

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРАЛИНОВЫХ МАСС НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Тарасюк В.П.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Кафедра электронной техники

E-mail: vita@kita.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Tarasyuk V.P. Automated technological process control system of preparation of pralynovykh the masses on the basis of expert estimations. Pre-conditions of creation of the automated control system by pastry technological lines are considered in the article. The structure of issue of products on pastry technological lines is analysed. Application of dekompozition approach for construction of the multilevel hierarchical control system is offered.

Общая постановка задачи и ее связь с важными практическими заданиями. В настоящее время кондитерское производство является одной из перспективных отраслей, определяющих экономическое развитие Донецкого региона. Конкуренция на рынке кондитерской продукции предъявляет высокие требования к маркетингу по объективному анализу и оценок к выбору ассортимента и качеству выпускаемой продукции, а также ее ценовой политики. Конкурентоспособность кондитерской продукции, как правило, в большей степени зависит как от ценовой политики на исходные сырьевые ингредиенты, так и от качества автоматизации технологических процессов, учитывающие традиции и накопленный опыт спецов кондитеров разрабатывающих рецептуру.

Кондитерское предприятие может включать несколько поточных технологических линий, выпускающих разнообразные виды кондитерской продукции [1]. Для производства каждой группы изделий характерен не только свой состав сырья, но и технология его подготовки и переработки с учетом реологических свойств сырья. Это предопределяет разновидность технологических процессов и оборудования, предназначенных для переработки сырья, изменения структуры полуфабрикатов, создания оптимальных условий для протекания процессов, предопределяющих качество готовых изделий. Однако для разнородных технологических процессов есть несколько типовых технологических операций, которые могут выполняться на одном и том же технологическом оборудовании. Повышение эффективности производства возможно за счет повышения увеличения объема производства, улучшения качества выпускаемой продукции, снижения объема незавершенного производства и страховых запасов за счет локализации и синхронизации поставщиков исходного сырья и регламентированного выпуска товара на базе анализа спроса потребителя.

Анализ публикаций и разработок по теме. На данном этапе руководство больших кондитерских фабрик Украины осуществляет реконструкцию технологических линий с использованием разработок ведущих зарубежных фирм [2-5]. Например таких, как ТЕХНЭКС (Россия), ЗАО «РТСофт», Elticon (Москва), S-ТЕС (Самара), «Automation&Drives» Siemens (Германия) и другие. Однако услуги иностранных фирм в интеллектуальных разработках достаточно дороги, поэтому задача самостоятельных разработок автоматизированных систем управления кондитерскими технологическими линиями, функционирующих на основе экспертных оценок является актуальной.

Постановка задачи исследований. Проведенный анализ существующего уровня автоматизации управления технологическим процессом приготовления пралиновых масс

показывает, что исходя из условий функционирования кондитерского предприятия и технологии производства кондитерских изделий, необходимо разработать усовершенствованную автоматизированную систему, использующую те средства и методы управления, которые позволят получать продукцию заданного качества и обеспечивать бесперебойную работу технологического оборудования и кондитерских технологических линий в целом.

Цель исследований: обосновать создание автоматизированной системы управления технологическим процессом приготовления пралиновых масс на основе экспертных оценок, обеспечивающей получение продукции заданного качества, согласованную работу оборудования и улучшение планирования выпуска продукции.

Основной материал и результаты работы. На кондитерском предприятии может одновременно храниться, готовится к обработке и изготавливаться более 100 наименований кондитерских изделий, на нескольких технологических линиях, отличных по своей конструкции и целевому назначению (рис .1). Технологические процессы могут включать несколько типовых операций: это подготовка исходного сырья (просеивание, измельчение, темперирование, смешивания до полу однородной массы, нагрев до заданной температуры плавления и т.д.); приготовление шоколадной глазури для глазирования конфет; приготовления пралиновой массы, фруктовых и жележных начинок, карамелизованных масс, как полуфабриката для начинок конфет, тортов, бисквитов; упаковка готовой продукции, хранение на складе.

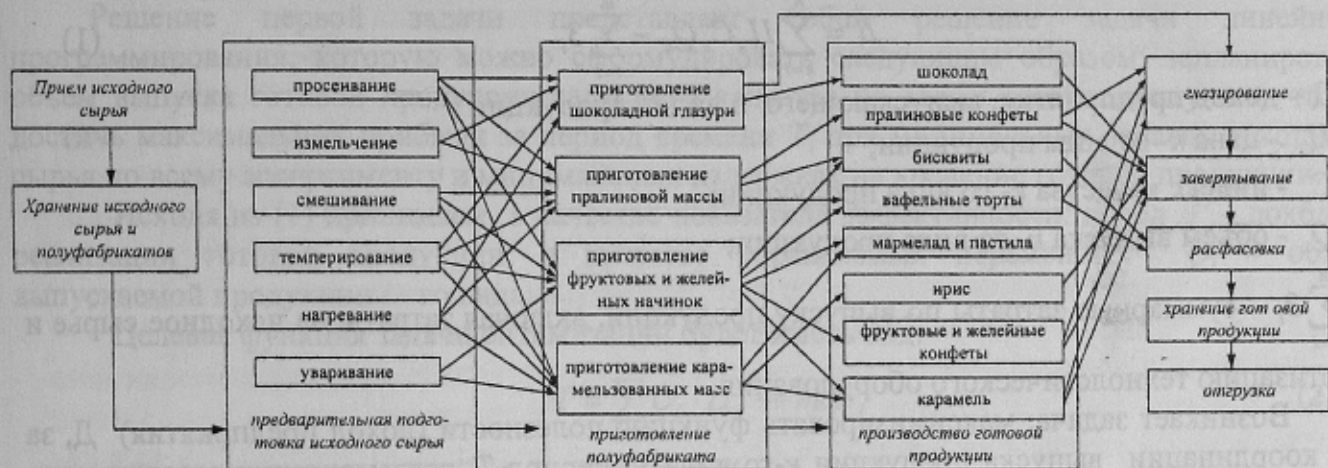


Рис. 1 Обобщенная последовательность выпуска продукции на кондитерском предприятии

При этом производительность технологических линий, при максимальной загрузке оборудования, может быть выше, чем спрос на продукцию. Поэтому в такой системе неизбежно возникают расхождения между заранее составленным планом и его фактическим выполнением. Отсутствие координации может приводить либо к частичным срывам выпуска заданных партий готовой продукции (из-за отклонений параметров от заданных значений), либо к чрезмерному увеличению складских запасов. Это можно устранить за счет внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), потому что позволяет перевести производственный процесс на качественно новую ступень развития, характеризуемую более высокой по сравнению с предшествующей ступенью организацией (упорядоченностью) [6].

Реализация такой системы возможна при помощи иерархического подхода, основанного на принципе декомпозиции общей структуры производства на подзадачи и преимущества которого в данном контексте заключаются в следующем [7]:

- Для повышения конкурентоспособности ЭВМ может использоваться как инструмент для обработки информации и подготовки решений на уровне управления производительностью. В частности задание по выпуску продукции определяется

путем проигрывания на ЭВМ различных вариантов, основанных на данных анализа рынка и модели производства, полученной методами линейного программирования.

- Сильное взаимодействие наблюдается между технологическими процессами производства разных видов готовой продукции. Вследствие этого возникают узкие места, ограничивающие производительность фабрики. Путем улучшения планирования можно повысить производительность всего комплекса за счет устранения «узких» мест на типовых операциях, либо за счет как можно более равномерной загрузки всех технологических участков.
- Параллельные операции, использующие общую подготовку и подачу сырья, глазирования, завертывания и так далее, требуют тщательного составления графиков работы в целях минимизации производственных затрат как для отдельных процессов, так и для всего производства в целом, что приводит к снижению издержек производства.

Для обоснования важности организации рассматриваемого производства воспользуемся методом декомпозиции в форме Эрроу [7], в частности, одним из координационных принципов, а именно принципом согласования взаимодействий.

Имеется некоторая функция полезности, которая может быть использована для оценки функционирования всей системы. Кроме того, предполагается, что весь экономический эффект функционирования предприятия ориентирован на потребителя. Такой функцией полезности является доход кондитерского предприятия, которая определяется, как

$$D = \sum_{k=1}^n C_k C_k Q_k - \sum_{i=1}^m Z_i \tag{1}$$

где D – доход предприятия, выпускающего n видов продукции ;

C_k - цена k - го вида продукции;

C_k - индекс качества k - го вида продукции;

Q_k - объем выпуска k - го вида продукции;

$\sum_{i=1}^m Z_i$ - суммарные затраты по выпуску продукции, включая затраты на исходное сырье и

амортизацию технологического оборудования.

Возникает задача: максимизировать функцию полезности (доход предприятия) D , за счет координации выпуска продукции k -го вида за период T , регламентации ассортимента выпускаемых товаров на основе маркетинговых исследований рынка сбыта, а также повышения качества выпускаемой продукции.

Анализ (1) показывает, что для условий оптимального управления при стабильном рынке сбыта, когда $C_i = const$, основным путем увеличения приведенного дохода D является снижение суммарных затрат $\sum Z_i$ при управлении на интервале оптимизации T_{opt} и повышение индекса качества C_k .

Любой технологический процесс приготовления кондитерских изделий представляет собой многостадийную систему с последовательно-параллельным видом движения материального потока. В данном случае имеется конечное множество $N = \{1, 2, \dots, n\}$ видов готовой продукции и конечное множество $\mu = \{1, 2, \dots, M\}$ технологического оборудования (аппаратов, узлов). Процесс получения вида продукции $i \in N$ включает r_i операций. При этом каждому изделию $i \in N$ и на каждой операции $q, 1 \leq q \leq r_i$, его обслуживания сопоставляется некоторое множество технологического оборудования $\mu_q^i \subseteq \mu$.

Технологическое оборудование, узлы аппараты, которые используются на технологических линиях, связаны непрерывным материальным потоком, обуславливающим преобразование каждого аппарата работ согласно техническому регламенту с началом

концом (t_n и t_k) внутренних операций. Поэтому для согласования технологических операций для работ K , с учетом технологии приготовления, их необходимо синхронизировать таким образом, чтобы согласовать начало t_n^i по следующей операции и конец t_k^i предыдущей без простоя оборудования. Причем синхронизировать работу технологических линий таким образом, чтобы наиболее плотнее загрузить технологическое оборудование, минимизировать число производственных смен, сократить число переналадок.

Таким образом можно выделить ряд задач, связанных с минимизацией суммарных затрат $\sum Z_i$ на интервале оптимизации T_{opt} :

1. Обеспечение непрерывной работы технологических линий для повышения их производительности, на базе регламентации запасов исходного сырья и планирования выпуска готовой продукции на основе маркетинговых исследований рынка сбыта.

2. Обеспечение оптимальных режимов последующих и предыдущих звеньев $\mu_q^i \subseteq \mu$ (узлов аппаратов) технологических линий обеспечивающих рентабельную работу, за счет составления оптимального расписания по согласованию технологических рабочих циклов выполнения r_i технологических операций, по каждой технологической линии $i \in N$.

3. Обеспечение загрузки технологических узлов материальным потоком (с оптимальной плотностью загрузки) для получения продукта требуемого качества.

Решение первой задачи представляет собой решение задачи линейного программирования, которую можно сформулировать следующим образом: запланировать объем выпуска готовой продукции заданного качества по всему ассортименту так, чтобы достичь максимальной прибыли за период времени T , при минимальных запасах исходного сырья по всему ассортименту и минимальных издержках на хранение готовой продукции.

Исходя из (1) принимаем в качестве показателя эффективности: доход D' – доход от реализации готовой продукции, в качестве управляемых переменных Q_i – объем выпускаемой продукции i -го вида;

Целевая функция задачи оптимизации будет иметь вид:

$$D' = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot C_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

при ограничениях: $0 \leq Q_i \leq Z_i$, $0 \leq Q_i \leq M_i$.

где Z_i - объем складских помещений, для хранения готовой продукции i -го вида;

M_i - максимальный спрос на готовую продукцию i -го вида, полученный в результате маркетинговых исследований.

Решения этой задачи являются ограничениями (задающими воздействиями) для второго уровня или «заданием» на выпуск готовой продукции.

Вторая задача представляет собой задачу построения оптимального расписания управления отдельными операциями технологических линий в случае параллельно-последовательного вида движения материальных потоков. С учетом суммы времен наложений пересекающихся технологических операций, в общем случае можно записать:

$$T_{\text{ч}} = T_{\text{ч}} - \sum_{i=1}^{m-1} H_{i,i+1}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ч}}$ – длительность промежуточной операции при параллельно-последовательном виде движения; $H_{i,i+1}$ – время наложения i -й и $(i+1)$ -й операций.

Решение второй задачи является величиной расчетной производительности технологических линий и требуемой точности регулирования. Критерий согласования

режимов обеспечивающих ритмичную работу входит на первый уровень и является величиной допустимого отклонения от запасов в промежуточных узлах в условиях неритмичной работы оборудования. В рамках заданной текущей производительности технологической линии через ограничения накладываемые критерием приближенности согласования режимов на первом уровне осуществляется качественное формирование полуфабрикатов по показателям, обеспечивающим минимальные издержки затрат от снижения качества. Здесь необходимо обеспечить соотношение цена-качество и свести к минимуму простой технологического оборудования между отдельными циклами.

В качестве базового, при исследовании системы принят технологический процесс приготовления пралиновых глазированных конфет, а именно процесс приготовления пралиновой смеси рецептурной станцией, являющейся одним из базовых узлов технологической цепи. Получение пралиновых смесей заданной степени однородности является сложным динамическим процессом, протекающим под влиянием многих возмущающих воздействий: неоднородность исходного сырья, ошибки дозирования, повышение влажности и снижение температуры окружающей среды, налипание компонентов в дозаторах, взаимодействие расплавленного жира и др. [8]. Эти воздействия имеют случайный характер. Диапазон возможных отклонений параметров качества пралиновой смеси может превосходить диапазон допустимых, в связи с чем возникает задача контроля и управления показателями качества готовой продукции и полуфабриката. Это задача параметрической оптимизации. Она может быть решена путем анализа качества исходных и конечных продуктов, а также экспертной оценки хода технологического процесса.

Таким образом, автоматизированная система управления технологическим процессом должна быть реализована на основе соответствующих методов адаптации с интеллектуальным наполнением знаниями. Такая система может называться системой управления на основе экспертных оценок, задачами которых будут выступать следующие:

- Планирование и практическое централизованное управление производством с учетом приспособления к рынку сбыта.
- Снижение издержек производства за счет учета взаимодействий между операциями
- Обеспечение получения готовой продукции заданного качества.

Экспертные знания должны накапливать в процессе наладки и функционирования системы, причем как на уровне централизованного управления, так и на уровне непосредственного управления процессом получения кондитерской продукции. На каждом уровне должна быть своя многослойная иерархия принятия решений. Она предусматривает движение вверх и вниз по иерархии, чтобы избежать тупиков, если в заданный промежуток времени решение на некотором слое не может быть достигнуто. Эта функциональная иерархия возникает в связи с основными аспектами проблемы принятия решения: выбором стратегии, которая должна быть использована в процессе решения; поиском предпочтительного или допустимого способа действий, удовлетворяющего заданным ограничениям.

Схематично вертикальное распределение задач с функциональной многослойной иерархией принятия решений в данном контексте представлена на рис.2. Полная задача управления определяется с помощью трех страт [7]. Блок управления высшего уровня при (страта 3) проводит анализ рынка сбыта и поставок исходного сырья, формирует план выпуска готовой продукции по видам изделий, а затем формирует план заказа исходного сырья, чтобы повысить рентабельность производства. Он составляется и корректируется на основании информации о фактическом выполнении производственных планов за истекший период. Затем поступает на вход блоков управления среднего уровня (страта 2), которые разбивают его на частные задания по отдельным технологическим операциям. В этих блоках сравниваются фактические показатели с плановыми. Они получают данные об объеме производства и качестве продукции, и в случае необходимости вносят коррективы в график работы всех подсистем, т.е координируют их работу.

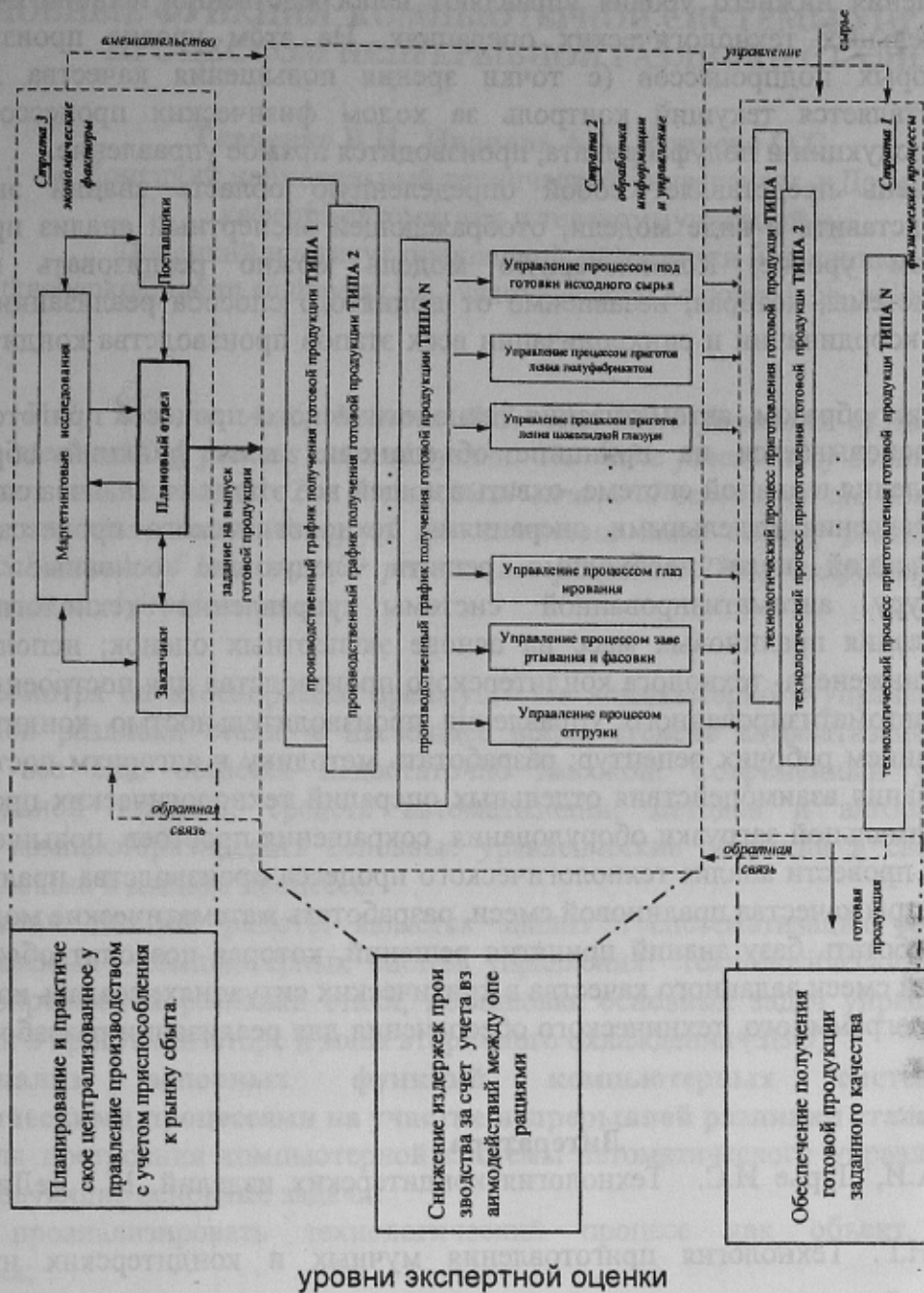
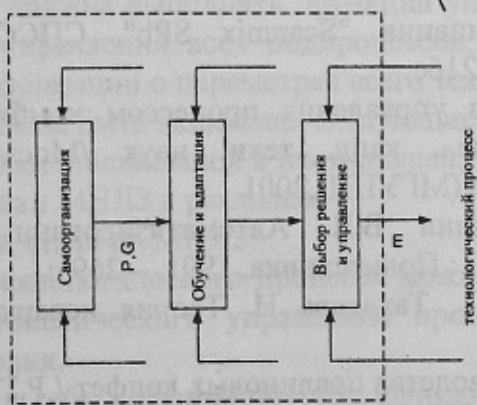


Рис. 2 вертикальное распределение задач с функциональной многослойной иерархией принятия решений

Иерархия принятия решений



Блоки управления нижнего уровня управляют непосредственно технологическими процессами на отдельных технологических операциях. На этом уровне производится оптимизация некоторых подпроцессов (с точки зрения повышения качества готовой продукции), осуществляется текущий контроль за ходом физических процессов и за качеством готовой продукции и полуфабриката, производится прямое управление.

Каждый уровень представляет собой определенную область знаний эксперта, которую можно представить в виде модели, отображающей экспертный анализ принятия решений на каждом уровне. Компьютерную модель можно реализовать в виде интеллектуальной системы, которая, независимо от принятого способа реализации, будет выполнять функции координации и синхронизации всех этапов производства кондитерской продукции.

Выводы. Таким образом, автоматизация технологического процесса приготовления пралиновых масс основывается на принципе объединения всех функций обработки информации и управления в единой системе, охватывающей все этапы от анализа спроса на продукцию до управления отдельными операциями технологического процесса. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи: разработать структуру автоматизированной системы управления технологическим процессом приготовления пралиновых масс на основе экспертных оценок; использовать специальные знания инженера-технолога кондитерского производства для построения базы знаний и методик автоматизированного управления производительностью кондитерских линий и проектированием рабочих рецептур; разработать методику и алгоритм построения оптимального расписания взаимодействия отдельных операций технологических процессов для обеспечения оптимальной загрузки оборудования, сокращения простоев, повышения их производительности; провести анализ технологического процесса производства пралиновых масс, выявить параметры качества пралиновой смеси, разработать математические модели их взаимовлияния; разработать базу знаний принятия решений, которая позволит обеспечить получение пралиновой смеси заданного качества в критических ситуациях; создать комплекс информационного, программного, технического обеспечения для реализации разработанных алгоритмов и методик.

Литература

1. Драгилев А.И, Лурье И.С. Технология кондитерских изделий. М.: ДеЛиПринт, 2001г. - 284с.
2. Бутейкис Н.Г. Технология приготовления мучных и кондитерских изделий. М.Академия, 2001.
3. Интегрированная система технологической подготовки производства, оперативного календарного планирования и диспетчерского контроля цеха механообработки ФОБОС. Электронный журнал: Средства и системы компьютерной автоматизации.,2002. - <http://www.asutp.ru>
4. Новые технологии компании "Scanmix SPb". СПССС Тезисы докладов на конференции Baltimix-2003, 2003. 216с.
5. Гомцяи А. С. Системы управления процессом комбинационного дозирования крупнокусковых продуктов: Дис... канд. техн. наук /Московский государственный университет пищевых производств (МГУПП),2001
6. Вальков В.М., Вершинин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.
7. Месарович М., Мако Д., Тахакара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир. 1973- 344с.
8. Новая технология производства пралиновых конфет / Р.Г. Зобова, М.А. Талейсник, Л.П. Игнатъева, В.И. Демидов.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 72с.