

## **Алгоритмы распознавания производственных ситуаций при оперативном управлении мощностными ресурсами хлебокомбината**

В. И. Бевз, Л. Ю. Маноха, кандидаты техн. наук

Хлебопекарная отрасль характеризуется непрерывной и неритмичной работой. Ежедневно меняющийся спрос на хлебобулочную продукцию, а также ограниченный срок хранения готовых изделий приводят к необходимости составления ежесуточного плана работы хлебокомбинатов. В процессе функционирования на производственный процесс воздействуют факторы, которые могут привести к отклонению от плановой траектории функционирования или к остановке производства.

Современный уровень механизации и автоматизации хлебопекарной промышленности достаточно высок. Однако на хлебопекарных предприятиях почти не автоматизированы функции управления производством на уровне главного механика и главного инженера.

Целью задачи автоматизированного управления хлебокомбинатом является нахождение оптимального режима работы производственного комплекса технологических линий.

Хлебокомбинат является сложной производственной системой, для которой характерно наличие управляемой и управляющей подсистем (рис. 1). На нормально работающий объект — комплекс технологических линий хлебокомбината — действуют следующие возмущения:

- 1) поток дополнительных заказов и отказов от продукции торговой сети;
- 2) аварии оборудования;
- 3) отсутствие материальных, энергетических ресурсов, воды.

Управление хлебокомбинатом характеризуется определенной иерархией в пространстве и во времени. В пространстве иерархия определяется как объединение — хлебокомбинат — цех — технологическая линия. Во временном аспекте выделяется перспективное, текущее и оперативное управление. Процесс управления хлебопекарным производством носит относительно замкнутый, циклический характер. Он состоит из повторяющейся последовательности общих функций управления, к которым относятся учет, контроль, анализ, прогнозирование, планирование и регулирование.

Автоматизация процесса выработки управленческих решений на хлебокомбинате выполнена в рамках диалоговой системы. Именно человеко-машинная система позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР), творчески участвовать в процессе решения, активно влиять на его ход, используя практический опыт.

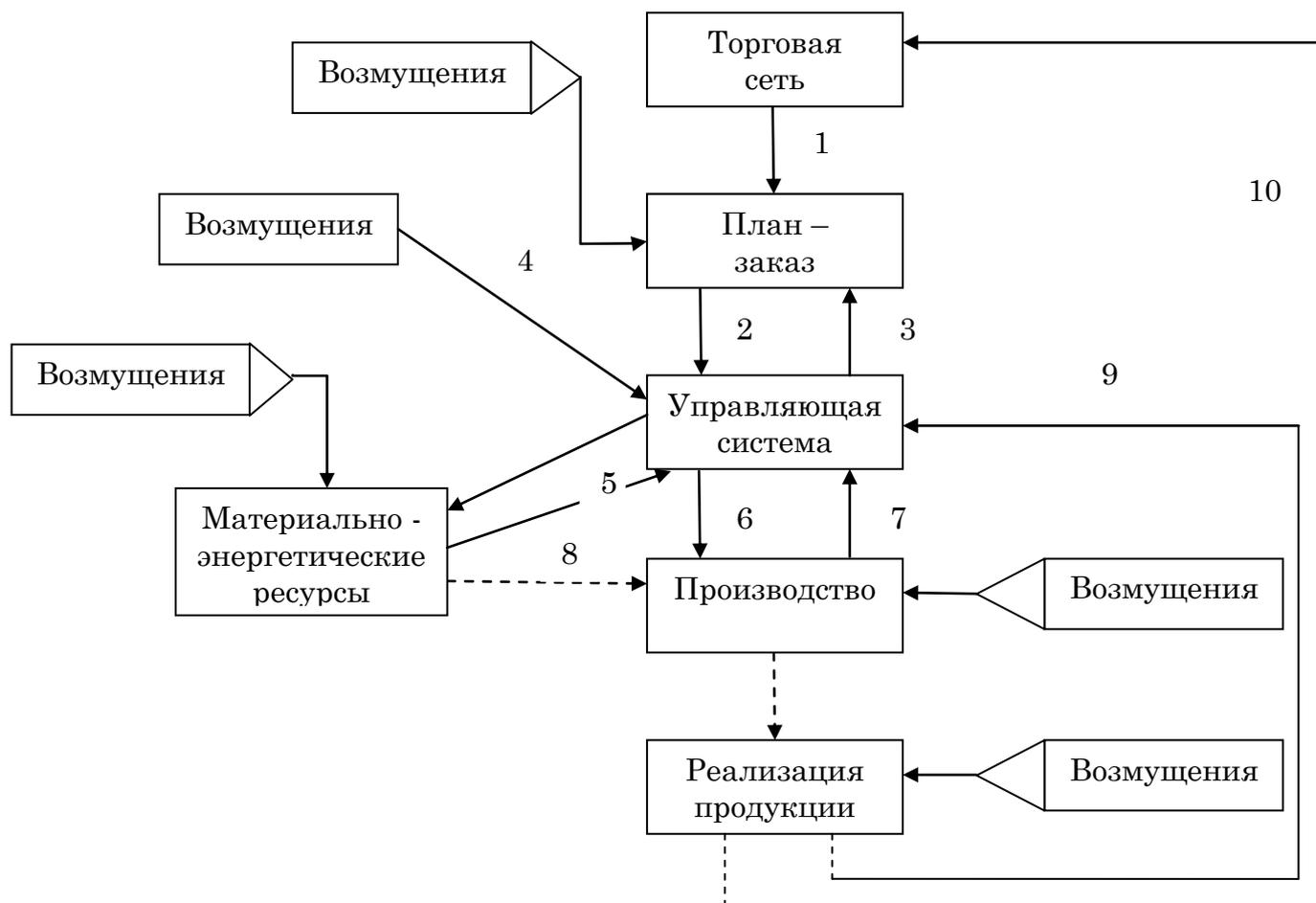


Рис 1. Структура функционирования производственного комплекса хлебокомбината:

- - - > — материальные потоки; —> — информационные потоки ; 1 — заказы торговой сети; 2 — информация об отказах торговой сети; 3 — корректирование плана-заказа; 4 — информация, необходимая для принятия управляющего решения; 5 — информация о наличии необходимых ресурсов; 6 - план работы технологических линий; 7 — информация о состояниях и авариях технологического оборудования; 8 — ресурсы, необходимые для выпуска продукции; 9 — информация о реализации и возврате готовой продукции; 10 — готовая продукция.

Автоматизированное управление производственным комплексом решает следующие задачи:

1. Планирования суточной (сменной) программы предприятия на основе проведенного анализа заказов потребителей, состояния основного технологического оборудования, наличия материальных, энергетических и трудовых ресурсов, которая решается исходя из критерия получения максимальной прибыли предприятия.
2. Учета и контроля состояний системы по определенным показателям, при отклонении фактической траектории функционирования от плановой фиксируется сбой в пространстве состояний системы.
3. Классификации ситуации, которая заключается в классификации текущих ситуаций по выделенным признакам пространства состояний; в определении необходимости принятия управляющих решений; в классификации ситуаций по причинам, величине сбоев и имеющимся ресурсам.
4. Принятия оперативных решений — это задача распознавания ситуации, выявления стандартных и нестандартных ситуаций и принятия решений.

Рассмотрим понятие производственной ситуации как состояния системы производственного комплекса технологических линий хлебокомбината, поскольку качество принимаемых решений в производственной системе определяется информацией о сложившейся ситуации. Понятие ситуации рассматривается для подсистемы  $(S, C)$ , где  $S$  — система, а  $C$  — ее среда. Выработка управляющих воздействий основывается на решении задачи распознавания ситуации.

Пусть  $S_i = |S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im}, |$  — множество состояний системы,  $k_i = |k_{i1}, k_{i2}, \dots, k_{in}, |$  соответствующее множество решений  $i$ -го уровня управления. Требуется найти такое разбиение множества  $S_i$ , на  $n$  классов, чтобы решение  $k_{ij}$  сопоставленное  $j$ -му классу  $j = 1, \dots, n$  соответствовало оптимальному функционированию системы.

Производственный процесс  $\Pi$  хлебокомбината характеризуется: технологическими линиями  $|R_j|$  на которых он осуществляется; вырабатываемой продукцией которая при этом производится, и описывается показателями  $\{Z(r_i, R_j)\}$  характеризующими производство. продукции на технологических линиях:

$$\Pi \sim \{|R_j|, |r_i|, |Z(r_i, R_j)|\}.$$

Рассматривая в совокупности показатели, которые описывают все процессы функционирования системы  $\Pi_k, k = 1, \dots, p$ , получаем множество показателей  $Z$  характеризующее производственную систему комплекса технологических линий  $Z = |Z_1|U|Z_2|U \dots U|Z_p|$ .

Формализуем понятие режима функционирования системы хлебокомбината в момент времени  $t$

$$R(t) = (Z_1, Z_2, Z_3),$$

где  $Z_1$  — область состояний, в которой технологические линии находятся в начальный момент  $t$ ;  $Z_2$  — область состояний, в которой технологические линии будут находиться на интервале управления  $[t, T]$  (планируемые состояния);  $Z_3$  — область состояний, в которой система технологических линий будет находиться в конце периода управления  $T$ .

Комплексная оценка функционирования осуществляется следующим образом:

$$S(t) = \sqrt{\sum_{i=1}^p ((Z_{i_{пл}}(t) - Z_{i_{ф}}(t))^2),$$

где  $Z_{i_{пл}}(t)$  — плановое значение  $i$ -го показателя;  $Z_{i_{ф}}(t)$  — фактическое значение  $i$ -го показателя.

Комплекс управляющих воздействий можно представить как совокупность последовательно выполняемых модулей  $P = (P_1, P_2, P_3)$ . Модуль  $P_1$  — это задача выбора функциональных проблем, которые должны быть решены в производственных ситуациях  $\Gamma$ . Он реализуется в режиме диалога человека с ЭВМ. Модуль  $P_2$  выбирает решение функциональной структуры на основе распознавания ситуации.

Модуль  $P_3$  строит алгоритмическую структуру, определяет управляющие воздействия на объект управления.

Для реализации модуля  $P_2$  необходимо решить задачу распознавания ситуации.

Каждой производственной ситуации  $\Gamma_j$ , ставится в соответствие бинарный вектор признаков:

$$(\Gamma_j) = |\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_t|,$$

где  $\xi_i = \begin{cases} 1, & \text{если в ситуации } \Gamma_j \text{ присутствует } i - \text{й признак;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Формируется обучающая матрица, в которой каждая  $j$ -я строка соответствует информационному вектору  $\Gamma_j$ . Каждый признак ситуации имеет вес  $p$ , определяемый по обучающей матрице. В зависимости от веса признаки подразделяются на значимые и незначимые. Если  $p(\xi_i) \leq \xi_1$ , где — принятое значение порога значимости, признак является значимым. в противном случае - незначимым, В каждой ситуации выделяются связанные между собой признаки. Строится матрица  $Q$  с элементами  $q_{ij}$ , где

$$q_{ij} = \begin{cases} p(\xi_i), & \text{если в ситуации } \Gamma_i \text{ } j - \text{й признак имеет вес } p; \\ 0, & \text{если в ситуации } \Gamma_j \text{ } i - \text{й признак отсутствует} \\ & \text{или имеет вес, равный } 0. \end{cases}$$

В матрице  $Q$  выделяется незначимая часть. В каждой строке выделяются коалиции незначимых признаков, суммарный вес которых превышает порог значимости.

Множество ситуаций разбивается на классы следующим образом:

- 1) формируется сумма  $\sum 1$ , количества совпадений коалиций значимых элементов в строках;
- 2) формируется сумма  $\sum 2$  количества совпадений коалиций незначимых элементов в строках;
- 3) если мера близости  $\sum 3 = \sum 1 + \sum 2 \geq \xi_2$  где  $\xi_2$  — порог функции близости, ситуации относятся к одному классу.

На основании сравнения текущей ситуации  $\Gamma(t)$  с основными при\* знаками класса ситуации  $K_n$  делается вывод о принадлежности или непринадлежности ситуации  $\Gamma(t)$  классу  $K_n$ . Для этого был разработан алгоритм распознавания ситуации.

Описание класса  $K_n$  представим как  $K_n = (k_{n1}, k_{n2}, \dots, k_{nl})$ , где  $l$  — количество признаков класса  $K_n$ .

С целью получения численного описания  $K_n$  введем понятие интервала  $x_{nj} = (a_{nj}, b_{nj})$ , где  $a_{nj}$  — начало интервала  $j$ -го признака (левая граница);  $b_{nj}$  — конец интервала  $j$ -го признака (правая граница). Считаем, что признак  $\xi_j$  принадлежит интервалу  $x_{nj}$  если  $a_{nj} \leq \xi_j \leq b_{nj}$ .

Для каждого класса разрабатывается эталон образа, представляющего собой набор интервалов по каждому признаку, т. е.  $K_n = U|x_{nj}|$ . Таким образом, класс ситуаций  $K_n$  можно представить как совокупность ситуаций  $|\Gamma_j|$ , значения признаков которых попадают в интервалы соответствующих признаков данного  $n$ -го образа.

Процесс распознавания ситуации  $\Gamma(t)$  происходит последовательно по каждому признаку  $\xi_j$ . При этом сравниваются признаки текущей ситуации с интервалами соответствующих признаков классов ситуаций.

Алгоритм распознавания ситуации  $\Gamma(t)$  подобен алгоритму классификации ситуаций. Для каждого класса ситуаций формируется  $\sum_n = \sum_{n1} + \sum_{n2}$  где  $\sum_{n1}$  — сумма количества попаданий значимых признаков ситуации  $\Gamma(t)$  в эталон класса  $K_n$ ;  $\sum_{n2}$  — сумма количества попаданий

незначимых признаков, образующих одну коалицию, ситуации  $\Gamma(t)$  в эталон класса  $K_n$ .

Функция близости  $\sum_p = \max_n |\sum_n|$  определяет принадлежность распознаваемой ситуации классу ситуаций  $K_p$  если  $\sum_p \geq \xi_2$ , где  $\xi_2$  — порог близости.

Алгоритмическая структура (модуль  $P_3$ ) строится с помощью ЛПР. Поскольку каждому классу ситуаций, определяемому модулем  $P_2$ , поставлен в соответствие набор тактик действий, ЛПР, учитывая неформализуемую информацию, определяет необходимые управляющие решения.

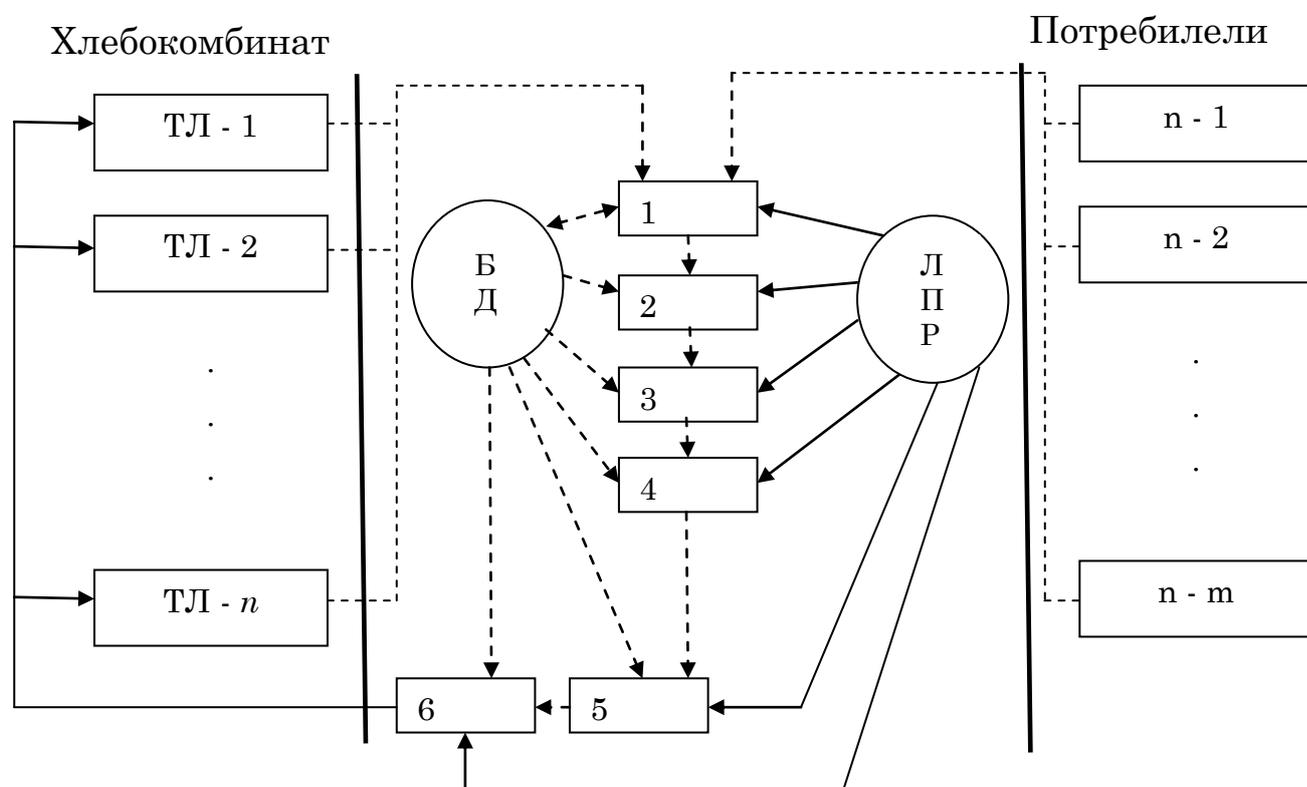


Рис. 2. Схема диспетчерского пункта по автоматизированному управлению комплексом технологических линии хлебокомбината:

1 — блок сбора и хранения оперативных данных о ходе производства, состояниях технологических линий, заказах торговой сети; 2 — блок-анализа процессов производства и сбыта, состояний основного технологического оборудование; 3 — блок формирования списка заказанного ассортимента; 4 — блок планирования загрузки технологических мощностей хлебокомбината; 5 — блок анализа надежности работы технологических линий и формирования плана

их функционирования; БД — база данных; ТЛ — технологическая линия: - - -> — информационные потоки; ———> — команды управления

Для разработки алгоритмов классификации ситуаций на хлебокомбинате были определены следующие признаки:

- 1)  $l$  — номер линии,  $l=1, \dots, L$ ;
- 2)  $2)K_l$  — состояние, в котором находится  $l$ -я линия,  $K_l = 1, \dots, 10$ ;
- 3)  $PR_{ij}$  — производительность  $l$ -й линии по  $j$ -му виду продукции,  $j=1, \dots, 14$ ;
- 4)  $UPR_{ij}$  — условно-постоянные расходы по выпуску  $j$ -го вида продукции на  $l$ -й линии;
- 5)  $\Pi_{lk}$  — производственные затраты на поддержание  $l$ -й линии в  $k$ -м состоянии;
- 6)  $W_j$  — оптимальный объем выпуска  $j$ -й продукции  $l$ -й линией для получения максимальной прибыли хлебокомбинатом;
- 7)  $R_l$  — количество рабочих на  $l$ -й линии;
- 8)  $P_{lk}$  — вероятность нахождения  $l$ -й линии в  $k$ -м состоянии в момент времени  $t$
- 9)  $K_r$  — коэффициент готовности  $l$ -й линии;
- 10)  $D_{ij}$  — дополнительный заказ  $j$ -го вида продукции для  $l$ -й линии;
- 11)  $O_{ij}$  — отказ от  $j$ -го вида продукции, вырабатываемого  $l$ -й линией;
- 12)  $M_{lj}$  — наличие материальных ресурсов для производства  $j$ -го вида продукции на  $l$ -й линии;
- 13)  $E_l$  — наличие электроэнергии для работы  $l$ -й линии;
- 14)  $T_l$  — наличие топлива для работы  $l$ -й линии;
- 15)  $G_{lj}$  — качество готовой продукции  $j$ -го вида на  $l$ -й линии;

Второй показатель определяется как одно из десяти возможных состояний технологической линии: 1 — работа; 2 — ввод в работу; 3 — горячий резерв; 4 — вывод из рабочего состояния; 5 — холодный резерв; 6 — авария заменяемого

оборудования; 7 — срочный ремонт оборудования; 8 - профилактический ремонт; 9 — авария несменяемого оборудования; 10 — капитальный ремонт. Статистический учет нахождения технологической линии в каждом из этих состояний позволяют рассчитывать величины 8), 9) как показатели надежности работы.

Показатели 4), 5) являются расчетными величинами и характеризуют производственные затраты.

Для расчета показателя б) решается задача стохастического программирования, где эффективность плана оценивается величинами производственных затрат, а также функциями, характеризующими убытки от возврата и недопоставок готовой продукции.

Показатели 10)-15) характеризуют возмущения, действующие на производственный процесс. Признаки показателей 12) - 15) являются бинарными.

При необходимости принятия управляющего решения анализируются показатели 1)-15). Их значения сравниваются с эталонами известных классов ситуаций и вырабатываются соответствующие тактики действий. Если оцениваемая ситуация не принадлежит ни к одному из выделенных классов, для нее создается новый класс и с помощью группы экспертов вырабатываются управляющие действия.

Разработка такой системы оперативного управления мощностными ресурсами хлебокомбината основывалось на применении системного подхода, на основе единой информационной базы. Описанные методики и задачи используются при управлении мощностными ресурсами хлебокомбинатов Киевского производственного объединения хлебопекарной промышленности.

На нижнем уровне управления персоналом цехов производится регистрация и передача оперативной информации, а также получение и реализация управляющих воздействий. Диспетчерский пункт с помощью ПЭВМ обрабатывает документированную информацию и использует ее для оперативного управления. Обобщенная информация о деятельности хлебокомбината в виде сводок передается на ИВЦ и в объединение

хлебопекарной промышленности г. Киева. Таким образом, после внедрения системы автоматизированного управления основная нагрузка ложится на среднее звено — диспетчерский пункт и плановый отдел хлебокомбината.

Работу диспетчерского пункта по автоматизированному управлению хлебокомбинатом можно охарактеризовать следующей схемой (рис. 2).

Использование системы автоматизированного управления производственным комплексом технологических линий хлебокомбината позволяет сократить непроизводственные расходы за счет сокращения времени, требуемого на управленческие расчеты, уменьшения времени простоев и поломок оборудования, более эффективного его использования. Своевременное принятие решений главными лицами хлебокомбината по управлению мощностными ресурсами позволяет уменьшить потери продукции и производственные затраты за счет ритмичной работы оборудования, обеспечить выполнение заказов торговой сети к доставку готовой продукции потребителям по часовому графику.