

Allgemeine Einstellung zur Frage der Optimierung von technologischen Prozessen in der Fleischindustrie durch die Modellmethoden mit Hilfe von EDV

J.A.IWASCHKIN, I.I.PROTOPOPOV

Moskauer technologische Institut für Fleisch- und Milchindustrie, Moskau, UdSSR

Zur Zeit wird die Optimierung von technologischen Prozessen der Fleischindustrie hauptsächlich durch empirische Zusammenhänge verwirklicht. Diese Zusammenhänge spiegeln einzelne Momente des Funktionierens des Objektes wider und erlauben aber nicht die ganze Vielfältigkeit von bestimmenden Faktoren und deren Wechselbeziehungen zu berücksichtigen. Die erhöhten Qualitätsansprüche an die Fleischwaren und Intensivierung der Produktion erfordern aber eine neue komplexe Systembetrachtung anhand der mathematischen Formalisierung und Modellierung. Zu diesem Zweck werden determinierte und stochastische mathematische Modelle ausgenutzt. Diese stellen Zusammenhänge zwischen Ausgabedaten des Systems, Istdaten sowie leitenden abweichenden Eingabevariablen dar. Dabei wird die ganze Vorgangsinformation zielstrebig eingespeichert und durch ein volluniverselles mathematisches Modell präzisiert. Dieses ist den realen Betriebsverhältnissen anpassungsfähig. Ein solches Modell gestattet Diagnostik- und Optimierungsalgorithmen der Produktion mit Hilfe von EDV zu realisieren. Die zu entwickelnde Methodologie, die sich auf komplexe Verwertung der mathematischen Modellierung und EDV-Bereiche der modernen EDV gründet, stellt den Wissenschaftlern eine strikte wissenschaftlich begründete Strategie der komplexen Systemuntersuchung und einen ausgezeichneten Formalisierungsapparat für automatisierte Lösung der Analyse-, Berechnungs- und Projektierungsprobleme von komplizierten technologischen Vorgängen der Fleischindustrie zur Verfügung.

General Approach to Optimization of Technological Processes in Meat Industry by means of Computer Modelling

IVASHKIN U.A., PROTOPOPOV I.I.

The Technological Institute for Meat and Dairy Industry, Moscow, USSR

At present optimization of technological processes at meat industrial enterprises is chiefly carried out on the basis of empiric dependence which reflects separate features of object functioning and doesn't allow to cover all the variations of certain factors and connections between them. The increasing of quality requirements demand principally a the intensification of production presenting a very complex system demand principally a new systematic approach to solving problems of optimization on the basis of their mathematical formalization and modeling. For this purpose stochastically determined models are used. They reflect connections between output parameters of the system, characteristics of the state as well as input control and disturbancy variables. In this case all the information of the process is purposefully stored and is precised in the complete universal mathematical model that is adapted to real production conditions. Such a model permits to use the algorithms of production diagnostics and optimization by means of electronic computers. The developing methodology based on the complex utilization of mathematical modelling principles and modern computers possibilities gives the scientists strict scientifically based strategy of the system investigation and a mighty formal apparatus means for automatized solving of analysis problems, calculation and designing of complex technological processes of meat production.

Accès général à l'optimisation des processus technologiques de l'industrie de viande à l'aide des méthodes de simulation par les calculateurs électroniques

IVACHKINE U.A., PROTOPOPOV I.I.

Institut technologique des industries de la viande et du lait, Moscou, URSS

A présent l'optimisation des processus technologiques des entreprises de l'industrie de viande se réalise principalement à la base des relations empiriques, qui reflètent les différents côtés du fonctionnement de l'objet et ne permettent pas saisir toute variété des facteurs déterminants et les relations entre eux. L'élévation des exigences pour la qualité des produits de viande et l'intensification de la production qui a un système complexe exige un nouveau accès à la solution des problèmes de l'optimisation à la base de leur formalisation et simulation mathématique. Pour ce but on réalise des modèles mathématiques déterminés-stochastiques qui reflètent les liaisons entre les paramètres de sorti du système, des paramètres d'état ainsi que des paramètres d'entrée de commande et des variables perturbatrices. Toute information concernant le processus est accumulée et précisée dans le modèle mathématique complète universel adopté aux conditions réelles de la production. Ce modèle permet de réaliser l'algorithme du diagnostic et de l'optimisation de la production à l'aide des calculateurs électroniques. La méthodologie est basée sur la réalisation complexe des principes de la simulation mathématique et des possibilités des calculateurs électroniques qui donnent aux chercheurs la stratégie scientifiquement fondée des recherches systématiques et l'appareil puissant pour la solution automatisée des problèmes de l'analyse, du calcul et l'élaboration des projets des processus technologiques complexes de la production de viande.

Общий подход к оптимизации технологических процессов мясной промышленности методами моделирования на ЭВМ

ИВАШКИН Ю.А., ПРОТОПОПОВ И.И.

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

В настоящее время оптимизация технологических процессов предприятий мясной промышленности осуществляется главным образом на основании эмпирических зависимостей, отражающих отдельные стороны функционирования объекта и не позволяющих охватить всего многообразия определяющих факторов и связей между ними.

Повышение требований к качеству мясopодуктов и интенсификация производства, представляющего собой сложную систему, требует принципиально иного, системного подхода к решению задач оптимизации на основе их математической формализации и моделирования.

С этой целью используются детерминированно-стохастические математические модели, отражающие связи между выходными параметрами системы, параметрами состояния, а также входными управляющими и возмущающими переменными. При этом вся информация о процессе целенаправленно накапливается и систематизируется в полной универсальной математической модели, адаптируемой к реальным условиям производства. Подобная модель позволяет реализовать алгоритмы диагностики и оптимизации производства с помощью электронных вычислительных машин.

Развиваемая методология, основанная на комплексном использовании принципов математического моделирования и возможностей современных ЭВМ, представляет научно-обоснованную стратегию системного исследования и общий формальный аппарат для автоматизированного решения задач анализа, расчета и проектирования сложных технологических процессов мясного производства.

Общий подход к оптимизации технологических процессов мясной промышленности методами моделирования на ЭВМ

ИВАШКИН Ю.А., ПРОТОПОПОВ И.И.

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

Эффективность функционирования объекта оценивается определенными значениями выходных показателей качества $\{y_1, \dots, y_m\}$ при ограничениях экономического, материально-технического, временного и информационного характера, накладываемых на различные сферы производственной деятельности мясоперерабатывающего предприятия.

Формализованная модель автоматизированного управления сложным технологическим объектом, к числу которых с достаточным основанием может быть отнесено любое мясоперерабатывающее предприятие, представляет собой замкнутый контур, включающий предприятие как объект управления с тремя последовательными фазами планирования, собственно производства, контроля и учета, сферу управленческого аппарата с тремя уровнями иерархии управления и автоматизированную информационную систему (АИС) сбора и обработки данных. В процессе управления задаются определенные плановые показатели производственной деятельности предприятия, которые после реализации производственной фазы сравниваются с фактическими с последующим анализом и принятием решения в соответствующих подсистемах АИС и звеньях аппарата управления.

Компоненты вектора качества \bar{y} в общем случае являются функциями параметров входных потоков материально-технического снабжения $\{z_1, \dots, z_p\}$ и показателей состояния объекта $\{x_1, \dots, x_n\}$, а также факторов возмущения $\{v_1, \dots, v_q\}$ и управляющих воздействий $\{u_1, \dots, u_r\}$, тогда математическая интерпретация формализованной модели обобщенных функциональных связей мясоперерабатывающего предприятия с учетом взаимосвязности элементов внутри отдельных групп имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \Delta Y_i &= \sum_{j=1}^n b_{ij} \Delta X_j + \sum_{k=1}^p d_{ik} \Delta Z_k + \sum_{v=1}^q t_{iv} \Delta V_v + \sum_{j=1}^r L_{ij} \Delta U_j \quad (i = \overline{1, m}) \\ \Delta Y_i &= \sum_{j=1}^m a_{ij} \Delta Y_j \quad (i = \overline{1, m}; j \neq i) \\ \Delta X_j &= \sum_{l=1}^p S_{jl} \Delta Z_l + \sum_{v=1}^q e_{jv} \Delta V_v + \sum_{j=1}^r f_{ij} \Delta U_j \quad (j = \overline{1, n}) \\ \Delta X_j &= \sum_{k=1}^n c_{jk} \Delta X_k \quad (j = \overline{1, n}; j \neq k) \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

F 14:4

$$\Delta Z_k = \sum_{v=1}^q N_{kv} \Delta V_v + \sum_{\mu=1}^r M_{k\mu} \Delta U_\mu \quad (k = \overline{1, p})$$

$$\Delta V = \sum_{\mu=1}^r \Psi_{\nu\mu} \Delta U_\mu$$

$$\Delta U_\mu = \sum_{i=1}^m Q_{\mu i} \Delta \bar{I}_{gi} + \sum_{j=1}^n \Theta_{\mu j} \Delta \bar{I}_{xj} + \sum_{k=1}^p \mathcal{F}_{\mu k} \Delta \bar{I}_{zk} + \sum_{v=1}^q \mathcal{F}_{\mu v} \Delta \bar{I}_{Vv} \quad (\mu = \overline{1, r})$$

где $b_{ij}, d_{ik}, t_{iv}, L_{ij}, a_{ij}$

$S_{je}, e_{jv}, f_{j\mu}, c_{jk}$

$N_{kv}, M_{k\mu}$

$\Psi_{\nu\mu}$

$Q_{\mu i}, \Theta_{\mu j}, \mathcal{F}_{\mu k}, \mathcal{F}_{\mu v}$

- коэффициенты функциональных связей показателей качества с соответствующими переменными;
- коэффициенты связей показателей состояния объекта $X_j (j = \overline{1, n})$;
- коэффициенты связей входных потоков с факторами возмущения и управляющими воздействиями;
- коэффициенты регулирования по возмущению;
- характеристики информационных связей (потоков), определяющих их вес в принятии решения или выработке управляющего воздействия.

Упорядочивая все множество показателей $\bar{Y}, \bar{X}, \bar{Z}, \bar{V}$ и \bar{U} в виде квазидиагональной матрицы, совокупность операторов взаимосвязей показателей качества функционирования предприятия с определяющими показателями его основных сфер можно представить клеточной матрицей

$$\left\| \begin{array}{c} a_{ij}^1, b_{ij}^2, d_{ik}^3, t_{iv}^4, L_{ij}^5 \\ 0^6, c_{ik}^7, S_{je}^8, e_{jv}^9, f_{j\mu}^{10} \\ 0^{11}, 0^{12}, \delta_{ik}^{13}, N_{kv}^{14}, M_{k\mu}^{15} \\ 0^{16}, 0^{17}, 0^{18}, \Psi_{\nu\mu}^{19}, \Psi_{\nu\mu}^{20} \\ Q_{\mu i}^{21}, \Theta_{\mu j}^{22}, \mathcal{F}_{\mu k}^{23}, \mathcal{F}_{\mu v}^{24}, \mathcal{F}_{\mu v}^{25} \end{array} \right\|$$

где δ - символ Кронекера, равный 1 при равенстве значений индексов и 0 при неравенстве.

(2) Квадраты главной диагонали клеточной матрицы (2) объединяют операторы функциональных связей внутри выделенных сфер; внедиагональные квадраты справа от главной диагонали соответствуют операторам прямого и косвенного влияния различных функцио-

нальных сфер на качество выполнения целевой функции предприятия, причем операторы 5-го столбца отражают управление качеством на всех этапах производства, начиная с непосредственного воздействия на показатели качества (оператор $\|L_{ij}\|^{m \times r}$), управление собственно производством $\|f_{j\mu}\|^{n \times r}$ и входными потоками $\|M_{k\mu}\|^{p \times r}$, до управления по возмущению $\|\Psi_{\nu\mu}\|^{q \times r}$

Внедиагональные элементы 5-ой строки соответствуют операторам информационных связей, обеспечивающих выработку управляющих воздействий в зависимости от значимости данных о состоянии качества $\|Q_{ni}\|^{t_{im}}$ и собственно производства $\|O_{rij}\|^{t_{in}}$, а также показателях входных потоков $\|Y_{jk}\|^{t_{ip}}$ и характера возмущений $\|Z_i\|^{t_{iq}}$; нулевые операторы взаимодействия $\|O_{ij}\|$ априорно определяют нерабочую область функционирования.

Таким образом, клеточная матрица (2) представляет полное описание структуры и значимости связей между формальными параметрами и показателями, определяющими функционирование всего мясоперерабатывающего технологического комплекса и системы управления им.

Связь функционала качества (К) мясopодуKтов с их составом ($k_{ав}, k_{ас}, k_{ан}$) и органолептическими показателями ($k_{вз}, k_{вр}, k_{ск}, k_{св}$) может быть представлена в виде

$$K = \prod_{i=1}^l k_{ai} \cdot \sum_{i=1}^l m_{ai} \cdot k_{ai} \left[M_b \cdot \sum_{i=1}^z m_{bi} \cdot k_{bi} + M_c \cdot \sum_{i=1}^q m_{ci} \cdot k_{ci} + M_d \cdot \sum_{i=q+1}^n m_{di} \cdot k_{di} \right] \quad (3)$$

Тогда применительно к производству варено-копченых колбас клеточная матрица, отражающая взаимосвязи показателей качества функционирования технологического процесса производства варено-копченых колбас с определяющими показателями его основных производственных сфер будет представлена с учетом (3) как

K	$m_{ав}$	$m_{ас}$	$m_{ан}$	$m_{вз}$	$m_{вр}$	$m_{ск}$	$m_{св}$
M_a	$k_{ав}$	$f_{св}$	0	0	$f_{рв}$	$O_{кв}$	0
M_a	$f_{вс}$	$k_{ас}$	0	0	0	0	0
M_a	0	$f_{сн}$	$k_{ан}$	0	$f_{рн}$	0	0
M_b	$f_{вз}$	$f_{сз}$	$f_{нз}$	$k_{вз}$	0	0	0
M_b	$f_{вр}$	0	$f_{нр}$	0	$k_{вр}$	0	0
M_c	$f_{вк}$	0	0	0	0	$k_{ск}$	0
M_c	$f_{св}$	0	$f_{нв}$	0	$f_{рв}$	$O_{кв}$	$k_{св}$

Рассмотренное матричное описание позволяет в рамках априорно известных сведений производить формальный математический анализ и оценку организационных, функциональных и информационных структур связей между показателями и документами, задачами и подразделениями, сферами и подсистемами и т.п. в зависимости от направления и предмета исследования. При этом может рассматриваться как целая матрица, так и отдельные ее диагональные и внедиагональные миноры.

Для получения описаний текущей ситуации взаимодействия внутри какой-либо функциональной сферы, например, X_1, \dots, X_n , оператор взаимодействия $\|C_{ij}\|^{n \times n}$ умножается на $\|\Delta X_j \cdot \delta_{jk}\|^{n \times n}$ - диагональную матрицу вектора изменения параметров состояния $\Delta X_j (j=1, n)$.

$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \Delta X_1 \\ \Delta X_2 \\ \dots \\ \Delta X_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X_1 \cdot C_{11} & C_{12} \cdot \Delta X_2 & \dots & C_{1n} \cdot \Delta X_n \\ C_{21} \cdot \Delta X_1 & C_{22} \cdot \Delta X_2 & \dots & C_{2n} \cdot \Delta X_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} \cdot \Delta X_1 & C_{n2} \cdot \Delta X_2 & \dots & C_{nn} \cdot \Delta X_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

F 14:6

Получаемая в результате умножения матрица при $C_{ii} = 1(i=\overline{1,n})$ описывает разложение $\Delta X_i(i=\overline{1,n})$ по всем координатам множества $\{X\}$, сочетая таким образом априорные данные о структуре связей с текущей информацией $\overline{\Delta X}$.

Описание текущей ситуации взаимодействия внутри какой-либо функциональной сферы X_1, X_2, \dots, X_n производится на основании реализации зависимости (4).

Алгоритм диагностирования ситуации связан с поиском максимального элемента главной диагонали и перемещением по строке с выявлением совокупности причин, вызвавших отклонение данного параметра. После выбора наибольшего элемента строки следует переход к элементу главной диагонали, после чего вновь оценивается состояние соответствующей строки найденного элемента. Поиск продолжается до нахождения элемента, в строке которого все внедиагональные элементы будут равны нулю. Это означает, что отклонение является одной из основных причин возникновения описываемой ситуации.

Таким образом, в форме матрицы можно компактно и систематизированно описать любую структурно-сложную ситуацию взаимодействия с определением формальной процедуры ее диагностирования.

Изложенный подход может быть применен для алгоритмизации и разработки программного обеспечения системы диагностирования многофакторных и многосвязных технологических процессов мясной промышленности, описываемых большим объемом оперативной информации.

Один из вариантов программного обеспечения включает в себя четыре основных программы, позволяющие

- находить начальные причины по конечным следствиям в матрице причинно-следственных связей;

- находить начальные причины для всех следствий;

- находить конечные следствия по начальным причинам;

- находить конечные следствия для всех причин.

Машинная реализация вышеуказанных программ подтвердила эффективность применения предлагаемого подхода в автоматизированных системах управления сложными технологическими комплексами мясоперерабатывающего предприятия.