

Вариант комплекса технических средств, для автоматизации управления из $\gamma = 1, 2, \dots, f$ возможных может быть выбран по критерию

$$\xi = \max_f \left(\frac{\sum_{k=1}^{l-\sigma} \eta_k^{f\alpha}}{\sum_{k=1}^l \eta_k} \right)$$

при одинаковых или допустимых для всех вариантов затратах на устройства. В случае существенно разной стоимости вариантов технических средств может быть использован критерий $\xi' = \max_f (\xi_f / Z_f)$ при соблюдении ограничения $\Delta C^{f\alpha} \geq \Delta C^{\text{треб}}$.

Проведенные оценки для АСУП цеха механоковочных прессов МТЗ, описание которой приведено в [5], показали преимущества применения устройств «АРП» и «Ввод», увеличивающих на 10–12% пропускную способность системы управления по сравнению с функционально одинаковым вариантом системы на базе устройств «Сигнал», «Эксперт», «КДС — СП» и «Ритм» и «Ури-1» [6].

Данные, необходимые для определения статистических параметров потоков, были получены с помощью устройств типа «АРП» и «Ввод» в процессе их опытно-промышленной эксплуатации, что существенно упростило получение информации о потоках и повысило достоверность.

Приведенный способ оценки изменения пропускной способности систем управления для объектов дискретного производства может быть использован как на начальных стадиях проектирования систем, так и при анализе функционирующей АСУП для оценки фактически достигнутых результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. С. Гринберг, М. Б. Кацнельсон, Е. П. Терешко. Модель функционирования объекта в режиме оперативного управления. В сб. Материалы II Всесоюзной конференции по оперативному управлению. Л., 1968.
2. Н. И. Седякин. Элементы теории случайных импульсных потоков. М., «Сов. радио», 1965.
3. К. Шеннон. Статистическая теория передачи электрических сигналов. В сб. Теория передачи электрических сигналов при наличии помехи. М., Изд-во иностр. лит., 1963.
4. М. М. Блувштейн, И. М. Ратнер. Механизация инженерного и управленческого труда и вопросы проектирования. Вестник машиностроения, 1964, № 1.
5. М. И. Абезгауз, Г. М. Генделев, А. С. Гринберг. Опыт разработки и внедрения системы автоматизированного оперативного контроля за ходом производства. Приборы и системы управления, 1968, № 8.
6. Интероргтехника. Каталог. Советский раздел. М., 1968.

Поступила в редакцию
13 II 1970

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ С НЕСКОЛЬКИМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА

А. С. КВИЦИНСКИЙ

(Ленинград)

В настоящее время распределение перевозок грузов между видами транспорта и прикрепление поставщиков к потребителям решаются отдельно как две самостоятельные задачи, так как оперативное планирование перевозок грузов разобрано на разных его видах. Известные интерпретации стандартной модели задачи линейного программирования позволяют найти оптимальный план перевозок грузов только одним видом транспорта. Однако оптимальные для каждого отдельного вида транспорта планы перевозок не оптимальны с народнохозяйственной точки зрения, так как они могут допускать встречные и другие нерациональные перевозки на параллельных направлениях разных видов транспорта и обуславливать такое прикрепление поставщиков к потребителям, которое не обеспечивает минимума издержек. Поэтому было бы целесообразно организационно объединить планирование перевозок грузов разными видами транспорта. Разработка оптимального плана прикрепления поставщиков к потребителям для нескольких видов транспорта в то же время

обеспечивает рациональнее распределение перевозок между его видами. Только одновременное решение этих двух вопросов позволит достичь народнохозяйственного оптимума.

Если бы разные виды транспорта на отдельных направлениях имели неограниченную провозную способность, позволяющую освоить возможные объемы перевозок, то рассматриваемая задача могла бы правильно решаться в два этапа. Сначала методом попарного сравнения в каждой корреспонденции выявляется вид транспорта с наименьшей стоимостью перевозки, а затем известными методами производится рациональное прикрепление поставщиков к потребителям с учетом наименьших стоимостей перевозки. Однако такая постановка вопроса далека от реальности. Провозная способность каждого вида транспорта на многих направлениях в той или иной мере ограничена наличной мощностью постоянных устройств и подвижного состава, причем весьма часто имеющаяся провозная способность того или другого вида транспорта не позволяет освоить весь возможный объем перевозок. Следовательно, математическая модель задачи, максимально приближенная к реальным условиям, должна учитывать ограничения провозной способности отдельных видов транспорта. В данной статье предлагается специальный способ ее решения.

Поскольку наибольшее число взаимно конкурирующих перевозок грузов в одном направлении наблюдается на широко рассредоточенных железнодорожном и автомобильном транспорте, рассмотрим возможность решения поставленной задачи одновременно для двух видов транспорта с учетом различных издержек.

При оптимизации плана перевозок грузов одновременно для двух видов транспорта необходимо в матрице каждый пункт отправления, в котором лимитирована провозная способность одного или обоих видов транспорта, подразделить на две строки, одна из которых предназначается для одного, а другая — для другого вида транспорта. Если в каком-либо пункте отправления один из видов транспорта имеет провозную способность, достаточную для всего необходимого объема перевозок, и стоимость перевозки груза на нем во всех корреспонденциях этого пункта отправления меньше, чем на другом виде транспорта, то во избежание увеличения размеров матрицы нет необходимости данный пункт отправления подразделять на две строки. В этом случае в матрицу проставляются показатели только того вида транспорта, который обеспечивает минимальную стоимость перевозки, так как известно, что при этих условиях в оптимальном плане перевозки будут осуществляться наиболее экономичным видом транспорта. Очевидно, нет необходимости подразделять пункт отправления на две строки и тогда, когда он может отправлять груз по каким-либо причинам только одним видом транспорта. В каждой клеточке матрицы проставляются стоимости перевозки соответствующим видом транспорта. Если отдельные корреспонденции по каждому пункту отправления ввиду неразвитости путей сообщения или по другим причинам могут обслуживаться только одним видом транспорта, то для другого его вида в матрице должны быть проставлены запретительные максимальные стоимости перевозки (M). Чтобы не увеличивать размер матрицы, пункт отправления, обслуживаемый двумя видами транспорта, можно не подразделять на две строки и в том случае, когда в части корреспонденций этого пункта отправления меньшую стоимость перевозки имеет один вид транспорта, а в остальных — другой, причем провозная способность каждого из них достаточна для удовлетворения потребности в грузе всех пунктов назначения, которые экономичнее или необходимо обслуживать соответствующим видом транспорта. В строке матрицы такого пункта отправления для каждой корреспонденции отражается меньшая из двух стоимостей перевозки (одним или другим видом транспорта), а при заданном условии доставки груза только одним — его стоимость. Эти сведения должны фиксироваться, чтобы впоследствии установить виды транспорта, которые смогут обеспечить предусмотренные оптимальным планом перевозки данного пункта отправления. При подразделении какого-либо пункта отправления на две строки в каждой из них расчетный объем отправления груза принимается или в размере заданного объема, если не лимитирует провозная способность соответствующего вида транспорта, или в размере провозной способности того вида транспорта, на котором она меньше необходимого объема перевозок. Таким образом, по каждому из пунктов отправления, обслуживаемому двумя видами транспорта и подразделенному на две строки, расчетный объем перевозок окажется больше заданного при: а) отсутствии ограничений провозной способности на одном из видов транспорта — на величину лимитированной провозной способности другого вида транспорта; б) недостаточной провозной способности обоих видов транспорта — на величину разности между суммарной их провозной способностью и заданным объемом перевозок по данному пункту отправления. Такое положение противоречит условию задачи, согласно которому суммарный объем перевозок грузов на обоих видах транспорта по каждому пункту отправления равен заданному для него объему. Чтобы соблюсти это условие, необходимо в матрицу дополнительно ввести фиктивные пункты назначения. Каждому пункту отправления, обслуживаемому двумя видами транспорта и подразделенному на две строки, должен соответствовать фик-

тивный пункт назначения. Объем прибытия грузов в каждом из этих фиктивных пунктов должен быть задан в размере, о котором сказано выше. Стоимость перевозки для каждого из них из соответствующих пунктов отправления по обоим строкам принимается равной нулю, а из других пунктов отправления — M .

В остальном математическая модель задачи известна и поэтому здесь не приводится.

Рассмотрим следующий пример. Из пунктов B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 с объемами отправления грузов в них b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 необходимо доставить груз в пункты V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 с объемами прибытия, соответственно: v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 . Все пункты отправления, кроме B_2 , могут обслуживаться железнодорожным и автомобильным транспортом, а B_2 — только железнодорожным, единственным также и в корреспонденциях $B_1 - V_3$ и $B_1 - V_5$. В корреспонденции $B_3 - V_4$ грузы могут доставляться только автотранспортом. Автомобильные перевозки дешевле железнодорожных во всех корреспонденциях пунктов отправления B_4 и B_5 , а также в корреспонденциях $B_1 - V_1, B_1 - V_2, B_3 - V_3$ и $B_3 - V_5$. В корреспонденциях $B_1 - V_4, B_1 - V_5, B_3 - V_1$ и $B_3 - V_2$ выгоднее железная дорога. Провозная способность железной дороги в пунктах отправления B_1 и B_2 и автотранспорта в B_5 достаточна для возможных объемов перевозок, а на каждом из двух видов транспорта в отдельности в B_3 и B_4 меньше их, хотя в сумме по обоим видам транспорта она достаточна. На железной дороге она достаточна для перевозок в корреспонденциях $B_3 - V_1$ и $B_3 - V_2$, а на автотранспорте — в $B_3 - V_3, B_3 - V_4$ и $B_3 - V_5$. Провозная способность автопарка в B_1 не обеспечивает не только весь возможный объем, но и перевозки в корреспонденциях $B_1 - V_1$ и $B_1 - V_2$. Для этих условий необходимо составить оптимальный план прикрепления поставщиков к потребителям и распределения перевозок между видами транспорта.

Таблица 1

Пункты отправления	Заданные объемы отправления грузов из них	Строки матрицы	Виды транспорта	Провозная способность	Расчетные объемы отправления груза	Стоимость перевозки 1 т груза до пунктов назначения							
						заданных					фиктивных		
						V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	Φ_1	Φ_4	
B_1	b_1	B_1' B_1''	$Ж$ $А$	b_1' b_1''	b_1 b_1''	C_{11} C_{11}''	C_{12} C_{12}''	C_{13} M	C_{14} C_{14}''	C_{15} C_{15}''	O O	M M	
B_2	b_2	B_2	$Ж$	b_2'	b_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	O	M	
B_3	b_3	B_3	$Ж + А$	$b_3' + b_3''$	b_3	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	M	M	
B_4	b_4	B_4' B_4''	$Ж$ $А$	b_4' b_4''	b_4 b_4''	C_{41} C_{41}''	C_{42} C_{42}''	C_{43} M	C_{44} C_{44}''	C_{45} C_{45}''	M M	O O	
B_5	b_5	B_5	$А$	b_5''	b_5	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{54}	C_{55}	M	M	
Объем прибытия груза						e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	b_1'	$b_4' + b_4'' - b_4$	

Примечание: $Ж$ — железнодорожный, $А$ — автомобильный транспорт; C — стоимость перевозки с индексом " — автомобильной, а без него — железнодорожной; $b_1' \geq b_1 > b_1'' < e_1 + e_2$, $b_2' \geq b_2$, $e_1 + e_2 \leq b_3' < b_3 > b_3'' \geq e_3 + e_4 + e_5$, $b_4' < b_4 \geq b_4''$, $b_4' + b_4'' \geq b_4$, $b_5'' \geq b_5$.

Построим матрицу (см. табл. 1). Для заданных условий на две строки, каждая из которых предназначена для железнодорожного или автомобильного транспорта, должны быть подразделены пункты отправления B_1 и B_4 . Помещаемые в матрицу расчетные объемы отправления груза по строкам B_1' (отправление из пункта B_1 железнодорожным транспортом), B_2, B_3 и B_5 принимаются равными заданным, а по остальным строкам — размерам провозной способности железнодорожного и автомобильного транспорта в соответствующих пунктах отправления. Стоимости в строке B_2 указываются для железнодорожной перевозки (здесь этот вид транспорта единственно возможный), а в строке B_5 — для автомобильной как наиболее экономичной при достаточной провозной способности. В строке B_3 для пунктов назначения V_1 и V_2 проставляются стоимости железнодорожного, а для V_3, V_4 и V_5 — автомобильного транспорта как наиболее экономичных при достаточной их провозной способности в данных корреспонденциях (для V_4 — как единственно возможного вида транспорта); M для автомобильного транспорта помещаются в корреспонденциях $B_1 - V_3$ и $B_4 - V_3$, которые могут обслуживаться только железной дорогой. В остальных строках матрицы помещаются стоимости железнодорожной или автомобильной перевозки в соответствующих корреспондирующих. Для пунктов отправления B_1 и B_4 , разделенных на две строки, в дополнение к заданным следует предусмотреть фиктивные пункты назначения Φ_1 и Φ_4 с объемами прибытия в них, равными разнице

между расчетными и заданными объемами отправления груза в каждом из этих пунктов отправления. Стоимости перевозки для фиктивных пунктов назначения поставлены так, как об этом сказано ранее.

Матрица решается любым из известных алгоритмов транспортной задачи линейного программирования с одним видом транспорта.

В качестве примера с помощью предлагаемого способа рассчитан оптимальный месячный план перевозок строительного кирпича. За критерий эффективности принят показатель приведенных строительно-эксплуатационных затрат. Методами линейного программирования были установлены два варианта оптимального плана: при изолированном рассмотрении перевозок на железнодорожном и автомобильном транспорте и при совмещенном их планировании с использованием предлагаемого метода. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Способы планирования перевозок	Затраты, тыс. руб.	Экономия от оптимизации	
		тыс. руб.	%
Фактически действующий	351	—	—
Оптимизация при изолированном рассмотрении перевозок на железной дороге и автотранспорте	341	10	2,9
Оптимизация при совмещенном планировании перевозок обоими видами транспорта	311	40	11,4

Эти данные свидетельствуют о том, что оптимизация плана перевозок одновременно для двух видов транспорта с помощью предлагаемого способа обеспечивает гораздо больший экономический эффект, чем оптимизация при разобъемном планировании перевозок на каждом виде транспорта. Рекомендуемый алгоритм позволяет не только оптимально прикрепить поставщиков к потребителям, но и одновременно произвести распределение перевозок в каждой корреспонденции между видами транспорта. Прием сведения рассматриваемых задач к стандартной постановке транспортной задачи может быть использован и для одновременного решения транспортной задачи с более чем двумя видами транспорта при ограничениях их провозной способности.

Поступила в редакцию
22 II 1968

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДОЛИ ЛИЧНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В КОНЕЧНОМ ПРОДУКТЕ

П. М. ИЛЬЯГУЕВ

(Москва)

В данной работе рассматривается оценка коэффициента личного потребления на основе модели, предложенной в [1]. Используются статистические данные по США с 1896 по 1966 г. в ценах 1958 г. (см. Приложение).

Модель состоит из ряда макроэкономических показателей, определенных в момент времени t , а именно: конечного продукта $Y(t)$, личного потребления $C(t)$, валовых капиталовложений $X(t)$ и независимых расходов $R(t)$. Между этими показателями существуют зависимости, выражаемые системой уравнений

$$\begin{aligned} C(t) &= \alpha Y(t) + \beta + u(t), \\ Y(t) &= C(t) + X(t) - R(t), \\ R(t) &= \mu [C(t) + X(t)] + \nu + \omega(t), \end{aligned} \quad (1)$$

где α — коэффициент личного потребления; β и ν — некоторые постоянные, определяемые начальными условиями; μ — постоянная, характеризующая линейную зави-