ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ 1990 Том 26, вып. 2

БАЛАНСОВАЯ УВЯЗКА РЕСУРСОВ С ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА)

Мирзахмедов Э. А.

(Ташкент)

Излагается постановка задачи, нацеленная на достижение максимальной устойчивости плана работы предприятия в условиях дефицита некоторых видов ресурсов для освоения производственной программы. Даны приближенные методы и алгоритм решения этой задачи, отличающиеся простотой реализации. Описаны мероприятия, позволяющие снизить удельные расходы ресурсов без перехода на другие технологические способы, и опыт внедрения поставленной задачи на Среднеазиатской железной дороге.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В новых условиях хозяйствования логика планирования работы предприятия следующая. Руководствуясь контрольными цифрами, плановики рассчитывают объем выпуска продукции j: $b_j^{\text{кц}}$, $j=1, \ldots, J$, соответствующую потребность в ресурсе i: $a_i^{\text{кц}}, i=1, \ldots, I$, причем $a_i^{\text{кц}}=\sum\limits_{j=1}^{J}\alpha_{ij}b_j$, $i=1, \ldots, I$, где $\alpha_{ij}\geqslant 0$ — норма расхода ресурса i на выпуск единицы продукции типа j. Исходя из величин $a_i^{\text{кц}}$, $i=1, \ldots, I$, каждое предприятие заключает договоры с органами государственного снабжения и непосредственными поставщиками на выделение материально-технических ресурсов в количестве a_i^b. При этом $a_i^b\neq a_i^{\text{кц}}$ по двум главным причинам: благодаря политике ресурсосбережения, нацеленной на замену дорогих, экологически вредных и остродефицитных материалов более прогрессивными и экономичными, и из-за дефицита отдельных видов ресурсов. Соответственно a_i^b бывает и меньше, и больше $a_i^{\text{кц}}$.

Вышестоящий орган спускает предприятию госзаказ на выпуск продукции типа j: $b_j^{\text{гз}}$, $j=1, \ldots, J$, и лимит на материально-технический ресурс i: $a_i^{\text{гз}}$ для его выполнения, $i=1, \ldots, I$. Госзаказ не полностью покрывает производственные мощности предприятия. Оно заключает договоры с потребителями на поставку своей продукции b_j^g, $j=1, \ldots, J$, и планирует производство ее в объеме b_j, причем $b_j^{\text{кп}}\neq b_j=b_j^{\text{гз}}+b_j^g$.

Следует учесть, что в состав a_i^b входит $a_i^{\text{гз}}$. Несоответствие между выделенными предприятию ресурсами и реальными потребностями в них приводит к двум наиболее типичным и широко распространенным задачам: увязке фактически выделенных ресурсов a_i^b, $i=1, \ldots, I$, с производственной программой b_j, $j=1, \ldots, J$; разработке производственной программы, доставляющей предприятию необходимую прибыль (сообразно потребностям социального развития, реконструкции и т. п.) при затратах ресурсов в объеме, не более выделенного. Необходимо, чтобы искомый план был бы достаточно устойчивым и практически реализуемым.

Пусть a_i — нормативная потребность в ресурсе i для выпуска всех видов продукции в объеме b_j. Обозначим c_i — стоимость единицы ресурса i, d_j — цена единицы продукции j. Тогда $x_{ij}^0=c_i\alpha_{ij}b_j$ — затраты (в стоимостном выражении) ресурса i на выпуск продукции j в объеме b_j,

$$x_{I+1}^0=d_jb_j-\sum_{i=1}^{I}x_{ij}^0=b_j\left(d_j-\sum_{i=1}^{I}c_i\alpha_{ij}\right),\ j=1,\ldots,J,$$

— прибыль от выпуска продукции типа j.

По всем типам продукции прибыль составит величину $\sum_{j=1}^{J} x^0_{I+1,j}$, известная часть которой остается в распоряжении предприятия. В общем случае в состав производимых изделий может входить продукция, понижаемая в сортности (и, естественно, в цене), уходящая в брак, с последующей переделкой, или в отходы для переработки. При этом прибыль понижается или даже может стать отрицательной: доходы не покрывают затраты.

Величины x^0_{ij}, вычисленные в соответствии с производственной программой b_j, $j=1, \ldots, J$, удовлетворяют соотношениям

$$\sum_{j=1}^{J} x^0_{ij} = c_i d_i, \quad \sum_{i=1}^{I+1} x^0_{ij} = d_j b_j, \quad i=1,\ldots, I, \qquad j=1,\ldots, J. \tag{1}$$

На практике, во-первых, очень часто $a_i = \alpha_{ij} b_j > a_i^b$ и соотношение типа (1) нарушается. Во-вторых, производственная программа, ориентированная на использование устоявшихся технологических способов и соответствующих им расходных коэффициентов α_{ij}, $i=1, \ldots, I$, $j=1, \ldots, J$, не доставляет предприятию прибыли $\sum_{j=1}^{J} x^0_{I+1,j}$, необходимой для удовлетворения своих потребностей.

Пусть $A_i = c_i(a_i^{\text{гз}} + a_i^g)$, $i=1, \ldots, I$, A_{I+1} — требуемая прибыль; $B_j = d_j b_j^{\text{тр}}$, $j=1, \ldots, J$, где $b_j^{\text{тр}}$ — некоторый вариант производственной программы, который по представлениям экспертов может доставить предприятию прибыль в нужном объеме A_{I+1} (методы построения такого варианта здесь не рассматриваются).

Как правило, $b_j^{\text{тр}} \geqslant b_j$, $j=1, \ldots, J$. Но иногда предприятие может оказаться заинтересованным в уменьшении выпуска малоприбыльных видов продукции, чтобы высвобожденные ресурсы использовать для наращивания выгодной продукции, обеспеченной спросом. Величины A_i при некоторых значениях i могут быть даже больше $c_i a_i^b$, если ресурс i не дефицитен или заменяет другой, заявленный предприятием.

Обозначим через α матрицу $\|\alpha_{ij}\|_{IJ}$. Пусть $x_{ij}(\alpha) = c_i \alpha_{ij} b_j^{\text{тр}}$, $x_{I+1,j}(\alpha) = d_j b_j^{\text{тр}} - \sum_{i=1}^{I} x_{ij}(\alpha)$.

Ясно, что соотношения

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij}(\alpha) \leqslant A_i, \quad i=1,\ldots, I; \quad \sum_{j=1}^{J} x_{I+1,j}(\alpha) = A_{I+1}, \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^{I+1} x_{ij}(\alpha) = B_j, \quad j=1,\ldots, J, \tag{3}$$

вообще говоря, не выполнены, т. е. производственная программа $b_j^{\text{тр}}$, $j=1, \ldots, J$, не обеспечена наличными ресурсами по заложенным в проект плана нормам расхода α_{ij}. Поэтому нужно найти такие нормы β_{ij} ($\beta = \|\beta_{ij}\|_{IJ}$), которые бы удовлетворяли соотношениям (2), (3) и были в то же время реализуемыми с точки зрения технологических и организационных возможностей предприятия.

Для достижения этой цели плановые расходные величины β_{ij} должны возможно меньше отклоняться от своих исходных значений α_{ij} по критерию

$$F_1 = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} \left| \frac{\beta_{ij} - \alpha_{ij}}{\alpha_{ij}} \right| \to \min$$

или

$$F_2=\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\left(\frac{\beta_{ij}-\alpha_{ij}}{\alpha_{ij}}\right)^2\to \min.$$

2. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ

В настоящее время существуют разработки [1], посвященные корректировке параметров несовместных систем, в частности ограничений задач математического программирования. Эти методы применялись в задачах оптимального планирования, что подготовило почву для решения проблемы корректировки расходных технологических коэффициентов производственных процессов. Однако ввиду большой сложности они, как правило, оказываются практически недоступными для специалистов плановых служб. Поэтому остается актуальным вопрос о разработке упрощенных подходов, содержащих элементы эвристики и позволяющих добиваться практически удовлетворительных результатов на базе несложных вычислительных процедур. Это особенно необходимо в процессе оперативного (суточного, декадного, месячного) планирования производства.

Пусть $x_{ij}(\beta)=c_i\beta_{ij}b_j^{\text{тр}}$, $x_{I+1,j}(\beta)=d_jb_j^{\text{тр}}-\sum\limits_{i=1}^{I}x_{ij}(\beta)$. Чтобы определить нормы расхода β_{ij}, удовлетворяющие условиям

$$\sum_{j=1}^{J}x_{ij}(\beta)\leqslant A_i,\ \ i=1,\ldots,I,\ \ \sum_{j=1}^{J}x_{I+1,j}(\beta)=A_{I+1}, \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{I+1}x_{ij}(\beta)=B_j,\ \ j=1,\ldots,J, \tag{5}$$

нужно, прежде всего, получить некоторое неотрицательное решение $y_{ij}\geqslant 0$ системы

$$\sum_{j=1}^{J}y_{ij}\leqslant A_i,\ \ \sum_{j=1}^{J}y_{I+1,j}=A_{I+1},$$
$$\sum_{i=1}^{I+1}y_{ij}=B_j. \tag{6}$$

Затем, рассчитав нормы расхода $\beta_{ij}=y_{ij}/d_jb_j^{\text{тр}}$, $i=1,\ldots,I$, $j=1,\ldots,J$, можно сопоставить их с исходными нормами α_{ij} и сделать вывод о практической реализуемости расчетных норм расхода β_{ij}. Эти два этапа поддаются совмещению с учетом требований, выраженных критериями F_1 или F_2. Однако такой учет приводит к довольно сложным оптимизационным задачам [2, 3].

Трудности усугубляются усложнением системы (6), когда в рассмотрение вводятся многомерные матрицы $y_{ij,\ldots,k}$. Поэтому откажемся от использования критериев F_1 и F_2 и добавим к ограничениям (4), (5) условия, отражающие экспертные представления о практических границах варьирования параметров β_{ij}: $\gamma_{ij}\leqslant\beta_{ij}\leqslant\delta_{ij}$, или в терминах переменных y_{ij}

$$u_{ij}\leqslant y_{ij}\leqslant v_{ij},\ \ i=1,\ldots,I,\ \ j=1,\ldots,J, \tag{7}$$

где $u_{ij}=c_ib_j^{\text{тр}}\gamma_{ij}$; $v_{ij}=c_ib_j^{\text{тр}}\delta_{ij}$. Естественно считать при этом, что $\alpha_{ij}\in\in[\gamma_{ij};\ \delta_{ij}]$, поскольку α_{ij} — это уровень, от которого отсчитывается практическая возможность вариации параметров β_{ij}.

Система (6), (7) образует условия так называемой транспортной задачи с двусторонними ограничениями. Для разрешимости этой системы необходимо соблюдение требований $\sum\limits_{i=1}^{I}A_i\geqslant\sum\limits_{j=1}^{J}B_j$, однако условия, достаточные для существования допустимой точки y_{ij} и учитывающие конкретные границы u_{ij}, v_{ij}, весьма сложны и поэтому не могут быть результативно использованы на практике [4]. Введем в рассмотрение величины $y_{i,J+1}$, $i=1, \ldots, I$, $y_{I+1,J+1}=0$. По своему экономическому смыслу $y_{i,J+1}$ — не что иное, как излишек ресурсов. Направим его на выпуск фиктивной продукции, которая численно выразит экономию ресурсов, выделенных предприятию сверх норм потребности.

Элементы $x^0_{i,J+1}$, $i=1, \ldots, I$, фиктивного $(J+1)$-го столбца, добавляемого к начальной матрице $\|x^0_{ij}\|_{I+1,J}$, выберем следующим образом. С учетом достижения нужного объема прибыли соответствующая нормальная потребность в ресурсе i равна $A_i^{\text{н}} = \sum\limits_{j=1}^{J} \alpha_{ij} b_j^{\text{тр}}$, $i=1, \ldots, I$. Излишек ресурса i: $D_i=A_i-A_i^{\text{н}}$, $i=1, \ldots, I$, а излишек всех ресурсов (фиктивная продукция) $B_{J+1}=\sum\limits_{i=1}^{I+1} A_i - \sum\limits_{j=1}^{J} B_j$.

При сопоставлении $A_i^{\text{н}}$ с A_i легко заметить, что разрывы между ними могут колебаться в различных пределах: от явного избытка до некоторого дефицита. Следуя принципу пропорциональности, вычислим приведенный излишек ресурса i, приняв минимальную величину излишка $(D_{\min})$ за начало отсчета: $\Delta_i=D_i-D_{\min}$, $i=1, \ldots, I$. Пусть $\Delta_{I+1}=0$. Будучи фиктивным ресурсом, прибыль не должна участвовать в расчетах излишка трудовых и материальных ресурсов.

Теперь расчетный излишек ресурса i $x^0_{i,J+1} = \Delta_i B_{J+1} \Big/ \sum\limits_{i=1}^{I} \Delta_i$, $i=1, \ldots, I$.

Считая, что $\sum\limits_{i=1}^{I+1} A_i \geqslant \sum\limits_{j=1}^{J} B_j$, определим $B_{J+1} = \sum\limits_{i=1}^{I+1} A_i - \sum\limits_{j=1}^{J} B_j$ и наложим на элементы $y_{ij} \geqslant 0$ искомой матрицы следующие ограничения

$$
\begin{gathered}
\sum_{i=1}^{I+1} y_{ij} = B_j, \quad j = 1, \ldots, J+1, \\
\sum_{j=1}^{J+1} y_{ij} = A_i, \quad i = 1, \ldots, I+1.
\end{gathered} \tag{8}
$$

Рассмотрим итеративный процесс, состоящий из следующих шагов:

I. $y_0 = x^0$,

II. $z_{ij}^{n+1} = y_{ij}^n A_i \Big/ \sum\limits_{j=1}^{J+1} y_{ij}^n$,

III. $w_{ij}^{n+1} = z_{ij}^{n+1} B_j \Big/ \sum\limits_{i=1}^{I+1} z_{ij}^{n+1}$,

IV. $y_{ij}^{n+1} = \begin{cases} u_{ij}, & \text{если } w_{ij}^{n+1} < u_{ij}, \\ w_{ij}^{n+1}, & \text{если } u_{ij} \leqslant w_{ij}^{n+1} \leqslant v_{ij}, \\ v_{ij}, & \text{если } w^{n+1} > v_{ij}, \end{cases}$

где $i=1, \ldots, I+1$; $j=1, \ldots, J+1$; $n=0, 1, \ldots$. Далее переходим к шагу II или прекращаем процесс.

Процесс завершается по достижении условий

$$
\left| \sum_{j=1}^{J+1} y_{ij}^n - A_i \right| \leqslant \varepsilon, \quad i = 1, \ldots, I+1, \tag{9}
$$

$$
\left| \sum_{i=1}^{I+1} y_{ij}^n - B_j \right| \leqslant \varepsilon, \quad j = 1, \ldots, J+1, \tag{10}
$$

где $\varepsilon > 0$ — заранее выбранное сколь угодно малое число.

Этот процесс для задачи (8) без ограничений (7) исследован в [5] (оператор IV заменяется присвоением $y_{ij}^{n+1}=w_{ij}^{n+1}$), где показано, что он сходится к матрице $\|\bar{y}_{ij}\|_{I+1,J+1}$, $\bar{y}_{ij}\geqslant 0$, удовлетворяющей условиям (8) и минимизирующей функцию $\sum\limits_{i=1}^{I+1}\sum\limits_{j=1}^{J+1} y_{ij}\ln\frac{y_{ij}}{x_{ij}^0}$. Ясно, что при этом минимизация критериев F_1, F_2 не достигается. Однако из анализа результатов расчетов следует, что полученные значения β_{ij} удовлетворительны в смысле близости к исходным α_{ij}.

Численный эксперимент показал, что если границы u_{ij}, v_{ij} заданы слишком узкими, то убывание невязок (9), (10) скоро прекращается. В этом случае предприятием либо изыскивается возможность пополнения недостающего количества ресурса, либо оно должно отказаться от достижения требуемого размера прибыли и стремиться к максимально возможному выпуску продукции при условии полного использования выделенных ресурсов.

Реальные интересы управления производством требуют распределения ресурсов не только по типам выпускаемой продукции, но и по исполнителям: участкам, цехам и бригадам предприятия. При этом должны учитываться требования, выражаемые критериями F_1 или F_2. Поэтому в матрицу $\|x_{ij}\|_{I+1,J+1}$ приходится вводить третье измерение — k—е (номер исполнителя) и оперировать с матрицей $\|x_{ijk}\|_{I+1,\,J+1,\,K}$, где K — число производственных подразделений на предприятии.

Для создания самолета ИЛ-18 требовалось 1,2 млн. различных деталей. При выпуске современных локомотивов, комбайнов, автомобилей, ЭВМ и другой сложной техники номенклатура потребляемых ресурсов превышает десятки тысяч. Практическая необозримость этого разнообразия вынуждает разбивать все материально-технические ресурсы на группы и подгруппы, каждой из которых при решении задач балансовой увязки планов соответствует одно измерение. В итоге приходим к многомерной матрице $\|x_{ij\ldots k\ldots r}\|$, используя которую можно снизить на порядок и более требования к объему памяти ЭВМ для размещения нужных исходных данных.

С учетом многомерности исходной матрицы для балансовой увязки планов были разработаны эвристические методы последовательных выравниваний (МПВ) и выравнивания по средней (МВС), описанные в [6, 7]. Они не учитывают требования (7), критерии F_1 и F_2. Для задач с ограничением (7) было проведено 1180 расчетов, которые показали, что при экспертном выборе границ u_{ij}, v_{ij} в (7) удается получить требуемые значения β_{ij}.

3. РАСХОДНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Нормы материальных и трудовых затрат α_{ij} могут быть снижены до требуемого уровня β_{ij}, $i=1,\ldots,I$, $j=1,\ldots,J$ даже без перехода на другие технологические способы за счет следующих мер:

уменьшения стоимости потребляемого ресурса благодаря отказу от имеющегося поставщика в пользу более близкого, что сокращает транспортные издержки предприятия, относимые на рассматриваемый ресурс;

снижения стоимости расходуемого ресурса при отказе от посреднических услуг снабженческих органов, за которые нужно платить соответствующую наценку, и перехода на прямые договоры с поставщиками;

внедрения белорусского метода, арендных и подрядных форм организации работы, доставляющих большую экономию материалов, оборудования и живого труда в себестоимости продукции без ухудшения ее качества;

перехода на обогащенное сырье более высокого качества;

переработки отходов собственного производства, которые превращаются по существу в даровые источники сырья;

сокращения брака и отходов благодаря повышению качества работы, что приводит к увеличенному выходу конечной продукции;

уменьшения потерь сырья и сохранения его качества путем правильной организации складского хозяйства, оптимального управления запасами, механизации и автоматизации процессов переработки и транспортировки всех материальных потоков на производстве;

обеспечения сохранности и сокращения сроков хранения готовой продукции на основе четкого взаимодействия с транспортной системой народного хозяйства.

Величины β_{ij} изменяются в довольно широких пределах в зависимости от выбранного технологического способа s^l, $l=1, \ldots, L$. При предлагаемом подходе допускается, что на практике могут быть реализованы любые значения β_{ij}, достаточно близкие к α_{ij}. Это предположение не всегда справедливо и, в частности, не подходит для металлургического производства, где набор технологических способов довольно узок и множество допустимых значений коэффициентов β_{ij}^l имеет ярко выраженную дискретную структуру.

Но для многих производств характерно большое количество мелких операций, поддающихся выполнению различными технологическими способами: последовательно, параллельно или последовательно-параллельно. Все это разнообразие создает значительные возможности для варьирования норм расхода. Так, в строительстве, на транспорте, в агропромышленном комплексе, производстве стройматериалов существуют различные цепочки технологических звеньев, не связанных жестко друг с другом и зачастую слабо механизированных, что создает предпосылки для усовершенствования их и обеспечивает некоторую свободу для варьирования нужными параметрами.

4. ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ

Описанная модель была использована на Среднеазиатской железной дороге при решении с помощью ЭВМ задач текущего планирования перевозочного процесса. В 1973 г. в составе первой очереди АСУ Среднеазиатской железной дороги была внедрена задача увязки проектов суточных планов Ферганского отделения с заданиями управления дороги. Суть задачи сводится к согласованию интересов центра (МПС), решающего в масштабе страны различные стратегические вопросы создания запасов топливно-энергетических ресурсов, перевозок урожая сельхозкультур, грузов для посевной и т. п., железных дорог, их отделений и станций, обеспечивающих потребности тяготеющих к ним предприятий народного хозяйства.

В суточном плане отделения необходимо было предусмотреть такую интенсификацию перевозочного процесса, последовательность перемещений групп вагонов и использования подвижного состава, которая позволяла бы выполнять установленные задания. Основными показателями, по которым проводилась увязка, были выгрузка, погрузка, сдача груженых и порожних вагонов в целом и по родам подвижного состава.

Исходная информация для планирования каждого из этих показателей сводилась в трехмерные матрицы. Первая группа матриц отражала наличие ресурсов (вагоны с местным грузом под выгрузку, транзитные и порожние) на станциях отделения на отчетный час. Во второй группе приводились сведения о таких же ресурсах, но размещенных на примыкающих к отделению участках и сортировочных станциях. В третьей группе матриц записывались сведения о ресурсах, образующихся за счет грузовых операций, производимых с вагонами на отделении. Трехмерные матрицы строились без дополнительных строк и столбцов с фиктивными ресурсами и продукцией.

Каждая из трехмерных матриц $\|x_{hjr}\|_{KIR}$ состояла из шести двумерных $\|x_{hjr}\|_{KR}$, которые фиксировали данные об j-м роде подвижного состава, $j=1, \ldots, 6$, седьмой лист — $\|x_{k7r}\|_{KR}$ содержал информацию о всех вагонах в целом; k — станция размещения вагона, $k=1, \ldots, K$; j — род вагона, $j=1, \ldots, 6$; r — станция назначения, $r=1, \ldots, R$. Кроме того, элементы x_{hjr} имели признак состояния вагона (груженый или порожний).

Ресурсы, заданные в j-й двумерной матрице, просуммированные по r-му столбцу ее, были равны ожидаемому значению планируемого показателя, например, выгрузке вагонов рода j по r-й станции $b_{jr}^{B}=\sum_{k=1}^{K} x_{kjr}^{\text{гр}}$, где индекс «гр» показывает, что вагон груженый. В качестве $b_{jr}^{\text{тр}}$ были приняты задания управления дороги. В роли α_{kjr} выступали агрегированные нормативы, объединявшие время на продвижение вагонов до станции назначения, сортировку их на технических и участковых станциях, подачу или уборку на грузовой фронт и на совершение грузовой операции.

Решение задачи, полученное с помощью МПВ, указывало, какие группы вагонов нужно обработать в ускоренном режиме, чтобы получить требуемый результат. Главная сложность заключалась в большом объеме исходной информации, отраженном в семи матрицах 40×7×40 и четырех 40×4×70, который надо было обработать за 30 мин.

В 1979 г. в составе второй очереди АСУ была внедрена задача увязки на ЭВМ месячных технических норм эксплуатационной работы (НЭР) с государственным планом перевозок (ГПП) Среднеазиатской железной дороги. ГПП основывается на заявках грузоотправителей, которые заносятся в многомерную матрицу, содержащую сведения о планирующей организации и отправителе, шифре, наименовании и номенклатурной группе груза, шифре отделения и станции отправления, точном наименовании грузов, предъявляемых к перевозке, дороге назначения и объему отправления в тоннах, требуемом количестве подвижного состава. МПС рассматривает ГПП дорог, решает стратегические задачи обеспечения погрузки важнейших массовых грузов (каменного угля, руды, строительных материалов, леса), для чего разрабатывает баланс подвижного состава по всей железнодорожной сети.

Исходя из этого баланса, МПС устанавливает дорогам задание по погрузке $b_j^{\text{тр}}$, $j=1, \ldots, J$, сохраняя неизменным отправляемый тоннаж по всей номенклатуре грузов, ужесточая статическую нагрузку по наиболее дефицитному виду подвижного состава — полувагонам (а в сезон перевозки зерна — крытым вагонам). Это приводит к сокращению числа полувагонов, занимаемых под погрузку. Их недостающее количество частично возмещается другими родами вагонов, в основном — «прочими».

Для увязки НЭР с ГПП разработан справочник статистической нагрузки α_{ij}, хранимый в памяти ЭВМ дорожного ВЦ. В нем для 720 основных видов грузов, отправляемых со всех станций дороги, содержались сведения о том, какова техническая норма погрузки груза i, $i=1, \ldots, I$, если загружать его в род j подвижного состава ($j=1, \ldots, J$) с учетом грузоподъемности и объема кузова вагона. С помощью МПВ ежемесячно решалась задача увязки ГПП, отображенного многомерной матрицей, с нормами эксплуатационной работы, установленными МПС.

Кроме этого, используя матрицу с данными ГПП, отчет прошлого периода по приему и сдаче вагонов, с помощью этого метода осуществлялось распределение приема груженых вагонов по отделениям (ввоз) и выходным стыковым пунктам (транзит) по всем родам вагонов, а загружаемых вагонов — на сдачу по всем стыковым пунктам и в местном сообщении (тоже по всем родам). Здесь отчетные данные использовались как проект плана, а НЭР МПС и объемы погрузки из ГПП в качестве требуемого выпуска продукции по установленной номенклатуре.

Решение задач на ЭВМ «Минск-32» достигалось менее чем за 3 мин. Экономический эффект для первой из них составил 51,3 тыс. руб/год, для второй — 89 тыс. руб/год, а расчетный срок окупаемости затрат по внедрению соответственно, 1,1 и 0,7 лет.

Предложенную модель можно применять [8] при определении параметров перспективной техники, отвечающей требованиям ресурсосбережения. Для этого нужно в качестве вектор-столбца ресурсов (A') задать их перспективные расходы, а в качестве вектор-строки продукции (B') принять объемы потребления, соответствующие рациональным нормам.

По данным вектор-столбца β_{ij} устанавливаются требования на разработку перспективных машин и оборудования, отвечающих заданным режимам ресурсоемкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Еремин И. И.* Противоречивые модели оптимального планирования. М.: Наука, 1988.
2. *Поляк Б. Т.* Введение в оптимизацию. М.: Наука, 1983.
3. *Гольштейн Е. Г., Юдин Д. Б.* Новые направления в линейном программировании. М.: Сов. радио, 1966.
4. *Емеличев В. А., Ковалев М. М., Кравцов М. К.* Многогранники, графы, оптимизация. М.: Наука, 1981.
5. *Брэгман Л. М.* Доказательство сходимости метода Г. В. Шелейховского для задачи с транспортными ограничениями//Журн. вычисл. математики и мат. физики. 1967. Т. 7. № 1.
6. *Мирзахмедов Э. А.* Эффективный метод корректировки элементов многомерной матрицы//Докл. АН УзССР. 1979. № 2.
7. *Мирзахмедов Э. А.* Балансировка элементов многомерной матрицы методом выравнивания по средней из отклонений//Докл. АН УзССР. 1978. № 12.
8. *Мирзахмедов Э. А.* Частные приложения метода последовательных выравниваний для корректировки планов//Вопр. РАСУ. Вып. 13. Ташкент: АН УзССР. Ред.-изд. совет, 1978.

Поступила в редакцию
31 III 1988