К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ОДНОЙ ЧАСТНОЙ ЗАДАЧИ

В. А. Дехтяренко, М. Л. Зайчик, Т. Ф. Фадеева

Минск, Одесса, Москва

Для нефтеперерабатывающего завода была решена задача по оптимизации прибыли при стохастических нормативных параметрах.

Задача имела следующую постановку. Пусть F — функционал, выражающий прибыль для завода. Необходимо этот функционал доста-

вить в максимум, т. е.

$$F=\sum_{i=1}^{7} c_i M(y_i)-\sum_{j=1}^{5} c_j M(z_j)-b_1\sum_{j=1}^{5} M(z_j)+b_2-b_3+\Pi_{сут}(3-\hat{\tau}_{рем})-$$

$$-b_4+\Pi'_{сут}(5-\bar{\tau}_{рем})-b_5+\Pi'_{сут}(\bar{M}-M)\to\max. \qquad (1)$$

1. $\sum_{i=1}^{7} c_i M(y_i)$ — выручка завода за готовую продукцию:

y_i — виды продукции; c_i — фиксированные цены на них; $M(y_i)$ — математическое ожидание количества выпущенных нефтепродуктов.

2. $\sum_{j=1}^{5} c_j M(z_j)$ — затраты завода на сырье: z_j — количество отдельных видов сырья, c_j — фиксированные цены на них; $M(z_j)$ — математическое ожидание количества переработанной нефти.

3. $b_1\sum_{j=1}^{5} M(z_j)$ — увеличение затрат на перевозку нефти при снижении тоннажа танкеров, причем $b_1=f(\bar{g}-g)$ — цена перевозки одной тонны нефти, g — дискретное значение тоннажа танкера, доставившего нефть на завод (оно меняется в пределах от g_{min}, равного 3 тыс. $т$, до $\bar{g}$ — планового значения, равного 11 тыс. тонн, т.е. $g_{min}\leqslant g\leqslant\bar{g}$).

4. b_2 — снижение месячных затрат при уменьшении интервала поставки нефти на завод, $b_2=f(\bar{\tau}^2-\tau^2)$, где переменная величина τ^2 — текущее значение интервала постановки нефти. Она ограничена сверху величиной $\bar{\tau}^2$, а снизу нулем, т. е. $0\leqslant\tau^2\leqslant\bar{\tau}^2$.

5. b_3 — увеличение месячных затрат в связи с сокращением простоев в ремонте на установке АВТ, $b_3=f(3-\hat{\tau}_{рем})$, где переменная $\hat{\tau}_{рем}$ — время ремонта установки АВТ. Эта величина ограничена снизу нулем (установка может не выходить из строя в течение тридцати суток) и сверху — максимальным сроком, который выделяется на ремонт установки, т. е. $0\leqslant\hat{\tau}_{рем}\leqslant 3$.

6. В зависимости от разности $(3-\hat{\tau}_{рем})$ будет пропорционально увеличиваться прибыль, т. е. возрастать член, входящий в выражение функционала $\Pi_{сут}(3-\hat{\tau}_{рем})$, где $\Pi_{сут}$ — прибыль, получаемая за сутки работы установки АВТ.

7. b_4 — увеличение месячных затрат (на оплату сверхурочных и прочих) в связи с сокращением простоев в ремонте на установке ККУ, $b_4=f(5-\bar{\tau}_{рем})$, где $\bar{\tau}_{рем}$ — время ремонта установки ККУ, переменная величина, по аналогии с п. 5 $0\leqslant\bar{\tau}_{рем}\leqslant 5$.

8. $\Pi'_{сут}(5-\bar{\tau}_{рем})$ — прибыль завода от сокращения простоев в ремонте установки ККУ, $\Pi'_{сут}$ — прибыль, получаемая за сутки работы установки ККУ, равная 5900 руб./сутки.

9. $b_5=f(\bar{M}-M)$ — стоимость затрат, вызываемых мероприятиями по снижению времени аварий, величина M ограничена сверху вели-

чиной $\bar{M}$ — фактическим средним значением времени аварий на ККУ (аварии на АВТ в данной задаче не рассматриваются), снизу — нулем, т. е. $0 \leqslant M \leqslant \bar{M}$.

10. По аналогии с п. 6 и 8 рассматриваем величину $\Pi_{сут}(\bar{M} - M)$.

Таким образом, ограничения, накладываемые на учитываемые факторы, представляют собой параллелепипедные неравенства:

$$g_{min} \leqslant g \leqslant \bar{g};\ 0 \leqslant \tau^2 \leqslant \bar{\tau}^2;\ 0 \leqslant \hat{\tau}_{рем} \leqslant 3;\ 0 \leqslant \bar{\tau}_{рем} \leqslant 5;\quad 0 \leqslant M \leqslant \bar{M}. \quad (2)$$

Рассматриваемая задача является задачей математического программирования со стохастическими параметрами управления [1].

Для нахождения значения функционала в точке была составлена стохастическая модель Монте-Карло, а для поиска оптимума применялся метод Бусленко — Соколова с нашей модификацией.

Оптимальные значения параметров управления и функционала следующие:

$g = 11\,000$ тонн, $\quad \bar{\tau}_{рем} = 4$ суток,
$\tau^2 = 4{,}2$ суток, $\quad M = 0{,}8$ суток,
$\hat{\tau}_{рем} = 2$ суток, $\quad F = 297\,058$ руб.

Для оценки качества управления необходимо сравнить полученные оптимальные значения параметров управления с имеющимися на практике [2].

Сделаем в связи с этим некоторые выводы.

1. В функционале содержатся десять слагаемых, причем первые два представляют собой прибыль завода минус постоянные расходы. Товарная продукция в рассматриваемый год стоит 15 440 000 руб. или за месяц в среднем 1 286,7 тыс. руб. Расход сырья в месяц — 78,5 тыс. *т*, стоимость этого сырья, включая переменные расходы на 1 *т* сырья, 10,1 *руб/т*. Тогда переменные затраты на сырье в месяц равны 792,9 тыс. руб. Поэтому значение первых двух слагаемых функционала равно 1 286,7 — —792,9 = 493,8 (тыс. руб.).

2. Тоннаж танкеров и интервал поставки связаны между собой (табл. 1).

Таблица 1

Тоннаж танкеров, тыс. *т*	Среднее количество танкеров за месяц	Интервал поставки, сутки
11	78,5 : 11 = 7,12	30 : 7,12 = 4,2
7	78,5 : 7 = 11,2	30 : 11,2 = 3
3,5	78,5 : 3,5 = 22,4	30 : 22,4 = 1,5

Более равномерная поставка позволяет снизить размер запасов нефти. Можно принять, что размер запаса нефти равен двухкратному расходу за один интервал поставок. Стоимость излишнего запаса увеличивает потребность в оборотных средствах. Известно, что плата за эти средства в месяц составляет 0,5% их стоимости, а потери при хранении запаса по данным завода — 0,2% стоимости запаса. С другой стороны, при снижении тоннажа танкера повышается тариф за перевозку единицы груза.

В табл. 2 отражена зависимость между различными факторами, влияющими на тоннаж танкеров и интервал их прибытия.

Из этой таблицы следует, что выгоднее возить нефть танкерами водоизмещением в 11 тыс. *т*, т. е. $g = 11$ тыс. *т*, $\bar{\tau}^2 = 4{,}2$ суток.

Таблица 2

Тоннаж танкера, тыс. т	Интервал поставок, сутки	Запас нефти, тыс. т	Стоимость запаса, тыс. руб.	Затраты, связанные с хранением, руб./т	Затраты, связанные с увеличением прибытия танкеров, руб./т	Стоимость перевозок, тыс. руб.	Совместное влияние перечисленных факторов на первые четыре слагаемые функционала (при переходе на малотоннажные танкеры), тыс. руб.
11	4,2	22	242,0	1,69	—	117,75	—
7	3	14	154,0	1,03	0,66	137,51	—19,1
3,5	1,5	7	77,0	0,54	1,54	157,0	—38,0

3. Продолжительность ремонта АВТ, как правило, составляет трое суток. Чтобы сократить время простоев в ремонте, потребуются сверхурочные работы, более дорогая арматура (задвижки, вентили и т. д.), дополнительные меры борьбы с коррозией.

В настоящее время нельзя рассчитывать на сколько-нибудь точное аналитическое выражение этих затрат, так как изучение характера их влияния связано с некоторыми трудностями. Однако эти затраты будут во всяком случае находиться в нелинейной зависимости между собой и с временем простоя, т. е. снижение каждого последующего часа простоя вызовет бо́льшие затраты.

Очевидно, что снижение простоев в ремонте позволит увеличить объем переработанной нефти и, следовательно, размер прибыли, причем известно, что приращение прибыли примерно пропорционально сокращению простоев.

Примерная зависимость между временем простоя АВТ, увеличением прибыли за счет роста производства, дополнительными затратами, связанными с сокращением простоев в ремонте, и их влияние на пятое и шестое слагаемые функционала показаны в табл. 3.

Таблица 3

Время простоя АВТ, сутки	Увеличение прибыли за счет роста производства, тыс. руб.	Дополнительные затраты, связанные с сокращением простоев в ремонте, тыс. руб.	Совместное влияние перечисленных факторов на пятое и шестое слагаемые функционала, тыс. руб.
3	—	—	—
2	4,6	— 3,5	+1,1
1	4,2	—10	—0,8
0	13,8	—18	—4,2

Таким образом, наивыгоднейшая продолжительность простоя в ремонте для установки АВТ — двое суток, т. е. $\hat{\tau}_{рем} = 2$.

4. Можно провести рассуждения (аналогичные п. 3) для седьмого и восьмого слагаемых функционала. В этом случае плановое время продолжительности в ремонте для ККУ составляет пять суток, наименьшее время — трое суток. В табл. 4 дана зависимость влияния рассматриваемых факторов на функционал. Из таблицы видно, что «наивыгоднейшая» продолжительность в ремонте для ККУ — четверо суток, т. е. $\hat{\tau}_{рем} = 4$.

Таблица 4

Время простоя ККУ, сутки	Увеличение прибыли, тыс. руб.	Дополнительные затраты, тыс. руб.	Совместное влияние на седьмое и восьмое слагаемые функционала, тыс. руб.
5	—	—	—
4	5,9	— 3,8	+2,1
3	11,8	—12	—0,2

5. Относительно сокращения аварийного времени на АВТ можно сказать то же, что было сказано относительно простоев в ремонте на АВТ.

Среднее время аварий — 0,1 сут./мес., т. е. $\bar{M}=0{,}1$. При снижении времени аварий до 0,09; 0,08; 0,07 и т. д. составим табл. 5. Таким образом, «наивыгоднейшее» время равно 0,08 суток, т. е. $M=0{,}08$.

Таблица 5

Время аварий, сутки	Увеличение прибыли, тыс. руб.	Дополнительные затраты, тыс. руб.	Совместное влияние на девятое и десятое слагаемые функционала, тыс. руб.
0,1	—	—	—
0,09	59	— 75	+ 14
0,08	118	—100	+ 18
0,07	177	—200	— 43
0,06	236	—350	—114
0,05	275	—520	—245
0,04	354	—720	—366

Моделирование процесса планирования и управления в случае неаналитических зависимостей параметров и характеристик связано с серьезными трудностями. В этом смысле построенная модель является примером, иллюстрирующим практическую ценность метода Бусленко — Соколова. Исследованная модель представляет собой попытку проимитировать такой реальный процесс, где до сих пор в лучшем случае практиковались решения, принимаемые на основе опыта и интуиции руководителя — человека.

Естественно, модель не полностью адекватна реальному процессу, однако, по нашему мнению, она может служить в качестве «пристрелочного» расчета для построения более совершенной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Бусленко. Моделирование сложных систем. Изд-во «Наука», 1969.
2. В. А. Староселъский. Исследование методики оценки качества управления в сложных системах. Автореф. канд. дисс., М., ЦЭМИ АН СССР, 1968.

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРАВИЛ ПРИОРИТЕТА НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЦЕХА СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ю. Я. Тарнопольский

Харьков

В последнее время все большее значение придается методам исследования сложных производственных систем с помощью адекватных ста-