

ISSN 0554-2081

---

# ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

---

Республиканский  
межведомственный темати-  
ческий научный сборник



---

# 36

---

ISSN 0554-2081. Пищ. пром-сть. 1990. Вып. 36.

УДК 664.61.012—52

**В. Д. КИШЕНЬКО, ассист.**

Киев. технол. ин-т пищ. пром-сти

### **ВЕКТОРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕСТОПРИГОТОВЛЕНИЯ**

---

Приведено описание разработанного алгоритма векторной оптимизации процессов тестоприготовления и результаты его проверки в производственных условиях.

Функционирующие в настоящее время системы автоматической стабилизации режимных параметров тестоведения при существующих в производственных условиях высокой интенсивности возмущений, лабильности сырья и продуктов не могут обеспечить качества хлебобулочных изделий с минимальными удельными затратами сырья. Такую задачу могут решить только системы управления, реализующие сложные алгоритмы оптимизации. Для их внедрения необходимы управляющие вычислительные комплексы, непрерыв-

© Кишенько В. Д., 1990.

ное совершенствование и удешевление которых свидетельствует об экономической целесообразности их использования на нынешнем этапе развития автоматизации хлебопекарного производства. Применение вычислительной техники предполагает наличие адекватной изоморфной объекту управления математической модели, устанавливающей связь между входными и выходными переменными в установившемся режиме тестоведения. На основе математического описания объекта разрабатывают алгоритм управления, по которому определяют наиболее рациональную стратегию управления, обеспечивающую достижение высокой эффективности работы участка тестоприготовления согласно выбранным критериям.

В общей постановке задача оптимизации основных стадий хлебопекарного производства, в том числе и тестоприготовления, может быть сведена к минимизации производственных затрат  $S$ , увеличению производительности обору- дования  $Q$  и улучшению качества опары и теста  $K$  при наличии технологических ограничений на ресурсы управления  $U$ , т. е.:

$$\begin{aligned} S(U) &\rightarrow \inf & (1) \\ K(U) &\rightarrow \sup \\ Q(U) &\rightarrow \sup \\ U &\subset A, \end{aligned}$$

где  $A$  — область технологических ограничений на управляющие параметры.

Система уравнений (1) представляет собой формальную запись вектор- ной (многокритериальной) оптимизации при наличии ограничений на мно- жество  $U$ . При этом рассмотрению подлежит область компромиссов (область Парето), в которой улучшение одного из критериев приводит к ухудшению других. Получение строгого решения многокритериальной задачи невозможно без предварительной оценки важности отдельных критериев и выбора пу- тей их совместного решения [1].

**Методика исследований.** Оценку важности отдельных критериев осуществ- ляли на основе декомпозиции глобального критерия хлебопекарного произ- водства, прибыли по принципу Данцига-Вольфа [2] и ввода иерархической системы функций цели согласно методу Р. Кини и Х. Райфа [3]. При этом первым по важности является критерий  $K$ , основанный на показателе го- товности теста — минимуме окислительно-восстановительного потенциа- ла теста; вторым — производительность  $Q$ , определяемая в основном выходом теста, который зависит от потерь сухих веществ муки при их брожении [4].

**Результаты исследований.** Таким образом, задачу оптимизации процес- сов тестоприготовления можно представить следующим образом:

$$eНт = \min_{U_1 \subset U} eНт (A \text{ уд. т.}, t_t, \tau_t, \rhoНоп., \text{ И бр. оп.}) \quad (2)$$

$$Пт. = \min_{U_2 \subset U_1} Пт. (A \text{ уд. т.}, t_t, \tau_t, \text{ И бр. оп.}).$$

При ограничениях и связях  $\tau_t = g (A \text{ уд. т.}, t_t)$ ;  $A^{min} \text{ уд. т.} \leq A \text{ уд. т.} \leq A^{max} \text{ уд. т.}$ ;  $t_t \leq t_t \leq t_t^{max}$ ;  $\tau_t^{min} \leq \tau_t \leq \tau_t^{max}$ , где  $eНт.$  — окислительно- восстановительный потенциал теста;  $Пт.$  — потери сухих веществ муки в про- цессе брожения теста;  $A \text{ уд. т.}$  — расход энергии, затрачиваемой на замес теста;  $t_t$  — температура теста;  $\tau_t$  — продолжительность брожения теста;  $\rhoНоп.$  — активная кислотность опары;  $Ибр. оп.$  — интенсивность брожения опары.

Задачу векторной оптимизации процессов тестоприготовления решают ме- тодом последовательных уступок [5] по следующему алгоритму: 1) подгото- вить массив исходных данных, которые должны содержать информацию, полученную после опроса датчиков, а также значения ограничений, опреде- ляемых из технологических требований; вводят также значения параметров математической модели, полученные в результате оперативной иденти- фикации в условиях нормальной эксплуатации объекта; 2) осуществить оптими- зацию по первому критерию оптимальности —  $eНт. \rightarrow \min$ , т. е. найти  $eН^{\circ}т.$  и  $U_1^{\circ} = (A^{\circ} \text{ уд. т.}, t_t^{\circ}, \tau_t^{\circ})$ ,  $U_1^{\circ} \in U_1 \subset U$ ; 3) назначить уступку  $\Delta eНт. = = 0,05 \div 0,15 eН^{\circ}т.$  и определить область управлений  $U_2 \subset U_1$  для решения следующей задачи оптимизации по второму критерию при назначенной уступ- ке первого критерия  $eН^{\circ}т. + \Delta eН^{\circ}т.$ ; 4) осуществить оптимизацию по второму

критерию оптимальности  $\text{Пт.} \rightarrow \min$ , т. е. найти  $U_2^* = (A^* \text{уд. т.}, t^* \text{т.}, \tau^* \text{т.})$ ,  $U_2^* \in U_2$ ; 5) полученные значения  $A^* \text{уд. т.}, t^* \text{т.}, \tau^* \text{т.}$  выдать на локальные системы регулирования режимных параметров тестоведения в виде заданий регуляторам.

Алгоритм векторной оптимизации процессов тестоприготовления реализован программно на алгоязыке Бэйсик и является составной частью (в виде модуля) алгоритма оптимального управления процессами тестоприготовления. Указанный алгоритм был проверен в производственных условиях Броварского хлебозавода по математической модели, полученной в результате обработки опытных данных пассивного эксперимента методом группового учета аргументов.

$$\begin{aligned} e\text{Нт.} &= 258,3 - 33,65A^{0,5} \text{ уд. т.} \cdot \tau^{0,5} \text{ т.} - 0,418t\tau \cdot \text{И}^{0,5} \text{ бр. оп.} + \\ &+ 31,46t^{0,5} \text{ т.} + 0,655A \text{ уд. т.} \cdot \rho\text{Н оп.} + 0,334\tau \cdot \text{И бр. оп.} \\ \text{Пт.} &= -3,452 + 0,042A^{0,5} \text{ уд. т.} \cdot \text{И}^{0,5} \text{ бр. оп.} + 0,032t \text{ т.} \cdot \tau^{0,5} \text{ т.} + \\ &+ 0,343t^{0,5} \text{ т.} + 0,035\tau \text{ т.}^2 \\ \tau \text{ т.} &= 2,51 - 0,044A \text{ уд. т.} - 0,031t \text{ т.} \\ 6,8 \text{ кДж/кг} &\leq A \text{ уд. т.} \leq 15,5 \text{ кДж/кг} \\ 28 \text{ }^\circ\text{C} &\leq t \text{ т.} \leq 35 \text{ }^\circ\text{C} \\ 0,7 \text{ ч} &\leq \tau \text{ т.} \leq 1,8 \text{ ч.} \end{aligned}$$

**Выводы.** Определены оптимальные значения режимных параметров процессов тестоприготовления, что позволило при испытаниях технологической линии производства хлеба на Броварском хлебозаводе увеличить производительность оборудования на 11,4 %, снизить потери муки на 1,3 %.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. — М.: Наука, 1982. — 256 с.
2. Данциг Дж. Б. Линейное программирование, его обобщения и приложения — М.: Прогресс, 1966. — 600 с.
3. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.
4. Щербатенко В. В. Регулирование технологических процессов производства хлеба и повышение его качества. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 232 с.
5. Подиновский В. В., Гаврилов В. М. Оптимизация по последовательно изменяемым критериям. — М.: Сов. радио, 1975. — 192 с.

Поступила в редколлегию 22.04.87.