

но знание всех теплофизических коэффициентов, входящих в модель, т. к. с помощью приближенных методов можно производить настройку модели, основываясь только на безразмерной форме ее уравнений, что, в свою очередь, предоставляет возможность идентифицировать параметры уравнений. При последующей конкретизации системы уравнений (9) - (11) применительно к существующим сушильным установкам с подвижным слоем дисперсного материала можно осуществить построение математической модели процесса сушки, необходимой для отыскания оптимальных технологических режимов и управления процессом с использованием ЭВМ.

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
МЕХАНИЗИРОВАННЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
ПО УСЛОВИЯМ  
ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

Важенин А.Н., Арютов Б.А.  
*Нижегородская государственная  
сельскохозяйственная академия  
Нижний Новгород, Россия*

Научно-технический прогресс в сельском хозяйстве можно представить двумя частями: создание технических и технологических систем и их использование. Содержательная часть использования технических и технологических систем заключается в управлении ими. Решение задач использования технических и технологических систем (управление) осложнено тем, что большую часть решений приходится вырабатывать в условиях информационной неопределенности. По теории управления большими техническими системами выработка решений по их управлению в условиях неопределенности представляет собой бесконечную игровую задачу.

$$v_i(t) - \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j(t) - \sum_{j=1}^n k_{ij} \frac{dv_j(t)}{dt} = w_i(t), \quad i = \overline{1, n},$$

где  $v_i$  - производственный  $i$ -продукт;  $v_j$  - производственный  $j$ -продукт;  $k_{ij}$  - коэффициент удельных капиталовложений;  $w_i$  - интенсивность потребления, возможна оптимизация производственных процессов растениеводства в среднесезонных условиях их функ-

Задача рационального программно-целевого управления сложными техническими системами чрезвычайно актуальна для сельского хозяйства. Подтверждением этому является следующее: если по первой части научно-технического прогресса, связанного с созданием технических систем, в лучшем случае, можно добиться результатов, которые на десятки процентов (по потребительским свойствам) превосходят аналог, то за счет неэффективного управления мы теряем гораздо больше. Любая техническая система может быть использована с плюсом или с нулевым результатом, а эти два события отличаются друг от друга в бесконечное число раз.

Более того, в большинстве технологий, которые используются с отрицательным результатом, до сих пор отрицательный результат перекрывается дешевой рабочей силой, природной рентой и бюджетными дотациями. Переход из ситуации выработки управленческих решений в условиях неопределенности в условия выработки решений с вероятностным риском является, по нашему мнению, единственным.

Повышение эффективности производственных процессов растениеводства возможно двумя путями: совершенствованием методов и средств экспериментирования; развитием соответствующих идей и концепций. Первый подход связан с описанием изучаемого объекта, второй - с попыткой объяснения его сущности. Для осуществления второго подхода необходимо соотнести описание реакции производственной системы в целом с описаниями других явлений, которые свойственны более низким уровням этой организационной иерархии: общая модель производственного процесса, локальная модель (структурное подразделение), динамическая модель машинно-тракторного агрегата.

На основании общей модели производственного процесса:

ционирования (оптимизация стратегии), но адаптация этой модели к изменяющимся погодно-производственным ситуациям требует более детального математического описания.

Локальная модель производственного процесса:

$$\dot{x}^{(i)} = q_i(x, u, \tau), \quad x^{(i)}(0) = c_i, \quad i = \overline{1, n},$$

где  $X$  - множество переменных состояния производственного процесса;  $U$  - множество всех значений управления производственным процессом;  $\tau$  - множество погодно-производственных ситуаций (возмущений), определяет алгоритм поиска при наличии помех, позволяет оптимально достигать главной конечной цели производства (максимума при-

были) на каждом этапе функционирования системы с соблюдением множества ограничений (информационных, вычислительных и др.).

Адаптированная к складывающимся погодным ситуациям одномассная динамическая модель машинно-тракторного агрегата, полученная приведением сил и масс из уравнения движения в форме интеграла энергии:

$$W = B_p(1 - a_{N, \vartheta}|\vartheta - 20|) \sqrt{\frac{2}{m_n} \int_{s_0}^s F_n ds + \frac{m_{n0}}{m_n} v_0^2},$$

где  $W$  - часовая производительность агрегата;  $B_p$  - рабочая ширина захвата агрегата;  $a_{N, \vartheta}$  - коэффициент, характеризующий относительное уменьшение максимальной тяговой мощности трактора при изменении влажности почвы (вследствие изменения сопротивления) против нормативной на 1%;  $\vartheta$  - влажность почвы;  $m_n$  - приведенная масса агрегата;  $S$  - значе-

ние обобщенной координаты агрегата;  $F_n$  - значение приведенной силы агрегата;  $V$  - модуль скорости точки приведения агрегата, позволяет учитывать изменение влажности почвы при установлении производительностей полевых механизированных работ.

Оптимизация механизированных производственных процессов по условиям функционирования в растениеводстве сводится к решению задачи вида

$$Q(\Theta, A, X) \rightarrow \min_{A, X \in f_i(X)} \Rightarrow A_{opt}, X_{opt}$$

где  $Q$  - экстремизируемые функционалы;  $\Theta$  - условия функционирования производственной системы;  $A$  - структура производственного процесса;  $X$  - исследуемые технико-технологические параметры;  $f_i(X)$  - ограничения.

Цель поставленной задачи определяют критерии оптимизации и структура ограничений. Два контура оптимизации соответствуют двум видам оптимизации - параметрической (по  $X$ ) и структурной (по  $A$ ).

Структурная оптимизация состоит из трех этапов.

1 — составление таблиц испытаний. Выбирают  $N$  пробных точек  $\alpha_1, \dots, \alpha_N$ , равномерно расположенных в подмножестве  $A$ . В каждой из точек  $\alpha_i$  вычисляются все локальные критерии  $Q_v(\alpha_i)$ . По каждому критерию составляется таблица испытаний, в которой значения  $Q_v(\alpha_1), \dots, Q_v(\alpha_N)$  расположены в порядке возрастания

$$Q_v(\alpha_{i_1}) \leq Q_v(\alpha_{i_2}) \leq \dots \leq Q_v(\alpha_{i_N}),$$

где  $i_1, i_2, \dots, i_N$  — номера соответствующих пробных точек (номера испытаний для каждого значения  $V$ ).

2 — выбор критериальных ограничений. Рассматривая поочередно каждую из таблиц, при этом необходимо назначить ограничения  $Q_v^{**}$ . Исследователь заинтересован в уменьшении этих значений, но если выбирать все  $Q_v^{**}$  слишком малыми, то множество допустимых точек  $E$  может оказаться пустым. Анализ таблиц испытаний проводится для обоснованного выбора решающего критерия  $Q(\alpha)$ , так как позволяет учесть не только предварительные указания о роли отдельных критериев  $Q_v(\alpha)$ , но и их действительные возможности.

3 — проверка разрешимости задачи. Фиксируют какой-либо из критериев, например  $Q_{v1}(\alpha)$ , и рассматривают соответствующую ему таблицу. Путем перебора имею-

щихся значений  $Q_\nu(\alpha)$  при всех значениях  $V$  нетрудно проверить, есть ли среди точек  $\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{is}$  хотя бы одна такая, для которой справедливы одновременно все неравенства  $Q_\nu(\alpha) \leq Q_\nu^{**}, \nu = \overline{1, k}$ . Если такая точка есть, то множество  $E$  непусто, и задача разрешима. В противном случае следует вернуться ко второму этапу и ослабить ограничение  $Q_\nu^{**}$ . Если такой шаг крайне нежелателен, то можно вернуться к первому этапу и увеличить число пробных точек, чтобы повторить второй этап с таблицами испытаний большего объема.

Анализ таблиц испытаний позволяет обнаружить несущественные критерии, значения которых мало меняются; выявить зависимые или, наоборот, противоречивые критерии; определить влияние параметрических ограничений на интегральный критерий; выделить несущественные по отношению к какому-либо

критерию параметры; выделить паретовское множество решений, определить оптимальные параметры. К наиболее важным результатам анализа таблиц испытаний следует отнести получение допустимого множества моделей и определение ресурсных возможностей моделей по всем локальным критериям качества. Такой подход впервые позволяет вводить в рассмотрение столько локальных критериев, сколько необходимо.

Параметрическая оптимизация реализуется в виде поисковой системы, в которой недостаток априорной информации восполняется за счет текущей, получаемой в виде реакций объекта на искусственно вводимые поисковые воздействия. Некоторые поисковые воздействия вычисляются на основе совокупности прогнозируемых величин, т.е. рассматривается функционал на прогнозируемом движении объекта.

Алгоритм параметрической оптимизации имеет вид

$$\Delta u(k+1) = D \operatorname{sgn} \left( p_0(x) \left( \bigwedge_{j=2}^i z_j(t, x) \right) \right) + (C - D) \operatorname{sgn} \left( x(k) - x(k-1) \Delta x(k) \left( \bigvee_{j=2}^i z_j^-(t, x) \right) \right),$$

где  $k$  - шаг управления;  $D$  - окрестность виброрежима;  $\operatorname{sgn}$  - слоговый символ, означает - знаковая функция;  $p$  - символ дифференцирования по времени;  $C$  - область значений вектора состояния;

$$z_j(t, x) = \begin{cases} 1 & \text{при } |p_i(t)x| \leq 1, \\ 0 & \text{при } |p_i(t)x| > 1. \end{cases}$$

Его реализация имеет модульную структуру, причем в каждом модуле происходит лишь линейное и релейное преобразование сигналов.

Таким образом, становится реальной возможность обоснования постановки задачи многокритериальной оптимизации – одновременно учитывать множество противоречивых критериев, что привело к созданию качественно нового метода проектирования производственных процессов в растениеводстве.

### ДВИЖЕНИЕ СЕМЯН В ПНЕВМОТРАСПОРТЕРЕ

Исаев Ю.М., Вагин И.В., Ильдутов А.Н.  
Ульяновская государственная  
сельскохозяйственная академия  
Ульяновск, Россия

Увеличение урожайности основных сельскохозяйственных культур достигается внедрением новых агротехнологий и машин. В последнее время широкое распространение получили посевные агрегаты с использованием кинетической энергии потока воздуха для транспортирования семян к сошникам. При этом семена приобретают большую скорость движения, что позволяет увеличить дальность и равномерность отброса.

Определим основные зависимости передачи кинетической энергии от потока воздуха к семенам. Пневмотранспортирование происходит под воздействием аэродинамической силы воздушного потока.

$$F_a = fA_1\rho(v-u)^2 + C_x A_M \rho(v-u)^2 / 2$$

где  $f$  – коэффициент трения воздушного потока о частицу;  $A_1$  – величина поверхности

трения;  $v$  и  $u$  – скорости воздушного потока и частицы;  $C_x$  – коэффициент сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком