УДК 631.363-52

СИСТЕМНЫЕ ФАКТОРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОЙ КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Диордиев В.Т. , к.т.н.
Таврический государственный агротехнологический университет
Тел.: (0619) 42-57-97, e-mail: asv-tdatu@yandex.ru

***Аннотация* – в статье исследованы основные факторы энергетической эффективности динамического функционирования автоматизированных комплексов по производству комбикормов в условиях хозяйств на базе малогабаритных комбикормовых установок.**

***Ключевые слова* – динамическое функционирование, диффузменная динамика, модель Неймана, оптимальное решение.**

Постановка проблемы. При решении задач важнейшей проблемы современного этапа развития рыночной экономики Украины и др. развивающихся стран – резкого повышения энерго-экономической эффективности технологий промышленности и агропромышленного комплекса – основным фактором их успешного разрешения являются вопросы принятия оптимальных решений в сфере широкого круга задач энерго- и ресурсосбережения. Указанные задачи являются дальнейшим развитием методов и рекомендаций по комплексу оптимальных решений по поиску оптимальных решений при проектировании и разработке технологических комплексов, в т.ч. и в животноводстве.

Анализ последних исследований. Рассматриваемые в литературе [1, 2] относительно квазипростой случай выбора наилучшего варианта из существующих проводится потому, что применяемые при этом методы оценки возможных решений являются основой оптимизации и в сложных системах с достаточно большим числом вариантов, где их формирование ввиду наличия многих ограничений также является весьма непростой задачей.

Формулирование целей статьи. Целью статьи является обоснование выбора оптимальных решений экстремальных задач на базе математических методов и алгоритмов.

Основная часть. Практическая направленность исследований базируются на основе:

а) критического обзора проведенных исследований по затронутым проблемам и анализа смежных робот;

б) поливариантного разрешения дискуссионных вопросов Нами излагается и аргументируется только точка зрения, непосредственно вытекающая из постулатов оптимального, в т.ч. экстремального инвариантного управления и регулирования координат технологических процессов кормоприготовления;

в) наличия нескольких предпочтительных и эквивалентных по результатам методов решения одной и той же задачи и процедуры предпочтения более простым с вычислительной точки зрения (даже если рекомендуемый метод более абстрактен).

Математические аспекты моделей оптимизации определяются стратегией разрешения конкретной прикладной задачи, где применительно к ряду объектов (n_i-комплексов технологического назначения) и соответствующих неотрицательных коэффициентов прямых затрат a_{ij}, показывающих, сколько единиц i-го эффекта (ресурса) расходуется для производства одной единицы j-го продукта. Требуется определить такие значения Q_1, Q_2, …, Q_n, при которых эффект составит соответственно $Э_1$, $Э_2$, …, $Э_n$ единиц (Q_i – энергетические потоки, используемые при производстве; $Э_i$ – энерго-экономический эффект).

Модель рассматриваемой задачи будет иметь вид [1]:

$$\begin{aligned}
&a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + ... + a_{1n}Q_n + Э_1 = Q_1;\\
&a_{21}Q_1 + a_{22}Q_2 + ... + a_{2n}Q_n + Э_2 = Q_2;\\
&...\\
&a_{n1}Q_1 + a_{n2}Q_2 + ... + a_{nn}Q_n + Э_n = Q_n;\\
&Q_1 \ge 0; Q_2 \ge 0; ...; Q_n \ge 0.
\end{aligned} \tag{1}$$

На искомые значения переменных Q_1, Q_2, …, Q_n наложены согласно (1) ограничения и условия неотрицательности типа неравенств. Система (1) преобразуется к виду:

$$\begin{aligned}
&(1-a_{11})Q_1 - a_{12}Q_2 - ... - a_{1n}Q_n = Э_1;\\
&-a_{21}Q_1 + (1-a_{22})Q_2 - ... - a_{2n}Q_n = Э_2;\\
&...\\
&-a_{n1}Q_1 - a_{n2}Q_2 - ... + (1-a_{nn})Q_n = Э_n;\\
&Q_1 \ge 0; Q_2 \ge 0; ...; Q_n \ge 0.
\end{aligned} \tag{2}$$

или в матричной форме

$$[A]\vec{Q} = \vec{Э}, \tag{3}$$

где элементы матрицы [A] равны

$$\overline{a_{ij}} = \begin{cases} -a_{ij}, & \text{если} \quad i \neq j \\ 1-a_{ij}, & \text{если} \quad i = j \end{cases}.$$

Модель (2), в общем случае, показывает, что при единичной интенсивности использования каждого i-го, из них расходуется r_{ij} единиц j-го ресурса и получается эффект в размере c_i единиц. В этом случае требуется при заданных ограничениях r_j на размеры каждого из m-ых видов используемых ресурсов установить, какие технологические способы и с какой интенсивностью следует использовать, чтобы суммарный эффект был максимален.

Задача формализуется следующим образом:

$$\max(C,Q) = \max(C_1Q_1 + C_2Q_2 + ... + C_nQ_n) \tag{4}$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} &r_{11}Q_1 + r_{12}Q_2 + ... + r_{1n}Q_n \leq r_1; \\ &r_{21}Q_1 + r_{22}Q_2 + ... + r_{2n}Q_n \leq r_2; \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ &r_{m1}Q_1 + r_{m2}Q_2 + ... + r_{mn}Q_n \leq r_m; \\ &Q_1 \geq 0; Q_2 \geq 0; ...; Q_n \geq 0. \end{aligned} \tag{5}$$

Набор значений Q_1, Q_2, …, Q_n, удовлетворяющий системе (5) является допустимым решением задачи, а выражение (4), позволяющее проводить сравнительную оценку различным решениям – целевой функцией задачи. Из теории линейного программирования известно, что наряду с задачей (4) – (5) существует другая задача, двойственная ей:

$$\min(r_1Э_1 + r_2Э_2 + ... + r_mЭ_m) \tag{6}$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} &r_{11}Э_1 + r_{21}Э_2 + ... + r_{m1}Э_m \geq C_1; \\ &r_{21}Э_1 + r_{22}Э_2 + ... + r_{m2}Э_m \geq C_2; \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ &r_{1n}Э_1 + r_{2n}Э_2 + ... + r_{mn}Э_m \geq C_n; \\ &Э_1 \geq 0; Э_2 \geq 0; ...; Э_m \geq 0. \end{aligned} \tag{7}$$

Связь между условиями и решениями прямой и обратной (двойственной) задач устанавливается известными двумя теоремами двойственности, где вытекающие из второй теоремы двойственности соотношения представляются в виде условий дополняющей не жесткости: для каждого j-го ресурса (j=1, 2, …, m), которому соответствует j-е ограничение типа неравенства в задачах (4) – (5) и переменная $Э_j$ в задачах (6) – (7) вида

$$\tilde{Э}_j(r_{j1}\tilde{Q}_1 + r_{j2}\tilde{Q}_2 + ... + r_{jn}\tilde{Q}_n - r_j) = 0. \tag{8}$$

Модели (4) – (8) принадлежат к классу линейных статических, но на практике реальными являются случаи, когда при единичной интенсивности использования j-го способа за отрезок времени a_{ij} единиц i-го продукта потребляется, а b_{ij} – производится, т.е. требуется установить, какие способы и с какой интенсивностью должны использоваться для того, чтобы темп использования Q_{Σ} был наибольшим (здесь должна реализоваться нелинейная динамическая модель Неймана [1]), где следует найти значение данного предельно возможного темпа.

При принимаемых допущениях о замкнутости процесса, не отрицательности и неизменности технологических коэффициентов a_{ij}, b_{ij}, и т.д. модель управления формулируется следующим образом:

а) Пусть $\vec{Q}^t = \left(Q_1^t, Q_2^t, ..., Q_n^t\right)$ - искомый не отрицательный вектор интенсивностей использования технологических способов в t-том периоде времени, а $\vec{Z}^t = \left(Z_1^t, Z_2^t, ..., Z_m^t\right)$ - вектор эффективности. В этом случае темп расширения эффективности за t-й период времени определяется как

$$\alpha^t = \min_i \frac{Z_i^t}{Z_i^{t-1}} \le \min_i \frac{b_{i1}Q_1^t + b_{i2}Q_2^t + ... + b_{in}Q_n^t}{a_{i1}Q_1^t + a_{i2}Q_2^t + ... + a_{in}Q_n^t}.$$

б) При учете независимости технологических коэффициентов от времени, индекс t опускается и модель принимает вид

$$\alpha_m = \max_i \alpha_i$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned}
&b_{11}Q_1 + b_{12}Q_2 + ... + b_{1n}Q_n \ge \alpha\left(a_{11}Q_1 + a_{12}Q_2 + ... + a_{1n}Q_n\right);\\
&b_{21}Q_1 + b_{22}Q_2 + ... + b_{2n}Q_n \ge \alpha\left(a_{21}Q_1 + a_{22}Q_2 + ... + a_{2n}Q_n\right);\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
&b_{m1}Q_1 + b_{m2}Q_2 + ... + b_{mn}Q_n \ge \alpha\left(a_{m1}Q_1 + a_{m2}Q_2 + ... + a_{mn}Q_n\right);\\
&Q_1 \ge 0; Q_2 \ge 0; ...; Q_n \ge 0,
\end{aligned} \qquad (9)$$

т.е. данная модель Неймана является нелинейной.

в) Приведенной нелинейной задаче также соответствует двойственная задача

$$\alpha_n = \min_i \beta$$

при ограничениях следующего вида:

$$\begin{aligned}
&b_{11}Э_1 + b_{21}Э_2 + ... + b_{m1}Э_m \le \beta\left(a_{11}Э_1 + a_{21}Э_2 + ... + a_{m1}Э_m\right);\\
&b_{12}Э_1 + b_{22}Э_2 + ... + b_{m2}Э_m \le \beta\left(a_{12}Э_1 + a_{22}Э_2 + ... + a_{m2}Э_m\right);\\
&\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\\
&b_{1n}Э_1 + b_{2n}Э_2 + ... + b_{mn}Э_n \ge \alpha\left(a_{1n}Э_1 + a_{2n}Э_2 + ... + a_{mn}Э_m\right);\\
&Э_1 \ge 0; Э_2 \ge 0; ...; Э_n \ge 0,
\end{aligned} \qquad (10)$$

В данном случае для оптимальных задач (1.1) – (1.10) справедливы обе теоремы двойственности:

- условие совпадения экстремумов целевых функций

$$\tilde{\alpha} = \max_i \alpha = \max_i \beta = \tilde{\beta};$$

- условие дополняющей нежесткости, т.е. для всех j=1, 2, …, m имеем

$$\tilde{Э}_j \left[b_{j1}\tilde{Q}_1 + b_{j2}\tilde{Q}_2 + ... + b_{jn}\tilde{Q}_n - \alpha\left(a_{j1}\tilde{Q}_1 + a_{j2}\tilde{Q}_2 + ... + a_{jn}\tilde{Q}_n\right)\right] = 0 .$$

д) На реальные процессы развития системы существенное влияние оказывают начальные условия и др. Виды ограничений, поэтому динамические модели, особенно нелинейные, являются более сложными. Если используется дискретное время t=0, 1, …, T (T – общий период времени) (единичный отрезок времени: мин, час, и т.д.), то желательно использовать модели А.Л. Лурье [3]. Состояние процесса при каждом значении t задается m+n числами Q_{1t}, Q_{2t}, …, Q_{mt}, $Q_{m+1,t}$, …, $Q_{m+n,t}$ – координатами вектора $\vec{Q}_t$, при этом первые m координат будут характеризовать количество разных ресурсов m – видов, а последние – n видов потребляемых в t – ом периоде времени.

Для нашего случая такая модель будет иметь вид

$$\Psi\left(\vec{Q}_1^n, \vec{Q}_2^n, ..., \vec{Q}_{T-1}^n, \vec{Q}_T\right) = \min, \tag{11}$$

где $\vec{Q}_t^n$ - вектор, объединяющий последние и координат вектора $\vec{Q}_t$, а Ψ - соответствующая целевая функция. Векторы $\vec{Q}_1, \vec{Q}_2, ..., \vec{Q}_T$ не являются независимыми – их последовательность определяется параметрами технологической карты и меню комбикорма (они удовлетворяют условиям реализуемости – реализуется переход от одного периода времени и одного меню к другому).

Допустимые значения $\vec{Q}_t$ зависят от производственных условий (ресурсов) в предыдущем периоде и имеющихся в t – м периоде технологических способов их использования, откуда следует $\vec{Q}_t \in \omega_t\left(\vec{Q}_{t-1}^m\right)$; ω_t - множество способов, $\vec{Q}_{t-1}^m$ - вектор, объединяющий первые m координат $\vec{Q}_{t-1}$.

В данном случае возможные виды динамических экстремальных моделей будут отличаться формой критерия оптимальности, перечнем используемых ресурсов и степенью их агрегирования, ограничениями возможностей использования ресурсов, что показано на рис. 1.

Вывод. Таким образом, на основании полученных моделей, при обосновании законов управления энергетическими процессами возможно использование моделей на базе методов корреляционного и регрессионного анализа.

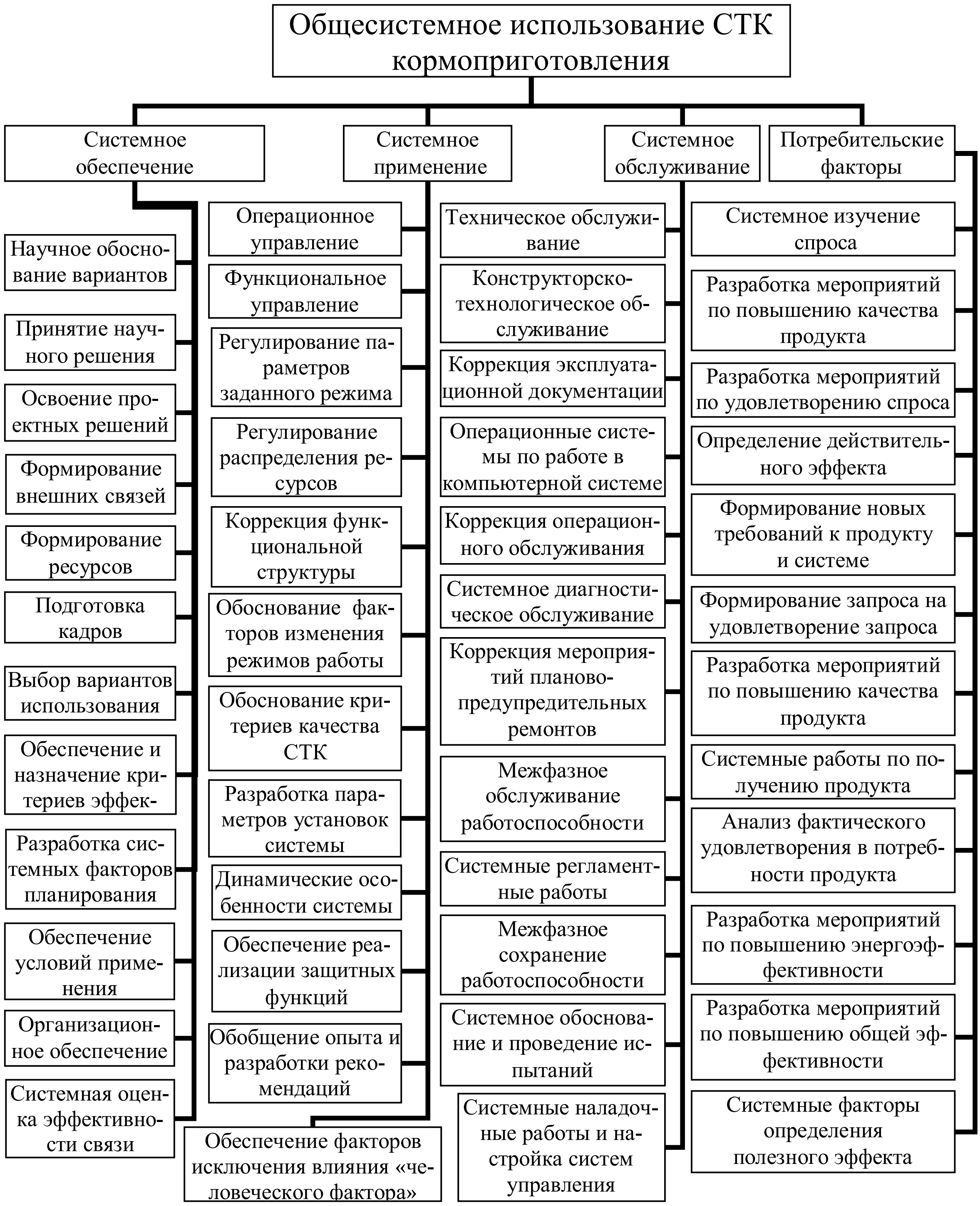

Рис. 1. Классификация направлений использования СТК кормоприготовления.

Литература.

1. *Ванько В.И.* Вариационное исчисление и оптимальное управление / *Ванько В.И., Ермошина О.В., Кувыркин Г.Н.*; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 488 с.

2. *Діордієв В.Т.* Критерії управління енергозаощаджуючими процесами виробництва комбікормів в умовах господарств / *Діордієв В.Т.* // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К., 2004. – Ч.4 – С. 113-118.
3. *Диордиев В.Т.* Системо- и схемотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств / *Диордиев В.Т., Труфанов И.Д., Кашкарев А.А.* // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К.: 2008. – Ч.5 – С. 102-108.

СИСТЕМНІ ФАКТОРИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИНАМІЧНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОЇ КОРМОПРИГОТУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Діордієв В.Т.

Анотація **– у статті досліджені основні фактори енергетичної ефективності динамічного функціонування автоматизованих комплексів по виробництву комбікормів в умовах господарств на базі малогабаритних комбікормових установок.**

SYSTEMIC FACTORS THE ENERGY EFFICIENCY OF THE INSTALLING LOWER PRODUCTIVITY FOR PRODUCTION OF MIXED FEED IN THE DYNAMICS

V. Diordiev

Summary

In the article the main factors the energy efficiency the dynamic functioning of automated systems for the production of mixed feed in farms on the basis of the installing low productivity