ТАРТУСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ТРУДЫ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

15

ТАРТУ
1968

ТАРТУСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ТРУДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

ВЫПУСК 15

ТАРТУ · 1968

О ПРИМЕНЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ШВЕЙНЫМ ПРОЦЕССОМ

М. Вийтсо, Е. Габович, Ю. Каазик

Управление любым сколько-либо сложным производственным процессом всегда основано на какой-нибудь модели этого процесса. Так, например, традиционное управление производственным процессом без применения сложной вычислительной техники основано на умозрительных представлениях о ходе этого процесса, взаимосвязи его частей и законах его развития, совокупность которых является грубой моделью управляемого процесса. Рассмотрение возможных ситуаций здесь также производится умозрительно, и решения принимаются на основе этого весьма трудоемкого и не обеспечивающего достаточной точности рассмотрения.

Развитие кибернетики и математических методов решения весьма сложных задач, связанных с переработкой большого количества информации, внесло и продолжает вносить существенные изменения в методику управления производством. Эти изменения в огромной мере связаны со все большим внедрением управления при помощи ЭВМ. Их применение позволяет руководителю принимать более обоснованное решение, учитывающее десятки и сотни факторов, от которых зависит управляемый процесс. При этом принятие решений остается прерогативой человека, так как ЭВМ имеет дело не с действительностью, а с ее моделью, которая всегда в большей или меньшей мере отличается от действительности и не успевает реагировать на все изменения последней. Человек же, имея дело и с моделью, и с действительностью, способен вносить в модель изменения и уточнения, соответствующие изменению реального процесса.

Хотя модель любого производственного процесса, независимо от его сложности, может в принципе строиться сразу для всего процесса, возникающие при этом трудности вычислительного характера не позволяют довести дело управления с помощью таких моделей до практической реализации. Поэтому модель сложных процессов, отражающую достаточно полно действительную ситуацию, приходится строить в виде системы подмоделей.

В настоящей работе строится экономико-математическая модель планирования и управления швейным процессом (применительно к Тартуской швейной фабрике "Сангар") как система взаимосвязанных подмоделей. Для этих подмоделей дается математическое описание и методы их решения. Оказывается, что для более простых из них можно применить известные математические методы решения, однако более сложные модели требуют для своего решения составления новых алгоритмов.

§ I. Экономико-математическая модель планирования и управления швейным процессом

При создании экономико-математической модели управления производством для швейной фабрики очевидно следует, по крайней мере на первом этапе, исходить из сложившихся на фабрике традиций, видвигая там, где это окажется возможным, вопрос об оптимальном управлении производственным процессом. Рассмотрим возникающие здесь экономико-математические проблемы.

Швейная фабрика "Сангар", на примере которой будут рассматриваться все задачи, представляет собой специализированное предприятие по пошиву мужских и детских сорочек. На фабрике производится также пошив мужских и детских брюк типа "джинсы", однако это производство сосредоточено в специализированном цехе, ввиду чего вопросы, связанные о пошивом брюк, можно, как правило, выделять в качестве самостоятельных и рассматривать их независимо. Поскольку возникающие здесь задачи совершенно аналогичны рассмотренным ниже, то можно считать, что всякая конкретная задача для фабрики "Сангар" решается дважды.

Производственный процесс на фабрике естественным образом подразделяется на два самостоятельных производственных процесса, тесно связанных между собой. Этими процессами являются:

I. подготовка, которая состоит из приема материала на оклад, контрольного измерения, изготовления шаблонов для кройки и карт раскроя, настила, собственно кройки и индивидуального закроя;

II. швейный процесс, состоящий из пошива и отделки, и производственный процесс на складе готовой продукции, состоящий из упаковки и отправки готовой продукции заказчикам.

Ввиду такой разбивки производственного процесса экономико-математическая модель управления производственным процессом швейного предприятия должна состоять из следующих двух взаимодействующих моделей: экономико-математической модели подготовки и экономико-математической модели управления швейным процессом. Каждая из этих моделей должна, очевидно, сама состоять из целого ряда взаимодействующих подмоделей.

Как показал анализ производства, создание экономико-математической модели швейной фабрики "Сангар" целесообразно начать с создания второй из этих модели, т.е. модели планирования и управления швейным процессом, так как управление этим процессом является в настоящее время одним из узких мест на фабрике и так как, с другой стороны, именно здесь можно ожидать наибольшего экономического эффекта.

Планирование и управление представляют собой две тесно связанные друг с другом составные части экономической деятельности. Планирование вообще является одним из аспектов управления, планирование же на небольшой промежуток времени (скажем, на неделю или пять дней), осуществляемое к тому же в порядке динамического планирования, весьма приближается к оперативному управлению.

Экономико-математическая модель планирования и управления швейным процессом должна, на наш взгляд, состоять из следующих подмоделей:

A. Модель ярмарочной ситуации и составления квартального плана предприятия.

B. Модель разбивки квартального плана предприятия на месячные планы.

C. Модель определения мощности отдельных конвейеров (поточных линий).

D. Модель разбивки месячного плана предприятия на месячные задания поточным линиям с минимизацией рабочего времени.

E. Модель оптимального с точки зрения прибыли производственного задания на время, остающееся после выполнения квартального плана.

F. Модель разбивки месячного задания отделения (поточной линии) на недельные (пятидневные) и однодневные производственные задания.

G. Модель оперативного управления производством.

Математическая модель составления квартального плана (модель A) была построена группой сотрудников лаборатории экономико-математических методов и моделей планирования и управления промышленным производством Эстонского отделения ЦЭМИ АН СССР (научный руководитель Ю. Каазик, ответственные исполнители А.-А. Ягель и А. Лоссманн) и внедрена в управленческую практику на фабрике "Сангар". Эта модель оказалась сведенной к обладающей большой размерностью задаче целочисленного нелинейного программирования с двухсторонними ограничениями.

Поскольку для решения названной задачи не существует точных математических методов, авторы этой модели сочли возможным отбросить ограничения, носящие нелинейный характер, а также требование целочисленности решения. После этого задачу удалось решить путем модификации известного симплексного метода. Уже такой подход позволил фабрике выступать на ярмарке с планом-предложение, который обеспечивал ей на 9% большую прибыль, чем план-предложение, составленный опытно-интуитивным путем специалистами фабрики "Сангар". Это дает возможность представителям фабрики вести на ярмарке целеустремленную политику.

Математическая формулировка модели В приводится в § 2, а специальный алгоритм для ее решения в работе [1]. Математическая формулировка модели С в настоящей работе не рассматривается. Работниками швейной фабрики "Сангар" и ВЦ ТГУ было предпринято выявление мощностей отдельных поточных линий путем статистической обработки эмпирически полученных данных. Работники фабрики были убеждены, что полученные таким путем оценки мощностей будут достаточно хорошо отображать действительное положение вещей на фабрике. В действительности, однако, представленные данные оказывались долгое время весьма неточными, чем в частности тормозилось доведение до конца работы над моделью D и осуществление достоверных прогнозов об экономической эффективности ее внедрения. В дальнейшем названные данные были получены о удовлетворительной достоверностью. Тем не менее, поскольку модель C направлена на получение характеристик, играющих важную роль в последующих моделях, ее точная разработка на последующих этапах должна считаться одной из задач первостепенной важности.

Модель D в большой мере близка к внедрению в практику. Она математически сформулирована, а программа для ЭВМ "Урал-4", приближенно решающая соответствующую математическую задачу неоднократно использовалась для расчетов. Формулировка модели D приведена в § 3. Там же указан метод, используемый для ее решения.

Модель E сформулирована в §4 на языке линейного программирования и может быть решена известными математическими методами. Модель F рассматривается в § 4 при некоторых упрощающих предположениях, которые приводят к математически весьма несложной задаче. Пути усложнения модели F, направленные к более адекватному отражению действительной ситуации, должны явиться предметом дальнейших исследований.

Модель G может быть в первом приближении сведена к многократному использованию модели F с ручным или машинизированным изменением исходных данных. Поскольку, однако, исследование вопросов, связанных с моделью F, еще не доведено до конца, то изучение модели G является в настоящий момент преждевременным.

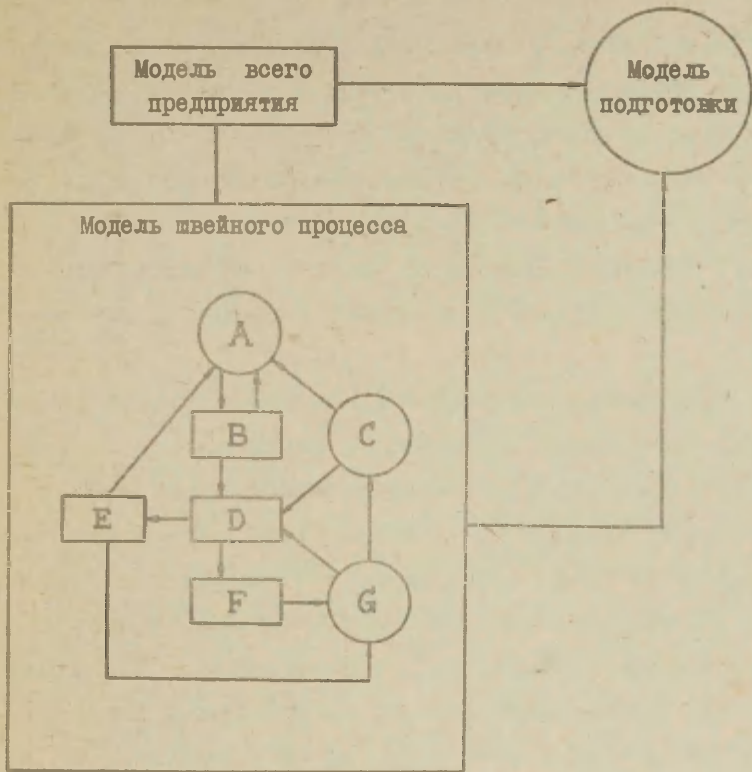
Функциональная схема рассматриваемой экономико-математической модели приведена на стр.11.

Таково в общих чертах состояние исследований по созданию экономико-математической модели составления производственных заданий для швейной фабрики. Отсюда же становятся ясными пути, по которым было бы естественным продолжить исследования в этом направлении.

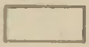
Предложенная здесь разбивка экономико-математической модели планирования и управления швейным процессом на подмодели не является единственно возможной. Вполне вероятно, что на некоторых других предприятиях более разумной окажется предварительная разбивка квартального плана всего предприятия на квартальные планы поточных линий с последующей разбивкой последних на месячные, недельные и однодневные задания (такого рода экспериментальные вычисления проводились и нами при помощи модели D).

Большой экономический эффект могло бы, по всей вероятности, дать включение в рассматриваемую экономико-математическую модель подмодели определения оптимального распределения рабочих между конвейерами (поточными линиями) и определения оптимального конвейера для пошива данного конкретного изделия. Однако соответствующие модели не соответствуют сложившейся практике швейного производства и их внедрение потребовало бы некоторой ломки установившегося производственного процесса. Кроме того, поскольку создание соответствующей модели наталкивается и на определенные трудности математического характера, было решено не ставить в настоящее время задачи создания этой экономико-математической модели.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА МОДЕЛИ ШВЕЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ



Условные обозначения:

 – модели, рассматриваемые в настоящей работе;

 – модели, подробно не рассмотренные в настоящей работе.

§ 2. Математическая модель разбивки квартального плана швейного предприятия на месячные планы

В рассматриваемой ниже модели квартальный производственный план швейного предприятия считается заданным. Предприятие должно полностью выполнить его за три месяца. Предполагается, что квартальный план составлен таким образом,что это условие реализуемо. Вопрос о минимизации срока, в течение которого квартальный план будет выполнен, не рассматривается в рамках настоящей модели; он изучен в последнем параграфе работы.

При реализации квартального плана должны быть соблюдены правила, установленные положением о сроках выполнения заказов, так как их нарушение влечет за собой выплату штрафов пострадавшим заказчикам. Это положение лишь частично учитывалось при традиционном ручном методе составления месячных планов, что приводило к регулярной уплате штрафов фабрикой "Сангар" заказчикам. Такое положение не приводило к серьезным финансовым проблемам лишь потому, что в условиях, существовавших накануне экономической реформы, многие заказчики не считали необходимым затребование причитающихся им штрафов. Однако в новых условиях составление плана, не учитывающего этой стороны дела, может оказаться весьма невыгодным в экономическом отношении.

План на первый месяц должен исходить из находящегося на складе материала, а также из материала, уже отправленного поставщиком предприятию. Планы второго и третьего месяца должны исходить из предположений о поставках материала, основанных на соответствующих договорах и информации, полученной от поставщиков. Так как эти прогнозы могут впоследствии не оправдаться и сорвать выполнение плана, то может оказаться целесообразным проводить все расчеты неоднократно, скажем, с регулярным повторением каждый месяц, постоянно уточняя данные об оставшейся невыполненной части плана, о поставках материалов, о фондах времени и рабочей силы, а также о ходе выполнения поставок заказчикам.

В интересах стабилизации производства и повышения производительности труда было бы желательным составить месячные планы таким образом, чтобы каждая поточная линия производила продукцию по возможности большими партиями. Правда, введение соответствующих условий существенно усложнило бы и без того уже весьма сложную математическую модель. Поэтому было решено рассмотреть математически проще реализуемое требование о том,что партия не должна состоять из меньшего числа предметов, чем 1000 штук (если по плану вообще предусмотрено произвести больше, чем 1000 изделий).

Предполагается, что известен фонд рабочего времени предприятия в каждом из месяцев квартала. При этом учитывается не только календарное число рабочих дней при данном числе рабочих на фабрике, но и вносятся поправки, сделанные на основе статистического исследования текучести кадров по месяцам, частоты заболеваемости и т.д.

Считается также, что расход времени на производство одного изделия не зависит ни от материала, ни от конвейера, на котором оно производится, а лишь от модели. При рассмотрении других математических задач, возникающих в процессе изучения швейного производства (например, модели D) это упрощение условий отбрасывается.

В ходе построения математической модели разбивки квартального плана на месячные планы швейной фабрики используются следующие обозначения.

Индексы:

n - номер месяца ($n = 1,2,3$);

i - номер модели ($i \in I = \{1,2,\ldots,\tau\}$);

j - номер материала ($j \in J = \{1,2,\ldots,S\}$);

k - номер заказчика ($k \in K = \{1,2,\ldots,\varkappa\}$);

(отметим, что на швейной фабрике "Сангар" в настоящее время выполняются следующие соотношения: $\tau \leq 40$, $S \leq 50$, $\varkappa \leq 35$).

Заданные величины (исходные данные):

a_{ijk} - квартальный план в рублях (оптовых ценах), показывающий, на какую сумму фабрика должна поставить за квартал k-тому заказчику i-ю модель, изготовленную из j-го материала;

a_{ij} - цена одного готового изделия i-ой модели из j-го материала;

B_{jn} - ожидаемый запас j-го материала на складе в n-й месяц;

T_n - фонд рабочего времени в n-й месяц (с учетом поправок, названных выше);

t_i – норма затраты времени на производство одного изделия i-ой модели;

b_{ij} – норма затраты материала на пошив одного изделия i-ой модели из j-го материала.

Искомыми величинами являются x_{ijn}, показывающие, сколько изделий i-ой модели из j-го материала нужно произвести в n-ом месяце. Совокупность чисел x_{ijn_0} для всех $i \in I$, $j \in J$, $n_0 = 1,2,3$ (т.е. матрица $X_{n_0} = (x_{ijn_0})$) называется месячным заданием или планом на n_0-й месяц.

Ограничения. Месячные задания x_{ijn} должны удовлетворять следующим условиям.

I. Условие сбалансированности, по которому совокупность месячных планов должна гарантировать выполнение всего объема квартального плана (хотя и может превышать последний, если квартальный план не учитывал всего рабочего времени):

$$\sum_n x_{ijn} \geq \sum_k \frac{a_{ijk}}{a_{ij}} \qquad \text{для любых } i \in I,\ j \in J. \quad (1)$$

II. Каждый из трех месячных планов должен быть рассчитан на полное использование всего рабочего времени, которым располагает фабрика в соответствующем месяце:

$$\sum_{i,j} t_i x_{ijn} = T_n \qquad \text{для } n = 1,2,3. \qquad (2)$$

III. Месячный план должен быть составлен таким образом, чтобы наличных и предполагаемых запасов материалов в соответствующем месяце было достаточно для его реализации:

$$\sum_{i} b_{ij} x_{ijn} \le B_{jn} \qquad \text{для любых } j \in J \text{ и } n = 1,2,3. \qquad (3)$$

IУ. Месячный план не должен включать в себя партии i-ой модели (из всех материалов вместе), состоящей меньше чем из 1000 изделий, если только исходный план не содержит такой маленькой партии - в последнем случае эта партия должна выполняться целиком в одном из месяцев. Таким образом должно быть выполнено следующее условие:

если при каких-то i и n $\sum_{j} x_{ijn} \neq 0$, то должно быть

$$\sum_{j} x_{ijn} \geq \min\left(1000, \sum_{j,k} \frac{a_{ijk}}{a_{ij}}\right). \qquad (4)$$

У. Заказчик к, которому фабрика должна поставить продукции больше, чем на 20 тысяч рублей, но меньше, чем на 30 тысяч рублей, должен получить половину (в стоимостном выражении) своего заказа к концу второго месяца, а заказчик, которому фабрика должна поставить продукции на сумму, превышающую 30 тысяч рублей, должен получить к концу первого месяца одну треть, а к концу второго - две трети своего заказа. Аналогичные требования должны быть выполнены, если названным условиям удовлетворяют суммы, на которые заказчик должён получить некоторую модель или даже некоторую модель из некоторого материала. Таким образом для всех n =

= 1,2,3 должны выполняться следующие условия:

$$\sum_{v=1}^{n} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n-1}{2} \sum_{k \in K'_{ij}} a_{ijk}, \qquad (5_1)$$

при всех $i \in I$, $j \in J$, где K'_{ij} множество тех к, для которых (при данных i и j)

$$20\,000 \leq a_{ijk} < 30\,000;$$

$$\sum_{v=1}^{n} \sum_{j} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n-1}{2} \sum_{k \in K_i} \sum_{j} a_{ijk}, \qquad (5_2)$$

при всех $i \in I$, где K'_i множество тех к, для которых (при данном i)

$$20\,000 \leq \sum_{j} a_{ijk} < 30\,000;$$

$$\sum_{v=1}^{n} \sum_{i,j} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n-1}{2} \sum_{k \in K'} \sum_{i,j} a_{ijk}, \qquad (5_3)$$

где K' множество тех к, для которых

$$20\,000 \leq \sum_{i,j} a_{ijk} < 30\,000;$$

$$\sum_{v=1}^{n} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n}{3} \sum_{k \in K''_{ij}} a_{ijk}, \qquad (5_4)$$

при всех $i \in I$, $j \in J$, где K''_{ij} множество тех к, для которых

5.

(при данных i и j)

$$30\,000 \leq a_{ijk};$$

$$\sum_{v=1}^{n} \sum_{j} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n}{3} \sum_{k \in K_i'} \sum_{j} a_{ijk}, \tag{5_5}$$

при всех $i \in I$, где K_i' множество тех к, для которых (при данном i)

$$30\,000 \leq \sum_{j} a_{ijk};$$

$$\sum_{v=1}^{n} \sum_{i,j} a_{ij} x_{ijv} \geq \frac{n}{3} \sum_{k \in K''} \sum_{i,j} a_{ijk}, \tag{5_6}$$

где K'' множество тех к, для которых

$$30\,000 \leq \sum_{i,j} a_{ijk}.$$

Описанная модель приводит к следующей математической задаче: найти неотрицательные величины x_{ijn} так, чтобы были выполнены ограничения I - У. Так как эта задача, ввиду нелинейности ограничений групп IУ и У, не подлежит решению известными методами, то следует либо видоизменить задачу, так чтобы ее можно было разрешить при помощи каких-либо известных методов, либо найти какой-то специальный алгоритм, применимый к сформулированной задаче. Один возможный алгоритм решения задачи по разбивке квартального плана излагается в работе [I]. Соответствующая программа для ЭВМ "Урал-4" была составлена Х. Каськ.

С целью проверки алгоритма был проведен следующий эксперимент на ЭВМ "Урал-4". В качестве примера был выбран план первого квартала 1966 г. по пошиву сорочек, согласно которому $\varkappa = 34$ и количество изделий равно 50. Для решения этой задачи потребовалось 8 минут. В полученных трех месячных планах величина партии была меньше 2000 в первом месяце для двух партий, во втором месяце для четырех партий и в третьем месяце для одной партии, причем часть из этих маленьких партий совпадали с квартальным заданием, а большинство других могло быть увеличено за счет объединения в одну двух партий одинаковых изделий из соседних месяцев.

Следовательно, этот алгоритм обеспечивает сравнительно быстрое решение задачи и позволяет почти полностью исключить из месячного плана маленькие партии. Правда, как показывают результаты этого эксперимента, общее число партий в месячных планах колеблется в довольно широком диапазоне (в примере, соответственно, 11, 12, 17): этот недостаток модели B и соответствующего алгоритма вызван тем, что специалисты со швейной фабрики "Сангар" сформулировали требование по возможности равного распределения числа партий по месячным планам лишь после ознакомления с результатами эксперимента.

§ 3. Модель разбивки плана швейного предприятия на планы отделений

После составления при помощи ЭВМ (или вручную,как это делается сейчас), исходя из квартального плана, месячных планов фабрики в целом, возникает задача распределения найденных месячных заданий между отделениями фабрики (на фабрике "Сангар" число отделений, участвующих в пошиве изделий одного вида (например, сорочек), не превосходит шести).По принятой в § I классификации соответствующая этой проблеме модель обозначалась как модель D. Аналогичные задачи могут возникнуть и при распределении декадного, недельного, пяти- или однодневного задания между отделениями фабрики, а также на предприятиях, которые практикуют предварительное разбивку квартального плана на квартальные задания отделениями (цехами, филиалами) с последующей разбивкой этих последних на месячные задания, что может оказаться более предпочтительным в условиях большой самостоятельности и экономической независимости отделений.

Рассмотрим предприятие, состоящее из n отделений (линий, цехов), в которых необходимо производить определенные совокупности m различных изделий. Введем следующие обозначения:

a_i – задание производству i-ого изделия (в штуках) в текущем месяце ($i = 1,2,\ldots,m$);

t_l – фонд времени l-го отделения в рассматриваемый месяц ($l = 1,2,\ldots,n$);

c_{il} – время, затраченное в среднем на изготовление одного i-го изделия в отделении l;

x_{il} – количество i-ых изделий, которое нужно изготовить в l-ом отделении в рассматриваемом месяце;

K – константа (для фабрики "Сангар" $K = 500$).

Предполагая a_i, t_l и c_{il} известными, можно сформулировать следующую задачу нелинейного программирования: найти месячные задания x_{il} для отделений так, чтобы выполнялись условия:

1) ни в одном отделении месячное задание не должно содержать партий, состоящих из менее, чем К изделий:

$$\text{если } x_{il} \neq 0, \text{ то } x_{il} \geq K \text{ для любых } i, l; \tag{6}$$

2) совокупный месячный план предприятия должен быть выполнен:

$$\sum_{l} x_{il} = a_i \quad \text{для любого } i; \tag{7}$$

3) для выполнения месячного задания отделению не должно требоваться больше времени, чем это предусмотрено его фондом времени:

$$\sum_{i} c_{il} x_{il} \leq t_l \quad \text{для любого } l \ ; \tag{8}$$

при минимизации времени, затрачиваемого предприятием на реализацию месячного плана:

$$\sum_{i,l} c_{il} x_{il} \to \min . \tag{9}$$

М. Вийтсо был предложен метод решения этой задачи при упрощающем отбрасывании ограничений (6). Предполагается, что после решения полученной распределительной задачи, результаты будут вручную откорректированы. В дальнейшем сотрудники ВЦ ТГУ предполагают разработать алгоритм, опирающийся на результаты опытных решений упрощенной задачи, который принимал бы во внимания условие (6).

Для решения задачи минимизации функции (9) при ограничениях (7) и (8) был приспособлен метод, разработанный американским математиком У. Фогелем для приближенного решения транспортной задачи (см. [2]). Необходимо отметить, что полученный таким образом алгоритм применим для решения только распределительных задач рассмотренного нами специального вида. К тому же он не гарантирует получения оптимального решения, но дает некоторое сравнительно хорошее допустимое решение распределительной задачи.

Для проверки разработанной методики было решено провести разбивку месячного плана фабрики на отделенческие задания задним числом для одного из прошедших месяцев. Сперва в качестве пробного примера был выбран план по пошиву сорочек в сентябре 1966 года. Все необходимые данные, были предоставлены со стороны фабрики "Сангар". Если бы эти исходные данные верно отражали действительное положение дел на фабрике, то вопрос о существовании у задачи решения должен был бы отпасть, так как месячный план был в этом месяце фабрикой выполнен. Однако при решении задачи на ЭВМ "Урал-4" оказалось, что задача при предоставленных фабрикой значениях a_i, t_l и c_{il} не имеет решения. При проверке выяснилось, что для выполнения плана при таких значениях a_i, t_l и c_{il} фонд времени на фабрике должен был бы быть на 9 - 10% больше, чем его фактическое значение. Этот результат позволил вполне обоснованно утверждать некорректность представленных данных.

Нахождение соответствующих действительности, а потому приводящих к решению задачи величин a_i и t_l не является сложной проблемой. Значительно сложнее обстоит дело с нахождением соответствующих действительности значений величин c_{il}, которые показывают время, затраченное в среднем одним человеком на изготовление одного i-го изделия в отделении l. Специалистами со швейной фабрики "Сангар" эти значения были найдены на основе времени, затраченного в процессе действительного производства изделия i в отделении l в качестве отнесенных к одному человеку статистически средних значений за три месяца. Опыт,полученный при попытке решить пробный пример, показывает, что такая методика определения величин c_{il} не является достаточно точной.

В виду вызванной некорректностью исходных данных первоначальной неудачи с проведением пробных рассчетов была (совместно со специалистами фабрики "Сангар") разработана новая методика определения величин c_{il}, которая привела к получению значительно более близких к реальным значений этих величин. На основе этих значений величин c_{il} были проведены новые пробные расчеты по проверке эффективности модели D. Эти пробные расчеты проводились для разбивки на задания отделениям месячных и квартальных планов по пошиву мужских сорочек - основного вида продукции фабрики "Сангар", пошив которых производится почти во всех отделениях фабрики. Расчет показал, что решение модели D на ЭВМ может с успехом заменить ручную работу по разбивки месячных и квартальных планов фабрики на задания отделениям на соответствующий период. Как и в случае ручной разбивки квартальных планов, было сочтено полезным при машинном решении модели D исходить из того, что пошив некоторых изделий в некоторых отделениях крайне нежелателен, так как может привести к существенным побочным непроизводительным расходам. Например, в отделении, где шьются фланелевые сорочки, нерационально шить сорочки из поплина, который необычайно легко пачкается, так как при переходе на их производство пришлось бы провести очень тщательную чистку всех машин. Другой пример аналогичного рода: при переходе от материалов одной толщины к материалам другой толщины необходимо заново отрегулировать все машины. Можно привести еще целый ряд примеров такого рода.

Названное обстоятельство может быть учтено при разбивке плана, если соответствующим величинам c_{il} придать достаточно большие значения по сравнению с их средними значениями. Однако при включении в задачу ограничений такого рода нужно соблюдать известную осторожность и вводить их лишь в самых очевидных случаях, так как иначе будет существенно ограничена возможность выбора наилучшего варианта. Если же некоторые c_{il} будут искусственно завышены сверх меры, то задача может оказаться неразрешимой даже для уже реализуемых фабрикой планов.

Для иллюстрации возможностей модели D проведены следующие два эксперимента. В первом из них была произведена разбивка сентябрьского месячного плана за 1967 год по пошиву мужских сорочек на планы для отделений. В ходе второго квартальный план на третий квартал 1967 года для шести отделений по пошиву мужских сорочек был разбит на квартальные задания отделениям.

При рассмотрении результатов этих двух экспериментов выяснилось, что остаток рабочего времени при разбивке месячного плана несравненно меньше, чем в случае квартального плана. Этого, впрочем, можно ожидать и в общем случае, так как возможность выбора из различных комбинаций в случае квартального плана значительно больше. Отметим однако, что такие рассчеты с квартальным планом проводятся пока в чисто опытном порядке, так как такая разбивка не соответствует сложившейся на фабрике планово-производственной практике, а в настоящее время не производится вообще.

§ 4. Модели краткосрочного планирования

Применение ЭВМ для разбивки квартального плана швейного предприятия сперва на месячные планы предприятия, а затем на месячные задания отделений открывает путь к увеличению внеплановой прибыли предприятия. Именно, определив с достаточной степенью точности мощности отдельных линий по производству i-го изделия в отделении l (модель C), предприятие сможет за счет наиболее рационального использования своих

7.

мощностей выполнить все месячные планы, а вместе с тем и квартальный план, быстрее, чем это было предусмотрено (модель D).

Ясно, что сэкономленное время предприятие будет стремиться использовать так, чтобы получить максимальную прибыль (при выполнении квартального плана предприятие думает не столько о прибыли, сколько о выполнении обязательств перед заказчиками, даже если это влечет за собой лишь издержки, как это бывает при производстве детских изделий). Однако оно ограничено спросом и наличным материалом. В результате возникает следующая задача, представляющая собой математическую формулировку модели E.

Даны:

T_{ln} - время, сэкономленное в месяце n в отделении l;

f_{ij} - дополнительный спрос (в штуках) на i-е изделие из j-го материала;

g_{ij} - прибыль, полученная от одного i-го изделия, сшитого из j-го материала;

b_{ij} - норма расхода материала j при пошиве изделия i;

B_j - наличие материала j;

c_{il} - время, затраченное в отделении l при производстве изделия i, отнесенное к одному человеку.

Найти производственное задание $\{y_{ijl}\}$ (в штуках) на время $\sum_{l,n} T_{ln}$ так, чтобы выполнялись ограничения:

I) производственное задание вписывается в спрос:

$$\sum_{l} y_{ijl} \leq f_{ij} \quad \text{для любых } i,j; \qquad (10)$$

2) выполнение задания гарантировано запасами материала:

$$\sum_{i,l} b_{ij} y_{ijl} \leq B_j \qquad \text{для любого } j; \qquad (11)$$

3) выполнение задания гарантировано запасами рабочего времени:

$$\sum_{i,j} c_{il} y_{ijl} \leq T_l = \sum_{n} T_{ln} \quad \text{для любого } l; \qquad (12)$$

а величина прибыли была бы наибольшей:

$$\sum_{i,j,l} g_{ij} y_{ijl} \rightarrow \max. \qquad (13)$$

(Здесь предполагается, что величины f_{ij} и B_j достаточно велики для того, чтобы загрузить каждое из отделений на время T_l).

Таким образом модель E сводится к решаемой известными методами задаче линейного программирования: найти неотрицательные величины y_{ijl}, удовлетворяющие условиям (10) - (12) и максимизирующие значение функции (13).

При составлении модели F нужно, вообще-то говоря, требовать выполнения ограничений, смысл которых должен состоять в обеспечении преемственности и непрерывности в работе отделения при переходе от одной недели (пятидневки) к другой. Однако на первом этапе внедрения экономико-математических методов в управленческую практику швейной фабрики можно, по-видимому, отказаться от введения ограничений такого характера.

В этом случае задача, решаемая в рамках модели F будет представлять собой распределительную задачу описываемого ниже вида. В отличие от сформулированной в предыдущем параграфе математической задачи, здесь $c_{il_1} = c_{il_2}$ для любых $l_1, l_2 = 1,2,\ldots,s$, где s – число периодов (недель, пятидневок), на которые разбит данный месяц. Точнее говоря, пусть:

a_{ij} – задание по производству i-го изделия из j-го материала (в штуках) в текущем месяце для всего отделения;

t_m – фонд рабочего времени в рассматриваемом отделении в m-ом периоде (неделе, пятидневке);

B_{jm} – наличие материала j в периоде m ($m = 1,2,\ldots,s$) или соответствующий прогноз;

c_i – время в часах, затрачиваемое в рассматриваемом отделении в среднем одним человеком на изготовление одного i-го изделия;

x_{ijm} – количество i-ых изделий из j-ого материала, которое нужно произвести в рассматриваемом отделении в период m.

Тогда модель F будет иметь вид: найти задание x_{ijm} по производству i-ого изделия из материала j в периоде m так, чтобы выполнялись следующие условия:

1) должно быть выполнено месячное задание отделения:

$$\sum_m x_{ijm} = a_{ij} \text{ для любых } i \text{ и } j; \qquad (14)$$

2) задание должно быть выполнено за время, предусмотренное фондом рабочего времени в каждый из периодов:

$$\sum_{i,j} c_i x_{ijm} \leq t_m \qquad \text{для любого } m; \qquad (15)$$

3) задания на первые периоды должны обеспечиваться материалом, находящимся на складе, а на последующие - соответствовать прогнозам относительно поступления материала:

$$\sum_{i} b_j x_{ijm} \leq B_{jm} \qquad \text{для любых } j \text{ и } m. \qquad (16)$$

Поскольку прогнозы относительно поступления материала могут не оправдываться, соответствующую модели F задачу нужно решать в течение месяца несколько раз - по истечении каждой совокупности периодов, для которой было достаточно материала, имевшегося в наличии на складе.

Сама названная задача: найти неотрицательные величины x_{ijm} так, чтобы были выполнены условия (I4) - (I6), является задачей определения допустимого решения для задачи распределительного типа и может быть решена одним из известных методов.

8.

Литература

1. Е. Габович. Алгоритм составления месячных планов для швейного предприятия. Наст. сборник, стр. 31-61.

2. Н. Рейнфельд, У. Фогель. Математическое программирование. Москва, 1960.

АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ МЕСЯЧНЫХ ПЛАНОВ ДЛЯ ШВЕЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. Габович

В настоящей работе построен алгоритм для разбивки квартального плана швейного предприятия на месячные планы для этого предприятия. Автор выражает свою искреннюю признательность Ю. Я. Каазику, М. Х. Вийтсо, Х. К. Каськ за полезные советы по уточнению и улучшению этого алгоритма. Названный алгоритм строился для применения в первую очередь на Тартуской швейной фабрике "Сангар". Надо полагать, что после соответствующих уточнений (а, возможно, и без них) построенный алгоритм может быть использован и на других швейных предприятиях.

§ I. Обсуждение способов решения задачи

Описанная в [I] модель разбивки квартального плана на месячные планы приводит к следующей математической задаче:

найти неотрицательные величины $x_{ij\text{и}}$ так, чтобы были выполнены ограничения I - У из § 2 [I].

Эта задача, ввиду нелинейности ограничений групп IУ и У, не может быть в приведенной формулировке решена известными математическими методами. Поэтому представляются возможными два пути для практического решения нашей задачи, из которых первый состоит в видоизменении описания модели, приводящем к новой модели, близкой по содержанию к рассмотренной, но не содержащей нелинейных ограничений, а второй предполагает нахождение специального алгоритма, применимого к описанной задаче. В настоящей работе избран комбинированный вариант решения.

Отметим прежде всего, что трудности, возникающие из-за нелинейности условий (5_{I}) - (5_{6}), можно сравнительно просто обойти. Именно, как показывает анализ двух квартальных планов швейной фабрики "Сангар" за 1966 год, число невырожденных условий в группах (5_{I}) - (5_{6}) сравнительно невелико. Так, в первом квартале 1966 года пришлось учитывать следующее число ограничений групп (5_{I}) - (5_{6}):

Группа ограничений	5_{I}	5_{2}	5_{3}	5_{4}	5_{5}	5_{6}
Число ограничений в группе	6	4	2	I	4	9

т.е. всего 26 ограничений. Во втором квартале их число было еще скромнее:

Группа ограничений	5_I	5_2	5_3	5_4	5_5	5_6
Число ограничений в группе	5	6	3	I	0	9

т.е. всего 24 ограничения. В последующих кварталах 1966 и 1967 годов число ограничений существенно не изменилось. Поэтому вполне возможно непосредственно выписать вручную или при помощи ЭВМ все те ограничения группы $(5_I) - (5_6)$, которые должны в данном квартале выполняться (для конкретных значений соответствующих индексов), и ввести только эти ограничения в память машины. При этом у ЭВМ отпадет необходимость проверять в ходе дальнейшего решения задачи, выполнены ли посылки условий $(5_I) - (5_6)$. Она будет лишь проверять, выполнены ли утверждения выписанных ограничений. Таким образом эти ограничения превратятся в линейные. Совокупность этих линейных ограничений будем обозначать номером (5). Отметим, что такая линеаризация условий (5) предполагается и в приводимом ниже алгоритме разбивки квартального плана на месячные.

Более сложным является вопрос об ограничениях группы (4). Хотя без проведения опытной проверки на ЭВМ с использованием полученных на фабрике "Сангар" данных трудно утверждать что-либо конкретное, однако существует вполне обоснованное опасение, что просто отбросив ограничения (4) и решив задачу математического планирования распределительного типа с линейными ограничениями (I) - (3) и (5), мы получим план, содерщий в большом количестве слишком малые партии. Исправление этого плана вручную может оказаться достаточно трудной работой для того, чтобы в результате применение ЭВМ в данном направлении оказалось экономически невыгодным.

Поэтому в принципе можно поступить следующим образом. Исключим (4) из числа ограничений, но зато введем целевую функцию, компенсирующую это упрощение. Именно, будем искать план, при котором минимальная за все три месяца партия будет содержать возможно большее количество изделий. Для формализации такого подхода введем функцию

$$f(x) = \min\{x' \mid x' \in \{x_{ijn}\}, x' \neq 0\}. \qquad (6)$$

После этого задача разбивки квартального плана швейного предприятия окажется сведенной к следующей задаче математического планирования с линейными ограничениями и с нелинейной целевой функцией: найти неотрицательные величины x_{ijn}, так чтобы были выполнены ограничения (I) - (3) и (5), обращающие в максимум функцию (6).

Такая постановка задачи вполне удовлетворительна в случае, когда ни один из заказчиков не заказал очень малой партии изделий. Если же такие небольшие партии были включены в квартальный план, то ЭВМ, решая только что поставленную задачу, будет вынуждена остановиться, достигнув значения $f(x)$, совпадающего с одной из определенных квартальным планом небольших партий.

Для избежения этого осложнения можно было бы некоторые из малых партий, предварительно распределив их по различным месяцам для выполнения, исключить из квартального плана, внеся затем соответствующие изменения и в фонд рабочего времени, материала и в другие используемые данные и ограничения. Решив после этого сформулированную выше математическую задачу, мы и получим искомую разбивку квартального плана на месячные планы. Такой подход, однако, связан с дополнительными неудобствами.

Нам не известно, чтобы в литературе указывался подходящий математический метод для решения сформулированной задачи или для решения ее только что сформулированного варианта. Это послужило одной из причин, побудивших нас пойти по пути построения специального алгоритма, приспособленного именно для решения рассматриваемой задачи. Описание этого алгоритма дается ниже. Алгоритм не гарантирует выполнения условия IУ см. [I], § 2 (ведь оно может быть невыполнимым), он не ставит себе целью максимизацию функции (6) (недостаток такого подхода подчеркивался ниже), но зато он стремится к тому, чтобы всякая малая партия, возникшая в ходе решения задачи, была, если это возможно, увеличена до определенной величины и чтобы в план был включен ряд достаточно больших партий.

§ 2. Описание алгоритма

При построении алгоритма для разбивки квартального плана на месячные мы исходим из того, что ограничения (5) должны быть выполнены в первую очередь, при этом достаточно экономным образом. Лишь после их удовлетворения основным становится требование о возможно меньшем числе небольших партий. За тем, чтобы не были нарушены условия (2) и (3) из [I] § 2, алгоритм следит на всех этапах своей работы, а удовлетворение условия сбалансированности достигается тем, что алгоритм составляет план первых двух месяцев квартала, а за план третьего месяца принимается разность квартального плана и суммы двух первых месячных планов.

В связи с вышесказанным основная часть алгоритма распадается на два подалгоритма. Первый из них (соответствующая ему укрупненная блок-схема приведена ниже под названием "Первый большой блок") направлен на удовлетворение ограничений (5), а второй (ему соответствует "Второй большой блок") - на распределение по месяцам оставшейся нераспределенной первым подалгоритмом доли квартального плана.

Чтобы, однако, при этом первая часть алгоритма не создала слишком большого количества крошечных партий, которые пришлось бы по мере возможности укрупнить в ходе реализации второй части алгоритма, был применен принцип нескольких нумераций материалов и моделей. Именно, во время применения первой части алгоритма артикулы материала и модели нумеруются так, чтобы большему их запасу в рассматриваемом месяце соответствовал меньший номер. Во время применения второй части алгоритма мы исходим из прежней нумерации материалов и новой, но построенной на тех же принципах нумерации моделей, однако алгоритм работает с нумерациями в обратном порядке. Хотя стремление к экономии машинного времени, необходимого для реализации алгоритма, заставило нас отказаться от частых перенумераций,, однако и то ограниченное их применение, которое положено в основу работы алгоритма, существенно уменьшило вероятность частого появления маленьких партий в ходе применения первой части алгоритма, а также увеличило вероятность того, что во второй его части такие партии будут укрупнены.

Первоначальное упорядочение моделей и артикулов материалов в соответствии с вышеизложенным принципом, а также составление ограничений вида (5), ввод исходных данных и присвоение используемым в алгоритме параметрам начальных значений производятся во вспомогательной части алгоритма, которой на блок-схеме алгоритма соответствует т.н. "нулевой блок". После окончания работы нулевого блока в действие вступает первый блок, входящий в первый большой блок.

Первый большой блок алгоритма состоит из пяти отдельных блоков (см. стр. 39). Дадим краткую характеристику каждому из них.

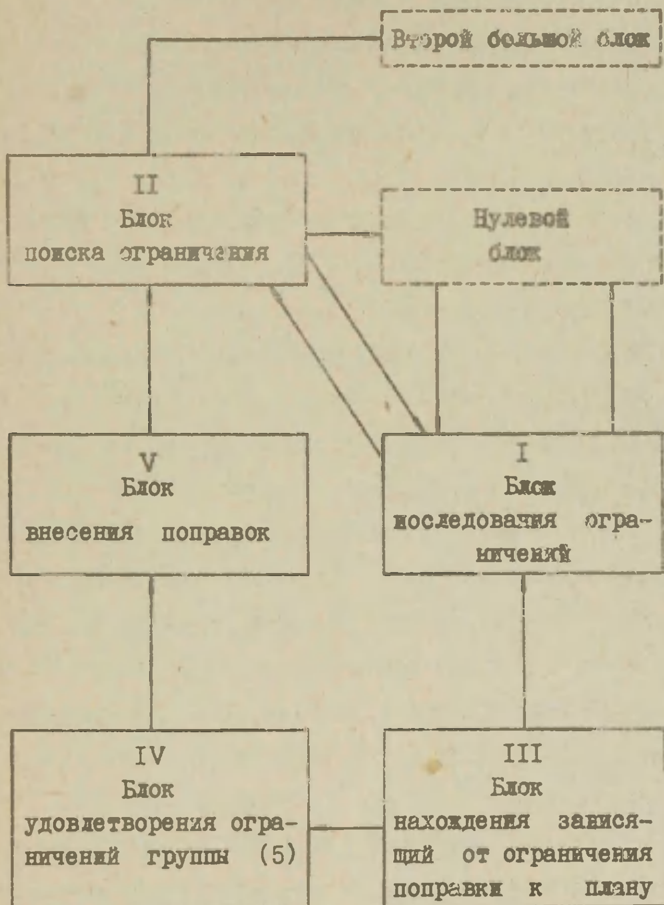
Блок I (блок исследования ограничения) проверяет, удовлетворено ли уже рассматриваемое ограничение вида (5), и если это так, то передает управление блоку II (для поиска нового ограничения). В противном случае он ищет изделие (т.е. пару, состоящую из модели и материала), за счет которой может происходить удовлетворение рассматриваемого ограничения. Как только такое изделие найдено, начинает работать блок III. Если для ограничения второго месяца не хватило материалов для его удовлетворения, то включается нулевой блок с целью изменения некоторых параметров, после чего алгоритм предпринимает попытку удовлетворить это ограничение за счет запасов материала первого месяца.

Блок II (блок поиска нового ограничения) ищет очередное, еще не удовлетворенное ограничение вида (5). Найдя таковое, он направляет его для испытания в блок I. (Иногда, в тех случаях, когда значения некоторых параметров должны быть изменены, это осуществляется не непосредственно, а через нулевой блок). Если же такого ограничения найти не удается, т.е. если все ограничения вида (5) уже удовлетворены, то он включает в работу второй большой блок, точнее, входящий в него блок УI.

Блок III (блок нахождения зависящей от ограничения поправки к плану) сравнивает величину заказа на данное изделие, произведенного тем из заказчиков, который явился причиной возникновения рассматриваемого ограничения, с неиспользованной частью фонда рабочего времени, с запасом материала, из которого изготавливается настоящее изделие, в рассматриваемом месяце, а также со свободным членом ограничения, и выбирает из этих величин наименьшую (отметим, что эти величины сравниваются в стоимостном выражении). Полученная величина выбирается в качестве поправки к плану, которая используется в блоке IУ для удовлетворения рассматриваемого ограничения.

Блок IУ (блок удовлетворения ограничений вида (5)) находит все еще не удовлетворенные ограничения, которые возникли "по вине" того же заказчика, что и рассматриваемое

ПЕРВЫЙ БОЛЬШОЙ БЛОК



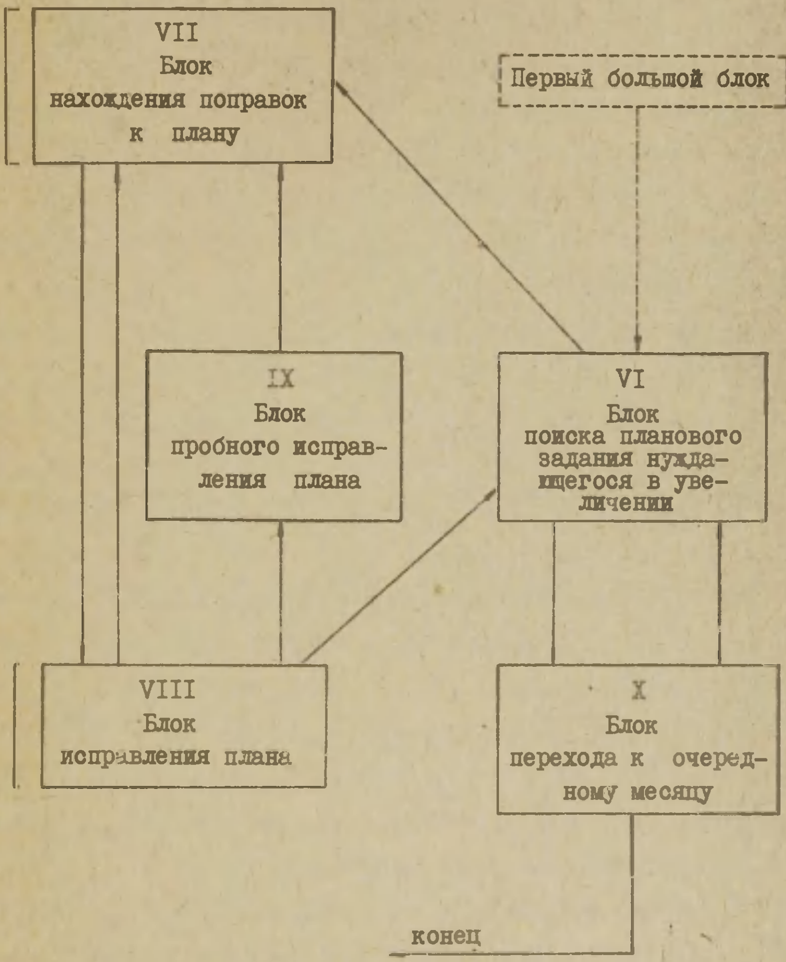
ограничение, и уменьшает свободный член каждого из них на величину поправки, найденной предыдущим блоком. После этого начинает работать блок У.

Блок У (блок внесения поправок) исправляет план, рассматриваемое ограничение и размер запаса материала и времени на величины, пропорциональные поправке, найденной блоком III. Затем вновь начинает работать блок II или блок I, в зависимости от того, удовлетворено ли уже рассматриваемое ограничение или нет.

Второй большой блок алгоритма (см. стр. 41) также состоит из пяти блоков (блоки УI - X), которые кратко характеризуются следующим образом.

Блок УI (блок поиска планового задания, нуждающегося в увеличении), восстановив прежнюю упорядоченность материалов, заново упорядочив модели и придав параметрам начальные нулевые значения, проверяет, начиная с тех моделей, которых меньше всего осталось произвести, не выполнен ли уже заказ на изделия из рассматриваемого материала полностью. Если это так, то блок переходит к следующей модели, а если нет, то в случае, когда параметр $P \neq 0$ приступает к увеличению рассматриваемой партии, т.е. передает управление блоку УII. Если же $p = 0$, т.е. происходит первый цикл поиска планового задания, нуждающегося в увеличении, то проверяется, не отсутствует ли вообще данное изделие в уже составленной части плана на рассматриваемый месяц. Если это так, то блок переходит к следующей модели, а если оно уже включено в некотором количестве в план, то в зави-

ВТОРОЙ БОЛЬШОЙ БЛОК



симости от значения P' блок будет или сразу увеличивать эту партию, или же отложит это до тех пор, пока все малые партии будут, если это возможно, увеличены ($p = 0$ означает, что увеличению подлежат лишь малые партии, а $p=1$ показывает, что любая рассматриваемая партия подлежит увеличению). Номера моделей, план по производству которых увеличивается в ходе первого цикла (при $p = 0$), включаются блоком в множество T', с тем, чтобы во втором цикле не рассматривать этих моделей снова. Рассмотрев все модели или исчерпав фонд рабочего времени, блок передает управление блоку X.

Блок УII (блок нахождения поправок к плану) находит максимальную допустимую поправку к графе плана, относящейся к рассматриваемому изделию, т.е. находит минимум величин, показывающих, сколько осталось произвести этого изделия в квартале и сколько позволяют его произвести еще неизрасходованные фонды материала и времени. В случае, если параметр q имеет значение 1, то определенная таким образом величина принимается в качестве пробной поправки плана (при $q=0$ происходит исправление плана, а при $q=1$ его пробное исправление) и блоку УIII поручается проверить, будет ли такая поправка приемлемой без дальнейшего ее улучшения. Если же $q = 0$, то в работу включается опятьтаки блок УIII, но уже для того, чтобы немедленно приступить к исправлению плана и всех связанных с ним данных. Если все материалы, из которых можно производить данную модель, уже рассмотрены, но фонд времени еще не исчерпан, то работать вновь начинает блок УI. Если же рабочее время в данном месяце полностью израсходовано, то вступает в действие блок X, осуществляющий переход к плану следующего месяца.

Блок УIII (блок исправления плана) проверяет, не останется ли в данном месяце несделанной, после включения в план найденной блоком УII величины, партия малого размера. Если это не так, то он вносит исправления в план, исправляет все связанные с планом величины в соответствующем размере и возвращается вновь к блоку УII для нахождения новой поправки. Когда названная опасность существует, но включенная в план партия уже достаточно велика, то ее дальнейшее исправление приостанавливается и начинает работать блок УI. Если же такая опасность реализуется, то исправление плана заменяется его пробным исправлением и в работу вступает блок IX. Если с его помощью удается включить в план всю оставшуюся невыполненной малую партию, то блок УIII превращает пробное исправление плана в окончательное, в противном случае партия остается неисправленной.

Блок IX (блок пробного исправления) производит пробные исправления плана и соответствующее изменение всех связанных с ним показателей и передает управление блоку УIII.

Блок X (блок перехода к очередному месяцу) вступает в первый раз в работу тогда, когда исчерпан фонд времени первого месяца. Отпечатав план первого месяца и присвоив основным величинам новые исходные значения, он включает снова в работу блок УI. Если же управление перешло к блоку X после завершения составления плана второго месяца, то, отпечатав всю информацию об этом плане, рассматриваемый блок вычислит и ту часть квартального плана, которая не оказалась включенной ни в один из двух месячных планов, и напечатает ее в качестве плана на последний месяц квартала. Поэтому появление искомого результата - разбивки квартального плана на месячные - само по себе не гарантирует реальной выполнимости этого плана (план на третий месяц может не быть обеспечен материалом и рабочей силой), так что составители квартального плана должны позаботиться о его реализуемости заранее.

§ 3. Блок-схема алгоритма составления месячных планов

Для удобства пользования алгоритмом составления месячных планов, описанным в предыдущем параграфе, и для облегчения ознакомления с ним в настоящем параграфе приводятся подробные блок-схемы одиннадцати основных блоков этого алгоритма. Ввиду громоздкости блок-схемы всего алгоритма блок-схема каждого блока приведена на отдельном листе, что, конечно, понижает наглядность всей блок-схемы. Чтобы при этом не возникло сомнений в способе применения алгоритма при переходе от одного блока к другому, все стрелки, пересекающие границы блоков, занумерованы: каждая такая стрелка снабжается собственным номером, вслед за которым в скобках указывается, в какой блок она направляется или из какого блока она исходит. Так, например, стрелка IO, исходящая из блока IУ и входящая в блок У, обозначается в первом из них в виде

$$\underline{\qquad\qquad 2(У)\ \ } \,,$$

чем подчеркивается, что она направляется в блок У, а во втором имеет вид

$$\underline{\qquad\qquad 2(\text{IУ})}\ ,$$

чем подчеркивается, что она исходит из блока IУ.

Отметим, что в некоторых блоках оператор присваивания комбинируется с квантором всеобщности. Так, например,

$$\forall_i : B_{i2} := B_{i1} + B_{i2}$$

значит, что значения $B_{i1} + B_{i2}$ нужно присвоить величинам B_{i2} для всех возможных i.

Для работы с блок-схемой алгоритма необходимо ознакомиться с приводимым ниже алфавитным списком обозначений, употребляемых в ней.

Список обозначений, применяемых в блок-схеме алгоритма составления месячных планов

$a_t = \sum\limits_{j,k} \frac{a_{tjk}}{\bar{a}_{tj}}$ – квартальное задание в штуках по изготовлению модели t.

a_{ij} – квартальное задание в рублях по изготовлению модели i из материала j (т.е. изделия (i,j)); в дальнейшем – его часть, оставшаяся пока что не включенной в месячные планы.

a_{tj} – то же, что и a_{ij}, но при фиксированном $i = t$.

a'_{tj} – часть квартального задания a_{tj}, остающаяся не включенной в месячные планы после пробного увеличения плана.

$a_{ts}=\sum_{k} a_{tsk}$ – то же, что и a_{ij}, но при фиксированных $i = t$ и $j = s$.

a'_{ts} – то же, что и a'_{tj}, но при фиксированном $j = s$.

a_{tsk} – сумма, на которую фабрика должна поставить заказчику k модель t, изготовленную из материала s (т.е. изделие (t,s)).

a_{tsn} – искомые месячные планы на месяц n по производству изделия (t,s) в рублях.

$\bar{a}_{ts}$ – цена одного изделия модели t из материала s.

b_{ij} – норма расхода материала на одно изделие (i,j).

b_{st} – то же, что и b_{ij}, но в случае фиксированного изделия (s,t).

B_{jn} – запас материала j на месяц n; позднее остающаяся не израсходованной в процессе составления плана на месяц n часть первоначального запаса материала j.

B'_{jn} – остающаяся не израсходованной в процессе составления плана на месяц n часть запаса материала на этот месяц, которая сохранится после прибного увеличения плана.

B_{sn} – то же, что и B_{jn}, но при фиксированном $j = s$.

B'_{sn} – то же, что и B'_{jn}, но при фиксированном $j = s$.

C_{vu} – свободный член ограничения номер v группы u; позднее остаток свободного члена после включения в план какого-нибудь изделия в счет заказа, произведенного заказчиком k (C_{vu}).

$C_{v'u'}$ – то же, что и C_{vu}, но для ограничения группы u'

с номером v'.

d' — количество изделий (t,s), которое может быть произведено из неизрасходованного запаса материала j в рассматриваемом месяце.

d'' — минимальная из величин $d', \frac{a_{ts}}{a_{ts}}$ и $\frac{T_n}{\tau_t}$ (или $\frac{T'_n}{\tau_i}$); показывает максимальное количество изделия (t,s), которое можно произвести в счет заказа на него, не тратя на это большего количества времени и материала, чем это допускают соответствующие фонды фабрики и рассматриваемом месяце.

g — величина, на которую увеличивается план на очередном этапе удовлетворения ограничений вида (5).

h — часть квартального задания $\sum_j \frac{a_{tj}}{a_{tj}}$ по изготовлению модели t в штуках, остающаяся не выполненной после увеличения плана на d''.

i — номер модели.

j — номер материала.

k — номер заказчика.

$k(\bar{O}_{vu})$ — номер заказчика, чьим заказом спровоцировано появление ограничения O_{vu}.

k' — то же, что и k, но принимающее при данном k значения из некоторого множества.

n — номер месяца.

O_{vu} — ограничение вида (5) из группы с номером u, имеющее в этой группе номер v.

$O_{v'u'}$ – то же, что и O_{vu}, но при $v = v'$ и $u=u'$; при удовлетворении ограничения O_{vu} происходит процесс исправления ограничения $O_{v'u'}$.

p – параметр, который принимает значения 0 и I; в первой части алгоритма $p = I$ все время, пока рассматриваются ограничения (5) трех последних групп, т.е. при $u=7,8,9$, и $p = 0$, если $u=I,2,3,4,5,6$. Во второй части алгоритма, когда $p = 0$, то алгоритм производит первый цикл поиска плановых заданий, нуждающихся в увеличении.

p' – параметр, принимающий значения 0 и I; в случае $p' = 0$ алгоритм увеличивает размер лишь небольших партий; а при $p' = I$ он делает это с любой партией.

q – параметр, который может принимать значения 0 и I; в первой части алгоритма q придается значение I, если во втором месяце не хватило материала для удовлетворения некоторого ограничения вида (5) и делается попытка удовлетворить его за счет фонда материалов первого месяца. Если же удовлетворение ограничения происходит за счет "своего" месяца, то q сохраняет значение 0. Во второй части алгоритма $q=0$, когда производится окончательное исправление плана, но $q=I$, если это исправление имеет пробный характер.

s – фиксированный в настоящее время номер материала (рассматриваемый материал).

S – количество различных материалов.

t – фиксированный в настоящее время номер модели (рассматриваемая модель).

t_i – норма затраты времени на производство одного изделия i-й модели.

t_t – то же, что и t_i, но при фиксированном $i = t$.

T_n – фонд времени в месяце n; позднее – остаток фонда времени в месяце n после изменения плана.

T'_n – остаток фонда времени в месяце n после пробного изменения плана.

T' – множество номеров моделей, плановые задания по которым при первом рассмотрении решено увеличить.

τ – количество различных моделей.

u – номер группы ограничений вида (5). В следующей таблице показано, как, исходя из вида (5) ограничения и номера месяца, получить значение u:

n		5_I	5_2	5_3	5_4	5_5	5_6
I	$u =$	–	–	–	I	2	3
2		7	8	9	4	5	6

u' – то же, что и u, но пробегающий при фиксированном u некоторые множество значений.

v – номер ограничения вида (5) в группе ограничений u; нумерация ограничений в группе задается произвольным образом.

v' – то же, что и v, но пробегающее при фиксированном v некоторое множество значений.

V_u – количество ограничений в группе u ограничений вида (5).

$V_{u'}$ – то же, что и V_u, но при $u=u'$.

w_{ts} – часть плана на второй месяц по изготовлению изделия (t,s), необходимая для удовлетворения ограничений вида (5); при переходе ко второму месяцу принимается за начальное значение величины Z_{ts}.

x_{ts} – слагаемое в ограничении вида (5), соответствующее изделию (t,s).

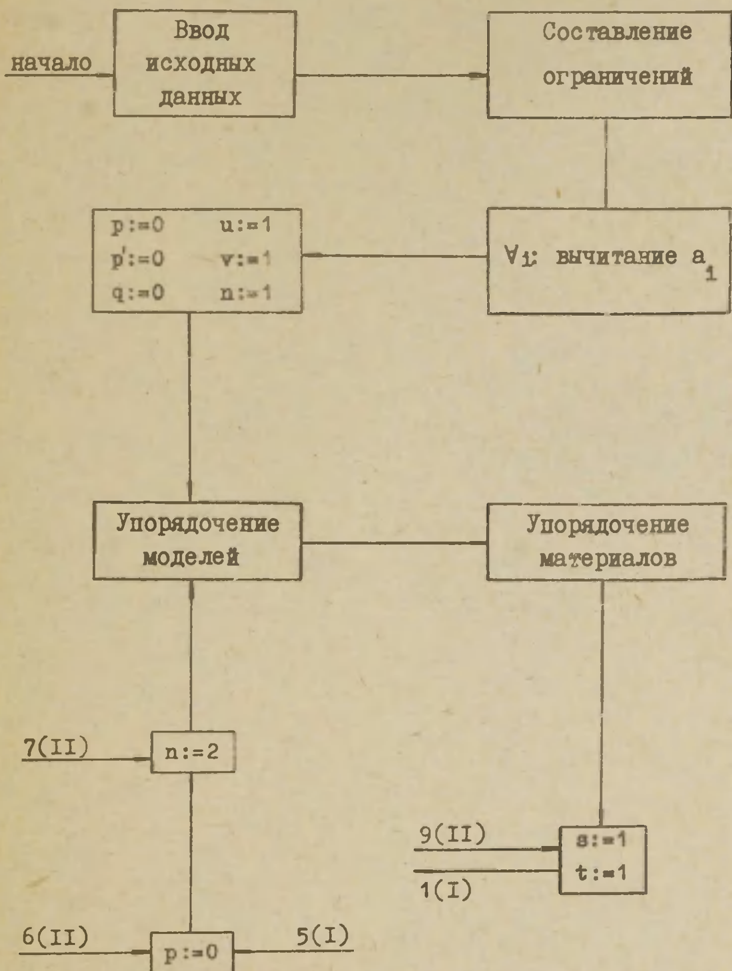
y_{ts} – переменная, дублирующая Z_{ts} при пробном увеличении плана; $Z_{ts} \leq y_{ts} \leq z_{ts}$.

y_{tj} – то же, что и y_{ts}, но s не фиксировано и может принимать любое значение j.

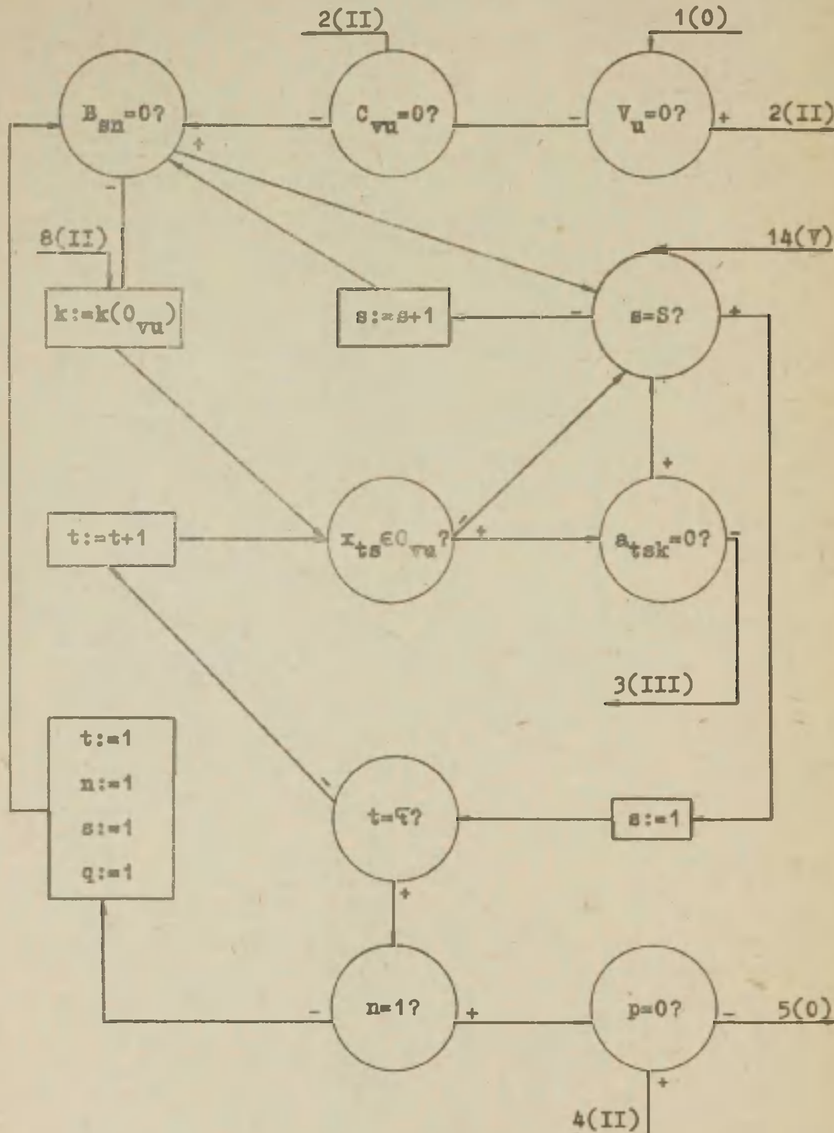
Z_{tj} – уже включенная в план часть планового задания на рассматриваемый месяц, касающаяся изделия (t,j).

Z_{ts} – то же, что и Z_{tj}, но при фиксированном $j = s$.

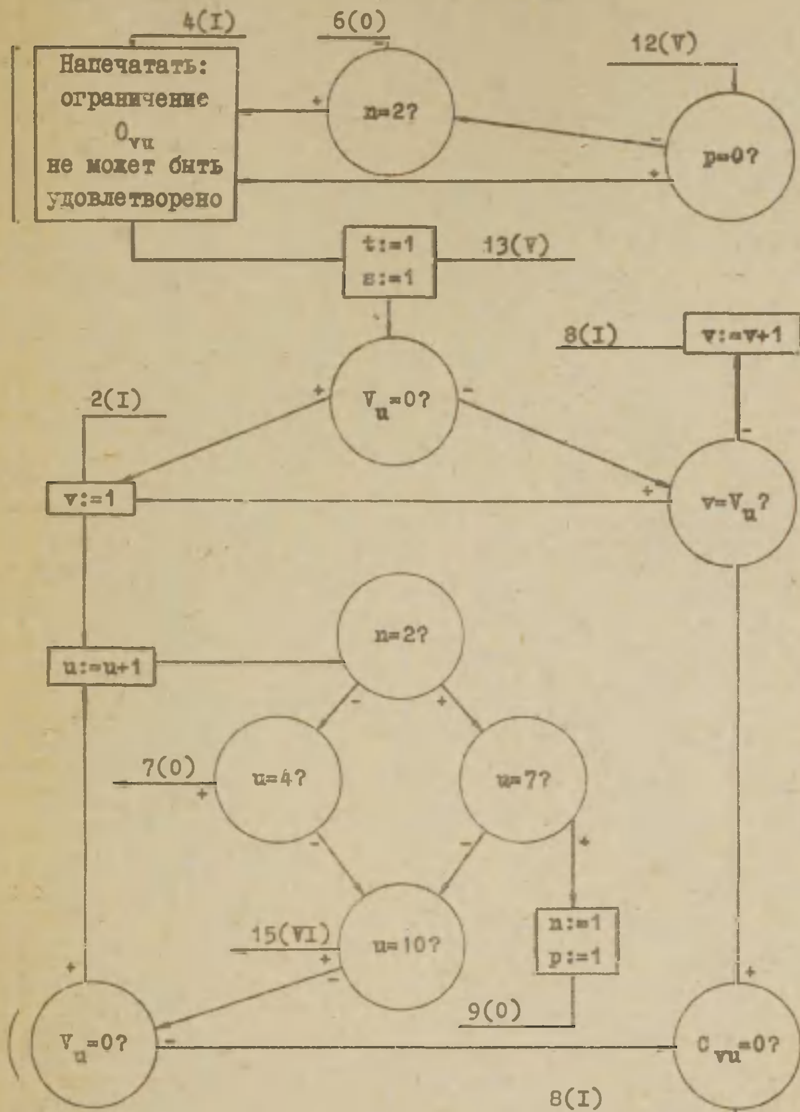
НУЛЕВОЙ БЛОК



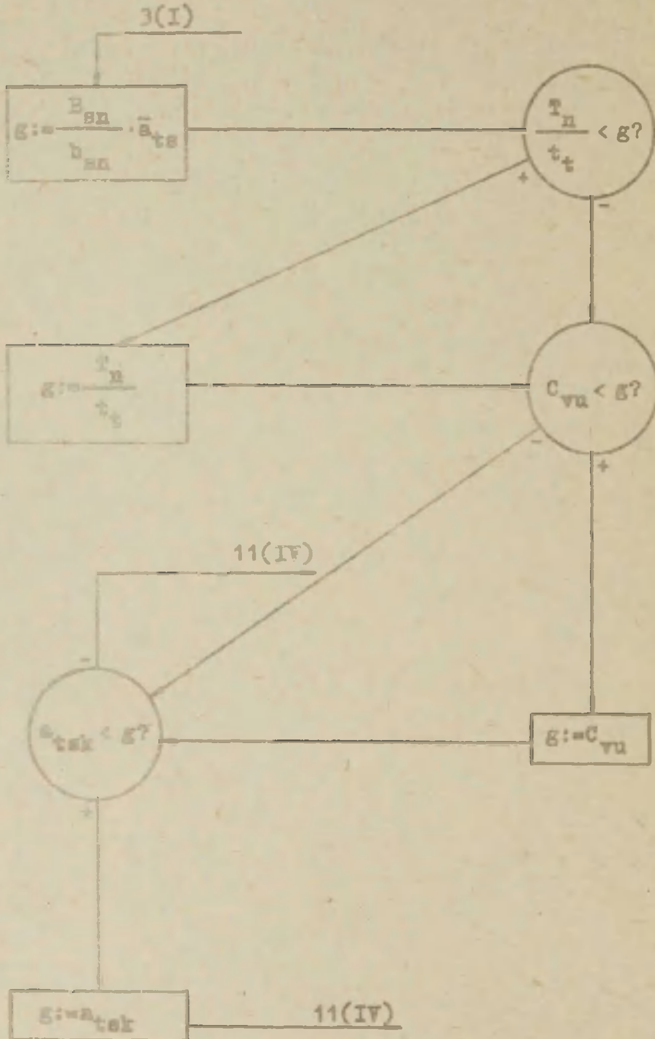
БЛОК ИССЛЕДОВАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ



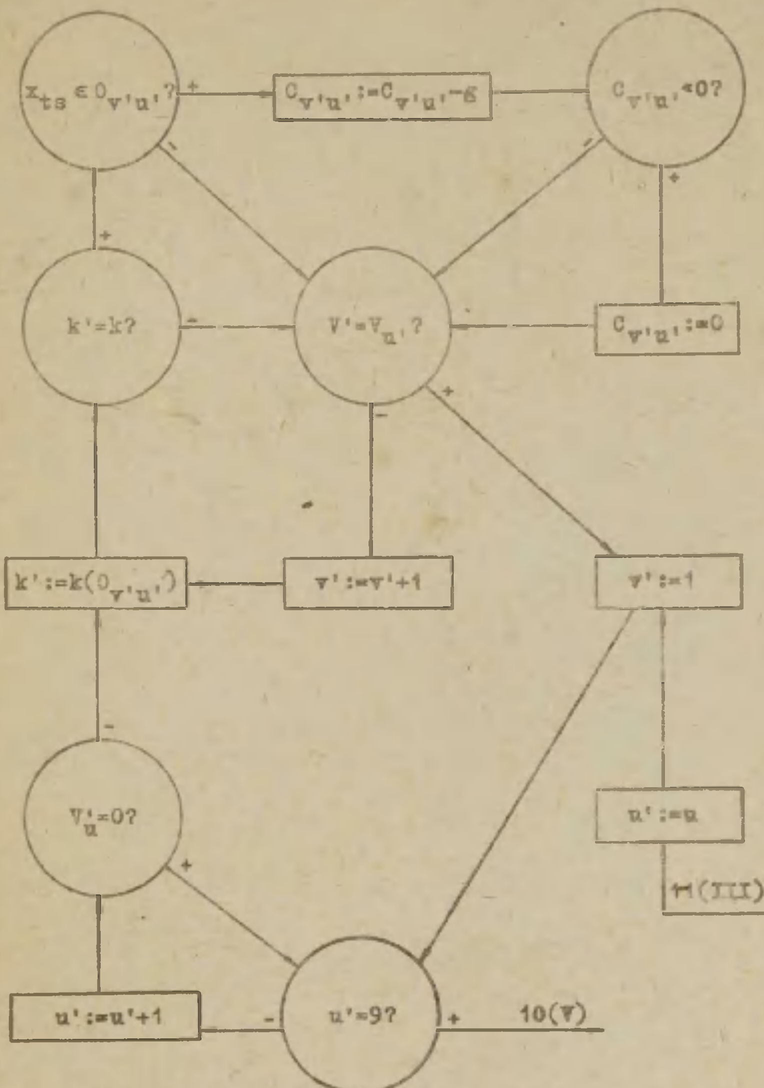
БЛОК ПОИСКА НОВОГО ОГРАНИЧЕНИЯ



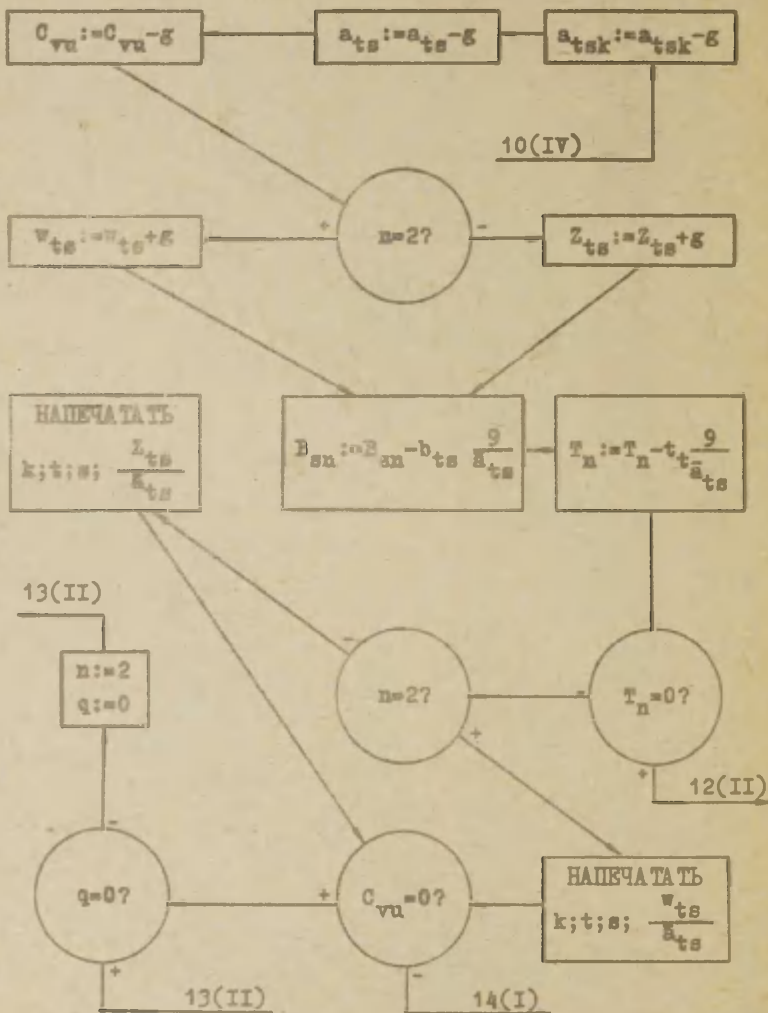
БЛОК НАХОЖДЕНИЯ
ЗАВИСЯЩЕЙ ОТ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОПРАВКИ К ПЛАНУ



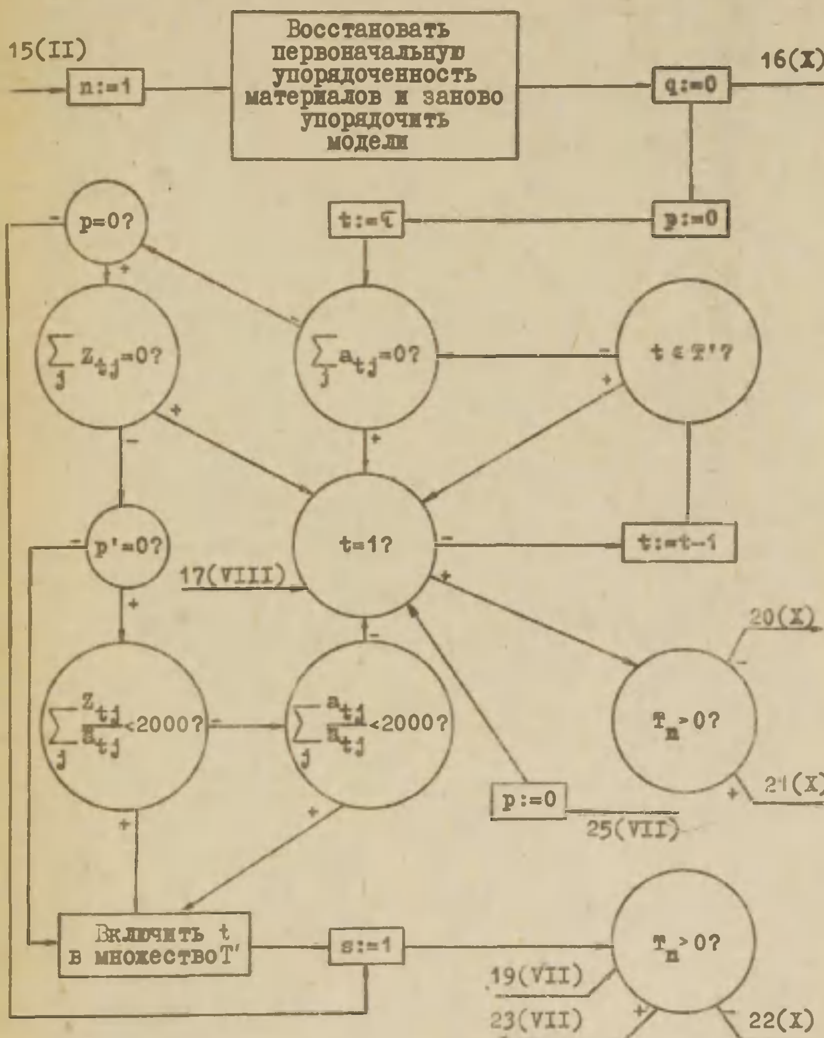
БЛОК УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ ВИДА (5)



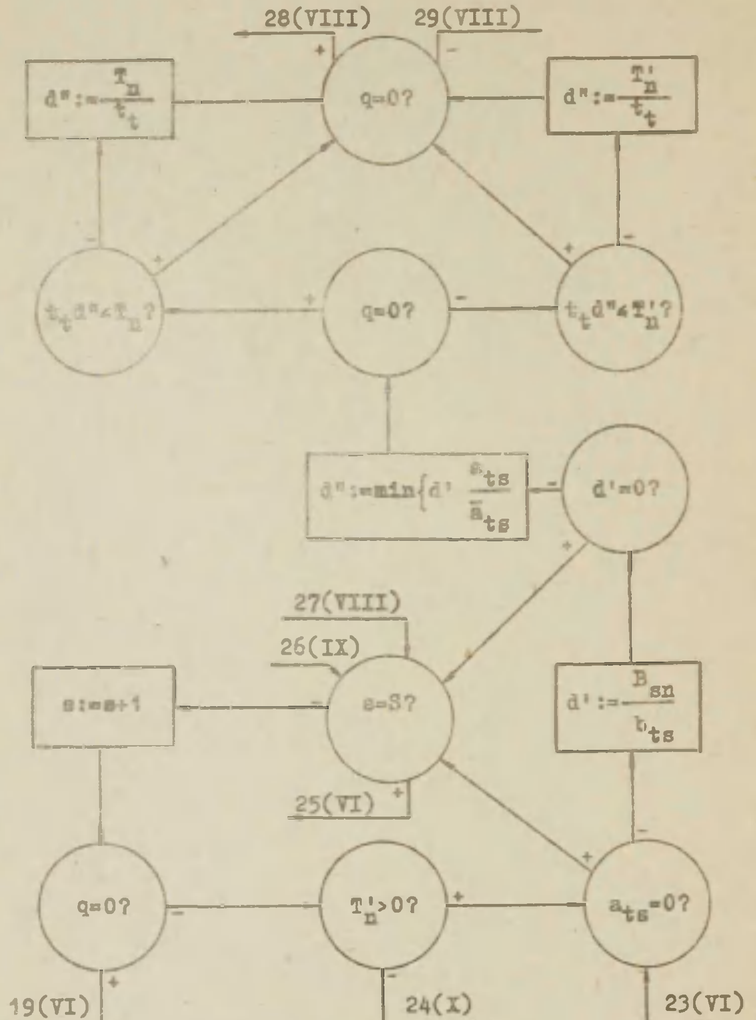
БЛОК ВНЕСЕНИЯ ПОПРАВОК



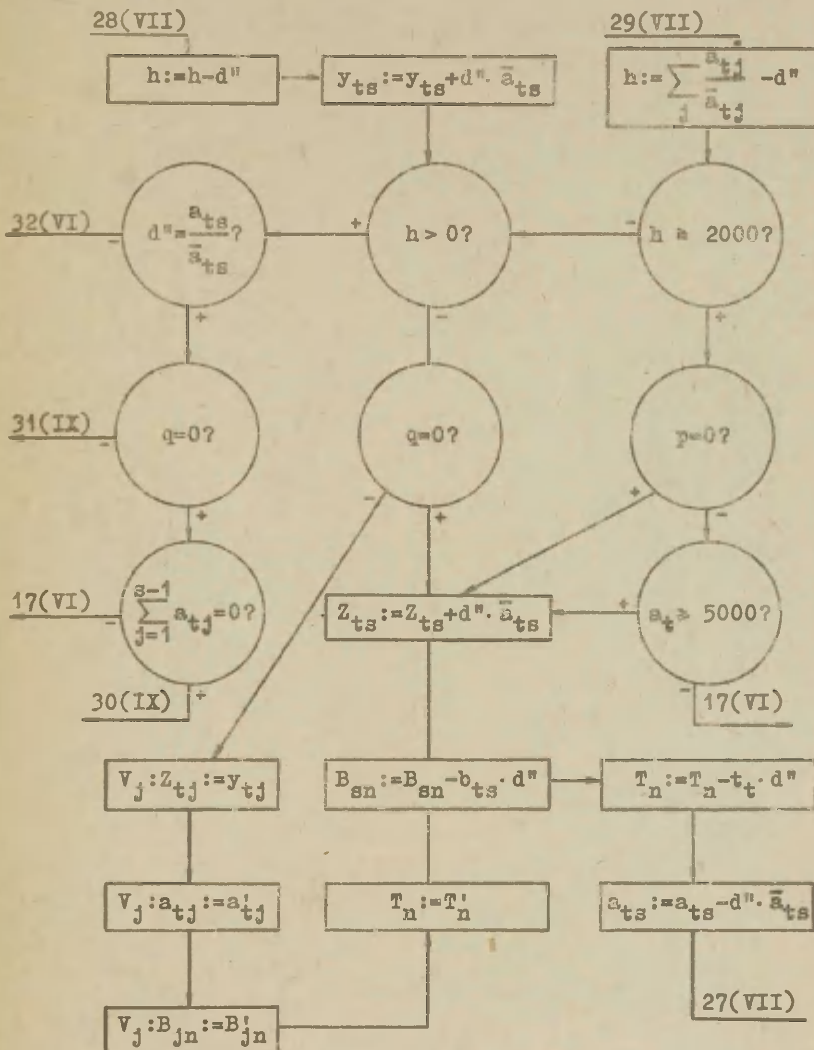
БЛОК ПОИСКА ПЛАНОВОГО ЗАДАНИЯ, НУЖДАЮЩЕГОСЯ В УВЕЛИЧЕНИИ



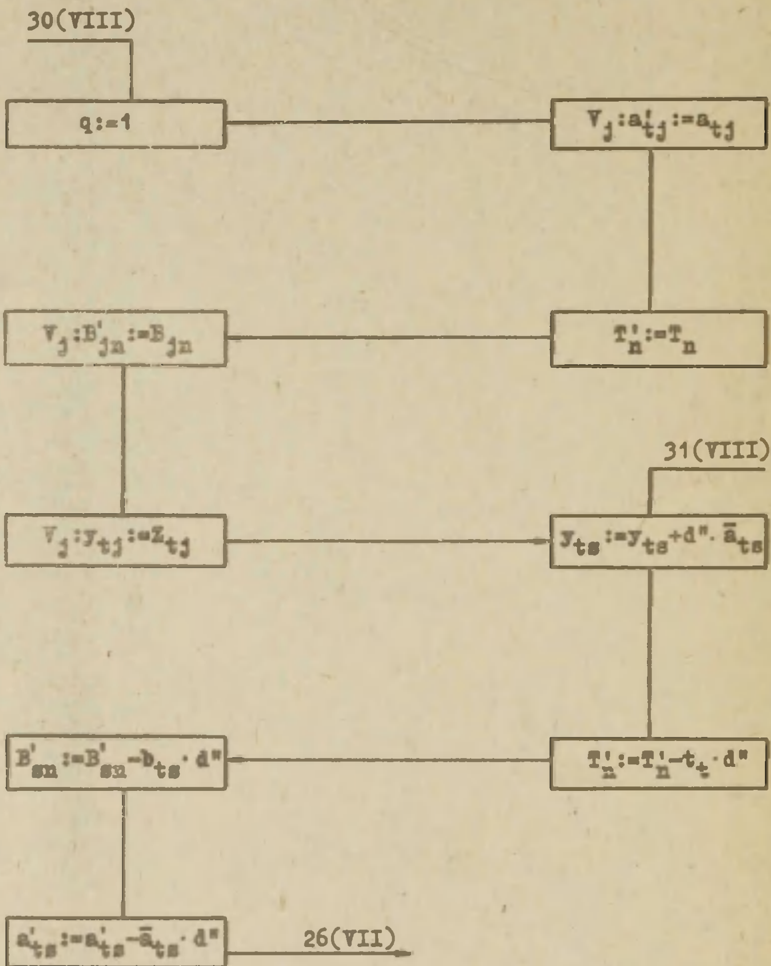
БЛОК НАХОЖДЕНИЯ ПОПРАВОК К ПЛАНУ



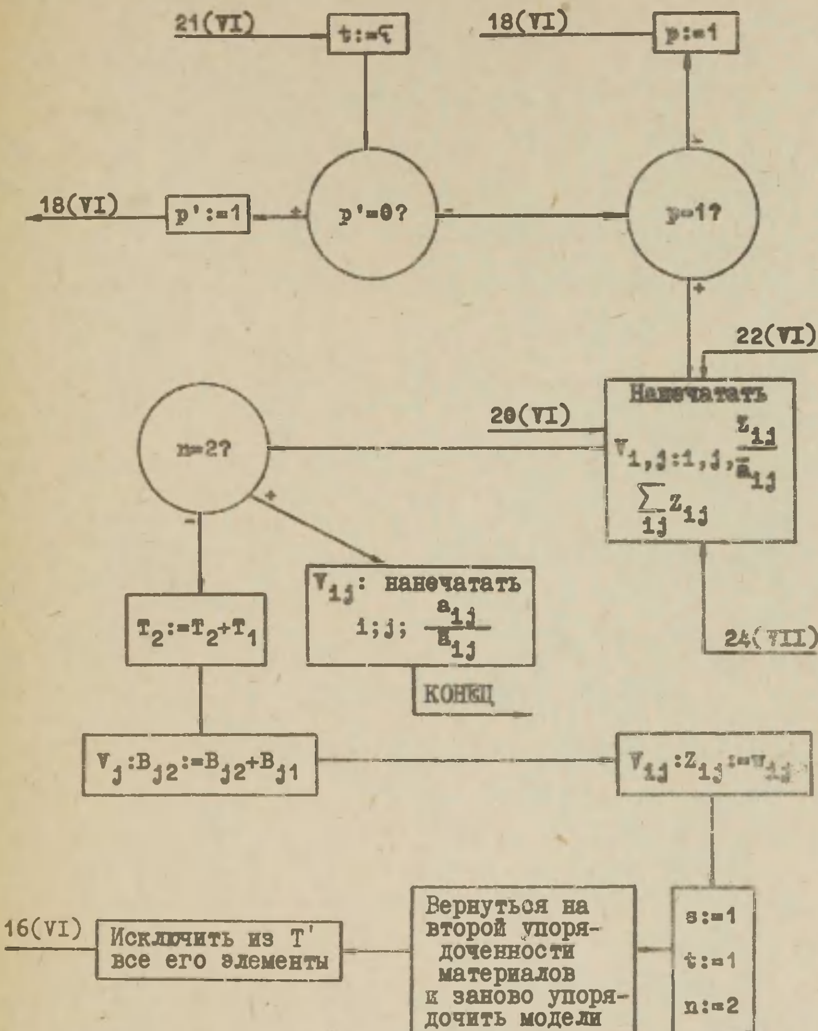
БЛОК ИСПРАВЛЕНИЯ ПЛАНА



БЛОК ПРОБНОГО ИСПРАВЛЕНИЯ



БЛОК ПЕРЕХОДА К ОЧЕРЕДНОМУ МЕСЯЦУ



Л и т е р а т у р а

1. М. Вийтсо, Е. Габович, Ю. Каазик. О применении математических методов для планирования и управления швейным процессом. Наст. сборник, стр. 3–29.

СОДЕРЖАНИЕ

ТРУДЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА
Вып.15
На русском языке
Тартуский государственный университет
ЭССР, г.Тарту, ул. Юликооли, 18
Ответственный редактор Л. Лембер
Корректор О. Правдин
Ротапринт ТГУ 1968. Сдано в печать 10/X 1968 г.
Печ. листов 4,0 (условных 3,64). Учетно-издат.
листов 3,01. Тираж 500 экз. Бумага 30x42. 1/4.
МВ 06785. Заказ № 619.
Цена 20 коп.

Цена 20 коп.