

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Известия ТСХА. выпуск 4, 1986 год

УДК 631.330.115

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА В ПЛОДОВОДСТВЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. Д. ОРТ, А. М. ГАТАУЛИН

(Университет им. Гумбольдта ГДР, кафедра экономической кибернетики ТСХА)

Методом математического моделирования исследуется характер структурных сдвигов в процессе расширенного воспроизводства плодово-ягодной и овощной продукции в специализированных сельскохозяйственных предприятиях. В отличие от традиционных подходов модель рассматривается как средство управления сложной динамической системой.

Разработанная модель позволяет провести прогностический анализ процесса интенсификации под влиянием технико-экономических и природно-климатических факторов, исследовать реакцию хозяйственной системы на изменения этих факторов, сделать оценку эффективности тех или иных хозяйственных решений с учетом комплексного взаимодействия всех факторов управляемой системы.

Широкомасштабный экономический эксперимент стал важнейшим инструментом совершенствования хозяйственного механизма управления, научной основой разработки новых экономических концепций. Особенно важное значение в этих условиях приобретает экономико-математическое моделирование с использованием современной электронно-вычислительной техники.

В предлагаемой статье рассматриваются некоторые особенности моделирования производственной структуры в плодоводстве.

В течение последних двух пятилеток в СССР и ГДР сформировались крупные высокопродуктивные специализированные предприятия по производству плодово-ягодной и овощной продукции. Процесс интенсификации производства в этих предприятиях имеет свои особенности и поэтому важно исследовать характер структурных сдвигов при расширенном социалистическом воспроизводстве и оценить их с точки зрения целей развития отрасли в целом как сложной системы [1, 4, 5].

Особенность интенсификации рассматриваемой системы предприятий состоит в том, что все большее значение приобретают факторы управления физиологическими процессами, которые, в свою очередь, обуславливаются рядом причин:

— необходимостью обеспечения в возможно более длительный период поступления продукции в свежем виде (за счет использования разных культур и сортов, различных приемов их выращивания и хранения и т. д.);

— требованием обеспечения систематического повышения плодородия почвы и наиболее полной занятости площадей;

— высокой трудоемкостью многих технологических операций и в связи с этим ограничением возможностей концентрации и специализации производства;

— малотранспортабельностью многих видов продукции;

— необходимостью расфасовки продукции в малообъемных емкостях и большой потребностью в упаковочном материале и оборотной таре;

— высокими требованиями к квалификации кадров и управленческого персонала в области знания биологических закономерностей развития растений различных культур, сортов.

Учесть перечисленные особенности в комплексе можно путем разработки единой экономико-математической модели, в которой прежде всего должны быть отражены следующие необходимые условия:

— соотношение площадей под овощными культурами и плодовыми насаждениями в тесной балансовой увязке с обеспеченностью хранилищами, мощностями по обработке и расфасовке товарной продукции, средствами транспортировки;

— развитие кормопроизводства для молочного и мясного животноводства с учетом возможности скармливания животным нетоварной продукции овощных культур;

— обеспеченность трудовыми ресурсами (прежде всего квалифицированной рабочей силой), особенно в напряженные периоды работ;

— Сбалансированность фондов рабочего времени и мощностей специализированных машин в напряженные периоды работ.

Хорошо известные модели линейного программирования по оптимизации производственной структуры имеют недостаток: коэффициенты целевой функции этих моделей остаются верными лишь в сравнительно узком диапазоне изменений переменных, поскольку сами находятся в определенной зависимости от структуры определяемых величин, т. е. от характера решения задачи моделирования.

Нами была поставлена задача сформировать экономико-математическую модель, в которой была бы предусмотрена возможность вариации переменных величин в значительно больших пределах с целью изучения характерных закономерностей расширенного воспроизводства при производстве овощей и фруктов в специализированных сельскохозяйственных предприятиях.

Требования к математической модели. В экономико-математическом моделировании цель часто ограничивалась получением оптимального варианта решения. В настоящее время цель моделирования следует рассматривать в методическом отношении шире: модель должна обеспечивать управление поведением моделируемой системы, ее функционированием в целом. Для этого модель должна охватывать в совокупности все возможные (известные на обозримое будущее) технологические способы, т. е. содержать потенциально не только уже реализованные, но и предполагаемые свойства процессов. В модели должны найти отражение все существенные аспекты развития явления и его взаимосвязей. Методическим подходом к реализации этого требования является структуризация самой исследуемой проблемы на основе принципов системного подхода, в частности, раскрытие основных аспектов проблемы в виде спирально-иерархической структуры [4].

Описываемая ниже модель, на наш взгляд, соответствует выдвинутым требованиям.

#### **Модель оптимизации производственной и ресурсной структуры предприятия (объединения) — модель REOPT<sup>1</sup>**

Данная модель предназначена для нахождения вариантов эффективной производственной структуры хозяйства (объединения) на перспективу, учитывает непрерывность, пропорциональность, ритмичность и устойчивость процессов при условии четкой сбалансированности всех производственных ресурсов. Долгосрочные процессы в модели отражаются в разрезе календарного года. Модель является унифицированной линейной с несколькими целевыми функциями.

Рациональная стратегия поэтапного последовательного перехода от начального состояния «к целевому» состоянию обеспечивается с помощью линейно-динамической модели.

Состав переменных модели. Переменные модели представлены несколькими группами. Первая группа переменных отражает

<sup>1</sup> REOPT — Reproduktionsoptimierung für Obstbaubetriebe — оптимизация воспроизводства садоводческих хозяйств.

размеры технологических способов производства. Вторая описывает потребность в производственных ресурсах (особенно детально рассматриваются трудовые ресурсы и производственные фонды промышленного происхождения). Третья характеризует степень использования производственных ресурсов, а также фиксирует результативные экономические показатели.

**Состав ограничений модели.** В целях краткости изложения здесь не рассматриваются общепринятые ограничения, например, по использованию земельных площадей. Основное внимание сосредоточивается на ограничениях, специфичных для данной модели. Наиболее существенными являются ограничения, связанные с численностью работников и с возможностью увеличения фонда рабочего времени за счет привлечения сезонных и временных работников, а также с наличием и возможным приобретением сельскохозяйственной техники. Модель позволит определить эффективное соотношение между постоянными, сезонными и временными работниками, что особенно важно для производства с ярко выраженной сезонностью.

**Критерий оптимальности.** В модели могут быть использованы следующие критерии оптимальности: максимум валовой продукции, максимум валового дохода, максимум прибыли и др. В условиях хозяйственного расчета чаще используется критерий максимума прибыли. В то же время при оптимизации структуры производства на перспективу весьма сложно предвидеть возможные изменения ценовых соотношений на средства производства и выпускаемую продукцию. Поэтому предпочтительными могут быть другие максимизирующие или минимизирующие критерии.

В модели использована следующая индексация:  $J$  — множество технологических способов;  $J_1$  — множество способов возделывания сельскохозяйственных культур;  $J_2$  — множество способов производства животноводческих продуктов;  $J_3$  — множество способов хранения сельскохозяйственных продуктов;  $J_4$  — множество способов переработки сельскохозяйственных продуктов;  $J_5$  — множество способов транспортировки грузов, причем  $J = \{J_1, J_2, J_3, J_4, J_5\}$ ;  $K$  — множество категорий работников с учетом продолжительности рабочего времени дня (мужчины, женщины с учетом социальных мер по сокращению рабочего дня для женщин с несколькими детьми);  $L$  — множество групп сельскохозяйственной техники, используемых на нескольких процессах;  $M$  — множество специализированных сельскохозяйственных машин, предназначенных для выполнения конкретных работ (например, уборочные);  $N$  — множество видов материалов; — множество материалов, по которым необходимо сбалансировать содержание действующего вещества удобрений;  $Q$  — множество категорий работников по степени квалификации (механизаторы, работники ручного труда);  $T$  — множество напряженных периодов полевых работ; — множество напряженных периодов с наибольшей потребностью в сельхозтехнике.

**Определяемые величины:**  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_j)$  — вектор, определяющий размеры технологических способов производства, хранения, переработки и транспортировки;  $\vec{Y} = (y_1, \dots, y_i; y_{i+1}, \dots, y_g; y_p; \Delta y_p)$  — вектор суммарных значений натурально-вещественных показателей по  $l$ -й группе сельхозтехники, по  $g$ -й категории работников, по использованию работников в течение всего года и их недоиспользованию;  $\vec{Z} = (z_1, z_2, \dots, z_t)$  — вектор суммарных значений стоимостных показателей;  $\vec{P} = (p_1, p_2, \dots, p_k)$  — вектор, определяющий численность работников по  $k$ -й категории;  $\vec{R} = (r_1, r_2, \dots, r_t)$  — вектор значений потребности в сверхурочном времени в  $t$ -й период;  $\vec{S} = (s_1, s_2, \dots, s_t)$  — вектор величин потребности в сезонных и временных работниках в  $t$ -й период;  $\vec{U} = (u_1, u_2, \dots, u_i)$  — вектор, определяющий количество используемой сельхозтехни-

ки по  $l$ -й группе;  $\vec{V} = (v_1, v_2, \dots, v_m)$  — вектор, определяющий количество используемых сельхозмашин  $m$ -го вида;  $\vec{W} = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$  — вектор видов материалов  $n$ -го вида.

Технико-экономические коэффициенты модели:  $a_{jg}$  — норматив общих затрат труда  $g$ -й категории работников на  $j$ -й технологический способ;  $a_{jt}$  — норматив затрат труда в  $t$ -й период по  $j$ -му технологическому способу;  $a_k$  — норматив годового фонда рабочего времени работника  $k$ -й категории;  $a_{kt}$  — норматив фонда рабочего времени работников  $k$ -й категории в  $t$ -й период;  $a_g$  — коэффициент, учитывающий удельный вес затрат труда  $g$ -й категории, не отмеченных в нормативах затрат труда по выделенным технологическим способам (по соотношению:  $0,8 \leq a_g < 1$ );  $a_{st}$  — коэффициент пересчета трудоспособных сезонных и временных работников на уровень работников хозяйства с учетом характерных для данного  $t$ -го периода работ (вообще в пределах:  $0,6 \leq a_{st} \leq 0,9$ );  $b_{kt}$  — допустимое число сверхурочных часов работника  $k$ -й категории в  $t$ -й период;  $c_j$  — коэффициент выхода валовой продукции  $j$ -го технологического способа;  $d_{jl}$  — норматив затрат  $l$ -й группы видов сельхозтехники на  $j$ -й технологический способ;  $d_{jlt_1}$  — норматив затрат  $l$ -й группы видов сельхозтехники на  $j$ -й технологический способ в  $t_1$ -й период;  $d_{jm}$  — норматив затрат  $m$ -го вида сельхозмашин по  $j$ -му технологическому способу;  $d_{lt_1}$  — норматив фонда рабочего времени  $l$ -й группы видов сельхозтехники в  $t_1$ -й период;  $d_m$  — норматив фонда рабочего времени  $m$ -го вида сельхозмашин по всему комплексу работ;  $l_{jn}$  — норматив потребности в  $n$ -м виде материалов по  $j$ -му технологическому способу;  $l_{jn_1}$  — норматив потребности  $j$ -го технологического способа в действующих веществах  $n_1$ -го вида  $l_{n_1}$  — норматив содержания в  $n_1$ -м виде материалов действующих веществ;  $f_g$  — коэффициент издержек на единицу рабочего времени  $g$ -й категории;  $f_p$  — коэффициент издержек на единицу рабочего времени в случае неполного использования вследствие сезонности производства;  $f_r$  — коэффициент надбавки за сверхурочные часы;  $f_s$  — коэффициент дополнительных издержек на единицу рабочего времени сезонных и временных работников, затрачиваемых для их обеспечения;  $g_l$  — сумма амортизационных отчислений по  $l$ -й группе видов сельхозтехники;  $g_m$  — сумма амортизационных отчислений по  $m$ -му виду сельхозмашин;  $h_j$  — сумма издержек на те виды материалов, которые не балансируются в отдельности (семена, ядохимикаты и т. д.);  $h_l$  — сумма издержек на использование  $l$ -й группы видов сельхозтехники (горючее, смазочные материалы, затраты на текущий ремонт и т. д. — без оплаты труда механизаторов);  $h_n$  — цена  $n$ -го вида материалов;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий удельный вес той части себестоимости, которая не выражена в указанных статьях затрат (вообще в пределах  $0,7 \leq \alpha < 1$ ).

Описание правой (ресурсовой) части модели:  $\bar{P}_k$  и  $\underline{P}_k$  — нижняя и верхняя границы численности работников  $k$ -й категории;  $\bar{S}_t$  — верхняя граница фонда рабочего времени сезонных и временных работников в  $t$ -м периоде (в этом показателе учитывается необходимое соотношение между работниками хозяйства и привлеченными);  $\bar{U}_l$  и  $\underline{U}_l$  — нижняя и верхняя границы числа  $l$ -й группы видов сельхозтехники;  $\bar{V}_m$  и  $\underline{V}_m$  — нижняя и верхняя границы числа  $m$ -го вида сельхозмашин;  $Z_1$  — сумма прочих издержек на живой труд (административно-управленческий персонал, отчисления в социальные фонды)  $Z_2$  — сумма прочих амортизационных отчислений на основные фонды сельскохозяйственного назначения.

#### Математическое описание экономической подсистемы модели

Необходимо найти такой план хозяйства (объединения), который обеспечивает максимум некоторого из множества показателей: максимум валовой продукции  $Z = Z_5$ ; максимум прибыли  $Z = Z_6$ ; максимум валового дохода  $Z = Z_7$  при описываемых ниже условиях.

I. Условия использования трудовых ресурсов.

1. Баланс трудовых ресурсов по всем напряженным периодам полевых работ:

$$\sum_{j \in J} a_{jt_k} \cdot x_j - \sum_{k \in K} a_{t_k} \cdot p_k - r_{t_k} - a_{t_k} \cdot s_t \leq 0, \quad t \in T, \quad k \in K.$$

2. Ограничение по численности работников хозяйства, занятых в самом процессе производства сельскохозяйственной продукции:

$$\underline{P}_k \leq p_k \leq \bar{P}_k, \quad k \in K.$$

3. Ограничения по допустимому числу сверхурочных часов в напряженные периоды полевых работ:

$$r_t - \sum_{k \in K} b_{kt} p_k \leq 0, \quad t \in T.$$

4. Ограничения по фонду рабочего времени сезонных и временных работников по напряженным периодам полевых работ:

$$s_t \leq S_t, \quad t \in T.$$

5. Суммарные затраты труда по степени квалификации работников:

$$\sum_{j \in J} a_{jg} x_j - a_g \cdot y_g \leq 0, \quad g \in Q.$$

6. Общее использование трудовых ресурсов в течение всего года:

$$\sum_{g \in Q} y_g - \sum_{t \in T} a_{st} s_t - y_p = 0.$$

7. Использование расчетного фонда рабочего времени, численности работников в течение года:

$$\sum_{k \in K} a_k p_k - y_p - \Delta y_p = 0.$$

II. Условия использования в производстве сельхозтехники и машин.

1. Баланс по периодам наивысшей потребности в сельхозтехнике:

$$\sum_{j \in J} d_{jlt_1} x_j - d_{lt_1} u_l \leq 0, \quad t \in T_1, \quad l \in L.$$

2. Ограничение по наличию и приобретению сельхозтехники:

$$\underline{U}_l \leq u_l \leq \bar{U}_l, \quad l \in L.$$

3. Использование сельхозтехники:

$$\sum_{j \in J} d_{jl} x_j - y_l \leq 0, \quad l \in L.$$

4. Использование сельхозмашин:

$$\sum_{j \in J} d_{jm} x_j - d_m v_m \leq 0, \quad m \in M.$$

5. Ограничение по наличию и приобретению сельхозмашин:

$$\underline{V}_m \leq v_m \leq \bar{V}_m, \quad m \in M.$$

III. Потребность в основных видах материалов.

1. Суммирование потребности в видах материалов, сбалансированных в натуральном виде:

$$\sum_{j \in J} l_{jn_1} x_j - l_{n_1} \omega_{n_1} \leq 0, \quad n \in N, \quad \text{для } n \neq n_1.$$

2. Суммирование потребности в видах материалов, сбалансированных по содержанию действующего вещества:

$$\sum_{i \in J} l_{jn_i} x_j - l_{n_i} \omega_{n_i} \leq 0, \quad n_i \in N_1.$$

IV. Определение затрат по производству валовой продукции (совокупной себестоимости).

1. Суммирование издержек на живой труд:

$$\sum_{g \in Q} f_g y_g + f_r \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} r_{tk} + f_s \sum_{t \in T} s_t + f_p \Delta y_p - z_1 = 0.$$

2. Суммирование амортизационных отчислений на основные фонды с.-х. назначения:

$$\sum_{l \in L} g_l u_l + \sum_{m \in M} g_m v_m - z_2 = 0.$$

3. Суммирование прочих технологических издержек:

$$\sum_{j \in J} h_j x_j + \sum_{n \in N} h_n \omega_n + \sum_{l \in L} h_l y_l - z_3 = 0.$$

4. Определение общей суммы производственных затрат на производство (совокупная себестоимость) валовой продукции:

$$\sum_{i=1}^3 z_i - \alpha z_4 = 0.$$

V. Исчисление результативных экономических показателей.

1. Исчисление валовой продукции (25):

$$\sum_{j \in J} c_j x_j - z_5 = 0.$$

2. Исчисление условной прибыли ( $z_6$ ):

$$z_5 - z_4 - z_6 = 0.$$

3. Исчисление валового дохода (27):

$$z_1 + z_6 - z_7 = 0.$$

**Состав исходной информации.** При разработке модели в основном используются данные технологических карт и других нормативных материалов, на основе которых рассчитываются технико-экономические коэффициенты матрицы. Использование таких нормативов обусловлено прежде всего тем, что в хозяйствах не проводится отдельный учет затрат на производство каждого вида основной, сопряженной или побочной продукции в овощеводстве и в плодоводстве.

Почвенно-климатические и экономические условия производства данного хозяйства (объединения) отражаются в коэффициентах технологической подсистемы модели.

**Апробация модели.** Описанная модель многократно использовалась для оптимизации производственных структур на перспективу специализированных плодоводческих и овощеводческих кооперативов и государственных имений ГДР. На основе этой модели изучаются также вопросы совершенствования механизма экономического стимулирования в связи с внедрением в 1984 г. в ГДР новых оптовых цен на сельскохозяйственные продукты и средства производства для этой отрасли. Модель апробировалась также в электронно-вычислительной лаборатории ТСХА.

**Обсуждение результатов.** Опыт показывает, что данная модель позволяет провести прогностический анализ процесса интенсификации с учетом влияния на этот процесс технико-экономических и природно-климатических факторов, исследовать реакцию хозяйственной системы на изменение этих факторов. Модель является основой для по-

Таблица 1

**Производственные структуры с растущим удельным весом площади под яблоней**  
(в % к с.-х. угодьям)

Культура	Вариант					
	I	II	III	IV	V	VI
Плодовые	56,9	72,8	77,2	76,9	89,2	84,3
В т. ч.:						
яблоня	22,8	39,5	49,2	50,7	62,1	67,1
груша	2,0	—	0,6	—	—	0,01
черешня	5,4	10,6	7,1	4,0	0,5	3,2
вишня	6,2	11,8	8,2	6,0	2,4	4,9
слива	1,9	3,4	2,2	0,6	—	4,8
смородина	—	—	6,1	10,7	19,3	—
клубника	6,5	6,7	2,8	3,7	3,3	4,2
прочие	12,1	0,8	1,0	1,8	1,6	—
Овощные	25,5	20,6	9,9	2,8	0,8	7,4
В т. ч.:						
цветная капуста	3,8	3,8	1,7	0,1	—	0,6
помидоры	7,7	9,0	5,1	1,4	—	0,4
прочие	14,0	7,8	3,1	1,3	0,8	6,4
Прочие с.-х. культуры	17,6	6,6	12,9	20,2	10,0	8,3

лучения множества вариантов управленческих решений, в частности:

— управление пропорциями между производством продукции растениеводства, мощностями хранения, переработки, транспортировки, поставкой средств производства;

— выяснение причин отклонений фактически достигнутых показателей от плановых и оценка роли отдельных факторов;

— управление процессом замещения живого труда овеществленным с учетом эффективности этого процесса;

Таблица 2

**Ежедневная потребность в рабочей силе**  
(количество рабочих на 100 га с.-х. угодий в напряженные периоды года)  
**по календарным неделям**

Период	Вариант					
	I	II	III	IV	V	VI
В среднем за год	33	37	29	26	23	24
В т. ч. недели:						
24—26	69	76	25	27	25	21
27—28	68	83	77	51	13	22
31—32	52	79	61	35	10	22
39—44	57	58	57	74	88	110
из них 39—40	106	69	65	144	180	237

Таблица 3

**Экономические результаты разработанных вариантов**  
(% к лучшему значению по вариантам)

Показатель	Вариант					
	I	II	III	IV	V	VI
Валовая продукция на 1 га	87,0	100	84,0	80,7	91,5	83,9
Себестоимость на 1 га	100,1	119,3	100,6	100	109,1	110,1
Производительность труда (на одного работающего):						
чистая продукция	79,7	78,7	82,4	86,3	100	74,8
валовая продукция	71,3	72,3	78,2	89,1	100	88,6
Рентабельность	100	80,6	79,1	63,9	80,6	43,7

— оптимизация структуры отраслей хозяйственной системы с учетом имеющихся ресурсов и развивающихся экономических условий;

— оценка эффективности применения новых технологий в едином комплексе хозяйственной системы.

В табл. 1 приведены рассчитанные на основе модели варианты производственных структур специализированных садоводческих хозяйств ГДР.

Структура производства оказывает существенное влияние на потребность в рабочей силе в течение года (табл. 2).

Об экономической эффективности исследуемых вариантов решений можно судить по комплексу показателей, приведенных в табл. 3.

### Заключение

Предлагаемая модель оптимизации структуры производства плодово-овощного предприятия (объединения) позволяет изучить «поведение» сложной хозяйственной системы в изменяющихся условиях и в новых ситуациях, а также определить эффективность тех или иных хозяйственных решений с учетом всех возможных зависимостей и взаимодействий, имеющих место в данной хозяйственной системе.

Модель может быть расширена и детализирована путем включения дополнительных задач, например, с целью определения более полного использования плодуборочных комбайнов и загрузки перерабатывающих мощностей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Добрынин В. А. и др. Экономика сельского хозяйства. Изд. 2-е. — М.: Колос, 1984. — 2. Гатаулин А. М. Издержки производства сельскохозяйственной продукции. — М.: Экономика, 1983. — 3. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. Изд. 2-е. — М.: Наука, 1975. — 4. Фишер Г., Шварц Р. Математические методы в социалистическом народном хозяйстве. — Берлин: Дитц, 1985. — 5. Хюнель В., Палашевский Э. и др. Квалификация учебного предмета «Социалистическое хозяйство». — Берлин: Высшая школа, 1982, № 11, с. 287. — 6. Штофф В. А. О роли моделей в познании. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1963. — 7. Штофф В. А. Введение в методологию научного познания. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1972.

*Статья поступила 6 июня 1985 г.*