

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

*Работа представлена кафедрой информационных систем  
Кубанского государственного аграрного университета.*

*Научный руководитель - кандидат экономических наук, доцент В. Ю. Кондратьев*

**В статье изложен подход к планированию производственных процессов в агропромышленном предприятии на основе двухэтапной стохастической модели, в качестве примера рассмотрена модель комплекса уборочно-транспортных работ.**

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, планирование, стохастическая модель, уборочная кампания, математическое моделирование

**The article describes an approach towards the planning of production processes in a farm enterprise on the basis of a two-stage stochastic model, with harvesting and transportation tasks taken as an example.**

**Key words: agriculture, planning, stochastic model, harvesting, mathematical modeling.**

Объективная необходимость совершенствования управления в агропромышленных предприятиях в условиях рыночной экономики обусловлена широким спектром постоянных изменений ситуации в агропромышленном комплексе. Все время растущий уровень конкуренции вынуждает руководителей предприятий искать новые методы сохранения своего присутствия на рынке и поддержания эффективности своей деятельности. Такими методами могут быть диверсификация, децентрализация, управление качеством, широкое использование в управлении математических и инструментальных методов.

Разрабатывая и внедряя корпоративную информационную систему управления производством в крупных агропромышленных предприятиях Краснодарского края, нами были выделены подсистемы и задачи, требующие первоочередной разработки и внедрения. Это подсистемы планирования, экономического анализа, учета и оперативного управления. При этом подсистема оперативного управления информационно тесно связана с планированием и учетом.

Оперативное планирование является составной частью планирования, его цель - организация использования трудовых и материальных ресурсов, производственных процессов для выполнения намеченных задач в установленные сроки с наиболее высокими экономическими показателями<sup>1</sup>.

При постановке и решении задач по планированию и организации сельскохозяйственного производства методами математического моделирования обычно применяют детерминированный подход, однако он не всегда оправдан, поэтому рассмотрим причины необходимости использования методов стохастического программирования в планировании<sup>2</sup>.

Среди таких причин можно выделить необходимость учета возможных возмущений, технологических сбоев, отклонений в процессе реализации производственного плана, низкий уровень достоверности информации, наличие неполной информации о внутренней и внешней среде, наличие неопределенности или событий случайного характера<sup>3</sup>. Неучет таких факторов в разрабатываемой модели в конечном итоге может повлиять на качество модели.

В качестве объекта моделирования был выбран комплекс уборочно-транспортных работ. Комплекс уборочных работ и послеуборочная обработка являются последним этапом в производственном цикле возделывания культур. Они подводят итог всему комплексу предыдущих работ. Вместе с тем это самые ресурсоемкие операции. Так, эксплуатационные затраты на уборку урожая с поля и его транспортировку на хозяйственный пункт послеуборочной обработки зерна составляют 50-55% всех затрат на его возделывание<sup>4</sup>. Это обосновывает необходимость совершенствования проведения уборочных работ.

В ходе анализа комплекса уборочных работ Краснодарского края были определены задачи и структура работ, технология их выполнения. Проведенный анализ структуры производства сельскохозяйственной продукции, посевных площадей, обеспеченности техникой и оборудованием с 1995 по 2006 г. выявил, что зерновые культуры занимают значительную долю в структуре производства продукции (61,2%), размеры общих посевных площадей незначительно уменьшились, а по зерновым культурам увеличились, в то же время обеспеченность техникой и оборудованием снизилась в 2,88 раз<sup>5</sup>. Уровень изношенности техники составил 70%.

На основе рассмотренных данных можно сделать вывод, что агропромышленные предприятия в период уборочных работ интенсивно используют собственный парк, что приводит к быстрому изнашиванию основных средств, а недостатки в обеспеченности сельскохозяйственной техники компенсируют за счет привлечения у сторонних организаций. При этом темпы переоснащения собственного парка сельскохозяйственной техники ниже количества выбывших машин. Поэтому в период уборочных работ у предприятия стоит задача сформировать состав техники и оборудования на основе привлеченного или собственного для эффективного проведения работ.

В ходе исследования была сформулирована цель моделирования и определены критерии оптимальности.

Целью математического моделирования комплекса уборочно-транспортных работ является разработка модели оптимизации состава автомобильного, тракторного парка и оборудования используемого в период уборки урожая на основе собственного или привлеченного парка автомобилей, комбайнов и оборудования для достижения наилучших характеристик уборочной кампании.

Комплекс уборочно-транспортных работ представляет собой сложную систему, которая характеризуется набором критериев, которые дают представление об эффективности проведения работ. Поэтому математическое моделирование комплекса уборочно-транспортных работ связано с решением многокритериальной задачи оптимизации для нахождения компромиссного решения между критериями.

В качестве критериев оптимальности математической модели комплекса уборочно-транспортных работ выбраны: минимальные затраты на проведение работ, минимальные потери урожая. Далее мы рассмотрим критерий затрат, второй критерий формируется по аналогии. Случайной величиной модели является урожайность.

На первоначальном этапе была сформирована детерминированная модель по критерию затрат. Обеспечивает выполнение комплекса работ в агротехнические сроки с минимальными затратами (1), а затем произведен переход к двухэтапной стохастической модели.

$$F, (x) = \sum_{ij,u} \tilde{n}^{ij,u} x_{ij,u} \wedge \min, \quad (1)$$

где  $x_{ij,u}$  - искомое количество техники и оборудования,  $\tilde{n}^{ij,u}$  - технико-экономический коэффициент, отражающий себестоимость, руб.

Исходя из общей постановки двухэтапной задачи стохастического программирования, формирование целевой функции производится на основе двух планов: предварительного детерминированного и случайного - плана компенсаций. Применительно к формируемой модели - это два вектора:  $x$ -детерминированный вектор, отражающий предварительный оптимальный план состава оборудования и техники;  $y$ - случайный вектор, отражающий план компенсаций состава оборудования и техники в случае неспособности предварительного плана удовлетворить условиям задачи при колебании урожайности.

На основании вышеизложенного целевую функцию по критерию затрат (2) в стохастической постановке можно представить следующим образом:

$$F, (x) = \sum_{ij,u} Z_{ij,u} x_{ij,u} + E\{q_{ij,u} y_{ij,u}\} \wedge \min \quad (2)$$

где  $Z_{ij,u}$  - технико-экономический коэффициент плана компенсаций, отражающий себестоимость  $i$ -й технологической операции  $j$ -м видом оборудования, техники  $u$ -го вида принадлежности предприятию, руб.;  $w$  - количество сценариев, определяющих возможное изменение урожайности;  $y_{ij,u}^w$  - искомое количество техники и оборудования плана компенсаций при реализации  $w$ -го сценария.

Представим математическое ожидание в виде суммы произведения вероятности

реализации  $u$ -го сценария и плана  $iv$ -го сценария:

$$E\{q_{iju}y_{iju}^w\} = \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right), \sum_{w \in W} p_w = 1, \quad (3)$$

где  $p^w$  - вероятность реализации  $iv$ -го сценария.

Тогда, заменив форму записи математического ожидания на вероятность реализации сценария, получим следующую целевую функцию:

$$F = \sum_{i,j,u} Z_{iju} + \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} X_{iju} y_{iju}^w \right) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для учета риска, который может возникнуть при использовании математического ожидания на втором этапе задачи, необходимо производить его оценку и включать в решение задачи. Для учета риска в модели необходимо отразить риск фактор в виде стандартного отклонения в целевой функции.

$$z = \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w, \quad z > \hat{z} = E\{Z^2\} - E^2 z \quad (5)$$

$$\hat{z}^2 = \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right)^2 + \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right) \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right)$$

Тогда целевая функция двухэтапной стохастической модели с учетом риска по критерию затрат будет иметь вид:

$$VD = \sum_{i,j,u} Z_{iju} + \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} X_{iju} y_{iju}^w \right) + \sqrt{\sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right)^2 + \sum_{w \in W} p_w \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right) \left( \sum_{i,j,u} q_{iju} y_{iju}^w \right)} \rightarrow \min \quad (6)$$

Целевая функция (7) формируется на основе аддитивного подхода, ее составными элементами являются детерминированный вектор предварительного плана, математическое ожидание случайного вектора, отражающий план компенсаций в случае неспособности предварительного плана удовлетворить условиям задачи при колебании урожайности и стандартное откло-

нение плана компенсаций. Формирование целевых функций и ограничений для второго критерия оптимальности производится аналогичным образом.

В двухэтапных задачах ограничения можно разделить на две группы в соответствии с формируемыми планами: ограничения по выполнению условий предварительно плана и условий плана компенсаций. В них добавляются случайные величины и расчетные коэффициенты на их основе, кроме того, сформированные ограничения должны удовлетворять всем условиям реализации сценариев. В разработанной модели можно выделить следующие группы ограничений: по параллельному и последовательному выполнению работ, по использованию задействованных ресурсов, по выполнению работ в агротехнические сроки, неотрицательности отдельных переменных.

Решение задачи сводится к переходу к детерминированному варианту и решению методами нелинейного программирования, которое можно осуществить в математическом пакете MatLab в разделе Optimization Toolbox. Важным этапом числового решения модели является подготовка данных. В ходе этого этапа строятся ряды урожайности культур за 10-15 лет, производится группировка их значений в сценарии и определяется вероятность реализации каждого сценария. На основе полученных данных производится расчет технико-экономических коэффициентов для каждого сценария, расчет которых практически мало отличается от подготовки их для детерминированных моделей.

Решение задач планирования в агропромышленном предприятии на основе применения методов стохастического программирования позволит: учитывать случайные величины при формировании плана; получать более обоснованные планы в отличие от изначально детерминированных моделей.

Опыт использования математических и инструментальных методов в совершен-

ствовании оперативного управления уборки урожая в СПК Племзавод «Россия» Красноармейского района Краснодарского края обеспечил повышение сохранности и устойчивости урожая зерновых куль-

тур за счет оптимизации парка техники и оборудования. В засушливом 2007 г. в хозяйстве получена урожайность 49,6 ц/га, рентабельность производства зерна составила 56,3%.

## ПРИМЕЧАНИЯ

<sup>1</sup> Ушаев И. Г., Решетняк В. П. Оперативное управление в сельскохозяйственных предприятиях. М.: Колос, 1983. С. 5.

<sup>2</sup> Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве/ А. М. Гатаулин, Г. В. Гаврилов, Т. М. Сорокина, Ю. И. Копенкин; Под ред. А. М. Гатаулина. М.: Агропромиздат, 1990. С. 371.

<sup>3</sup> Юдин Д. Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. М.: Сов. радио, 1974. С. 153.

<sup>4</sup> Жалнин Э. В. Стратегия перспективного развития механизации уборки зерновых культур. М.: ВИМ, 2004. С. 4.

'Агропромышленный комплекс Кубани: Стат. сб. / Краснодарстат. Краснодар, 2007. С. 81.