

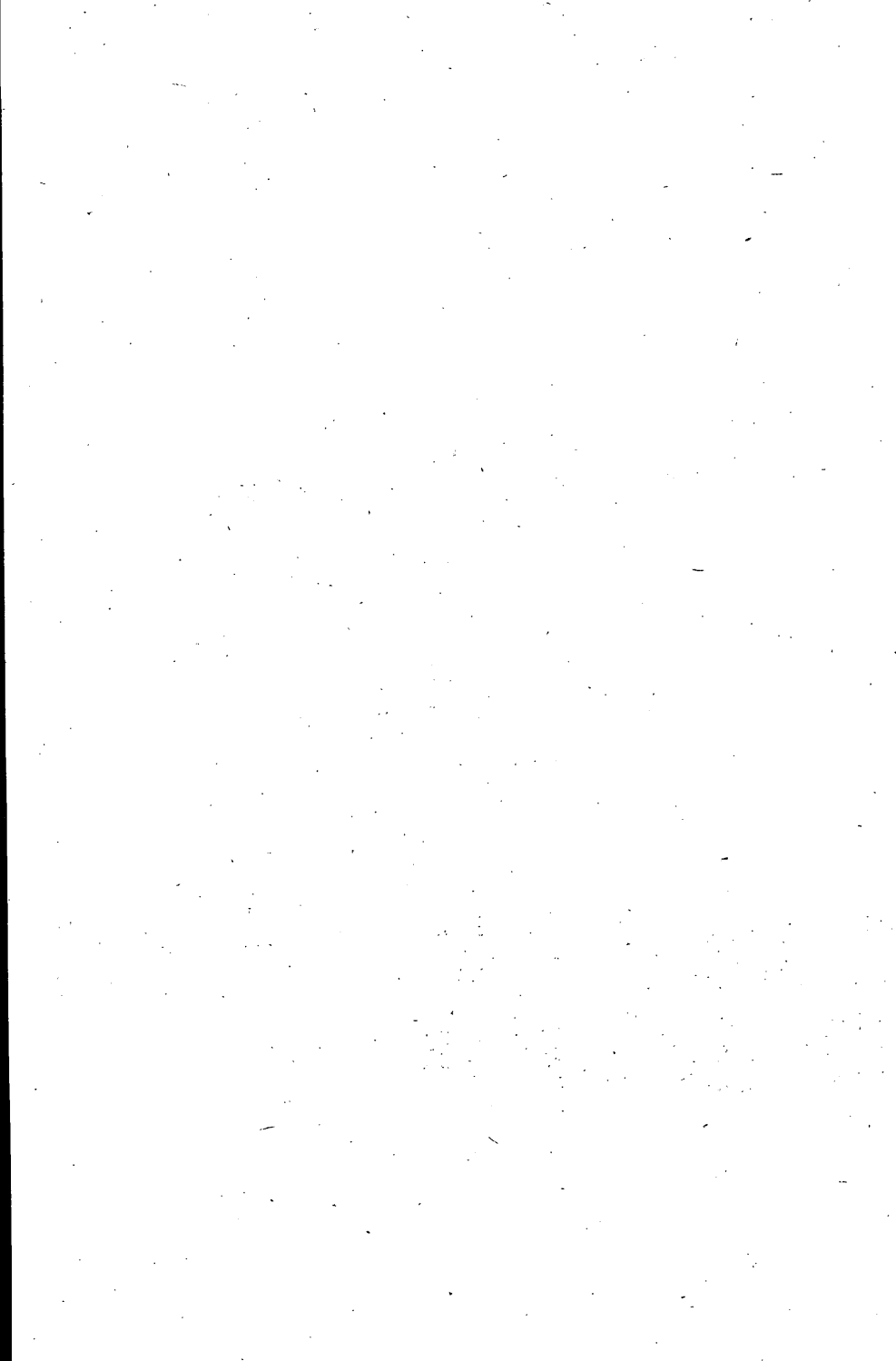
ВЦ ТГУ

**V**

**ВСЕСОЮЗНОЕ  
СОВЕЩАНИЕ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ  
ЭВМ  
ТИПА  
»УРАЛ«**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ III**

ТАРТУ  
1966



**ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Вычислительный центр**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**У ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

**ЭВМ ТИПА "УРАЛ"**

**Секция III**

**Математическое программирование**

**Тарту 1966**

Тартуский государственный университет  
ЭССР, г. Тарту, ул.Аликооли, 16

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
V ВСЕКОЕНОГО СОВЕЩАНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ  
ЭВМ ТИПА "УРАЛ"

Секция II  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ  
На русском языке

Ответственный редактор В.Алласлу  
Корректор О.Правдин

=====

Ротапринт ТГУ 1966. Печ.листов 6,5 (условных 5,92)  
Учетн.-издат.листов 3,1. Тираж 800 экз.  
Бумага 30х42. 1/4. Сдано в печать 20/VI 1966 г.  
МБ-05413. Заказ № 365.  
Цена 22 коп.

## ПРОГРАММА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Астахов Ю.И.

Алгоритм на основе метода, предложенного доктором технических наук Д.И. Голенко, производит по данным эксперимента отбор наиболее существенных факторов /параметров/ сложного технологического процесса. Считается, что математическая модель исследуемого процесса имеет вид

$$W = A_0 + \sum_{i=1}^n A_i x_i + \Delta,$$

где  $W$  - выходная функция процесса,

$A_i$  - коэффициенты,

$x_i$  - переменные параметры,

$\Delta$  - нормальная случайная величина с параметрами  $(0, \sigma^2)$

Критерий оценки значимости отдельных факторов основывается на  $F$ -критерии согласия Фишера. Предлагаемый метод дает возможность существенно сократить объем вычислений по сравнению с классическим методом наименьших квадратов.

Характеристики программы: число переменных  $n \leq 44$ , число наблюдений  $\leq 176$ . Используются 1 - 2 МБ. Аналогичная программа составлена для случая квадратичной модели.

## О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ВЕНГЕРСКОГО МЕТОДА

Бескровный Н.Т.

Решение проблемы выбора, задаваемой матрицей  $C$ , венгерским методом приводит к выбору одного оптимального плана. Однако венгерский метод не дает ответов на следующие вопросы:

1. Единственно ли полученное решение проблемы выбора ?
2. Какие имеются другие решения проблемы выбора ?
3. Имеется ли оптимальное решение, проходящее через закрепленные элементы предполагаемого решения ?

Предложенный автором способ выявления всех решений /планов/ проблемы выбора позволяет ответить на эти вопросы.

Определение всех возможных оптимальных решений обусловлено тем, что при сведении экономической задачи к проблеме выбора, некоторые факторы часто остаются неучтенными.

Имея все возможные варианты оптимального решения, можно выбрать из них лучший с учетом ранее не учтенных факторов.

Предложенный способ предназначен для более эффективного решения экономических задач, связанных с планированием и организацией народного хозяйства.

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ ПО СТОИМОСТИ И КОРМОВОЙ ЦЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Божченко Н.С., Краснова Г.С., Солоид С.А.

Наукой уже установлены основные качественные и количественные характеристики как отдельных кормовых ингредиентов, так и кормовых смесей в зависимости от вида, пола, возраста и продуктивной направленности откорма сельскохозяйственных животных. Они отражены в соответствующих руководствах, таблицах, справочниках, ГОСТ-ах и используются на практике при корректировании стандартных рецептов кормовых смесей в случаях несоответствия им имеющегося на заводе сырья. В настоящее время это делается вручную. При этом уровень стоимости единицы продукции по скорректированному таким образом рецепту зависит от того, насколько удачно из имеющихся ингредиентов составлена смесь, удовлетворяющая необходимым зоотехническим требованиям.

Применение ЭВМ здесь дает возможность не только оперативно рассчитать процентное содержание отдельных ингредиентов в кормовой смеси в зависимости от ее назначения, но и определить минимально возможную стоимость единицы смеси в зависимости от запаса и ассортимента имеющихся в данный момент на предприятии кормовых ингредиентов и плана производства данного вида комбикорма, удовлетворив при этом зоотехнические тре-

бования:

- по числу кормовых единиц,
- по протеину,
- по количеству и соотношению выбранных незаменимых аминокислот,
- по минеральным питательным веществам.

Математически система зоотехнических ограничений может быть записана с помощью четырех видов неравенств и равенства:

- 1) ограничения, наложенные на процентное содержание каких-либо питательных веществ (в том числе и кормовых единиц),
- 2) ограничения, наложенные на отношения некоторых питательных веществ в смеси,
- 3) ограничения по максимальному и минимальному групповому процентному содержанию ингредиентов в смеси,
- 4) ограничения по максимальному и минимальному процентному содержанию каждого ингредиента в смеси,
- 5) суммарное процентное содержание всех входящих в смесь ингредиентов должно быть равно 100%.

Предварительно, в зависимости от конкретных производственных условий, определяется один из 3-х возможных случаев:

- а) на складах комбикормового завода имеются все виды ингредиентов в количестве, достаточном для производства заданной кормовой смеси в запланированном объеме,
- б) запланированное количество единиц кормовой смеси не может быть произведено из-за недостатка всех видов ингредиентов,
- в) промежуточный между "а" и "б", т.е. случай, ког-



да недостает только одного **или** нескольких входящих в смесь ингредиентов для производства заданного количества смеси.

В случае "а" в результате расчета определяется процентное содержание входящих в смесь ингредиентов при минимальной стоимости их набора для производства заданного количества смеси;

в случае "б" выдается сигнал невозможности решения задачи;

в случае "в" рассчитывается оптимальная, с точки зрения прибыли предприятия, партия выпуска заданной кормовой смеси при соблюдении всех зоотехнических ограничений.

Общая программа решения этой задачи на ЭВМ "Урал-2" состоит из нескольких частей:

- программа ввода исходных данных, по которой происходит выборка из внешней памяти (перфолента, магнитная лента) и формирования массивов чисел в соответствии с номером рецепта и номерами ингредиентов, из которых предполагается составить смесь, а также формирования всей оперативной информации, необходимой для обработки этих массивов по следующей за ней программе;

- программа формирования системы ограничений, в начале которой анализируются исходные данные и определяется принадлежность к случаю "а", "б" или "в", в соответствии с чем формируется и система ограничений и целевая функция;

- программа анализа совместности системы ограничений, в случае несовместности производится коррекция правых частей ограничений таким образом, чтобы система стала совместной; величины внесенных коррективов сравниваются с величинами до-

пустых нарушений ограничений и делается вывод о возможности составления смеси данного назначения из заданных ингредиентов;

- программа модифицированного симплексного метода, с помощью которой находится оптимальное с точки зрения стоимости процентное содержание ингредиентов в смеси;

- программа формирования и вывода расчетных данных на печать.

Общая программа разработана с учетом возможности обслуживания ряда комбикормовых заводов на одной ЭВМ с помощью линий связи.

## К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ ВЫБОРЕ МЕРНОСТИ

Вайнгауз М.Г., Панченко В.Г., Тропин В.В.

В работе машиностроительных предприятий большое значение имеет выбор такой мерности металлопроката, чтобы получить наименьший процент отхода металла при раскрое на заготовки.

При выборе мерности нужно соблюдать условия технологического характера:

1) Мерность режется на заготовки максимально возможное число раз так, чтобы остаток был меньше длины заготовки.

2) Из остатка мерности режется заготовка меньшей длины также максимально возможное число раз.

3) Желательно иметь меньше комбинированных раскроев, т.е. один прутки данной мерности кроить на возможно меньшее число наименований деталей.

Задача ставится следующим образом:

Зная длины заготовок  $\ell_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) и потребное количество в них на программу завода  $n_i$ , найти такую длину  $\ell$ , ограниченную заданными длинами  $\mathcal{L}_*$  и  $\mathcal{L}^*$  ( $\mathcal{L}_* \leq \ell \leq \mathcal{L}^*$ ), чтобы процент отхода металла был наименьшим.

Вводятся в рассмотрение целые части отношений:

$$K_{*i} = \frac{\mathcal{L}_*}{\ell_i} \quad K_i^* = \frac{\mathcal{L}^*}{\ell_i} \quad K_{ij} = \frac{\ell_j}{\ell_i} \quad (i, j = 1, 2, \dots, m \quad i > j). \quad (I)$$

Строятся комбинации типа:

$$\ell = (K_{\kappa_i} + \tau_i) \ell_{i_1} + \tau_2 \ell_{i_2} + \tau_3 \ell_{i_3} . \quad (2)$$

Коэффициенты  $\tau_k$  - некоторые из чисел (I). Из (2) выбирается комбинация, удовлетворяющая поставленной задаче.

Программа реализована на ЭВМ "Урал-2".

# ПРОГРАММА МИНИМИЗАЦИИ НОРМЫ КОНЕЧНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА В ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Васильев О.В.

1. Рассматривается объект управления, поведение которого описывается системой линейных дифференциальных уравнений с начальными условиями. Управляющее воздействие ограничено по норме (амплитудные ограничения или ограничения на мощность в зависимости от определения нормы). Время управления объектом задано. Необходимо найти такое управление, удовлетворяющее заданным ограничениям, при котором норма конечного состояния объекта минимальна.

2. Метод решения существенно использует результаты работы [2]. Поставленная задача сводится к задаче отыскания минимума некоторой, вогнутой в положительной части, функции от конечного числа переменных, играющих роль начальных значений вектора сопряженной системы (см. [1]).

3. Программа обеспечивает получение первого приближения, удовлетворяющего условию положительности функции, максимум которой ищется. В "предельных" случаях этот результат достигается за счет уменьшения нормы по управлению. Получение первого приближения обеспечивается свойством множества точек конечного состояния, о котором автору сообщил В.Б. Гиндесом.

4. Отправляясь от первого приближения, происходит поиск

максимума искомой функции методом, аналогичным методу наискорейшего подъема. Для этого в программе предусматривается получение такой длины градиента функции, подсчитанной при первом приближении, которая обеспечивает "улавливание" максимума вдоль этого направления. Далее происходит процесс уточнения максимума либо путем аппроксимации параболой, что равносильно методу секущих, применяемому для решения уравнения, получаемого из необходимого условия максимума вдоль направления градиента, либо путем кусочно-линейной аппроксимации. Второй путь для рассматриваемых задач в большинстве случаев обеспечивает более быструю сходимость.

5. В программе предусмотрено получение решения, когда множество точек конечного состояния объекта включает в себя начало координат. В этом случае оптимальное управление не удовлетворяет принципу максимума Л.С. Понтрягина [1].

6. Программа состоит из следующих основных блоков:

- 1) блок интегрирования системы дифференциальных уравнений с выбором управления исходя из принципа максимума [1] (быстрый поиск);
- 2) блок выбора первого приближения;
- 3) блок определения наиболее удобной длины градиента;
- 4) блок кусочно-линейной или параболической аппроксимации.

#### Литература.

1. Л.С. Понтрягин, Б.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко Математическая теория оптимальных процессов Ф.-М. Гиз, 1961.

2. Р. Габасов, Ф.М. Кириллова "Автомат и телемеханика", № 7, 1964 г.

# ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ РЕШЕНИИ НА ЭВМ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕТОДАМИ ТИПА СИМПЛЕКСНОГО

Вийтсо М.Х., Лоссманн А.К.

Доклад состоит из двух частей; в первой рассматриваются возможности устранения погрешностей, возникающих при машинном решении задач линейного программирования симплексным методом, а во второй части описываются обстоятельства, которые должны быть учтены при составлении программ симплексного и модифицированного симплексного метода для ЭВМ "Урал-4".

Основная идея устранения погрешностей вычислений состоит в формулировке задач линейного и целочисленного линейного программирования на языке обратных матриц (как при модифицированном симплексном методе) и в исправлении элементов обратной матрицы известными методами линейной алгебры.

Во второй части доклада основное внимание (на опыте решения конкретных задач) уделяется на следующим вопросам:

1) Влияние ошибок округления на быстроту сходимости (в смысле пройденных вершин многогранника).

2) Влияние ошибок округления на допустимость оптимального решения.

3) Сокращение времени решения на ЭВМ "Урал-4".

Дается характеристика конкретных программ симплексного и модифицированного симплексного метода, имеющихся в ВЦ ТГУ.

## ЦЕЛОЧИСЛЕННОЕ ЛИНЕЙНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Вихров В.И.

1. С момента появления линейного программирования как аппарата прикладной математики возникла задача нахождения оптимальной линейной программы, выраженной в целых числах. Необходимость в подобном вычислительном методе подтверждается большим количеством задач из области комбинаторного анализа, а также из области планирования и управления производством, которые сформулированы как задачи линейного программирования. Многие из подобных задач позволяет решить целочисленный метод Р. Гомори [2]. Программа, разработанная в ВЦ НИПРИ, реализует указанный метод с некоторыми изменениями.

2. Для решения по указанной программе задача целочисленного программирования формулируется следующим образом: минимизировать линейную форму

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n$$

при ограничениях:





## Литература

1. С.И. Зуховицкий, Л.И. Авдеева. Линейное и выпуклое программирование. Из-во "Наука", Москва, 1964 г.
2. Gomory R.E., Hoffman A.J. On the convergence of an integer-programming process, Naval Res. Logist. Quart., 10, N 2 (1963), 121 - 123.
3. Stiefel E., Note on Jordan elimination, linear programming and Tchebycheff approximation, Numerische Mathematik 2 (1960), 1 - 17.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗМАЙЛЬСКОГО КОНСЕРВНОГО КОМБИНАТА

Владимиров В.В., Талис Л.Б.

Рассматривается модель пункта первичной переработки зеленого горошка и цехов по производству консервов "Зеленый горошек" как объекта массового обслуживания.

В докладе приводится методика моделирования многоканальной системы массового обслуживания с нестационарными возмущениями на входе.

Приводятся конкретные результаты, полученные с помощью модели и внедренные в производство.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ВВЕДЕНИЕМ ИНФОРМАЦИИ В АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ ФОРМЕ

Горенбург В.П., Пантелеева Т.Г.

При оперативном решении задач больших размеров (заводское планирование) возникает необходимость автоматизировать процесс ввода и вывода информации, так как ручная роспись матрицы увеличивает срок выполнения задачи, снижает надежность ее решения.

Предлагаемая программа позволяет задавать числовой материал и получать информацию в любой форме, удобной для записки

Для настройки программы на определенный тип задачи информация вводится в алгебраической форме.

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ НА ЭВМ "УРАЛ-2"  
КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА ЗАПУСКА-ВЫПУСКА ДЕТАЛЕЙ  
ДЛЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Горлов А.А., Гуреев В.И.

Составление календарного графика запуска-выпуска деталей по механическим цехам машиностроительных предприятий с помощью ЭВМ "Урал-2" на месяц обеспечивает долговременный прогноз загрузки оборудования. Он дает возможность руководителям цеха определить перспективы выполнения месячного плана по цеху. Однако конкретные условия производства не позволяют использовать его в течение планируемого периода, так как в процессе производства всегда возникают нарушения технологического цикла: выход из строя оборудования, несвоевременная поставка деталей на обработку и т.д. Поэтому наиболее эффективным и практически приемлемым будет график, корректируемый в течение месяца.

Задача, которая решается в настоящем сообщении, представляет собой совокупность алгоритмов, из которых основными являются следующие:

- 1) Алгоритм компоновки ходов,
- 2) Алгоритм многошагового процесса загрузки оборудования,
- 3) Отыскание минимума времени загрузки станков с

близкой технологической характеристикой.

Исходными данными задачи служат:

- а) сведения об оборудовании,
- б) сведения о подлежащих обработке деталях.

Все станки делятся на группы. В одну группу входят станки с близкой технологической характеристикой, на которых можно производить одинаковые операции. Не станочные операции учитываются и выделяются особо.

Сведения об оборудовании включают:

- 1) Шифр группы станков, с указанием к-ва их.
- 2) Суточный фонд работы станка.
- 3) Коэффициент, отражающий процент выполнения норм на данном станке.

В сведения о подлежащих обработке деталях включаются следующие данные:

- 1) Шифр детали или партии деталей.
- 2) Количество деталей в партии.
- 3) Номера операций, подлежащих выполнению.
- 4) Группа оборудования, на котором данная операция должна производиться.
- 5) Норма времени на данную операцию.
- 6) Очередность выполнения заказов в соответствии с их производственной необходимостью.

Постановка задачи.

Пусть на  $n_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) станках обрабатывается  $m_j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, m$ ) деталей. Каждая из деталей требует  $S_j$  операций.

Дается время  $t_{ij}$  обработки каждой детали-операции.

Требуется произвести загрузку оборудования так, чтобы минимизировать общий цикл обработки детали-операций на  $K$ -ом шаге. При условии выполнения

$$t_{ij}^H + t_{ij}^H \leq t_{ij+1}^H \quad (j = 1, 2, 3, \dots, S_j)$$

где  $t_{ij}^H$  - начало обработки  $j$ -ой детали-операции,  $m_j$  детали на  $N_i$ -ом станке,  
 $t_{ij+1}^H$  - начало обработки  $j+1$  детали-операции,  $m_j$  детали на  $N_i$ -ом станке.

#### Алгоритм решения.

Состоит в многошаговом процессе, заканчивающемся выполнением последней детали-операции из всех заданных, так, чтобы общий цикл на любом шаге был бы минимальным.

Пусть имеем  $n$  станков и  $m$  деталей, которые необходимо обработать на данных станках. Каждая из деталей  $m_j$  имеет  $S_j$  операций. Обозначим к-во в группе взаимозаменяемых станков через  $N$ . Здесь имеется в виду, что выбранная деталь-операция может быть назначена на обработку на любой из станков этой группы. Ради простоты полагаем, что

$$n=3, \quad m=5, \quad S_j \leq 3, \quad N=2,$$

Многошаговый процесс удобно проиллюстрировать в виде таблицы. Момент времени назначения последующей  $j$ -ой операции  $m_j$  детали на данный  $N_i$  станок определяется по формуле:

$$t_{ij}^S = \max\{t_i, t_j^{s-1}\}$$

где  $t_i$  - момент времени освобождения  $N_i$ -го станка,  
 $t_j^{s-1}$  - момент окончания обработки предыдущей детали-

операции  $m_j$  детали.

На рис. I (см. стр. 99) показана последовательность выполнения детали-операции, с указанием ее трудоемкости для каждой из деталей. Здесь обозначение вида  $m_{js}^R$  означает:

$m_{js}$  — детали-операция с номером  $S$  для детали с номером  $j$ . Если  $R=N$ , то  $R$  означает группу взаимозаменяемых станков с количеством  $N$ , т.е. детали-операции  $S$  может обрабатываться на любом станке группы  $N$ ; если же  $R=n_i$ , то  $R$  означает  $n_i$  — один станок, на котором может обрабатываться детали-операция  $S$ .

### Шаг I.

Назначение на станки начинается с первых детали-операций (см. табл. I; стр. 100). Из всех отобранных на данный станок или группу взаимозаменяемых, выбираем ту детали-операцию, которая занимает этот станок минимальное время. Считаем, что эта детали-операция загружает этот станок (см. шаг I, табл. I). Остальные детали-операции на шаге I вычеркиваются.

### Шаг 2.

Отбираем последующие детали-операции за загруженными и переносим их и вычеркнутые детали-операции в строку шаг 2 таблицы I и определяем возможный конец загрузки  $n_i$ -го станка  $S$ -ой операцией детали  $m_j$ , по формуле:

$$Q_{ij}^s = \max \{t_i, t_j^{s-1}\},$$

и далее, как в шаге I, выбираем для станка  $n_i$  ту детали-операцию, которая занимает этот станок минимальное время, считая, что она загружает этот станок  $n_i$ . Остальные детали-операции на шаге 2 вычеркиваются (см. шаг 2, табл. I).



Все последующие шаги совершенно аналогичны шагу 2.

Если на группу взаимозаменяемых станков  $N$  отобрано количество детали-операций больше 3, то отыскание минимального времени загрузки каждого из этой группы станков производится по особому алгоритму.

Данная таблица заканчивается выполнением всех детали-операций. Общая длина обработки каждой детали для данного примера будет

$$m_3-11; \quad m_{23}-13; \quad m_{31}-19; \quad m_3-24; \quad m_{53}-24$$

(выделены в таблице прямоугольниками).

По полученному времени окончания обработки деталей можно составить графики загрузки станков и последовательность обработки детали-операций во времени. Эти графики наглядно иллюстрируют простой оборудования и пролеживание деталей.

Составленная по описанному алгоритму программа выдает указанные графики на печать. Форма выдачи результатов удовлетворяет заводских работников. Выдача результатов на широкую печать гораздо удобнее для практического использования. Корректировка месячного графика в случае нарушения предусматривается.

Решение такой задачи на ЭВМ "Урал-2" ограничено ее техническими возможностями: недостаточное быстродействие, ограничены оперативная память и разрядная сетка.

Увеличение оперативной памяти хотя бы в два раза дает возможность значительно увеличить количество обрабатываемых партий деталей и сокращает время решения задачи в 3-4 раза. Однако даже при существующих условиях применение ЭВМ "Урал-2" для решения задачи является практически приемлемым.

# АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Григорьева А.Д.

Рассматривается 252 варианта электрических сетей нового городского района, обслуживаемого одним трансформаторным пунктом. Эти варианты различаются следующими характеристиками:

- 1) мощностью трансформатора (4 типа - параметр  $x$ ),
- 2) числом отходящих линий (3 типа - параметр  $y$ ),
- 3) числом кабелей в одной траншее (3 типа - параметр  $z$ ),
- 4) сечением кабеля (7 типов - параметр  $v$ ).

Нагрузка района растет со временем по закону  $P_t = P_0 (1 + \alpha)^t$ . Какой вариант линии нужно заложить к началу I-го года эксплуатации, когда и какую произвести реконструкцию сети, чтобы суммарные расчетные затраты, приведенные к началу эксплуатации сети, были минимальными.

Приведенные расчетные затраты за  $i$ -ый год эксплуатации определяются формулой

$$H_i(x, y, z, v, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}) = \{ [K_0(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}) + K_p(x, y, z, v)] \cdot P_n + HP \} \cdot D^i,$$

где  $x, y, z, v$  - характеристика состояния сети в  $i$ -ый год эксплуатации,

$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}$  - то же в  $(i-1)$ -ый год,

$K_0$  - капитальные затраты на закладку данного варианта сети,

$K_p$  - капитальные затраты на реконструкцию сети,

$HP$  - стоимость потерь электроэнергии,

$D$  - коэффициент приведения к началу эксплуатации.

Математически задача формулируется так: для каждого года  $T$  эксплуатации найти

$$HM(T) = \min \sum_{i=1}^T H_i(x, y, z, v, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v})$$

и те значения  $x, y, z, v$ , которые нужно выбрать при  $i=1, 2, \dots, T$ .

Минимум может быть найден при следующих ограничениях:

- 1)  $y = \bar{y}$  (нельзя менять число отходящих линий),
- 2)  $v = \bar{v}$  (нельзя менять сечение кабеля),
- 3)  $P_t \leq P(x)$  (мощность трансформатора не меньше нагрузки района),
- 4)  $\Delta U(t, y, z, v) \leq \Delta U_{\text{дон}}$  (потери напряжения не превосходят допустимых),
- 5)  $P_{\text{дон}} \geq P_t / N[y]$  (нагрузка на каждую линию не превосходит допустимой нагрузки в аварийном режиме).

Задача разбивается на 20 этапов по числу лет и решается методом динамического программирования. Процесс оптимизации начинается с I-го года. На каждом этапе простым перебором находится минимум суммы приведенных затрат, произведенных на предыдущих этапах.

$$HM_i(x, y, z, v) = \min_{\substack{\text{по всем} \\ x, y, z, v}} \left\{ HM(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}) + H_i(x, y, z, v, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}) \right\}$$

Запоминаем и управление, т.е. характеристику варианта  $\bar{\alpha}, \bar{y}, \bar{z}, \bar{v}$ , после реконструкции которого получены минимальные расчетные затраты.

Этот метод позволяет моделировать развитие сети, а также дает возможность планировать сеть на любой период, меньший 20-ти лет, с минимальными затратами.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ К РЕШЕНИЮ ОДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

Ильшева Н.П., Альшанова Т.А.

Рассматривается энергетическая задача расчета минимума функции потерь в зависимости от мощности  $Q$  при заданной активной мощности.

Функция потерь является достаточно сложной функцией переменных  $U$  и  $Q$

$$\pi = f[U, Q], \text{ где } U = f(Q)$$

$U$  - величина, характеризующая напряжение в заданном узле,

$Q$  - величина, характеризующая реактивную мощность в заданном узле.

Зависимость  $\pi$  как функция переменных  $U$  и  $Q$  не выражается явно, поэтому отыскание минимума  $\pi$  представляет значительные трудности. Задача осложняется наложением двухсторонних ограничений на переменные  $U$  и  $Q$ :

$$U' \leq U \leq U'' \quad Q' \leq Q \leq Q''.$$

Так как  $U$  является нелинейной функцией  $Q$ , то задача сводится к задаче нелинейного программирования.

При решении задачи были опробованы следующие методы:

1. Метод обычного градиента с учетом деления шага пополам.
2. Метод градиента с определенным выбором шага.
3. Метод сопряженного градиента с изменением константы и константы
4. Метод линейной интерполяции по переменным  $x_i$ , где в качестве функции рассматривались производные, а также другие методы, представляющие собой модификации вышеуказанных.

Критерием окончания расчета является достижение с заданной точностью минимума целевой функции, о котором можно судить по следующим признакам:

- а) величина производной целевой функции равна нулю с заданной погрешностью;
- б) малая величина шага  $h$  (что не гарантирует достижения оптимума);
- в) малость изменения целевой функции  $\Delta J$ , которая равна функции  $J + \lambda$ , где  $\lambda$  - штрафная функция.

Рассмотренные методы имеют преимущества из-за простоты алгоритма. Однако они сопряжены с некоторыми трудностями в достижении минимума.

Существенную роль в этом случае играет сходимость процесса.

При выходе за пределы переменных  $x_i$  процесс резко замедляется, а иногда ведет к возрастанию целевой функции.

По вышеуказанным методам рассчитано определенное число итераций. В докладе приведены графики поведения целевой

функции от числа итераций.

Наиболее быстрый спуск наблюдался в случае применения метода линейной интерполяции по переменным  $Q$  и функций  $\sigma$ .

Примерно за 12 итераций он давал режим, который при других методах получался на 33 и более итерации.

## ПРОВЕДЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ОПЕРАЦИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА ЭВМ "УРАЛ-2"

Капралова Р.С., Осенькина Н.А.

Нормирование технологических процессов обработки деталей является одним из важных этапов внутризаводского планирования.

В ВЦ СГУ разработаны алгоритмы и составлена программа на "Урал-2" для подсчета норм штучного времени на токарные, фрезерные, сверлильные и шлифовальные операции. В докладе приводится методика нормирования применительно к ЭВМ и некоторые алгоритмы, заложенные в программу.

Компоненты вспомогательного времени, входящие в формулу подсчета норм штучного времени, зависят от многих различных факторов и сведены в таблицы. В процессе работы программы осуществляется выборка из — мерных таблиц.



# НАХОЖДЕНИЕ УСЛОВНОГО ЭКСТРЕМУМА СУММЫ ФУНКЦИЙ /АЛГОРИТМ БЕЛЛМАНА/

Каширский Ю.В., Гвоздик В.А.

Применяемый в широком классе экономико-математических задач алгоритм позволяет экономично находить

при условии, что  $\sum_{i=1}^n x_i = N$   $\max_{x_1, \dots, x_n} (\min) \sum_{i=1}^n f_i(x_i)$

Число функций не более 30, количество значений каждой функции  $\leq 300$ . Используются 1 - 2 МБ.

Для предприятий отраслей тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, выпускающих однотипную продукцию, решены задачи по оптимальному распределению /в смысле максимума выпуска/ фиксированного объема капиталовложений и по распределению заказов по отдельным заводам так, чтобы сумма издержек была минимальна /при заданном объеме производства/.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
К ВОПРОСАМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСКРОЯ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ЛИСТА  
НА ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Каширский Ю.В., Мантуров О.В.

Методом Л.В. Канторовича и В.А. Залгаллера решается задача оптимального /в смысле экономии металла/ комплектного раскроя прямоугольного листа на произвольное количество прямоугольников различных размеров. С помощью модифицированного симплекс-метода удастся добиться полного решения задачи с учетом комплектности изделий. Число маленьких прямоугольников не должно превышать 8 - 10. Используются 1 - 2 МБ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА СКОРОСТИ ПОВОРОТА КРАНА МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Клих Ю.А., Макаров О.Ф.,  
Плотников В.А.

Задача о нахождении оптимальной программы изменения скорости поворота судового крана сводится к минимизации максимального отклонения груза от положения статического равновесия после остановки крана. Решение задачи проводится на ЭЦВМ "Урал-2" методом динамического программирования. Отыскиваются кинематические характеристики оптимального движения в зависимости от различных граничных условий.

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭВМ В СИСТЕМЕ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Кореляков А.Н., Тесля А.Ф.

### I. Система сетевого планирования и управления производством тяжелых бумагоделательных машин з-да им. Артема г. Днепропетровска.

В производстве завода одновременно может находиться 3-5 бумагоделательных машин, каждая из которых состоит из 150 - 200 товарных узлов. В одном квартале заводу планируется выпуск определенного количества товарных узлов по каждой машине. При контроле хода выполнения квартального плана производство каждой машины можно рассматривать как отдельный управляемый объект.

В одном квартале находятся в производстве по каждой машине до 50 товарных узлов. В производстве товарного узла участвуют 6 - 10 исполнителей (производственные цеха, отдел главного конструктора, отдел главного технолога, отдел кооперации и отдел сбыта).

Производство товарного узла разбивается на отдельные работы таким образом, чтобы каждая работа выполнялась только одним исполнителем. По каждому товарному узлу таких работ порядка 100.

Для каждого узла машины составляется сетевой график, каждый из которых содержит не более 150 дуг. Такие графики

составляются ежеквартально. Исходя из планов поставки товарных узлов заказчиком, дирекцией завода устанавливается дата сдачи каждого товарного узла, а также его цена в рублях.

По разработанному ЗИКТИ техническому заданию на ИЦ составлена СП обсчета сетевых графиков, причем анализ сетевых графиков разделяется на два этапа:

- 1) квартальный обсчет сетевых графиков,
- 2) текущий обсчет.

Квартальный обсчет сетей.

Не позже, чем за 15 дней до начала контролируемого квартала с завода на ИЦ поступает по каждому товарному узлу следующая информация:

- 1) шифр узла,
- 2) дата сдачи узла,
- 3) цена узла,
- 4) список работ с их продолжительностями и шифрами исполнителей.

В результате просчета ИЦ выдает заводу по каждому товарному узлу табуляграмму № 1, содержащую

- 1) длину критического пути,
- 2) список работ, лежащих на критическом пути, с календарными датами начала и окончания работ,
- 3) список всех работ сети с календарными датами их наиболее раннего и позднего начала и окончания; полный и свободный резервы каждой работы.

После квартального просчета сети записываются на магнитную ленту.

### Текущий обсчет сетей.

Текущий обсчет сетей проводится еженедельно. В конце рабочей недели на ЦЗ с завода поступает информация о состоянии работ по каждому товарному узлу (сети), причем в информацию включаются только изменения, происшедшие за неделю по каждой сети, т.е. выполненные работы, работы получившие переоценку продолжительности и новые работы, а также план месяца по каждой машине, дата просчета и время обозрения.

После очередного просчета сетей ЦЗ выдает заводу следующие табуляграммы на бумажной ленте:

Табуляграмма № I содержит временные параметры сети с критическим путем и выдается только для сетей, в которых произошли изменения.

Табуляграмма № 2, в которой содержится перечень отстающих работ по товарным узлам данной машины с временными параметрами работ и шифрами исполнителей этих работ.

Табуляграмма № 3 по дате расчета сетей и времени обозрения дает для каждого исполнителя перечень работ 4-х типов, где: работы I типа - работы, для которых дата их позднего окончания предшествует дате расчета сети,

работы II типа - дата позднего окончания которых лежит в пределах времени обозрения,

работы III типа - дата раннего начала которых лежит в пределах времени обозрения,

работы IV типа - дата раннего начала которых предшествует дате расчета сети, а дата позднего окончания выходит за пределы времени обозрения.

Табуляграмма № 4 содержит прогноз выполнения месячного

плана и перечень товарных узлов, дата сдачи которых по плану намечалась в контролируемом месяце, но в силу имеющихся отставаний вышла за пределы этого месяца.

Табуляграмма № 5 содержит оценку работы исполнителей, т.е. сумму отрицательных отклонений по каждому исполнителю для всех товарных узлов данной машины.

При квартальном обчете 39 сетей, содержащих 60 - 80 работ, затрата машинного времени составляет I час; при текущем обчете таких же сетей затрата машинного времени составляет I,5 часа.

## II. Обсчет сетевых графиков по времени и прогнозирование ежедневной потребности ресурсов по раннему сроку выполнения работ.

На ВЦ МЧМ разработана программа определения временных параметров сети и потребности ресурсов исходя из раннего срока выполнения работ. Для обсчета сетевого графика указанной программой необходимо задание по каждой работе информации вида:

- а) шифр работы,
- б) продолжительность работы,
- в) шифр организации и ежедневное количество рабочих, выполняющих данную работу,
- г) шифры материалов и их ежедневная потребность при выполнении данной работы.

Кроме того, необходимо задать планируемый срок окончания всех работ и сроки обозрения по работам и ресурсам. Программой обсчитываются сетевые графики, имеющие не более 1000

событий, не более 3000 работ, не более 99 видов материалов и не более 99 организаций рабочей силы. Каждая работа может иметь не более 99 рабочих только одной организации и не более 99 единиц измерения материалов трех видов.

На печать выдаются все временные параметры событий и работ, попавших в полосу обозрения, ежедневная потребность в рабочей силе по каждой организации, ежедневная потребность материалов по каждому виду и общая потребность в рабочей силе и в материалах на заданный срок обозрения.

После первоначального просчета сеть записывается на магнитную ленту, и для очередного просчета сети требуются лишь сведения об изменениях, происшедших в сети за период от предыдущего просчета.

По заказу Промстройпроекта обсчет сетевого графика, имеющего 1400 работ, закончился за 1 час 30 минут.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ  
В ОПЕРАТИВНОМ ПЛАНИРОВАНИИ И УПРАВЛЕНИИ  
СЕРИЙНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ

Коробов Б.В., Пискунова

1. Строится сетевой график процесса производства одного изделия. Событие графика – факт изготовления одной детали, узла, схемы, входящей в изделие. Работа графика – технологическая операция по изготовлению детали, узла, схемы продолжительностью

$$O_n = T + K,$$

где  $T$  – производственный цикл изготовления детали,  
 $K$  – страховой запас.

2. По программе расчета сетевых графиков производится предварительный расчет и анализ сети. Определяется критический путь, готовятся материалы для оптимизации составленного графика, т.е. для сокращения производственного цикла изготовления изделия. Сбалансированная сеть используется в дальнейшем для оперативного учета и управления производством.

3. Каждому событию ставится в соответствие плановый номер сутко-комплекта  $\gamma_n$  (в определении новочеркасской системы непрерывного оперативно-производственного планирова-

ния) и для каждой работы рассчитывается количество деталей, находящихся ежедневно на данной операции.

4. Получая от подразделений предприятия ежедневно оперативные данные:

$B$  – количество изготовленных за день деталей,

$B'$  – количество находящихся на каждой операции деталей,

$B_{бр}$  – количество бракованных деталей,

можно:

а) рассчитать фактический номер сутко-комплекта  $N_{ф}$  для каждого события сети и сравнить с плановым,

б) сравнить фактическую комплектовку данной операции деталями с плановой,

в) определить критический срок запуска деталей,

г) определить пути с наибольшим количеством отстающих сутко-позиций и т.д.

5. Введя дополнительную постоянную информацию, можно провести весь комплекс расчетов по оперативному и технико-экономическому учету и планированию предприятия, предусмотренный системой НОП.

Для оперативного учета и анализа состояния производства составлены программы.

6. Преимущества системы планирования.

## СИСТЕМА СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НИР И ОКР

Коробов Б.В., Пономарева Б.В., Рожкова

1. Для специализированной проектной организации сетевые графики различных НИР и ОКР не имеют принципиальных отличий. Поэтому разработаны типовые графики для нескольких типов НИР и ОКР. Это облегчает трудоемкий процесс разработки и составления сетевого графика новой НИР (ОКР).

2. Имеется система программ для хранения, расчета, анализа и проверки правильности составления одноцелевого сетевого графика с числом работ - 3120 и событий - 1000.

По программе рассчитываются -

а) критический путь и все временные параметры для любого из следующих случаев:

1.  $t_{om} = t_{min}$

2.  $t_{om} = t_{н.в.}$

3.  $t_{om} = t_{max}$

4.  $t_{om} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}$

5.  $t_{om} = \frac{t_{min} + 4t_{н.в.} + t_{max}}{6}$

б) ранние и поздние календарные даты свершения событий, начала и конца работ;

в) трудоемкость и стоимость каждой работы, работ в пределах одного подразделения и всей организации в целом;

г) вероятность свершения целевого события.

3. Программа составлена для ЭВМ "Урал-3" и "Урал-4".  
Результаты не требуют дополнительной ручной обработки. Имеется возможность группировать работы по признаку критической зоны, подразделения, ответственного исполнителя.

## О РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Куликова В.П.

### 1. Общая постановка задачи

Объект управления описывается системой дифференциальных уравнений  $\dot{x}_i = f_i(x_1, \dots, x_n, u) \quad (i = \overline{1, n})$ ,

где

$x_1, \dots, x_n$  - координаты системы,

$u$  - управление

Нач. условия

$$x_i(t_0) = x_{i0}$$

Требуется построить дифференциальное уравнение

$$F(u^{(m)}, \dots, u^{(n)}, u, x_1, \dots, x_n) = 0,$$

чтобы вдоль решения системы минимизировался функционал

$$J = \int_0^\infty W(x_1, \dots, x_n, u, u^{(n)}, \dots, u^{(m)}) dt, \quad \text{где}$$

$W$  - заданная однозначная функция, имеющая непрерывные производные по всем переменным  $x, u$ .

Функционал характеризует качество системы.

2. Решение задачи оптимального управления базируется на методе динамического программирования Р. Беллмана и состоит в нахождении решения функционального управления Беллмана, которое в стационарном случае имеет вид

$$\min_u \left[ W + \sum_{i=1}^n \frac{\partial V}{\partial x_i} f_i(x_1, \dots, x_n, u) \right] = 0$$

$$V = V(x_1, \dots, x_n).$$

Для определения коэффициентов, входящих в функцию  $V$ , имеется система алгебраических уравнений, которая сводится к системе дифференциальных уравнений и решается методом Рунге-Кутты.

3. Система для определения коэффициентов, входящих в функцию  $V$ , решается вторым способом: методом градиента, описанным в книге Дж. Эрроу, Л. Гурвица, Х. Удзава "Исследования по линейному и нелинейному программированию".

4. Решается система дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_i = f_i(x_1, \dots, x_n, u)$$

$$\dot{\psi}_i = g_i(x_1, \dots, x_n, u)$$

при граничных условиях

$$x_i(0) = x_i^*$$

$$x_i(t) = x_i^* ; \quad (i = \overline{1, n})$$

выборать такие значения координат вектора  $\psi(t)$ , чтобы при  $u(t) = \arg \psi(t)$  система удовлетворяла граничным условиям.

Система решена аналитически, и составлена программа нахождения решения системы, удовлетворяющего практическим условиям.

# ПРОГРАММА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ДВУСТОРОННИМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ПЕРЕМЕННЫЕ ДЛЯ ЭЦВМ "УРАЛ - 2"

Курман А.В.

Широкий класс задач линейного программирования имеет двухсторонние ограничения на переменные. Метод [1] учитывает эти особенности и позволяет решать задачи такого класса значительно эффективнее обычного симплекс-метода. Преимущества этого метода особенно заметны при реализации его на ЭЦВМ и проявляются в резком сокращении объема памяти, времени решения задач, что, естественно, позволяет решать задачи значительно большего объема.

Программа, разработанная нами для реализации этого метода на ЭЦВМ "Урал-2" позволяет решать задачи следующих размеров  $m$  и  $n$  ( $m$  - число сложных ограничений,  $n$  - число неизвестных):

а) при использовании оперативной памяти

$$(m + 5)(n + 4) < 1640;$$

б) при использовании  $k$  магнитных барабанов

$$n(m + 4) + \left[ \frac{n}{2} \right]_{ц.ч.} < 8192k,$$

где:

$$k = \min \left\{ \left[ \frac{1639-n}{m+4} \right]_{ц.ч.} - 4; \left[ \frac{1333}{m+4} \right]_{ц.ч.} - 1 \right\}.$$

Программа опробована на решении задач размеров

$$m \approx 50, n \approx 200.$$

Время решения подобных задач составляет 30 - 40 мин.

#### Литература

1. Д.В. Юдин и Е.Г. Гольштейн "Линейное программирование",  
М., Физматгиз (1969).



## ПРИНЦИП ЭКСТРЕМАЛЬНОСТИ И МЕТОД РАСЧЕТА НА ЭЦВМ СЛОЖНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Курман А.В., Каганер В.М.

Рассмотрим вентиляционную сеть, которую можно представить как систему узлов  $j/j = 1, 2, \dots, n$ , связанных ветвями  $i/i = 1, 2, \dots, m$ . Присвоим каждой ветви этой сети определенное направление, а именно: направление ветви без вентилятора выбираем произвольно, а направление ветви с вентилятором выбираем таким же, как и направление движения воздуха в ней при работе вентилятора в нормальном режиме. Для каждой ветви  $i$  введем следующие обозначения:

$R_i$  - аэродинамическое сопротивление;

$Q_i$  - поток воздуха, который считаем положительным или отрицательным в зависимости от того, совпадает ли его направление с направлением ветви или нет;

$H_i(Q_i)$  - характеристика вентилятора;

$h_i$  - перепад давления.

Принимая теперь, как обычно, что связь между перепадом давления и расходом воздуха имеет вид:  $h_i = R_i Q_i^2$  принцип экстремальности можно сформулировать следующим образом:

Поток  $Q_1^*, Q_2^*, \dots, Q_n^*$ , для которого функция

$$\sum_{i=1}^m \left[ \frac{1}{3} R_i |Q_i|^3 - \int_0^{Q_i} H_i(Q) dQ \right] \quad (1)$$

имеет минимум, представляет собой решение задачи естественного распределения воздуха по ветвям вентиляционной сети.

Функция (1) является интегральной характеристикой мощности, рассеиваемой потоком на сопротивлениях вентиляционной сети, и мощности, сообщаемой потоку вентиляторами. Ее смысл становится особенно физически прозаичным, когда вентиляторы внутри сети отсутствуют, т.е. когда функция (1) принимает вид:

$$\frac{1}{3} \sum_{i=1}^m R_i |Q_i|^3 \quad (2)$$

В этом случае из (2) следует, что распределение расходов воздуха между ветвями сети происходит таким образом, что суммарная мощность, теряемая в сети потоком при данной депрессии, является минимальной. В такой форме это утверждение принадлежит академику Л.Д. Шевякову.

Используя теперь принцип экстремальности, разовьем метод решения задачи естественного и принудительного распределения воздуха по ветвям вентиляционной сети путем минимизации функции (1).

Пусть известно произвольное распределение, удовлетворяющее условию непрерывности потока в узлах (первому закону Кирхгофа). Это условие не наружится, если в произвольном контуре  $\mu$ , выбрав определенное направление его

обхода, изменить величины потоков  $Q_i$  в каждой из его ветвей на произвольную величину  $q$ , прибавляя ее к величине потока или вычитая ее из величины потока в зависимости от того, совпадает ли направление ветви с направлением обхода контура или нет.

При таком изменении потоков в ветвях сети значение функции (1) изменится. Притом это изменение произойдет за счет изменения тех ее слагаемых, которые принадлежат контуру  $\mu$ , т.е. за счет изменения величины:

$$\sum_{i \in V(\mu)} \left[ \frac{1}{3} R_i |Q_i|^3 - \int_0^{Q_i} H_i(Q) dQ \right], \quad (3)$$

где через  $V(\mu)$  обозначено множество ветвей сети, принадлежащих контуру  $\mu$ . Эта величина после указанных изменений потоков в ветвях контура  $\mu$  принимает вид:

$$\sum_{i \in V(\mu)} \left[ \frac{1}{3} R_i |Q_i + q|^3 - \int_0^{Q_i + q} H_i(Q) dQ \right] + \sum_{i \in V'(\mu)} \left[ \frac{1}{3} R_i |Q_i - q|^3 - \int_0^{Q_i - q} H_i(Q) dQ \right], \quad (4)$$

где через  $V(\mu)$  обозначено множество ветвей контура  $\mu$ , ориентированных в направлении его обхода, а через  $V'(\mu)$  — множество ветвей того же контура, ориентированных в противоположном направлении.

Определим теперь то значение  $q$ , при котором функция (4) имеет минимум. Для этой цели, как обычно, исследуем ее на минимум по  $q$ . Нетрудно доказать, что искомое значение  $q$  всегда существует. Это обусловлено, в частности, особенностями характеристик вентиляторов.

Итак, если хотя бы для одного контура  $\mu$  производная функции (4) по  $q$  не равна нулю, то распределение воздуха в сети можно изменить (как это показано выше) таким образом, чтобы функция (I) принимала меньшее значение, чем на исходном распределении.

Изложенная выше процедура минимизации функции (I) может быть положена в основу итерационного метода решения задач по естественному и принудительному распределению воздуха по ветвям вентиляционной сети.

Действительно, если в качестве исходного принять какое-либо распределение, удовлетворяющее лишь условию непрерывности потока в узлах, то выполняя последовательно для каждого из линейно-независимых контуров сети (для которых производная от функции (4) по  $q$  не равна нулю) рассмотренную выше процедуру изменения потоков в его ветвях, мы постепенно будем минимизировать функцию (I), не нарушая при этом условие непрерывности потока в узлах сети. Поскольку функция (I), как это нетрудно показать, ограничена снизу, то предлагаемый итерационный процесс монотонно сходится. Предельным для данного итерационного процесса будет распределение, при котором для каждого линейно-независимого контура сети выполняется равенство:

$$\sum_{i \in V(\mu)} [R_i Q_i^2 \operatorname{Sign} Q_i - H_i(Q_i)] - \sum_{i \in V''(\mu)} [R_i Q_i^2 \operatorname{Sign} Q_i - H_i(Q_i)] = 0. \quad (5)$$

Но это означает, что для любого контура алгебраическая сумма потерь напоров на его ветвях равна алгебраической сумме напоров, создаваемых вентиляторами, работающими в этом контуре (выполняется второй закон Кирхгофа). Отсюда следует, что предельный для данного итерационного процесса поток дает решение задачи естественного распределения воздуха по ветвям вентиляционной сети. Сходимость процесса заметно ускоряется, если систему линейно-независимых контуров сети выбирать таким образом, чтобы ветви с высокими сопротивлениями по возможности не являлись общими для различных контуров системы. Такую систему контуров легко построить с помощью алгоритма Краскала для поиска "минимального" дерева [5].

Для решения задачи по определению потока в вентиляционной сети, при котором обеспечиваются необходимые дебиты воздуха в заданных ветвях, применяется тот же метод, но итерации выполняются теперь только по тем линейно-независимым контурам системы, которые не содержат ветвей с заданными дебитами. В результате будет получено распределение, при котором во всех контурах сети, не включающих ветвей с заданными дебитами, алгебраические суммы депрессий будут равны нулю.

В отличие от известных методов [1, 2, 3, 4], предлагаемый метод обеспечивает сходимость к решению при любом начальном распределении, удовлетворяющем условию непрерывности потока в узлах, а при решении задач принудительного распределения воздуха, помимо этого, позволяет решать воп-

росы обеспечения заданного режима проветривания при минимальном числе регулирующих устройств, минимальной общей депрессии и минимальной мощности вентиляторов. Число регулирующих устройств при этом равно числу ветвей с заданными дебитами, а необходимое регулирование достигается за счет размещения регулирующих устройств именно в этих ветвях.

Если по каким-либо причинам нельзя размещать регуляторы в некоторых (или во всех) ветвях с заданными дебитами, то необходимое размещение регуляторов может быть найдено с помощью алгоритма Форда (или его модификации) для поиска кратчайшего пути [5].

Выше изложение велось в терминах расчета вентиляционных сетей. Но этот же метод, естественно, применим и для расчета гидравлических сетей, а в существенно более простой форме и для расчета электрических сетей.

Предлагаемый итерационный метод удобен для эффективной его реализации на ЭЦМ. Программы, разработанные нами для машины "Урал-2", позволяют рассчитывать указанные сети, содержащие до 500 узлов, до 1500 ветвей и до 80 вентиляторов. Программы опробованы на решении ряда практических задач. Машинное время, например, при расчете схемы проветривания вентиляции рудника имени Кирова (Кривбасс) составило около 2 часов, причем точность была принята 0,001 куб.м/сек. Эта сеть содержала 522 ветви, 344 узла и два вентилятора главного проветривания.

## Литература

1. Абрамов Ф.А., Торговников Б.М., Вихров В.И., Каганер В.М., Курман А.В. Расчет принудительного распределения воздуха в вентиляционной сети шахты с помощью ЭВМ. Уголь, № 12, 1964 г.
2. Багриновский А.Д. Основы теории управления шахтными вентиляционными сетями. Издательство ИГД им. А.А.Скобчинского, М., 1964 г.
3. С. Цой, С.М. Цхай Применение метода линейного программирования для решения задач по регулированию расхода воздуха в сложных вентиляционных сетях. Сб. трудов ИГД АН Казахской ССР "Вентиляция и обеспыливание воздуха на рудниках Казахстана". Алма-Ата, 1965.
4. С.Цой, С.М. Петрович Оптимальное регулирование расхода воздуха в шахтных вентиляционных сетях. Вестник АН Казахской ССР № 1, 1965 г.
5. Берх К. Теория графов и ее применение. ИЛ, 1962 г.

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ, СВЕДЕННОЙ  
К ОТЫСКАНИЮ БЕЗУСЛОВНОГО ЭКСТРЕМУМА НЕКОТОРОЙ  
ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ

Кутанов А. Т.

Постановка задачи линейного программирования следующая.  
Определить

$$\min F(x) = \sum_{k=1}^n c_k x_k \quad (1)$$

на линейных ограничениях вида

$$f_j = \sum_{k=1}^n a_{jk} x_k + b_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m, m < n \quad (2)$$

$$f_i = \sum_{k=1}^n a_{ik} x_k + b_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, r \quad (2')$$

Предполагается, что условия неотрицательности входят в (2)' в виде  $-x_k \leq 0$ . В работе [2] рассматриваются только ограничения неравенства.

На основе (1), (2) и (2)' строится некоторая вспомогательная функция

$$W(x, \alpha, \beta) = \alpha J(x) + \beta F(x), \quad (3)$$

где

$$J(x) = \sum_{j=1}^m f_j^2 + \sum_{i=1}^r \varphi_i^2 S g_i$$



$$\text{и} \quad S_{\alpha\beta} = \begin{cases} 1 & \text{при } u > 0 \\ 0 & \text{при } u \leq 0 \end{cases}$$

$\alpha$  и  $\beta$  — некоторые положительные числа отличные от нуля.

Минимум функции (3) совпадает с решением первоначально поставленной задачи либо при  $\alpha \rightarrow \infty$  и  $\beta = \text{const}$  [1], либо при  $\alpha = \text{const}$  и  $\beta \rightarrow 0$  [2].

Предлагается упорядоченный метод изменения, например, коэффициента  $\beta$  при фиксированном значении  $\alpha$ , благодаря которому точное решение задачи линейного программирования достигается при некотором конечном значении  $\beta$ .

Идея упорядоченного изменения коэффициента  $\beta$  следует из доказанного утверждения

$$F(x^*) \geq 2\alpha J(\bar{x}) + \beta F(\bar{x}), \quad (4)$$

где точка  $x^*$  — решение задачи линейного программирования, точка  $\bar{x}$  — в которой достигается  $\min$  функции (3).

При некотором  $\beta = \beta^*$  неравенство (4) становится строгим равенством, хотя при  $\beta = \beta^* \min W(\bar{x}/\beta^*)$  не совпадает с решением исходной задачи. Решив совместно с этим новым равенством систему ограничений (2) и (2)', получим решение исходной задачи линейного программирования.

Для минимизации функции (3) используется метод параллельных касательных [3].

#### Литература

4. Рыбашев М.В. Градиентный метод решения задач выпуклого программирования на электронной модели. "Автоматика и Телемеханика, № II, 1965.

2. Pietrzykowsky, Application of the steepest ascent method to linear programming. Prace ZAM, ser A, N 11, Warszawa, 1961.

3. Shah B.V., Some algorithms for minimizing a function of several variables. Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЦВМ "УРАЛ-2" ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Кутнев Г.М.

1. Железные дороги представляют собой весьма сложную систему, для управления которой эффективно могут быть использованы ЭЦМ.

2. Критериями оценки работы железных дорог могут являться: степень удовлетворения потребности в перевозках, себестоимость тонно-километра, показатели использования подвижного состава, производительность труда и т.д.

3. В настоящее время далеко не все критерии могут быть описаны функциональными зависимостями. Это вызывает необходимость моделирования самого процесса работы железных дорог.

4. В ХабиИЖТе разработана машинная программа (для ЭЦВМ "Урал-2"), воспроизводящая процесс работы отделения железной дороги. Принцип действия программы состоит в том, что отдельным ячейкам запоминающего устройства сопоставляются отдельные группы вагонов и путей станций. После получения исходной информации и фиксирования ее в соответствующих ячейках происходит изменение содержимого ячеек в соответствии с реальной технологией работы.

Программа позволяет получить план-прогноз на любой заданный отрезок времени.

## РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ

Лившиц В.Н., Позамантир Э.И.

Рассматривается один из возможных методов решения многопродуктовой транспортной задачи в следующей постановке: задана транспортная сеть, в узлах которой находятся пункты отправления и прибытия различных невазимоменяемых родов грузов. Необходимо найти такое прикрепление пунктов отправления к пунктам назначения и такое распределение перевозок по отдельным маршрутам, соединяющим каждый пункт отправления с каждым пунктом назначения, чтобы общая сумма всех затрат на перевозку оказалась наименьшей. Величина расходов на перевозку на отдельном звене задается произвольной выпуклой функцией от величины объема перевозок на этом звене.

Необходимым и достаточным условием оптимальности решения выпуклой транспортной задачи является потенциальность построенного плана перевозок, т.е. существование для каждого  $p$  груза и каждого  $i$  узла такой системы чисел  $\{u_i^{(p)}\}$ , при которой для каждого звена  $ij$  (соединяющего узел  $i$  и узел  $j$ ) будут выполняться условия

$$u_i^{(p)} - u_j^{(p)} \leq \frac{\partial f_{ij}}{\partial x_{ij}^p}$$

где  $f_{ij}^p$  - стоимость перевозки грузов на звене  $ij$ , а  
 $x_{ij}^p$  - величина потока  $p$  груза на том же звене; при  
 этом для  $x_{ij}^p > 0$  должны выполняться строгие  
 равенства  $u_i^{(p)} - u_j^{(p)} = \frac{\partial f_{ij}^p}{\partial x_{ij}^p}$

Метод решения основан на некоторой модификации извест-  
 ного для линейного программирования алгоритма Канторовича  
 - Гавурина, т.е. составляется начальный план, проверяется  
 выполнение условий потенциальности и в случае их нарушения  
 производится последовательное улучшение плана.

## СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОГО ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ ЕЕ НА ЭВМ "УРАЛ-2"

Майорова В.И.

Оперативность внутризаводского планирования крайне необходима предприятиям в их повседневной работе.

В настоящее время на многих предприятиях страны внедряется разработанная на Новочеркасском электровозостроительном заводе система непрерывного оперативно-производственного планирования.

Эта система преследует цель создания и сохранения стабильных комплектных заделов незавершенного производства, обеспечивающих ритмичную работу предприятий на всех стадиях производства, а также ежедневный учет хода выполнения подетального плана.

Однако оперативное управление производственным процессом возможно только при использовании вычислительной техники, так как ежедневно необходимо обрабатывать большой поток информации.

В вычислительном центре СГУ составлена программа для ЭВМ "Урал-2", позволяющая решать технико-экономические вопросы, связанные с внедрением и использованием Новочеркасской системы непрерывного оперативного планирования.

# ОБРАБОТКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О РАБОТЕ ПРЕДПРИЯТИЙ С НАКОПЛЕНИЕМ И ХРАНЕНИЕМ ДАННЫХ ЗА ОПРЕДЕЛЕННЫЙ ПЕРИОД НА МЛ

Овсиенко Г.Ф.

Исходные данные о работе каждого предприятия передавались по абонентскому телеграфу. Передача информации осуществляется с таблиц, разработанных в НИИЭМП при Госплане БССР. В таблице учтены особенности передачи по абонентскому телеграфу и требования схемы перфорации для ввода этой информации в ЭВМ "Минск-2". Исходные данные поступают во 2-ом международном коде. Программа ввода переводит всю информацию в 10 с/с, контролирует и компанует документ. Т.к. на предприятии встречаются шифры материалов в буквенно-цифровом виде, их требуется перешифровать. Программа перешифровки присваивает буквенно-цифровому шифру новый машинный шифр и осуществляет перекomпановку документов, приводя их к постоянной длине; документы в рассортированном виде хранятся на МЛ.

Для накопления отчетных данных за определенный период существует архив, состоящий из кодов постоянной длины. Это позволяет его рассортировать по любым реквизитам. Архив хранится на МЛ. При оформлении архива на БУМ выпечатываются документы, в которых обнаружены ошибки (например, повторный документ), и те предприятия, которые не передали сведений за

данный день.

После оформления архива программ счета и вывода выводят на РТА в виде оформленных отчетных документов результаты обработки данных за текущий день.

Выводные таблицы содержат:

- а) отклонения с начала месяца;
- б) % выполнения дневного плана;
- в) % выполнения плана с начала месяца.

Программа позволяет выдавать на РТА ежедневную информацию:

- а) по отрицательным отклонениям (т.е. те реквизиты, по которым не выполняется план);
- б) по важнейшим видам продукции.



ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ СХЕМ Ж.Д. СТАНЦИЙ И УЗЛОВ МЕТОДОМ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ  
(опыт применения ЭЦМ "Урал-2" при проектировании объектов  
транспортного строительства).

Персианов В.А., Усков Н.С., Четыркина И.Е.

1. Разработан алгоритм и составлена программа испытания моделей ж.д. узлов (станций) с использованием электронной вычислительной машины "Урал-2".

2. Ж.д. узел (станция) рассматривается как сложный инженерный комплекс, включающий некоторое количество одинаковых или различных элементов подходов, станций (в узле), внутриузловых ходов, станционных путей, стрелочных переводов и т.д., объединенных связями в нечто целое, называемое системой.

3. От простого скопления элементов ж.д. узел как система отличается тем, что его составные части объединены внутренними связями и вступают друг с другом в определенные (а не в любые) отношения (взаимодействие), зависящие от схемы узла и организации его работы.

4. Схема узла, отражающая его структуру (рисунок элементов и связей), ограничивает разнообразие отношений и связей. Это делает задачу исследования ж.д. узла как системы практически разрешимой.

5. Ввиду сложности рассматриваемых систем, вытекающей из

множественности структурных элементов и обилия связей, строгое математическое описание ж.д. узла как системы современным математическим аппаратом невозможно, чем и объясняется выбор метода моделирования работы узла на ЭВМ.

6. Для решения задачи необходимы исходные данные, характеризующие входящий и внутриузловой поезд-поток, порядок его прохождения и продолжительность обработки, путевое развитие узла, маневровые средства и другие параметры. Некоторые из параметров можно считать фиксированными, другие могут быть заданы вероятностными функциями с тем или иным законом распределения.

7. При решении многих проектных задач, когда моделируемая система в натуре не существует, в ряде случаев часть параметров, характеризующих входящий поток поездов, внутриузловые и внутристанционные передвижения, целесообразно задавать вероятностным способом; остальные параметры (преимущественно структурные) принимаются согласно проектной схеме узла.

8. При решении текущих эксплуатационных вопросов (особенно при высоком удельном весе пассажирских операций, жестко ограничиваемых графиком) параметры поездопотока, его обслуживания и самой структуры узла должны приниматься фиксированными. При этом задача заметно сужается и сводится лишь к проверке соответствия пропускной и перерабатывающей способности существующих устройств узла (путевого развития, сортировочных горок, маневровых средств, обслуживающих бригад и т.д.) намечаемому графику движения поездов.

9. При моделировании в информационной системе ЭВМ воспроизводятся те реальные процессы, которые протекают в иссле-

дуемом узле. Чем полнее информационная модель системы отражает структуру узла и условия его работы, тем точнее оказываются результаты расчетов.

10. Основными операторами алгоритма, моделирующего процесс работы узла, являются:

- определение времени поступления поезда в узел;
- выбор маршрута движения поезда (или маневрового передвижения);
- формирование координат состояния элементов узла;
- корректировка конечных координат.

II. Отработка и проверка результатов моделирования включает: а) определение времени работы системы по каждому из входов:

$$Z = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots + \xi_n, \quad \text{где}$$

$\xi_1, \dots, \xi_n$  - интервалы приема поездов в систему через рассматриваемый вход;

б) подсчет числа реализаций, т.е. пропущенных поездов, маневровых передвижений и т.д., по отдельным маршрутам и узлу в целом (определение пропускной способности узла);

в) нахождение степени загрузки элементов системы (путей, стрелочных перевозок, маневровых локомотивов и др.) по времени:

$$\rho = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{Z},$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  - продолжительность занятия элемента последовательно обслуживаемыми поездами;

г) подсчет числа задержанных поездов по отдельным маршрутам и узлу в целом;

д) определение общей продолжительности задержек (в поездо-часах) по узлу в целом с распределением по маршрутам и категориям поездов:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \Delta Z_i = \Delta Z_1 + \Delta Z_2 + \dots + \Delta Z_n,$$

где  $\Delta Z_1, \Delta Z_2, \dots, \Delta Z_n$  — задержки поездов на элементах.

В общем случае испытание модели узла повторяется многократно, а перечисленные показатели отыскиваются методами математической статистики.

Современный системотехнический подход к узлу (станции), таким образом, означает необходимость количественной оценки степени и характера участия в работе каждого элемента узла и их групп. Только на основании такой оценки можно решить, чем допустимо пренебречь в построении модели.

12. Исследование нескольких вариантов развития узла для установления его пропускной и перерабатывающей способности, мощности (количества путей на станциях, одновременно работающих маневровых локомотивов, обслуживающих бригад и т.д.) отдельных элементов и качественных показателей работы узла (станции) в целом времени нахождения поездов на станциях (и внутриузловых перегонах) является конечной целью моделирования. Чем меньше величина задержек поездов в узле, тем более высокой оценки заслуживает вариант проектной схемы узла или принятая организация его работы.

На основании многократных повторных испытаний модели узла на ЭЦВМ можно сформировать и отобрать лучшие проектные варианты узла, более совершенный порядок его работы и т.д.

13. Степень рациональности внутренней структуры системы

(вариант развития узла) устанавливается сопоставлением затрат, вызываемых задержками поездов в узле, с теми дополнительными капиталовложениями и эксплуатационными расходами, которые требуются для полного устранения задержек или сведения их к определенному минимуму.

14. Изложенный способ испытания моделей ж.д. узла (станции) на ЭЦМ позволяет наряду с пропускной способностью, определить задержки поездов, т.е. одновременно с количественной дать и качественную оценку вариантных схем развития узла. Метод моделирования вооружает проектировщиков средством для более объективной и всесторонней оценки намечаемых проектных решений.

15. Затраты машинного времени на расчет зависят, прежде всего, от сложности моделируемого узла и колеблются от нескольких минут до нескольких десятков минут.

## ПРОГРАММА РАСЧЕТА СЕТЕВОГО ГРАФИКА И РАСХОДА РЕСУРСОВ С ВЫДАЧЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ИСПОЛНИТЕЛЯМ

Петухина Э.А., Баранова Г.И.

Расширение применения системы СПУ на стройках Иркутской области показало необходимость дополнения и изменения существующих программ по расчету сетевых графиков.

Разработка и оптимизация сетевых графиков всегда сопровождается расчетами потребления ресурсов. Такие расчеты очень трудоемки. Они нужны для выявления возможностей осуществления строительства по графику, для составления заявок на материалы. Известно, что в строительстве объекта или комплекса принимает участие большое количество исполнителей. Отсутствие фиксации исполнителей работ в общей таблице результатов расчета графика снижает роль этой таблицы, как носителя информации, способствующей проведению оптимизации и организации оперативного управления. Для выделения временных параметров, относящихся непосредственно к работам каждого исполнителя приходится делать дополнительную выборку работ и составлять вручную дополнительную таблицы.

По новой программе ведется расчет сетевого графика и расхода ресурсов на основании информации, содержащей перечень работ, закодированных номерами своих предшествующих и последующих событий с указанием их длительности, шифра исполнителя

и объемов ресурсов по каждой работе.

Программа предназначена для расчета основных параметров одноцелевого сетевого графика (ранние и поздние начала и окончания в относительных днях и календарных датах, полные и частные запасы времени, продолжительность критического пути, подкритическая зона) и расхода ресурсов по ранним или поздним началам работ.

Программа рассчитывает сеть с количеством работ не более 1900, максимальный номер события - 1024. Максимальная продолжительность работы 127 дней. Продолжительность критического пути не может превышать 2047 выбранных единиц масштаба времени при расчете временных параметров и 600 - при расчете расхода ресурсов.

Максимальный шифр исполнителя 63, максимальный шифр ресурса - 63. Объем ресурса, потребляемый ежедневно по каждой работе не более 32000 единиц. Сетевой график может иметь несколько начальных и конечных событий.

В программе предусмотрено выявление некоторых ошибок в поступающей информации, замкнутые циклы, одинаковые работы, работы у которых  $i > j$  или  $i = j$ . При выявлении ошибок они выдаются на печать, после чего происходит останов машины.

По желанию оператора результаты расчета сетевого графика могут быть выданы в различных видах: критический путь, подкритическая зона, все временные параметры на весь график или по исполнителям, расход ресурсов по каждому исполнителю.

При этом временные параметры могут быть получены только в относительных днях или в относительных днях и календарных датах по всем работам или только по работам, продолжительность

которых не нулевая.

Те же показатели могут быть получены на определенный (заданный) промежуток времени (неделя, декаду, месяц .....).

По составленной программе был рассчитан ряд производственных задач. Расчет сетевого графика только по временным оценкам на 500 работ происходит в течение 13 - 14 мин. Из них непосредственно на расчет графика идет 3 - 4 минуты, выдача результатов общим массивом по всему графику занимает 7 мин., а выдача результатов с компоновкой работ по исполнителям - 10 мин.



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ  
К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Плотникова Л.И., Голубова Л.Г.

Изделие "А" с начальной **трудоемкостью** " $T_1$ " необходимо изготовить в количестве " $N$ " в течение  $n$  лет при минимуме суммарных затрат, т.е. обеспечив  $\min \sum_i^n T_i N_i$ , где  $T_i$  - закон изменения трудоемкости - функция времени,  $N_i$  - количество изделий на  $i$ -ом этапе.

Метод динамического программирования, примененный к решению указанной задачи, позволяет свести решение  $n$ -мерной задачи к решению  $n$  одномерных задач. Решение задачи проводилось на ЭВМ "Урал-2".

## ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТЕЙ, СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫХ НОРМ РАСХОДА И ПРОЦЕНТА ГОДОВОГО СНИЖЕНИЯ НОРМ

Радченко Н.Е.

1. Программа предназначена для расчета потребности в материальных ресурсах, средневзвешенных норм расхода и процента годового снижения норм и была использована для расчета потребности в прокате черных металлов, изделиях дальнейшего передела, трубах и метизах, средневзвешенных норм расхода и процента годового снижения норм для продукции предприятий УССР по министерствам и в разрезе отраслей, групп, подгрупп и отдельных изделий. Для этих целей был разработан макет массива перфокарт изделия.

2. Программа позволяет производить расчет плана объема производства изделия в нескольких заданных единицах измерения. Каждой такой единице ставится в соответствие коэффициент в единице измерения ее группы. Для удобства расчета была сделана подпрограмма перевода числа из одной единицы измерения в другую (заданную) при условии, что обе лежат в одной группе.

3. Данная программа может быть использована для расчета потребностей и средневзвешенных норм расхода в других областях. В таком случае требуется внесение необходимых поправок, в том числе для печати таблиц с результатами расчетов должны быть введены нужные шестизначные алфавитно-цифровые коды.

## РАСЧЕТ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ ПО ФРАГМЕНТАМ

Рожкова Р.Л., Борисенко Н.Г., Точанский Ф.Э.

В системе сетевого планирования и управления часто составляются сетевые графики больших размеров порядка 20 тыс. работ с 10 тыс. событий.

В настоящем докладе предлагается фрагментальный способ расчета сетевых графиков для машинной системы управления разработками.

Сетевой график по той или иной разработке представляется как ряд небольших сетей размером в 100-200 работ, называемых фрагментами.

Каждый из фрагментов обрабатывается и укрупняется, затем укрупненные фрагменты сшиваются в единый сетевой график, для событий которого рассчитываются ранние и поздние начала, резервы, критические и подкритические пути.

На основе полученных данных делается аналогичный расчет сетевых графиков-фрагментов с выдачей календарного плана.

В процессе использования данной машинной системы управления разработками на основе сетевых графиков предполагается производить перепланирование по длительности работ, входящих в сеть, в целях сокращения сроков исполнения.

По изложенному фрагментальному способу расчета сетевых графиков составлены программы на ЭЦВМ "Урал-2" с использованием НМБ, одного шкафа НМД и АЦПУ типа "Урал-4".

## РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННЫХ СХЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ МЕТОДАМИ ЛИНЕЙНОЙ АЛГЕБРЫ

Сологуб Е.И., Щупов Л.П., Щусторович З.Л.

Многие технологические схемы химической промышленности, обогащения и т.п. представляют собой последовательность цепи аппаратов с обратными связями. Применение вычислительной техники дало возможность рассчитывать эти схемы строгими математическими методами. Некоторые расчеты технологических схем сводятся к решению линейных систем алгебраических уравнений.

Для решения систем необходимо по конкретной схеме и заданным ее параметрам составить матрицу. Для больших и многокомпонентных схем составление матрицы вручную практически невозможно. Разработана система кодирования технологических схем для задания ЭЦВМ, алгоритм составления матриц систем линейных алгебраических уравнений по топологии схем и их известным параметрам. Алгоритм реализован в программе для ЭЦВМ "Урал-2". В связи с тем, что матрицы, соответствующие таким схемам, имеют небольшое количество ненулевых элементов /до 2 - 3 %/, матрица хранится в памяти в сжатом по строкам виде, когда сохраняются только ненулевые элементы и номер столбца для каждого.

Для решения систем со слабо заполненными матрицами составлена программа метода поскоординатного спуска с ускорением итерационного процесса. Программа составлена с использованием уплотненной записи матрицы и рассчитана для работы в НФ, а НМБ используется только для хранения информации и периодически туда записываемого приближения, необходимых для возобновления итерационного процесса в случаях сбоев и порчи информации в НФ. Если уравнения систем содержат не более 4 ненулевых коэффициентов (как это имеет место для схем обогащения), то программа дает возможность решать системы до 160-180 уравнений.

Такие системы решаются для схем обогащения на ЭЦМ "Урал-2".

# О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ С ПОЛУЧЕНИЕМ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ МЕТОДОМ ГОМОРИ

Стрелков В.В.

В сообщении рассматриваются два вопроса:

1. решение основной задачи линейного программирования модифицированным симплексным методом с мультипликативным представлением обратной матрицы (задача № 1);

2. доведение полученного, нецелочисленного решения до целочисленного методом Гомори (задача № 2).

Программа задачи 1 представляет собою стандартную программу обработки матрицы модифицированным симплексным методом с мультипликацией размером  $m \times n = 7602_{10}$  ( $m \leq 362$ ).

В общем случае модифицированный симплексный метод с мультипликацией связан с меньшим числом вычислений по сравнению с обычным, особенно при наличии в исходной матрице  $A$  нулевых величин. Алгоритм разработан сотрудником в части Лебедевым Б.И., программа составлена Михайловой Н.С. и Боголюбским В.С.

Программа задачи 2 представляет собою узкую специализированную программу, реализацию более широкого метода Гомори.

Математическая модель программы предусматривает целочисленное решение  $\vec{P}_c$ , где для компонент справедливо

$$a) \quad X_s = \begin{cases} \text{либо } 1 \\ \text{либо } 0 \end{cases}$$

б) число уравнений в исходной системе не более 31, число неизвестных не более 246, включая дополнительные и искусственные;

в) число получаемых дополнительных ограничений не более 10;

г) если прибегнуть к векторной записи исходной системы уравнений, то каждый вектор - столбец ее имеет не более четырех отличных от нуля компонент, каждая из которых

$$X_{ik} = \begin{cases} \text{либо } 1 \\ \text{либо } 2 \\ \text{либо } 3 \end{cases}$$

Алгоритм разработан сотрудником Стырикович Р.С., программа составлена Стрелковым В.В.



## О СЛУЧАЙНОЙ АДАПТИВНОЙ МИНИМИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ $n$ ПЕРЕМЕННЫХ

Струнцева Л.П.

Рассматривается стандартная программа случайной адаптивной минимизации функций  $n$  переменных для ЭЦВМ "Урал-2". Проводятся результаты использования данной программы для минимизации некоторых функций при различных значениях параметров, характеризующих процесс адаптации. Результаты сравниваются с решением тех же задач другими методами минимизации.

## ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ РЕМОНТНОЙ БАЗЫ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Суслов О.П.

Сущность проблемы оптимальной специализации ремонтной базы угольной промышленности в наиболее общей постановке сводится к нахождению такой схемы размещения ремонта оборудования в центральных электромеханических мастерских /ЦЭММ/ угольных трестов, которая обеспечивает минимальные совокупные затраты, связанные с производством капитального ремонта оборудования, его транспортировкой с шахт в ЦЭММ и обратно, а также со строительством новых или расширением действующих ЦЭММ.

В работе приведена экономико-математическая модель оптимальной специализации ремонтных предприятий угольной промышленности в наиболее общей постановке, а также ряд моделей с учетом некоторых упрощающих предпосылок, приемлемых в тех или иных конкретных условиях.

Рассматриваемая задача относится к классу многоиндексных задач математического программирования.

Приводится пример решения задачи по оптимальной специализации ЦЭММ для условий комбината "Донецкуголь": 86 шахт, 10 ЦЭММ и 23 типа горношахтного оборудования.

Описана методика приведения задачи по централизации ремонта горношахтного оборудования к математической проблеме выбора и решение ее с помощью венгерского метода линейного программирования на ЭВМ "Урал-4".

Для решения задачи по специализации ремонтной базы угольной промышленности при условии учета зависимости себестоимости капитального ремонта горношахтного оборудования от объема его ремонта предлагается использовать метод градиентного спуска в пространстве потенциалов.

## ОПТИМИЗАЦИЯ (ВЫРАВНИВАНИЕ) РЕСУРСОВ, ЗАДАННЫХ НА СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ

Тарнопольский Ю.Я., Воронежский А.С.

При расчёте временных характеристик одноцелевой сетевой модели не учитывается распределение ресурсов, необходимых для выполнения проекта, представленного сетевой схемой.

Подсчет ресурсов, производимый в дальнейшем, показывает, что распределение их на каждые сутки работы является очень неравномерным, т.е. график распределения имеет большие отклонения от некоторого среднего значения (отклонения могут быть как превышающие среднее значение, так и сильно отличающиеся от него в меньшую сторону).

Программа частичной оптимизации распределения ресурсов позволяет при заданной средней (или полученной непосредственно по сетевой модели) потребности последних на сутки, более равномерно распределять ресурсы в течение всего времени осуществления проекта, оставляя неизменным их общее количество и продолжительность цикла производства.

Сдвиг работ за пределы данных суток, в случае, если эти работы уже превышают среднее значение потребных рабочих, производится в пределах полного запаса.

Если в случае сдвига будет превышен свободный запас по данной работе, то обязателен пересчет временных характеристик

сетевой схемы.

Исходными данными являются сетевая схема с указанием состава бригады (в бригаде 6 разрядов) для выполнения одной смены работы по каждой работе.

Выходные данные:

временные характеристики сетевой схемы, необходимое количество рабочих на каждые сутки по 2-м специальностям (на узкую печать), продолжительность каждой работы в каждые сутки с указанием состава бригады на эту работу, ответственного исполнителя и специальности (на широкую печать).

Программа позволяет производить расчет по сетевой модели до 511 работ.

Время работы для сетевой схемы на 300 работ примерно 2 часа.

Программа внедрялась на предприятии "Харькозэнергоремонт" при ремонте крупных паротурбинных блоков ГРЭС.

## ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ОДНОЦЕЛЕВЫХ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Тененбаум Э.М.

Предлагается программа для расчета на ЭЦВМ Урал-3 одноцелевых сетевых графиков по методу критического пути с использованием ~~лишь~~ оперативной памяти. Программа предназначена для обработки информации, максимальный объем которой определяется следующим соотношением: сумма количества работ и событий не должна превышать 1900.

В процессе решения предусмотрено выявление структурных ошибок сети. Программа позволяет выделять критические пути для данной сети, пути, близкие к критическим, определять количественные характеристики каждой работы.

Сетевой график максимального объема анализируется в течение 8 - 10 минут.

# АЛГОРИТМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ ПО СТОИМОСТИ ПРИ СОКРАЩЕНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ

Тришкан Н.

## I. Теоретическое обоснование.

### I) Постановка задачи

а) Выяснение зависимости между сокращением времени работы и минимальной стоимостью, затрачиваемой на это сокращение.

### 2) Задание процесса производства сетевым графиком.

а) Обозначения сети-общепринятые.

б) Предусмотрено, что в сети может быть несколько входящих и конечных событий или по одному входящему и выходящему.

### 3) Параметры сетевого графика.

а) Для каждой работы задаются три числа:

а/  $t_{ij}$  - продолжительность работы;

б/  $m_{ij}$  - возможность сокращения;

в/  $c_{ij}$  - стоимость сокращения работы на единицу времени.

б) Время раннего начала и позднего окончания считается по программе "Обсчета сетей".

4) Допущения и ограничения, принятые при разработке алгоритма.

а) Величины  $x_{ij}$  - целочисленные, удовлетворяющие условиям:

$$a/ 0 \leq x_{ij} \leq m_{ij}$$

$$б/ \sum (t_{ij} - x_{ij}) \leq A \quad \text{по всем путям}$$

$$в/ S = \sum_{ij} c_{ij} x_{ij} = \min$$

## II. Алгоритм.

### I) Исходная информация

$$a) t_{ij}, m_{ij}, c_{ij}$$

б) Признаки  $\mu$  - входящих и выходящих событий.

в) Группа параметров для каждого события.

2) Метод выбора критического пути.

3) Выбор работ, как можно сократить при минимальных затратах.

### III. Выводы.



## РЕШЕНИЕ НА ЭВМ "УРАЛ-4" РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ С МАТРИЦАМИ БОЛЬШОГО ОБЪЕМА

Хижняк В.И.

Решение задач дальнейшего развития производительных сил, повышения экономической эффективности капиталовложений, улучшения планирования производства в нашей стране сейчас невозможно без широкого использования достижений электроники и прикладной математики. Однако немало важных народнохозяйственных задач, решение которых на ЭВМ дало бы большой экономический эффект, в настоящее время либо решаются без полного учета всех факторов, либо вообще не ставятся, так как их решение связано с обработкой большого количества информации, что на современных ЭВМ не всегда возможно. Поэтому создание методов и программ для ЭВМ, которые в приемлемые сроки позволяют получать решение практических задач с большим объемом информации, представляет определенный интерес.

Известно, что многие народнохозяйственные проблемы приводятся к распределительным задачам линейного программирования. К таким проблемам относятся вопросы организации рациональных перевозок неоднородного продукта, вопросы определения оптимального размещения перерабатывающих предприятий, вопросы выбора оптимальных вариантов распределения сырья и промышленной продукции между промышленными предприятиями и многие другие.

При небольшом количестве поставщиков и потребителей такие задачи можно обчислять на существующих ЭВМ по программам, которые реализуют симплекс-метод линейного программирования. Однако, расширение таких задач до масштабов республики настолько увеличивает объем информации, что решение их на ЭВМ по симплекс-методу становится либо нецелесообразным из-за больших затрат машинного времени, либо вообще невозможно из-за недостатка объема памяти машины.

В Институте кибернетики АН УССР разработан метод обобщенного градиентного спуска в пространстве потенциалов для решения распределительных задач с матрицами большого объема на ЭВМ. В Донецком отделении экономико-промышленных исследований этот метод был несколько видоизменен, дополнен и реализован в виде программы для ЭВМ "Урал-4".

Основными соображениями, по которым именно этот метод был выбран для решения распределительных задач с матрицами большого объема являются простота метода, что позволяет реализовать его на ЭВМ в короткой программе, и возможность оперативного вмешательства в ход итерационного процесса прямо во время решения.

К недостаткам этого метода следует отнести то, что метод является приближенным, а поэтому не позволяет выходить точно на оптимальное решение. Программа, реализующая обобщенный метод градиентного спуска в пространстве потенциалов на ЭВМ "Урал-4", настраивается на размер решаемой задачи и позволяет применять некоторые приемы уплотнения информации.

При блочном характере матрицы условий задачи и при наличии в матрице от трех до десяти блоков по составленной прог-

рамие на ЭВМ "Урал-4" с использованием двух барабанов можно обчитывать распределительные задачи, матрица которых по объему не более 4000 x 500.

По указанной программе в Донецком отделении экономико-промышленных исследований был просчитан ряд задач по определению оптимальной сырьевой базы углеобогащительных фабрик и коксохимзаводов Украины с учетом качественных характеристик углей. В среднем на решение задачи с размером матрицы 4000 x 400 затрачивается от 15 до 20 часов машинного времени. Сравнение решения, полученного на ЭВМ, с существующим положением по сырьевой базе показывает, что внедрение машинного решения позволит снизить пробег 1 т. угля по железной дороге на 16,1 км, снизить стоимость провоза 1 т угля на 4,2 коп. и получить годовую экономию за счет снижения затрат на транспортировку в размере 4199,8 тыс.руб.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ

Пульга Ю.Н.

При организации работы системы массового обслуживания главной задачей является наиболее полное использование обслуживающих аппаратов при одновременном наилучшем удовлетворении заявок на обслуживание.

Исследование условий, при которых достигался бы оптимальный режим работы обслуживающей системы представляет серьезный теоретический и практический интерес.С.

Множество экономических задач, решаемых методами теории массового обслуживания, можно ориентировочно разделить на два класса:

класс задач по определению оптимальной средней производительности обслуживающего аппарата,

класс задач по определению оптимального числа обслуживающих аппаратов системы обслуживания.

Определение оптимальной средней производительности обслуживающего аппарата и оптимального числа обслуживающих аппаратов системы связано с оптимизацией критериев эффективности системы обслуживания. В качестве критериев эффективности системы обслуживания можно рассматривать:

долю времени, в течение которого занято обслуживанием

точно  $n$  аппаратов системы,

сумму общих издержек,

сумму удельных издержек.

При рассмотрении стационарного режима системы обслуживания с ограниченной очередью, в которую поступает простейший поток требований, и время обслуживания подчинено показательному закону, указанные критерии могут быть выражены аналитически следующими формулами.

Вероятность того, что обслуживанием занято точно  $n$  аппаратов

$$P_n = \frac{\alpha^n}{n!} \cdot P_0$$

Здесь  $\alpha = \lambda \cdot \tau$  — коэффициент использования обслуживающего аппарата ,

$n$  — число аппаратов в системе обслуживания,

$P_0$  — вероятность того, что все аппараты свободны.

Сумма общих издержек

$$Z = M_1 \cdot q_1 + M_2 \cdot q_2 ,$$

где  $M_1$  — средняя длина очереди,

$q_1$  — издержки от простоя требования в единицу времени,

$M_2$  — среднее число свободных аппаратов,

$q_2$  — издержки от простоя обслуживающего аппарата в единицу времени.

Сумма удельных издержек

$$V = \frac{M_1 q_1}{M_2} + \frac{M_2 q_2}{n} ,$$

где  $M_2$  - среднее число требований, находящихся в системе обслуживания.

Так как исследование указанных функций на экстремум аналитическими методами весьма затруднительно, то целесообразно оптимизировать их путем привлечения ЭВМ. Использование ЭВМ дает возможность составить ряд таблиц, по которым легко и удобно находить оптимальные параметры системы массового обслуживания. Привлечение ЭВМ к решению задач массового обслуживания позволяет определить оптимальный вариант функционирования системы во многих случаях, когда достижение цели аналитическими методами связано с большими трудностями.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ

Щупов Л.П., Сологуб Е.И.,  
Ройзен В.Г., Аришнова Н.Я.

Разработан метод математического моделирования и расчета технологических схем обогащения магнетитовых кварцитов и схем измельчения с классификацией других руд при помощи электронной вычислительной машины и составлена программа его реализации на ЭЦМ "Урал-2".

Метод позволяет при заданной технологической характеристике исходного сырья, параметров установленного в схеме оборудования и производительности схемы определить качественно-количественную и водношламовую характеристику всех продуктов схемы.

Метод позволяет моделировать:

1. Изменение топологии, т.е. самого вида схемы;
2. Изменение объемов мельниц и типов установленных основных аппаратов;
3. Изменение шихты поступающей руды и изменение ее технологических свойств;
4. Изменение производительности схемы.

Метод основан на математическом описании технологичес-

ких процессов, участвующих в обогащении. Программа включает операторы для расчета технологических операций /измельчение, классификация, магнитная сепарация, фильтрация и др./, зависимости для расчета замкнутых циклов измельчения и логико-математический анализ для расчета.

Результаты расчета схем на машине и показатели опробований практически совпадают.

В случае необходимости может быть произведен выбор оптимальной схемы.

Программа выбора работает в следующем порядке:

1. Исходя из заданных элементов, машина синтезирует схему. Вначале синтезируются одностадийные схемы, затем двух, трех и т.д.

2. Каждая синтезированная схема проверяется на ограничение.

Если схема содержит противоречие с указанными ограничениям, она сразу отбрасывается и машина переходит к синтезу другой схемы.

3. Далее схема направляется на ориентировочную оценку. Ориентировочная оценка производится на наиболее благоприятный случай. Она учитывает максимальное количество концентрата, которое схема может произвести, и тот минимум затрат, который схема потребует.

Если схема "не набирает пропускной балл", она отбрасывается.

4. Прошедшая схема направляется на так называемый технологический расчет. В результате технологического рас-



чета определяются вероятные показатели обогащения /измельчения/ руды по данной схеме /качество концентрата и его выход, экономические затраты, надежность схемы/.

5. Сверяется полученное качество концентрата с заданным. Если качество отличается от заданного на величину больше допустимой, то корректируется в соответствующую сторону производительность схемы  $Q_0$ , и схема направляется на повторный расчет с новым  $Q_0$ .

Оценкой схемы является сумма капитальных и эксплуатационных затрат за время нормативного срока окупаемости схемы, отнесенных к количеству концентрата, произведенного за это время.

После выбора оптимальной топологии схемы в машину вводится каталог существующего оборудования с указанием технологической и экономической характеристики каждого аппарата. Исходя из заданных типоразмеров оборудования, для каждой операции по определенным алгоритмам производится выбор необходимого числа аппаратов.

Выбор аппаратов производится с учетом минимума капитальных и эксплуатационных затрат, связанных с их установкой.

Для каждой выбранной схемы определяются:

- 1/ Технологические показатели;
- 2/ Себестоимость получаемого продукта;
- 3/ Расход основных производственных материалов;
- 5/ Оптимальное количество и тип оборудования для каждой операции;

6/ Общая экономическая оценка схемы, которая рассчитывается на основе **типовой методики** определения экономической эффективности капитальных вложений.

## ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ О КОНФИГУРАЦИИ СЕТЕЙ МЕТОДОМ УПОРЯДОЧЕНИЯ ПО АДРЕСАМ ВЫСШИХ РАНГОВ

Щербина Ю.В., Банин Д.Б., Колесников С.В.

1. Значительное количество решаемых на ЭЦВМ задач связано с расчетами геодезических, электрических, газовых, водопроводных, вентиляционных и других сетей. В последнее время широко внедряются расчеты сетевых графиков производства работ. Все эти задачи требуют автоматической обработки на ЭЦВМ информации о конфигурации сетей, что представляет определенные трудности для алгоритмизации и программирования.

2. Общий подход к автоматической обработке информации о конфигурации сетей может быть основан на применении адресов высших рангов, теоретическая основа которых разработана Е.Л. Куденко (1).

3. Кафедрой электрических систем и сетей КПИ в 1960-65 гг. накоплен определенный опыт алгоритмизации и программирования расчетов электрических сетей с использованием адресов высших рангов (2,3). В 1965-66 гг. эта же методика была успешно применена для расчетов сетевых графиков.

4. Автоматическая обработка информации о конфигурации сети может выполняться в следующих вариантах:

а) при предварительном упорядочении исходной информации "вручную";

б) с автоматическим упорядочением (сортировкой) ин-

формации на ЭЦМ;

в) без предварительного упорядочения.

5. Во всех вариантах информация обрабатывается с помощью упорядоченных массивов вторых (иногда третьих) адресных отображений исходной информации. Схемы построения этих массивов будут показаны на плакате 1.

6. Предлагаемый метод обеспечивает практическую возможность обработки сетей любой конфигурации, удобен для подготовки исходных данных при массовых расчетах и требует сравнительно небольших затрат машинного времени.

7. Метод разработан применительно к ЭЦМ серии "Урал". Переработка метода для ЭЦМ других серий затруднительна.

#### Литература.

1. Юценко Е.Л., Адресное программирование, Гостехиздат СССР, 1963.

2. Щербина Ю.В., Программирование расчетов электрических сетей на ЭЦМ методом второго адресного отображения, "Энергетика и электротехническая промышленность", № 2, 1965.

3. Щербина Ю.В., Ничипорович Л.В., Основы алгоритмизации расчетов режимов разомкнутых электрических сетей на ЭЦМ серии "Урал", "Известия вузов СССР Энергетика" № 8, 1965.

# Последовательность обработки деталей по операциям

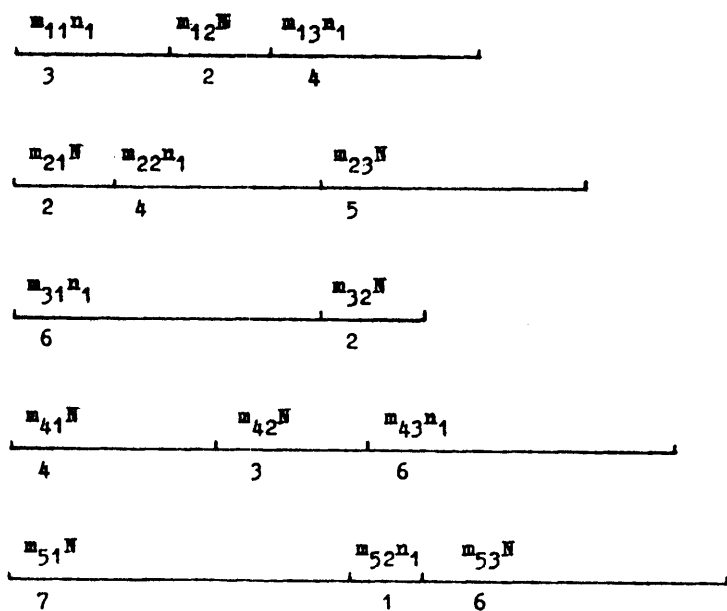


Рис. 1.

№ шара	$n_1$	N	
		$n_2$	$n_3$
I шар	$\frac{m_{11}}{3}$ <del><math>\frac{m_{11}}{6}</math></del>	$\frac{m_{21}}{2}$ <del><math>\frac{m_{41}}{4}</math></del> <del><math>\frac{m_{51}}{7}</math></del>	<del><math>\frac{m_{21}}{2}</math></del> <del><math>\frac{m_{41}}{4}</math></del> <del><math>\frac{m_{51}}{7}</math></del>
II шар	<del><math>\frac{m_{21}}{9}</math></del> $\frac{m_{22}}{7}$	<del><math>\frac{m_{51}}{9}</math></del> $\frac{m_{12}}{5}$ <del><math>\frac{m_{41}}{7}</math></del>	<del><math>\frac{m_{51}}{9}</math></del> <del><math>\frac{m_{42}}{6}</math></del> <del><math>\frac{m_{41}}{7}</math></del>
III шар	<del><math>\frac{m_{21}}{13}</math></del> $\frac{m_{13}}{11}$	<del><math>\frac{m_{51}}{12}</math></del> <del><math>\frac{m_{23}}{12}</math></del> $\frac{m_{42}}{10}$	<del><math>\frac{m_{51}}{14}</math></del> $\frac{m_{23}}{12}$ <del><math>\frac{m_{42}}{10}</math></del>
IV шар	$\frac{m_{31}}{17}$ <del><math>\frac{m_{43}}{17}</math></del>	$\frac{m_{51}}{17}$	<del><math>\frac{m_{51}}{19}</math></del>
V шар	<del><math>\frac{m_{46}}{23}</math></del> $\frac{m_{52}}{18}$	$\frac{m_{32}}{19}$	<del><math>\frac{m_{32}}{19}</math></del>
VI шар	$\frac{m_{43}}{24}$	<del><math>\frac{m_{51}}{25}</math></del>	$\frac{m_{53}}{26}$

Таблица I.

\* Числитель обозначает номер детали-операции. Знаменатель обозначает момент освобождения станка.

## СОДЕРЖАНИЕ

Астахов Ю.И. Программа статистического моделирования .	3
Бескровный Н.Т. О некоторых особенностях венгерского метода . . . . .	4
Божченко Н.С., Маслова Г.С., Солод С.А. Оптимизация кормовых смесей по стоимости и кормовой ценности с применением электронных вычислительных машин . . . . .	5
Вайнгауз М.Г., Панченко В.Г., Тропин В.В. К вопросу о рациональном выборе мерности . . . . .	9
Васильев О.В. Программа минимизации нормы конечного состояния объекта в линейной системе управления . . . . .	II
Вейтсо М.Х., Лоссманн А.К. Вычислительные вопросы при решении на ЭВМ задач линейного программирования методами типа симплексного . . . .	I3
Вихров В.И. Целочисленное линейное программирование . .	I4
Владимиров В.В., Талис Л.Б. Моделирование системы обслуживания и управления распределением сырья для Измайловского консервного комбината . . . . .	I7
Горенбург В.П., Пантелеева Т.Г. Решение задач линейного программирования с введением информации в алгебраической форме . . . . .	I8
Горлов А.А., Гуреев В.И. Алгоритм и программа решения на ЭВМ "Урал-2" календарного графика запуска-выпуска деталей для мелкосерийного и индивидуального производства . . . . .	I9

Григорьева А.Д. Алгоритм решения задачи оптимизации городских электрических сетей методом динамического программирования . . . . .	24
Ильшева Н.П., Альшанова Т.А. Применение некоторых методов оптимизации к решению одной энергетической задачи . . . . .	27
Капралова Р.С., Осенькина Н.А. Проведение технического нормирования основных операций механической обработки деталей на ЭВМ "Урал-2" . .	30
Каширский Ю.В., Гвоздик В.А. Нахождение условного экстремума суммы функций (алгоритм Беллмана) . . . . .	31
Каширский Ю.В., Мантуров О.В. Применение линейного программирования к вопросам оптимального раскроя прямоугольного листа на прямоугольные заготовки . . . . .	32
Клих Д.А., Макаров О.Ф., Плотников В.А. Определение режима скорости поворота крана методом динамического программирования . . . . .	33
Кореяков А.Н., Тесля А.Ф. Опыт использования ЭВМ в системе сетевого планирования . . . . .	34
Коробов Б.В., Пискунова . . . . . Использование принципов сетевого планирования в оперативном планировании и управлении серийным производством . . . . .	39
Коробов Б.В., Пономарева Б.В., Рожкова . . . Система сетевого планирования и управления НМР и ОКР . . . . .	41
Куликова В.П. О решении задач оптимального управления	43
Курман А.В. Программа решения задач линейного программирования с двусторонними ограничениями на переменные для ЭЦВМ "Урал-2" . . . . .	45



Курман А.В., Каганер В.М. Принцип экстремальности и метод расчета на ЭЦМ сложных вентиляционных и гидравлических сетей . . . . .	47
Кутанов А.Т. О решении задачи линейного программирования, сведенной к отысканию безусловного экстремума некоторой вспомогательной функции . . . . .	54
Кутнев Г.М. Использование ЭЦМ "Урал-2" для моделирования эксплуатационной работы железных дорог . . . . .	57
Лившиц В.Н., Позамантир Э.И. Решение нелинейных транспортных задач . . . . .	58
Майорова В.И. Система непрерывного оперативно-производственного планирования и реализация ее на ЭВМ "Урал-2" . . . . .	60
Овсиенко Г.Ф. Обработка экономической информации о работе предприятий с накоплением и хранением данных за определенный период на МЛ . . . . .	61
Персианов В.А., Усков Н.С., Четыркина И.Е. Оценка проектных схем ж.д. станций и узлов методом моделирования на электронных вычислительных машинах . . . . .	63
Петухина Э.А., Баранова Г.И. Программа расчета сетевого графика и расхода ресурсов с выдачей результатов по исполнителям . . . . .	68
Плотникова Л.И., Голубова Л.Г. Применение метода динамического программирования к решению задачи выбора оптимального распределения изделки . . . . .	71
Радченко Н.Е. Программа расчета потребностей, средневзвешенных норм расхода и процента годового снижения норм . . . . .	72

Рожкова Р.Л., Борисенко Н.Г., Точанский Ф.Э. Расчет сетевых графиков больших размеров по фрагментам . . . . .	73
Сологуб Е.И., Щупов Л.П., Щусторович З.Л. Расчет разветвленных схем разделения потоков с обратными связями методами линейной алгебры . . .	75
Стрелков В.В. О решении задачи линейного программирования с получением целочисленного решения методом Гомори . . . . .	77
Струнцова Л.П. О случайной адаптивной минимизации функций $n$ переменных . . . . .	79
Суслов О.П. Экономико-математические модели оптимальной специализации ремонтной базы угольной промышленности . . . . .	80
Тарнопольский Ю.Я., Воронежский А.С. Оптимизация (выравнивание) ресурсов, заданных на сетевой модели . . . . .	82
Тененбаум Э.М. Программа для расчета одноцелевых сетевых графиков . . . . .	84
Тришкан Н. Алгоритм выбора оптимального пути по стоимости при сокращении продолжительности работ	85
Хижняк В.И. Решение на ЭВМ "Урал-4" распределительных задач с матрицами большого объема . . . . .	87
Щульга Ю.Н. Определение оптимального режима работы системы массового обслуживания с ограниченной очередью . . . . .	90
Щупов Л.П., Сологуб Е.И., Ройзен В.Г., Аршинова Н.Я. Математическое моделирование и выбор оптимальных схем обогащения . . . . .	93
Щербина Ю.В., Банин Д.Б., Колесников С.В. Обработка информации о конфигурации сетей методом упорядочения по адресам высших рангов . . . . .	97



