УДК 62-50

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ «ПОСТАВЩИК — ПОТРЕБИТЕЛИ»

А. АШИМОВ, В. Н. БУРКОВ, Н. КУЛЖАБАЕВ

(Алма-Ата, Москва)

Рассматривается функционирование простых моделей системы «поставщик — потребители» в процессе сбыта готовой продукции. Проводится сравнительный анализ законов жесткой централизации и открытого управления [1]. Доказываются теоремы об оптимальности плана отгрузки готовой продукции в решении соответствующей игры.

1. Описание системы

Рассмотрим систему «поставщик — потребители» для случая однопродуктовой модели. Обозначим b_t — количество готовой продукции, выпускаемое поставщиком в интервале t ($t=1\div T$, где T — число планируемых интервалов). Примем, что вышестоящей планирующей организацией уже решена задача прикрепления потребителей к поставщикам и, следовательно, для данного поставщика определены потребители и количество продукции $Q_{\rho T}$, отгружаемое потребителю ρ за весь планируемый период T ($\rho=1\div n$, где n — число потребителей). При этом

$$\sum_{\rho=1}^{n} Q_{\rho T}=\sum_{t=1}^{T} b_t.$$

Поставщик должен составить график отгрузки $u=(u_\rho)=\{u_{\rho t}\}$ готовой продукции на основе заявок потребителей с учетом своих производственных мощностей. Примем, что каждый потребитель ρ сообщает поставщику заказ в форме интегрального графика отгрузки $Q_\rho=\{Q_{\rho t}\}$, где $Q_{\rho t}$ определяет количество продукции, отгружаемое потребителю ρ за первые t интервалов. Потребитель может также сообщать информацию о «срочности» поставок, например, в виде коэффициентов потерь от недопоставки продукции $\beta_\rho=\{\beta_{\rho t}\}$ или затрат на хранение избытка продукции $\alpha_\rho=\{\alpha_{\rho t}\}$. Естественно допустить, что для каждого потребителя существует наиболее предпочтительный график отгрузки $R_\rho=\{R_{\rho t}\}$. При отклонении реального интегрального графика отгрузки $V_\rho=\left\{V_{\rho t}=\sum_{1}^{t} u_{\rho\tau}\right\}$ от R_ρ потребитель несет потери (в случае $V_{\rho t}>R_{\rho t}$ это могут быть затраты на хранение избытка продукции, а при $V_{\rho t}<R_{\rho t}$ — потери от нехватки сырья). Будем рассматривать простейший случай кусочно-линейной зависимости потерь от величины дефицита $\Delta_{\rho t}=R_{\rho t}-V_{\rho t}$, а именно

$$\Pi_{\rho t}=\begin{cases}\alpha_{\rho t}\Delta_{\rho t}, & \text{если } \Delta_{\rho t}\leqslant 0,\\ \beta_{\rho t}\Delta_{\rho t}, & \text{если } \Delta_{\rho t}>0,\end{cases}$$

где $\alpha_{\rho t}$ и $\beta_{\rho t}$ — коэффициенты потерь.

Суммарные потери $\Pi=\sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\Pi_{\rho t}$ примем за критерий эффективности функционирования системы «поставщик — потребители». Рассмотрим следующую систему взаимоотношений между поставщиком и потребителями. Потребитель оплачивает продукцию по цене c_t, если отгрузка произведена в интервале t. Практически интересным является случай, когда суммарный заказ потребителей в любом интервале $t<T$ превышает выпущенное к этому времени количество продукции, т. е. $\sum_{\rho=1}^{n} Q_{\rho t}\geqslant\sum_{1}^{t} b_\tau=B_t$. В этом случае $c_1\geqslant c_2\geqslant\ldots\geqslant c_T$, т. е. чем раньше производится отгрузка, тем выше цена. Цена c_T может соответствовать оптовой цене продукции, а разность $\lambda_t=(c_t-c_T)$ определяет надбавку за срочность. Поставщик в свою очередь штрафуется за срыв сроков поставок продукции. Принимая кусочно-линейный вид функции штрафов, запишем целевую функцию поставщика в виде

$$F=\sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}(c_T u_{\rho t}-f_{\rho t}),$$

(1) $$f_{\rho t}=\begin{cases}\gamma_{\rho t}(V_{\rho t}-Q_{\rho t}), & \text{если } V_{\rho t}\geqslant Q_{\rho t},\\ \mu_{\rho t}(Q_{\rho t}-V_{\rho t}), & \text{если } V_{\rho t}<Q_{\rho t},\end{cases}$$

где $\gamma_{\rho t}$, $\mu_{\rho t}$ — коэффициенты штрафов.

Замечание. В (1) стоит оптовая цена продукции c_T независимо от интервала отгрузки, так как предполагается, что дополнительная прибыль от надбавки за срочность поступает в государственный бюджет. Кроме того, не включены составляющие целевой функции предприятия, не зависящие от графика отгрузки продукции, а также не учитывается время документооборота, соответствующее разрыву во времени между реализацией готовой продукции и ее отгрузкой.

Целевая функция потребителя включает плату за продукцию и потери при отклонении реального графика отгрузки от желаемого:

$$P_\rho=\sum_{t=1}^{T}(c_t u_{\rho t}+p_{\rho t}),$$

(2) $$p_{\rho t}=\begin{cases}\alpha_{\rho t}(V_{\rho t}-R_{\rho t}), & \text{если } V_{\rho t}\geqslant R_{\rho t},\\ \beta_{\rho t}(R_{\rho t}-V_{\rho t}), & \text{если } V_{\rho t}<R_{\rho t}.\end{cases}$$

Здесь не учитываются затраты потребителей на накладные расходы и на перевозку продукции, так как предполагается, что они слабо зависят от динамики поставок.

Наконец, выпишем ограничения, определяющие допустимые графики отгрузки:

$$u_{\rho t}\geqslant 0\ (\rho=1\div n,\ t=1\div T),$$

(3) $$\sum_{\rho=1}^{n} V_{\rho t}\leqslant B_t\quad (t=1\div T),$$

(4) $$V_{\rho t}=Q_{\rho t}\ (\rho=1\div n).$$

2. Функционирование системы

Будем считать, что потери потребителей от недопоставок продукции существенно превышают затраты на хранение избытка продукции. Пренебрегая последними, запишем целевую функцию потребителя ρ в виде

$$(5)\qquad P_\rho=\sum_{t=1}^{T}\left\{c_t u_{\rho t}+\beta_{\rho t}(R_{\rho t}-V_{\rho t})1[R_{\rho t}-V_{\rho t}]\right\},$$

где $1[x]=1$ при $x\geqslant 0$ и $1[x]=0$ при $x<0$.

Примем, что поставщик не производит отгрузку продукции сверх заказанного количества $Q_{\rho t}$, т. е. $V_{\rho t}\leqslant Q_{\rho t}$ для всех ρ, t. Далее можно отбросить составляющую $\sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}c_T u_{\rho t}=c_T\sum_{\rho=1}^{n}Q_{\rho T}$ целевой функции поставщика, как не зависящую от плана отгрузки готовой продукции. Поэтому поставщик определяет план отгрузки продукции из условия минимизации штрафов за срыв поставок или из эквивалентного условия максимума величины

$$(6)\qquad F=\sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T-1}\mu_{\rho t}V_{\rho t}.$$

Рассмотрим функционирование системы. На этапе формирования данных каждый потребитель сообщает поставщику интегральный график отгрузки продукции $Q_{\rho t}$ (заказ) и, возможно, оценку коэффициента потерь $\beta_{\rho t}$. Примем, что коэффициент штрафа $\mu_{\rho t}$ равен (или прямо пропорционален) этой оценке. На этапе планирования поставщик определяет график отгрузки продукции $V=(V_\rho)$. На этом же этапе определяются (или корректируются) цены $c=(c_t)$. Возможны различные процедуры формирования планов отгрузки и цен (различные законы управления). В работе исследуются два закона управления — закон жесткой централизации (ЖЦ) и закон открытого управления (ОУ). В законе ЖЦ цены $\{c_t\}$ фиксированы (в частности, $c_t=c_0$ — оптовая цена продукции), а план отгрузки определяется как оптимальное решение задачи максимизации (6) при условиях (3), (4) и

$$(7)\qquad V_{\rho t}\geqslant V_{\rho,\,t-1}\ (t=1\div T,\ \rho=1\div n,\ V_{\rho 0}=0),$$

$$(8)\qquad V_{\rho t}\leqslant Q_{\rho t}\ (t=1\div T-1,\ \rho=1\div n).$$

Запишем задачу (3), (4), (6)–(8) в другом виде, перейдя к переменным $u_{\rho t}=V_{\rho t}-V_{\rho,\,t-1}$. Обозначим $S_{\rho t}=\sum_{\tau=t}^{T-1}\mu_{\rho\tau}$. После несложных преобразований получаем задачу максимизации

$$(9)\qquad \sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T-1}s_{\rho t}u_{\rho t}$$

при ограничениях

$$(10)\qquad \sum_{\rho=1}^{n}\sum_{1}^{t}u_{\rho\tau}\leqslant B_t\qquad (t=1\div T-1),$$

$$(11)\qquad \sum_{1}^{t}u_{\rho\tau}\leqslant Q_{\rho t}\qquad (t=1\div T-1,\ \rho=1\div n).$$

В законе ОУ план отгрузки и цены определяются в результате решения одной задачи оптимального согласованного планирования, которая отличается от задачи (9)—(11) дополнительными условиями совершенного согласования [1]. Эти условия отражают интересы потребителей при составлении планов отгрузки. В силу условий совершенного согласования каждый потребитель получает согласованный план отгрузки, т. е. план, обеспечивающий минимум функции предпочтения

$$\psi_\rho=\sum_{t=1}^{T}\{c_t u_{\rho t}+\mu_{\rho t}(Q_{\rho t}-V_{\rho t})1[Q_{\rho t}-V_{\rho t}]\} \tag{12}$$

на множестве возможных планов, определяемом условиями (11). Заметим, что в (12) коэффициент $\mu_{\rho t}$ является оценкой $\beta_{\rho t}$, а заказ $Q_{\rho t}$ — оценкой желательного графика отгрузки $R_{\rho t}$ (в частности, при $\mu_{\rho t}=\beta_{\rho t}$ и $Q_{\rho t}=R_{\rho t}$ (12) совпадает с (5)). Так как $V_{\rho t}\leqslant Q_{\rho t}$, то условие минимума (12) при ограничениях (11) эквивалентно условию минимума

$$\sum_{t=1}^{T-1}(c_t-s_{\rho t}-c_T)u_{\rho t} \tag{13}$$

при тех же ограничениях.

Перейдем к исследованию функционирования системы при законах ЖЦ и ОУ с позиций теории игр. Стратегиями игроков (потребителей) являются в данном случае графики отгрузки $Q_\rho=\{Q_{\rho t}\}$, сообщаемые поставщику, и, возможно, коэффициенты потерь $\mu_\rho=\{\mu_{\rho t}\}$, если сообщение этих коэффициентов предусмотрено в схеме функционирования системы. Совокупность стратегии $Q=\{Q_\rho\}$ (и, возможно, $\mu=\{\mu_\rho\}$) определяет ситуацию игры. Сначала рассмотрим закон ЖЦ, а затем закон ОУ.

3. Анализ законов жесткой централизации

Будем считать, что $c_t=c_0$ (оптовая цена продукции) для любого интервала. Рассмотрим сначала случай, когда коэффициенты потерь $\beta_\rho=\{\beta_{\rho t}\}$ потребителей известны поставщику, причем $\mu_{\rho t}=\beta_{\rho t}\bar{s}_{\rho t}=\sum_{\tau=t}^{T-1}\beta_{\rho\tau}\overset{\text{def}}{=}r_{\rho t}$ $(t=1\div T-1)$. Пусть, кроме того, $\beta_{\rho t}\geqslant\beta_{\rho+1,\tau}$ для всех t, τ, $\rho=1\div n-1$. В этом случае, нетрудно показать, оптимальное решение задачи (9)—(11) можно получить, применяя простое правило приоритета потребителей: продукция отгружается потребителям в порядке возрастания их номеров (т. е. сначала определяется график отгрузки для 1-го потребителя, затем для второго и т. д.). Имеет место следующая теорема.

Теорема 1. Стратегия $Q_\rho=R_\rho$ является абсолютно оптимальной для любого потребителя.

Доказательство. По определению абсолютно оптимальной стратегии необходимо доказать, что R_ρ — оптимальная стратегия потребителя ρ при любых стратегиях других потребителей. Для первого потребителя, имеющего высший приоритет, это очевидно (предполагаем, что $R_{\rho t}<B_t$ для всех ρ, t). Пусть $\rho'>1$. Примем $Q_{\rho t}=0$ для всех $\rho<\rho'$. В этой ситуации $Q_{\rho'}=R_{\rho'}$ — оптимальная стратегия потребителя ρ'. Аналогично легко показать, что $R_{\rho'}$ является оптимальной стратегией в любой другой ситуации. Следовательно, $R_{\rho'}$ — абсолютно оптимальная стратегия.

Следствие. Если учесть потери на хранение избытка продукции, стратегия $Q_\rho=R_\rho$ является единственной абсолютно оптимальной стратегией для любого потребителя.

Доказательство следует из доказательства теоремы 1.

Таким образом, если коэффициенты потерь такие, что существует упорядочение потребителей в указанном смысле, то закон ЖЦ обеспечивает оптимальность плана отгрузки без введения дополнительной «платы за срочность». Если такого упорядочения нет, то абсолютно оптимальная стратегия каждого потребителя есть $Q_{\rho t}=R_{\rho T}$ $(t=1\div T)$, что соответствует завышению срочности (потери на хранение избытка продукции в данном случае не учитываются). Ясно, что в этом случае закон ЖЦ уже не обеспечивает оптимальности плана отгрузки готовой продукции.

Рассмотрим случай, когда коэффициенты потерь $\{\beta_{\rho t}\}$ неизвестны поставщику, а оценки $\{\mu_{\rho t}\}$ этих коэффициентов сообщают потребители. Интуитивно ясно, что в этом случае потребители будут завышать важность срочной отгрузки продукции (сообщать завышенные значения $\mu_{\rho t}$) и соответственно завышать заявки на отгрузку в ранние интервалы.

Таким образом, закон ЖЦ в общем случае не решает проблемы построения оптимальных планов отгрузки.

4. Анализ закона открытого управления

Примем, что графики R_ρ известны поставщику, а неизвестными являются коэффициенты потерь β_ρ. В законе ОУ цены c_t не являются фиксированными, а определяются вместе с планом отгрузки в результате решения задачи согласованного планирования. Следовательно, вектор цен зависит от ситуации s, т. е. от набора сообщаемых оценок $\{s_{\rho t}\}$. Однако при достаточно большом числе потребителей естественно принять, что влияние оценок s_ρ отдельного потребителя на цены c_t будет незначительным. Это делает правдоподобной следующую гипотезу слабого влияния (СВ): потребители не учитывают влияния сообщаемых оценок на цены c_t. Сначала конкретизируем процедуру формирования цен. Для этого рассмотрим задачу, двойственную к (9)—(11), определив двойственные переменные $\bar\lambda_t\geqslant 0$, $\varkappa_{\rho t}\geqslant 0$ $(t=1\div T-1,\ \rho=1\div n)$:

(14) $$\sum_{t=1}^{T-1}\bar\lambda_t B_t+\sum_{\rho=1}^{n}\sum_{t=1}^{T-1}\varkappa_{\rho t}R_{\rho t}\to\min$$

при условиях

(15) $$\sum_{\tau=t}^{T-1}\bar\lambda_\tau+\sum_{\tau=t}^{T-1}\varkappa_{\rho\tau}\geqslant s_{\rho t}\qquad(\rho=1\div n,\ t=1\div T-1).$$

Обозначим $\sum_{\tau=t}^{T-1}\bar\lambda_\tau=c_t-c_T$, $\sum_{t}^{T-1}\varkappa_{\rho\tau}=\delta_{\rho t}(t=1\div T-1)$. В переменных c_t-c_T, $\delta_{\rho t}$ условия (18) примут более простой вид

(16) $$(c_t-c_T)+\delta_{\rho t}\geqslant s_{\rho t}\ (\rho=1\div n,\ t=1\div T-1).$$

Выпишем соотношения дополняющей нежесткости

(17) $$(\delta_{\rho t}+c_t-c_T-s_{\rho t})u_{\rho t}=0\ (\rho=1\div n,\ t=1\div T-1),$$

(18) $$(R_{\rho t}-V_{\rho t})\varkappa_{\rho t}=0\ (\rho=1\div n,\ t=1\div T-1),$$

(19) $$\left(B_t-\sum_{\rho=1}^{n}V_{\rho t}\right)\bar\lambda_t=0\qquad(t=1\div T-1).$$

Заметим, что условия (17), (18), выписанные для потребителя ρ, являются соотношениями дополняющей нежесткости для задачи (11), (13) при соответствующем обозначении двойственных переменных. Поэтому выбор в качестве цен c_t оптимальных значений соответствующих переменных двойственной задачи (14), (15) автоматически приводит к выполнению условий совершенного согласования (11), (13). Примем в дальнейшем, что $c_t=\sum_{t}^{T-1}\bar\lambda_\tau^0+c_T$, где $\bar\lambda_\tau^0$ — оптимальные значения соответствующих переменных двойственной задачи (14), (15). Положим $c_T=c_0$ (оптовая цена продукции). Заметим, что из условий неотрицательности $\bar\lambda_t$ $(t=1\div T-1)$ следует $c_1\geqslant c_2\geqslant c_3\geqslant\ldots\geqslant c_T$. Итак, процедура формирования планов отгрузки и цен определена (если решение прямой и двойственной задачи неединственно, то берется любое). Перейдем к исследованию ситуаций равновесия при гипотезе СВ. Достаточные условия равновесия для потребителя ρ при гипотезе СВ имеют вид

$$\sum_{t=1}^{T-1}u_{\rho t}^*(c_t-c_0-r_{\rho t})=\min_{u_\rho}\sum_{t=1}^{T-1}u_{\rho t}(c_t-c_0-r_{\rho t}) \tag{20}$$

при условиях $\sum_{1}^{t}u_{\rho\tau}\leqslant R_{\rho t}$ $(t=1\div T-1)$.

Замечание. Могут существовать ситуации равновесия, для которых (20) не имеет места. Однако эти ситуации неустойчивы в том смысле, что потребители, для которых (20) нарушается, будут пытаться улучшить свое положение. В то же время ситуации, в которых (20) выполняется для всех потребителей, устойчивы, поскольку для каждого потребителя обеспечивается минимум его целевой функции при гипотезе СВ. В дальнейшем рассматриваются ситуации равновесия, устойчивые в указанном смысле. Примером таких ситуаций является $s=r$, т. е. сообщение всеми потребителями достоверных оценок.

Теорема 2. Любой ситуации равновесия соответствует оптимальный план отгрузки продукции.

Доказательство. Выпишем соотношения дополняющей нежесткости для задачи (20), обозначив двойственные переменные $\varkappa_{\rho t}\geqslant 0$, $\delta_{\rho t}=\sum_{t}^{T-1}\varkappa_{\rho\tau}$:

$$(\delta_{\rho t}+c_t-c_0-r_{\rho t})u_{\rho t}=0 \quad (\rho=1\div n,\quad t=1\div T-1),$$

$$(R_{\rho t}-V_{\rho t})\varkappa_{\rho t}=0 \quad (\rho=1\div n,\quad t=1\div T-1).$$

Добавив к ним условия (19), которые выполняются в любой ситуации, получим соотношения дополняющей нежесткости для задачи (9)—(11), где $s=r$ и $Q=R$, которые являются необходимыми и достаточными для оптимальности равновесного плана отгрузки. Теорема доказана.

Теорема 2 остается справедливой и в том случае, когда стратегиями потребителей является сообщение заказов Q_ρ либо заказов и оценок (Q_ρ, s_ρ). Действительно, условия (20) остаются условиями равновесия и для этих случаев.

Замечание. Уже отмечалось, что ситуаций равновесия может быть несколько. В частности, все ситуации вида $s_{\rho t}=r_{\rho t}+q_\rho$ (q_ρ — любое число, $\rho=1\div n$, $t=1\div T-1$) являются равновесными. С точки зрения потребителя все они эквивалентны. Поэтому с учетом слабых штрафов за сообщение недостоверных оценок можно считать, что $s^*=r$ — единственная ситуация равновесия.

Исследуем закон ОУ с позиций принципа максимального гарантированного результата.

Теорема 3. Любая стратегия $s_\rho\leqslant r_\rho$ является гарантирующей.

Доказательство. Обозначим P — множество t, таких, что $u_{\rho t}>0$. В силу условий согласования $c_t \leqslant c_0+s_{\rho t}$ для всех $t \in P$. В наименее благоприятном случае очевидно $c_t=c_0+s_{\rho t}$ для всех $t \in P$. При этом гарантированный результат равен максимуму величины

$$\sum_{t \in P} (s_{\rho t}-r_{\rho t})\, u_{\rho t}$$

при условиях (11) и минимален при $s_{\rho t} \leqslant r_{\rho t}$, $t \in P$. Поскольку любой интервал может принадлежать P, то $s_\rho \leqslant r_\rho$ — гарантирующая стратегия. Максимальный гарантированный результат равен 0. Как и в случае ситуаций равновесия с учетом штрафов за искажение информации, можно принять, что r_ρ — единственная гарантирующая стратегия. Осталось доказать, что существуют стратегии других потребителей, такие, что $c_t=c_0+s_{\rho t}$ для всех t. Для этого достаточно взять $s_q=s_\rho$ для всех $q \neq \rho$. Теорема доказана.

5. Исследование гипотезы слабого влияния

При исследовании ситуаций равновесия предполагалось, что потребители не учитывают влияния сообщаемых оценок μ_ρ на цены c_t (гипотеза слабого влияния). Исследуем, насколько правдоподобна эта гипотеза. Ограничимся случаем $T=2$ (на-

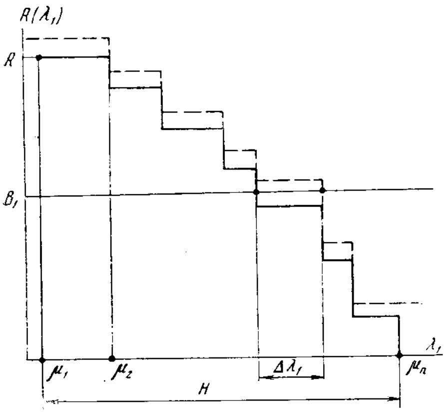

Рис. 1

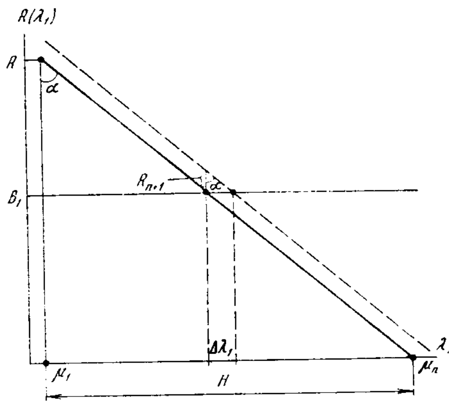

Рис. 2

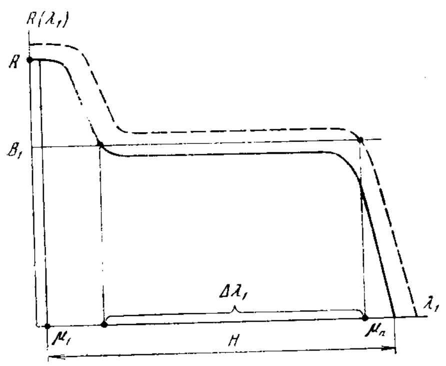

Рис. 3

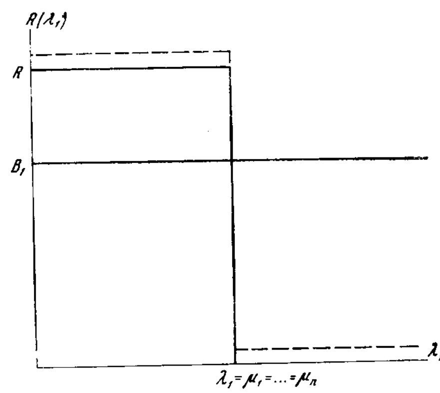

Рис. 4

пример, годовое планирование с разбивкой по полугодиям). Обозначим $\theta(\lambda_1)$ — множество ρ, таких, что $\mu_{\rho 1}>\lambda_1$, и построим график $R(\lambda_1)=\sum R_{\rho 1}$ по $\rho \in \theta(\lambda_1)$ (рис. 1). Заметим, что $\theta_+\lambda_1)$ – множество потребителей, желающих получать продукцию в первом интервале при надбавке к цене λ_1, а $R(\lambda_1)$ – суммарный заказ этих потребителей. Очевидно, надбавка λ_1 для закона ОУ определяется из условия $R(\lambda_1)=B_1$ (см. рис. 1, 2). Добавим еще одного потребителя и посмотрим, как будет изменяться λ_1 при изменении оценки $\mu_{n+1,1}$ от нуля до максимальной (пунктирная линия на рис. 1). Это изменение зависит, как легко видеть, от заказа R_{n+1} и от «скорости уменьшения» $R(\lambda_1)$ с ростом λ_1. На рис. 2 приведена сглаженная кривая $R(\lambda_1)$. Видно, что $\Delta\lambda_1 \approx K \cdot R_{n+1,1}$, где K — тангенс угла α. Пусть, например, коэффициенты потерь $\mu_{\rho 1}$ равномерно распределены в интервале их возможных значений, т. е. $K = H/R$ $\left(R = \sum_{\rho=1}^{n} R_{\rho 1},\ H = \mu_H - \mu_1\right.$ — см. рис. 2). В этом случае $\Delta\lambda_1 \approx H \cdot R_{n+1,1}/R$, и гипотеза слабого влияния достаточно правдоподобна, если «вес» заказа одного потребителя мал по сравнению с суммарным заказом R (отсутствие «монопольного» потребителя). На рис. 3 приведен пример, когда вес заказа отдельного потребителя мал, но его влияние на цену значительно. Это связано с тем, что остальные потребители распадаются на две группы с существенно различными коэффициентами потерь. Наконец, на рис. 4 приведен пример отсутствия влияния отдельного потребителя на λ_1, когда все потребители одинаковы.

Заключение

Проведенное исследование позволяет рекомендовать следующий механизм функционирования в системе «поставщик — потребители». Потребители объединяются в группы приоритета с существенно различными коэффициентами потерь в разных группах и с близкими коэффициентами внутри одной группы. Распределение продукции между группами производится в соответствии с приоритетами групп по принципу жесткой централизации. Распределение продукции среди потребителей одной группы производится по принципу открытого управления. При этом в силу близости коэффициентов потерь потребителей одной группы можно принять гипотезу слабого влияния при достаточно большом числе потребителей (порядка пяти или больше, как показывают эксперименты на деловых играх). А при гипотезе СВ в ситуации равновесия обеспечивается оптимальность плана отгрузки(согласно теореме 2) и достоверность сообщаемой информации.

Поступила в редакцию
14 апреля 1977 г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурков В. Н.* Основы математической теории активных систем, «Наука», 1977.

STUDY OF MANAGEMENT LAWS IN A SUPPLIER — CONSUMER SYSTEM

A. ASHIMOV, V. N. BURKOV, N. KULZHABAEV

The paper is concerned with the functioning of simple supplier — consumer system models in product marketing. Laws of stringent centralization and above-board control [1] are analyzed. Theorems on optimality of the product shipment schedule are proved in solution of the associated game.