

УДК 681.5:664.6

# Автоматизированная система управления производством хлеба

С.Н. Швед,

И.В. Эльперин, канд. техн. наук,  
Л.Ю. Арсеньева, доктор техн. наук,  
Национальный университет пищевых технологий (г. Киев)

Несмотря на простую технологическую схему и хорошо известную технологию хлебобулочных изделий, производство хлеба можно отнести к производствам средней сложности в пищевой промышленности, а по природе преобразований, происходящих в сырье, полуфабрикатах и готовой продукции, – к достаточно сложным микробиологическим, биохимическим, физико-химическим, массообменным, теплообменным и механическим процессам [1, 2].

Безусловно, основным показателем эффективности производства хлеба, как и других пищевых производств, является качество готовой продукции, зависящее от многих показателей, среди которых можно выделить качество сырья. Именно нестабильные показатели качества хлебопекарных свойств муки требуют принятия оперативных решений, которые позволили бы получать готовую продукцию стабильно высокого качества. Один из вариантов решения этой задачи – использование специальных добавок-улучшителей, для облегчения выбора которых целесообразно разработать интеллектуальную систему поддержки принятия решений (СППР).

СППР была разработана на базе моделей с нечеткой логикой [1, 4, 5]. Для этого, в соответствии с методикой нечеткого логического вывода, на основании результатов обработки мнений экспертов и литературных данных, сформулированы матрицы термов лингвистических переменных для всех типов улучшителей. В качестве входных переменных выбраны основные показатели хлебопекарных свойств муки – газообразующая способность  $G_M$ , автолитическая активность  $AA_M$ , сила муки  $F_M$  и качество клейковины  $K_K$ , а в качестве выходных – рекомендации по использованию добавки-улучшителя. Для каждого улучшителя разработаны соответствующие базы данных из эвристических правил их выбора, на основе которых с помощью алгоритма Мадамы получены логические выводы о целесообразности выбора того или другого улучшителя. Разработан алгоритм обработки полученных результатов и формирования рекомендации оператору-технологу (рис. 1).

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы повышения эффективности существующих систем автоматизации процессов производства хлеба. Предложено использовать интеллектуальные подсистемы поддержки принятия решений при выборе улучшителей и оперативной коррекции технологических параметров. Для создания интеллектуальных подсистем использованы модели с нечеткой логикой и прогнозирующие модели на базе искусственных нейронных сетей.

**Abstract.** Questions of an increase in the effectiveness of the existing systems of the automation of the processes of the production of bread are examined. It is proposed to use intellectual subsystems of the support of decision making with the selection of the additives and operational correction of the technological parameters. For their creation the models with the illegible logic and the forecasting models on the base of artificial neuron networks were used.

**Ключевые слова:** автоматизация, нечеткая логика, нейронные сети.

**Keywords:** automation, illegible logic, the neuron networks.

На каждой стадии технологического процесса производства хлебобулочных изделий протекают микробиологические, коллоидные и биохимические процессы, результаты которых довольно сложно предсказать. Если на какой-то стадии произойдет существенное отклонение от нормы, о чем будут свидетельствовать значения показателей процесса, то это повлияет на процессы последующей стадии, что в итоге может привести к существенному ухудшению показателей качества готовой продукции. Чтобы этого избежать, необходимо проводить коррекцию технологических параметров последующей стадии в зависимости от результатов предыдущей, для чего существующие системы автоматизации целесообразно дополнить подсистемой оперативной коррекции технологических параметров.

В процессе подготовки сырья (рис. 2), в зависимости от выбранного вида

хлеба и в соответствии с заданной рецептурой, производится дозирование муки ( $G_M$ ), дрожжевой суспензии ( $G_D$ ), раствора соли ( $G_C$ ) и воды ( $G_B$ ). На этом же этапе принимается решение о необходимости внесения улучшителей для корректировки хлебопекарных свойств муки.

От показателей подъемной силы ( $PC_D$ ) и кислотности ( $K_D$ ) дрожжей, а также от показателей хлебопекарных свойств муки (газообразующей способности  $G_M$ , автолитической активности  $AA_M$ , силы  $F_M$ , водопоглотительной способности ВПЗ и кислотности  $K_M$ ) зависит качество процессов на следующем этапе производства хлеба – приготвления опары, результаты выполнения которого характеризуются параметрами: кислотностью ( $K_{оп}$ ), подъемной силой ( $PC_{оп}$ ), температурой ( $t_{оп}$ ) и влажностью ( $W_{оп}$ ) опары.

Управлять этими значениями можно за счет изменения: температуры и влажности



Рис. 1. Алгоритм выбора рекомендованного улучшителя

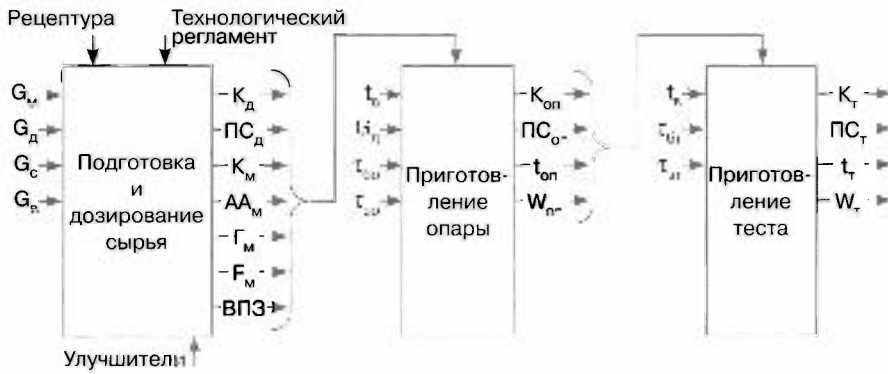


Рис. 2. Параметрическая схема этапов технологического процесса приготовления хлеба

расхода дрожжевой суспензии  $G_d$ , которую добавляют в опару; продолжительности замеса  $\tau_{30}$  и брожения  $\tau_{35}$  опары.

На стадии приготовления теста регламентированные значения его кислотности  $K_T$ , подъемной силы  $PC_T$ , температуры  $t_T$  и влажности  $W_T$  можно получить за счет изменения температуры воды  $t_u$ , продолжительности замеса  $\tau_{3T}$  и брожения  $\tau_{6T}$  теста.

Аналогичный анализ можно провести и для всех последующих этапов приготовления хлебобулочных изделий.

Таким образом, технологический процесс приготовления хлеба можно рассматривать как сложную динамическую систему, в которой конечный результат зависит от результатов каждой стадии, а результат каждой последующей стадии зависит от показателей предыдущей. Систему оперативной коррекции технологических параметров предложено разработать на базе прогнозирующей модели.

Основной задачей прогнозирующей модели (рис. 3) является обработка поступающей на нее информации о показателях процессов предыдущей стадии и выработка рекомендуемых значений управляющих параметров, при которых прогнози-

руемые моделью значения показателей качества текущего этапа должны максимально приближаться к регламентированным. При этом рекомендуемые системой управляющие параметры могут отличаться от регламентированных значений.

Прогнозирующая модель разработана с использованием искусственных нейронных сетей, хорошо зарекомендовавших себя при работе со сложными динамическими системами, имеющими высокий уровень неопределенности [7].

Как известно, процесс использования нейронных сетей состоит из двух стадий: обучения искусственной нейронной сети и использования полученной прогнозирующей модели в системе управления.

На этапе обучения происходит вычисление синоптических коэффициентов в процессе решения нейронной сетью задач, в которых искомый ответ определяется не по правилам, а с помощью примеров, которые сгруппированы в обучающие множества, т.е. нейронная сеть на стадии обучения сама выполняет функции эксперта в процессе подготовки данных. После окончания процесса обучения можно получить модель, которая для конкретных значений входных воздействий

может прогнозировать значения выходных величин.

В рабочем режиме прогнозирующая модель используется для выбора таких значений управляющих воздействий, при которых прогнозируемые показатели качества процесса максимально приближались бы к регламентированным, т.е. на каждом этапе необходимо решить задачу оптимизации по поиску глобального минимума значения суммы отклонений всех прогнозируемых показателей качества от регламентированных значений. Учитывая, что на каждом этапе следует найти значения нескольких параметров, необходимо добиваться достижения локального минимума по каждому параметру, т.е. необходимо найти компромисс между достижением глобального и локальных критериев оптимизации.

Эта задача решена с использованием генетических алгоритмов, объединяющих позитивные свойства хорошо известных переборных и локально-градиентных алгоритмов [7].

**Вывод.** Широкое внедрение компьютерно-интегрированных технологий в системы управления технологическими процессами позволили создать современные интеллектуальные подсистемы поддержки принятия решений при управлении сложными технологическими процессами.

Литература

1. Благовещенская, М.М. Информационные технологии систем управления технологическими процессами / М.М. Благовещенская, Л.А. Злобин. – М.: Высшая школа, 2005. – 768 с.
2. Дробот, В.І. Технологія хлібопекарського виробництва / В.І. Дробот. – Киев: Логос, 2002. – 366 с.
3. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: навчальний посібник / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньева та ін. – Киев: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
4. Райков, А.Н. Интеллектуальные информационные технологии / А.Н. Райков / М.: Московский гос. ин-т радиотехники, электроники и автоматики, 2000. – 96 с.
5. Росс, Д. Структурный анализ (SA): язык для передачи понимания / Д. Росс // Журнал доктора Тобба. – 1993. – № 1. – С. 9.
6. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с пол. И. Д. Рудинского / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
7. Черноуцкий, И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноуцкий. – С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

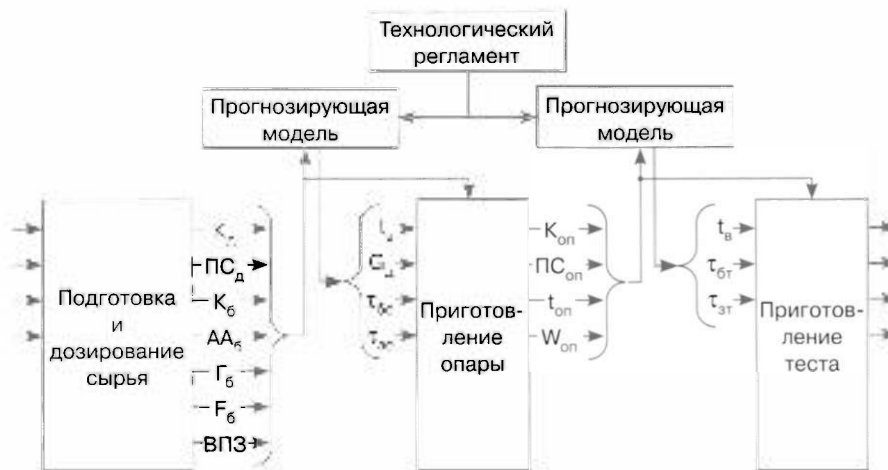


Рис. 3. Структурная схема системы управления с прогнозирующей моделью

# хлебопродукты

2 / 2013  
ФЕВРАЛЬ

**khleboproducty**

Достижение совершенства в помоле зерна – очень трудоемкая задача. Антарес устанавливает новые стандарты круглосуточного помола. Автономный набор валцов и надежная подача продукта обеспечивают получение тонкой и однородной муки. Максимальная гигиеничность гарантирована благодаря технологичному изоляционному материалу, интегрированной аспирации впуска продукта и облицовки из нержавеющей стали. Испытайте новый уровень удобства использования и качества от эргономичного управления и высокой эксплуатационной надежности до впечатляющей конструкции. Антарес – новое мукомольное искусство.

Бюлер АГ, Представительство в Москве, Тел. / Факс: +7 (495) 786-87-63  
office.moscow@buhlergroup.com, www.buhlergroup.com

Приглашаем Вас посетить наш стенд **D220** в павильоне **57**  
на выставке «Зерно-комбикорма-Ветеринария- 2013»



Innovations for a better world.

**BUHLER**