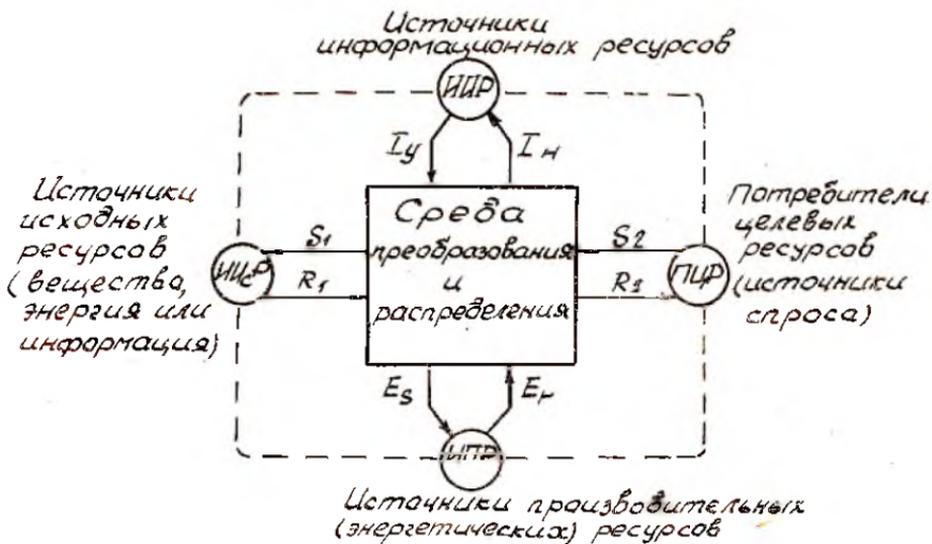
В связи с переходом к экономическим способам хозяйствования резко возросла актуальность прогнозирования экономического развития. Применение современной компьютерной технологии в решении экономических задач может дать быстрый эффект, внести вклад в совер-

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.

шенствование производственной и социальной сферы. В статье приводится пример решения задач подобного типа на автоматизированной системе ресурсного моделирования "РЕСУРС" [1, 2, 3], разработанной в Куйбышевском филиале института машиноведения АН СССР.

Автоматизированная система "РЕСУРС" предназначена для конструирования моделей и имитации сложных динамических систем широкого назначения с целью их исследования, модификации и возможной оптимизации. Теоретической основой системы является ресурсный подход к моделированию, согласно которому объект моделирования (ОМ) представляется как среда преобразования и распределения ресурсов (СПР), поддерживающая технологию преобразования исходных ресурсов в целевые. Этот процесс обеспечивается необходимой энергией и информацией (рис. 1). Границей ОМ является совокупность источников ресурсов и источников спроса, моделирующих оборванные связи ОМ с внешней средой. Источники исходных ресурсов (ИИОР) генерируют ресурсы R_1 , которые преобразуются СПР в совокупность выходных (целевых) ресурсов R_2 . Последние поглощаются потребителями целевых ресурсов (ПЦР), моделирующими поглощающую способность внешней среды. Эти потребители, являясь также источниками спроса, генерируют спрос S_2 на целевые ресурсы, который преобразуется средой на спрос S_1 на исходные ресурсы. Источники производительных ресурсов (ИПР) подводят к СПР энергию E_p согласно потребностям E_s , возникающим в процессе отработки средой своей функциональной технологии. Источники информационных ресурсов (ИИР) по наблюдаемым параметрам среды L_H генерируют управляющие воздействия L_y в виде текущих значений параметров СПР. СПР представляет собой двунаправленную сеть преобразователей и распределителей, которую в дальнейшем будем называть обобщенной ресурсной моделью или ОРМ-сетью (рис. 2). Строительной единицей ОРМ-сети является функциональный модуль (ФМ), выполняющий взаимно противоположные операции по переработке ресурсов R_p и спроса на ресурсы R_s . ФМ для этой цели обеспечивается информацией L_y и энергией E_p .

Комбинирование ФМ из заданного набора [2] позволяет моделировать содержание процесса преобразования ресурсов и спроса на них, отражая существо ОМ. Ресурсы и спрос являются "рабочим телом" сети. Рассматриваются ресурсы трех категорий: вещественные,



Р и с. 1. Обобщенная ресурсная модель объекта моделирования

энергетические, информационные. Считается, что ресурсы и спрос преобразуются и передаются порциями, каждая из которых представляет собой структурный объект с четырьмя полями:

$$r = [p, q, a, t],$$

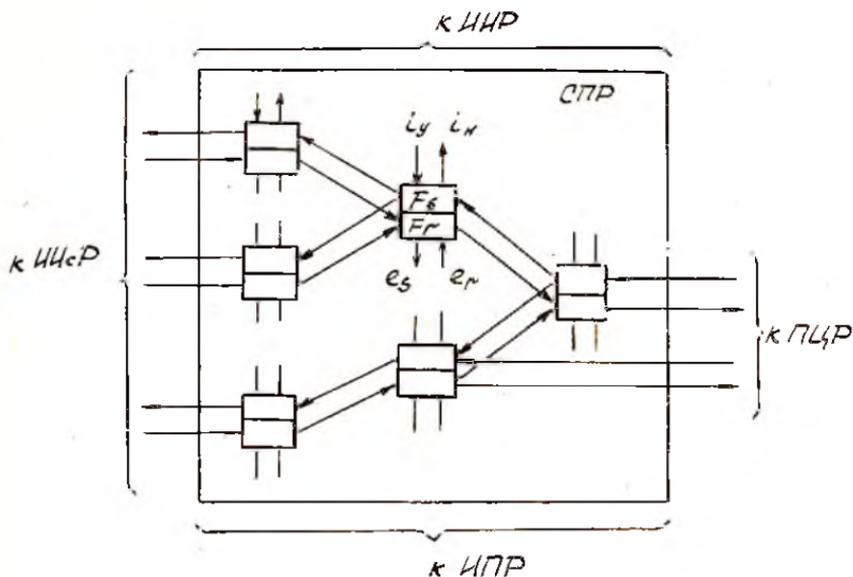
где p - тип ресурса в порции; q - количество ресурса; p -го типа в порции; a, t - адрес и дата рождения соответственно. Позиции p и q характеризуют количественно-качественные свойства порции ресурса, а позиции a и t - пространственно-временные.

Система "РЕСУРС" обеспечивает:

автоматизированное конструирование компьютерной модели исследуемой системы в виде ОРМ по данным, вводимым в режиме диалога;

имитацию функционирования (симулирования) исследуемой системы на выбранном интервале анализа;

статистический анализ параметров состояния системы на интервале анализа;



Р и с. 2. Представление среды преобразования и распределения в виде сети преобразователей и распределителей

модификацию параметров системы в темпе имитации (система принципиально управляема и наблюдаема).

Знания о предметной области хранятся в базе знаний в виде принятой модели знаний (ОПМ-сети). Эти знания условно можно разделить на три категории:

структуры данных, используемые для внутреннего представления ОПМ-сети;

библиотека алгоритмов, реализующих базовый набор операций над ресурсами (спросом на эти ресурсы), соответствующий данной предметной области, и условия их выполнения;

числовые значения параметров ОПМ-сети конкретного объекта моделирования, хранящиеся в базе данных.

Продемонстрируем возможности системы "РЕСУРС" на примере моделирования ситуации по производству, распределению и потреблению продукта (молока) в некотором замкнутом регионе.

На молокозаводе, обслуживающем замкнутый регион, поступающее

молоко разливают в бутылки, которые упаковываются в ящики, а затем отвозятся в магазин. Покупатели, по мере надобности, приобретают в магазине бутылки с молоком. Освободившиеся ящики на грузовиках отвозятся на тарную базу. Потребители сдают пустые бутылки в приемный пункт. Ящики на приемный пункт поступают с тарной базы, автомашины вывозят ящики с бутылками на молокозавод. Таким образом, в городе происходит распределение и потребление молока. Время от времени ящики и бутылки бьются. В городе имеется два небольших предприятия, выпускающих ящики и бутылки. Автобаза обслуживает лишь молокозавод, магазин, тарную базу и приемный пункт. Всеми остальными процессами мы пренебрегаем.

В табл. 1 приведен словарь понятий предметной области, соответствующий используемым ресурсам. В табл. 2 приведены количественно-качественные соотношения этих ресурсов. Каждая строка табл. 2 задает отношение между соответствующими ресурсами: символ " \Rightarrow " означает "композиция" (соединение соответствующим образом), а символ "&" соответствует логическому 'И'. В табл. 3 указана трудоемкость преобразования ресурсов. В частности, для получения одной бутылки с молоком требуется затратить 0.1 нормоминуты (нмин). Эти и другие цифры, характеризующие предмет изучения, берутся на основании статистических наблюдений.

На рис. 3 приведена схема компьютерной модели в виде OPM-сети имитирующей процессы, происходящие в городе. На рисунке: I_p - источник ресурса; I_c - источник спроса; K - композитор; A - декомпозиция; P - распределитель; M - мультиплексор; A_p - аккумулятор ресурса; A_c - аккумулятор спроса. Пунктиром выделены группы модулей, моделирующие отдельные звенья исследуемого объекта: магазин, тарная база, молокозавод, автобаза, приемный пункт.

Моделируются следующие процессы:

поступление молока на молокозавод (модуль (м.) 1);
хранение, пополнение и расход молока (м.35), бутылок (м.57),
бутылок с молоком (м.15), ящиков (м.55), ящиков с бутылками (м.46),
ящиков с бутылками с молоком (м.56) в течение функционирования всей системы;

розлив молока в бутылки (м.5,19); модуль 5 характеризует производительный труд;

упаковка бутылок с молоком в ящики (м.20);

Используемые ресурсы

Номер типа	Наименование типа	Характер ресурса	Единица измерения
1	Молоко	Функциональный	л
2	Бутылка	—"	шт
3	Ящик	—"	шт
4	Авто	—"	шт
5	Бут-мол	—"	шт
6	Бут-мол-к	—"	шт
7	Ящ-бут	—"	шт
8	Ящ-бут-мол	—"	шт
9	Авт-ящ	—"	шт
10	Авт-ящ-б	—"	шт
11	Авт-ящ-б-к	—"	шт
12	Тр-погр	Производительный	нмин
13	Тр-разг	—"	нмин
14	Тр-прод	—"	нмин
15	Тр-прием	—"	нмин
16	Тр-розл	—"	нмин
17	Бит-бут	Функциональный	шт
18	Бит-ящик	—"	шт

Условные обозначения:

- бут-мол — бутылка с молоком
 бут-мол-к — бутылка с молоком купленная
 ящ-бут — ящик с бутылками
 ящ-бут-мол — ящик с бутылками с молоком
 авт-ящ — авто с ящиками
 авт-ящ-б — авто с ящиками с бутылками
 авт-ящ-б-м — авто с ящиками с бутылками с молоком
 бит-бут — битая бутылка
 бит-ящ — битый ящик
 тр-погр — труд погрузки
 тр-разг — труд разгрузки
 тр-прод — труд продажи
 тр-прием — труд приема
 тр-розл — труд розлива

Морфология типов ресурсов

№ шт	Тип ресурса	Морфология
1	Молоко (1 литр)	(= Молоко (1.0 литр)
2	Бутылка (1 шт)	(= Бутылка (1 шт)
3	Ящик (1 шт)	(= Ящик (1 шт)
4	Авто (1 шт)	(= Авто (1 шт)
5	Бут-мол (1 шт)	(= Молоко (0,5 литр) & бутылка (1шт)
6	Бут-мол-к (1 шт)	(= Бут-мол (1 шт)
7	Ящ-бут (1 шт)	(= Бутылка (20 шт) & ящик (1 шт)
8	Ящ-бут-мол (1 шт)	(= Ящик (1 шт) & Бут-мол (20 шт)
9	авт-ящ (1 шт)	(= Ящик (200 шт) & авто (1 шт)
10	Авт-ящ-б (1 шт)	(= Авто (1 шт) & ящ-бут (200 шт)
11	Авт-ящ-б-м (1 шт)	(= Авто (1 шт) & ящ-бут-мол (200 шт)
12	Тр-погр (1 нмин)	(= Тр-погр (1.0 нмин)
13	Тр-разгр (1 нмин)	(= Тр-разг (1.0 нмин)
14	Тр-прод (1 нмин)	(= Тр-прод (1.0 нмин)
15	Тр-прием (1 нмин)	(= Тр-прием (1.0 нмин)
16	Тр-розл (1 нмин)	(= Тр-розл (1.0 нмин)
17	Бит-бут (1 шт)	(= Бутылка (1 шт)
18	Бит-ящ (1 шт)	(= Ящик (1 шт)

Т а б л и ц а 3

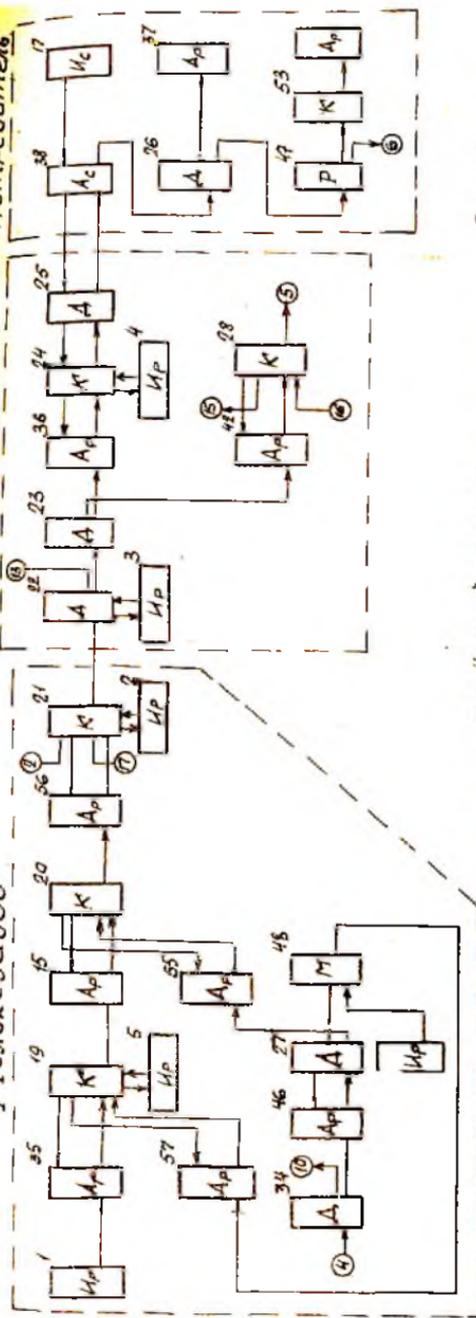
Трудоёмкость преобразования ресурсов

№ шт	Тип ресурса	Трудоёмкость композиции, нмин/шт	Трудоёмкость декомпозиции, нмин/шт
5	Бут-мол	0.100	0.000
6	Бут-мол-к	0.010	0.000
7	Ящ-бут	2.000	0.000
9	Авт-ящ	20.000	10.000
10	Авт-ящ-б	50.000	30.000
11	Авт-ящ-б-м	50.000	30.000

Молокозавод

Магазин

Потребитель



Тарная база

Присыльный пункт

Абтбаза

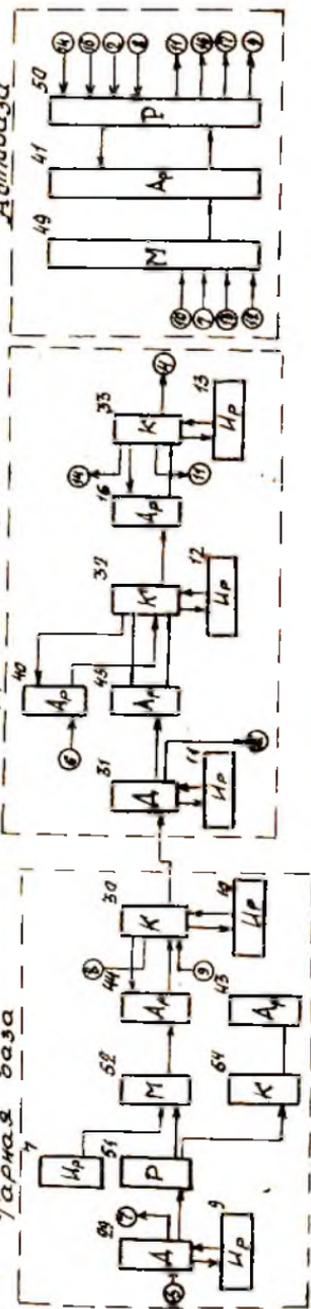


Рис. 3. Сводная ресурсная модель производства, распределения и потребления молока в некотором замкнутом регионе

погрузка этих ящиков в машины (м.2,21);
складирование ящиков в магазине (м.42); м. 36 соответствует прилавку, на котором стоят вынутые из ящиков бутылки с молоком;
разгрузка автомашины, привезшей ящики с полными бутылками (м.3,22);
изъятие бутылок с молоком из ящиков (м.23);
собственно продажа молока (м.24,25,4) (чтобы промоделировать этот процесс, нам потребовался дополнительный ресурс бут-мол-к, который нигде больше не используется);
погрузка пустых ящиков на авто (м.8,28);
генерация (м.17), накопление и удовлетворение (м.38) потребительского спроса на молоко;
регистрация и хранение удовлетворенного спроса на молоко (м.37);
потребление молока (м.26);
прием машин, пришедших из рейса на автобазу (м.49);
прием заказов и рассылка авто по ним (м.50);
ожидание машинами очередного вызова (м.41);
хранение ящиков на тарной базе (м.44);
загрузка машин с ящиками на тарной базе (м.29,9) и на приемном пункте (м.31,11);
погрузка ящиков на машины (м.30,10);
хранение ящиков на приемном пункте (м.45);
погрузка ящиков с бутылками на машины (м.33,13);
ожидание приема пустых бутылок в очереди на приемном пункте (м.40);
собственно прием бутылок у населения (м.32,12);
разрушение ящиков (м.51,54) и бой бутылок (м.47,53);
утилизация битых бутылок (м.39) и битых ящиков (м.43);
производство ящиков (м.7,52) и бутылок (м.6,48).

Новые бутылки поступают с завода на склад молокозавода, а новые ящики поступают на тарную базу. Бутылки бьются в процессе циркуляции в системе, но локализация этого процесса дает возможность моделировать его более просто.

Модель позволяет учитывать и задавать следующие характеристики моделируемого объекта:

I. Пропускная способность и реальная производительность труда

линии розлива молока, продавцов в магазине, приемщиков на приемном пункте, грузчиков (езде, где они работают).

2. Мощности источников, генерирующих спрос на молоко; молоко, бутылки, ящики.

3. Емкости складов (параметры соответствующих аккумуляторов).

4. Вероятность разрушения ящика или бутылки после прохождения всех стадий циркуляции в сети.

С помощью данной модели можно проводить следующие исследования:

контролировать состояние складов продукции и тарных материалов в любой точке (на молокозаводе, тарной базе, приемном пункте, в магазине) на всем интервале моделирования;

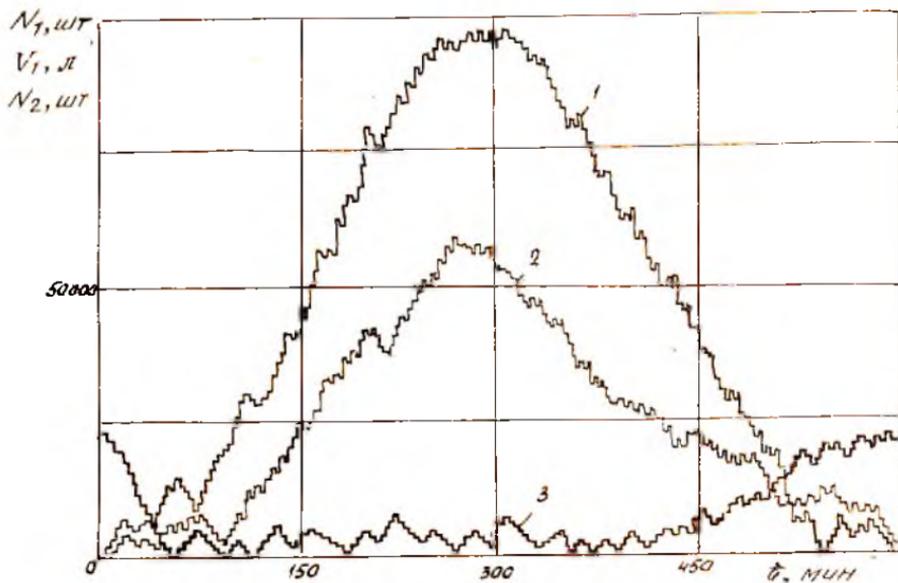
оценивать степень удовлетворения потребительского спроса в конкретной моделируемой ситуации;

оценивать эффективность различных организационно-технических мероприятий (замена устаревшей линии розлива на новую, изменение штатов в магазине, на приемном пункте, тарной базе и молокозаводе);

разрабатывать наиболее малозатратные варианты выхода из угрожающих ситуаций (угроза останова молокозавода из-за отсутствия тары на его складе).

Поскольку при моделировании на системе "РЕСУРС" коэффициенты загрузки и время ответа каждого модуля подвергаются текущему контролю, то не составляет большого труда найти "узкое место", лимитирующее пропускную способность всей системы. Варьируя количеством продавцов в магазине, приемщиков на приемном пункте, грузчиков, машин на автобазе, можно добиться максимальной пропускной способности системы благодаря оптимальному распределению работающих по рабочим местам.

На рис. 4 приведены результаты моделирования на интервале [0,600 мин]. Показана динамика поведения неудовлетворенного, потребительского спроса на бутылки с молоком N_1 (в штуках) — кривая 1 (модуль 38, см. рис. 3); запасов молока на молокозаводе V_1 (в литрах) — кривая 2 (м.35); бутылок с молоком в магазине N_2 (в штуках) — кривая 3 (м.36). Начальная стадия [0,300 мин] характеризуется ростом запасов молока на заводе и спроса на молоко у населения, в то время как в магазине полупустые полки. Имея достаточное количество молока, мы не можем удовлетворить спрос на него.



Р и с. 4. Динамика поведения запасов молока и спроса на него (результаты моделирования)

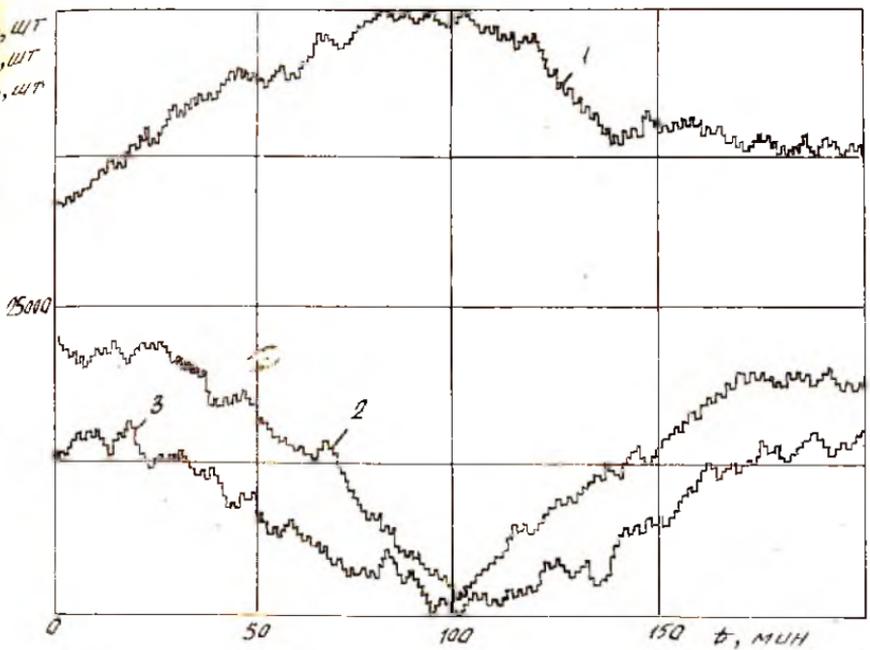
Произведенный анализ ситуации позволил найти и ликвидировать "узкое место" – на приемном пункте увеличено число грузчиков и приемщиков посуды (повышена в три раза производительность модулей II и I2 соответственно). На интервале моделирования [300, 600 мин] после принятия мер ситуация в корне изменилась: неудовлетворенный спрос на бутылки с молоком и запасы молока на заводе резко упали, появились запасы бутылок с молоком в магазине.

На рис. 5 приведены результаты моделирования на интервале [0, 200 мин], а именно по исправлению ситуации приняты через 100 мин от начала моделирования. Показана динамика количества пустых бутылок на руках у населения M_1 (кривая 1, м.40), бутылок с молоком в магазине N_3 (кривая 2, м.36), пустых бутылок на молокозаводе M_2 (кривая 3, м.57).

Заключение

Моделирование процессов производства, распределения и потребления на автоматизированной системе ресурсного моделирования "РЕ-

$M_1, \text{шт}$
 $N_3, \text{шт}$
 $M_2, \text{шт}$



Р и с. 5. Динамика поведения запасов стеклотары в разных точках системы (результаты моделирования)

СУРС" дает пользователю возможность прогнозировать результаты организационно-технических мероприятий. В этом смысле система "РЕСУРС" представляет собой компьютерную игру, которая позволяет пользователю работать с "живой" моделью и отвечать на вопросы типа "а что будет, если ...". Высокий уровень автоматизации построения и модификации компьютерной модели исследуемого объекта делает автоматизированную систему "РЕСУРС" доступной для широкого круга пользователей, в том числе тех, кто не имеет практического опыта работы с вычислительной техникой.

Библиографический список

1. Цыбаков В.А. Ресурсный подход к моделированию объектов машиностроения. //Автоматизация научных исследований. Горький, 1990.
2. Виттих В.А., Цыбаков В.А. Обобщенные ресурсные модели систем "машина - человек - среда" //Проблемы машиностроения и надежности машин. 1990. № 2.
3. Есипов Б.А., Цыбаков В.А. Автоматизированная учебно-исследовательская система "РЕСУРС" для моделирования и системного анализа //Комплексная компьютеризация учебного процесса в высшей школе". Тез. докл. Всесоюз. науч.-метод. конф. /Ленинград. кораблестроительный ин-т. Л., 1989. С. 104.

УДК 62-506.1

Л.Н.Белюстина, В.П.Пономаренко

НИИ прикладной математики и кибернетики
при ИТУ им. Н.И.Лобачевского

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ
И РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ КОЛЕБАНИЙ

Излагаются основные проблемы, связанные с созданием программной системы моделирования класса нелинейных устройств синхронизации колебаний и ее использованием для расчета на ЭЭМ режимов и динамических характеристик этих устройств при проведении научных исследований, в процессе проектирования и в учебном процессе.

Автоматизация научных исследований. Куйбышев, 1990.
