

# «МУЛЬТИМИЛК ЭКСПЕРТ» – АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ГИБРИДНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА

*О.Н. Красуля, д-р тех. наук, проф., Е.В. Казакова, канд. с.-х. наук, доц., ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА им. К. И. Тимирязева»;*

*А.В. Токарев, канд. тех. наук, директор ООО «ФудСофт»;*

*Н.А. Тихомирова, д-р тех. наук, проф., ГОУ ВО МО «ГСГУ»*

*DOI: 10.33465/2222-5455-2024-6-48-51*

В статье представлена информация о разработанной впервые в отечественной практике автоматизированной гибридной экспертной системе «МультиМилк Эксперт», которая представляет собой специализированный программный комплекс, предназначенный для решения широкого спектра технологических и учетных задач на предприятиях молочной промышленности в условиях реального времени. Его применение позволяет автоматизировать процесс производства молочной продукции, управлять технологическим процессом с целью получения продуктов заданного состава и свойств, снижать временные и финансовые издержки предприятия, а также затраты на разработку нового ассортимента молочной продукции.

Программный комплекс состоит из «Базового» и четырех дополнительных модулей. Технологические модули «Оптимизация и моделирование рецептур» и «Экспертная система диагностики и анализа качества» содержат уникальный функционал, который позволяет рассчитывать рецептуру продуктов заданного качества с минимальной себестоимостью, выявлять на этапе моделирования технологические проблемы и получать рекомендации для их устранения. Программный комплекс (ПК) «МультиМилк Эксперт» не имеет аналогов на рынке программного обеспечения (Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2023664871).

**И**скусственный интеллект как научная дисциплина состоит из нескольких крупных направлений; одно из них – экспертные системы (ЭС).

ЭС как отдельное направление выделилось из общего русла исследований по искусственному интеллекту в начале 80-х годов прошлого столетия. Основным предметом этого направления являются знания – их приобретение, представление и использование [1]

Как правило, ЭС создаются для решения практических задач в специализированных областях, где большую роль играют знания высококвалифицированных специалистов – экспертов. Экспертное знание – это сочетание теоретического понимания проблемы и практиче-

ских навыков ее решения, эффективность которых доказана результатами практической деятельности экспертов в конкретной области знаний. Поэтому фундаментом ЭС любого типа является база знаний. Правильно выбранный эксперт, формализация его знаний в предметной области, а также наличие информации, которая содержится в базе данных, позволяют наделить ЭС высокой степенью уникальности в области принятия решений в режиме реального времени [1, 2].

Как известно, ЭС состоит из базы данных, называемой также рабочей памятью, базы знаний, механизма логического ввода, компонентов приобретения знаний, объяснительного и диалогового компонентов, пользовательского интерфейса. Правила, которые записаны в базе зна-

**Ключевые слова:** экспертная система, программа для ЭВМ, оптимизация, моделирование, рецептура, молочный продукт, производственный учет.

ний, подчиняются условию: «ЕСЛИ А, то S», где А – условие, S – действие. Действие S исполняется, если А – истинно [2].

В настоящее время в мясной промышленности эксплуатируется разработанная компанией ООО «ФудСофт», г. Воронеж, ЭС «МультиМит Эксперт» (Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013616949). За годы своей эксплуатации на мясоперерабатывающих предприятиях (в России и странах СНГ) ЭС доказала свою высокую технологическую и экономическую эффективность. Об этом можно подробно получить информацию

на сайте: *multimeat.ru* (мультимит.рф), а также в монографиях и периодических изданиях [1–4].

Аналогично мясной отрасли, автоматизация и контроль всех процессов становятся необходимостью в современной молочной промышленности. Нестабильность качества сырья, сложности в управлении производственными процессами, разнообразие продуктов, необходимость постоянного совершенствования рецептур продукции требуют инновационных решений для эффективного управления производством. В условиях острой конкурентной борьбы предприятия вынуждены расширять ассортимент продукции в ценовых сегментах от эконом- до премиум-класса, чтобы не упустить потребителя своей продукции, в связи с чем ассортимент продукции может достигать нескольких сотен наименований, при этом каждому продукту соответствует, как минимум, одна рецептура. Информационная неопределенность российского рынка молока и молочной продукции, которая вызвана колебанием цен на сырье, изменчивостью качества сырья, появлением на рынке новых ингредиентов и пищевых добавок, требует от производителя, желающего выпускать конкурентоспособную продукцию, работать с рецептурой продукта, имеющей несколько альтернативных вариантов. В результате этого у технолога формируется обширная номенклатура рецептур, что усложняет задачу по оперативному поиску оптимальной альтернативной рецептуры с учетом остатков сырья на складе, его стоимости и рентабельности.

Однако известно, что только расширения ассортимента продукции в разной ценовой категории недостаточно для успешной деятельности предприятия молочной промышленности. Необходимо обеспечить стабильное качество продукции, что в условиях информационной неопределенности сделать весьма непросто. Потребитель, как правило, отказывается от продукции, если хотя бы однажды она была плохого качества.

В этой связи необходимо отметить, что спрос на продукцию зависит

не только от цены, но и от ее качества, которое закладывается на этапе составления рецептуры. Поэтому рентабельность продукции в незначительной степени зависит от оптимальности рецептуры. Чтобы ее получить, технолог должен решить двойственную задачу: конечный продукт, с одной стороны, должен соответствовать параметрам заданного качества, а с другой, – необходимо минимизировать его стоимость.

Кроме того, важную роль в оптимизации бизнес-процессов играют точный учет всех производственных операций и анализ эффективности деятельности предприятия: выявление прибыльной и убыточной продукции; соотношение высоко- и низкорентабельной продукции в общем объеме произведенной и реализованной продукции; дифференцирование сырья от поставщиков и определение оптимального направления его использования и др. Отсутствие подобного анализа на предприятии, как правило, приводит к снижению рентабельности и ухудшению имиджа предприятия.

Для эффективного преодоления этих проблем необходимо применять современные информационные технологии, экспертные системы в виде специализированных программных комплексов, которые координируют работу всех подразделений предприятия и оптимизируют производственные процессы.

В 2023 г. впервые в отечественной практике разработана ЭС «МультиМилк Эксперт» для решения широкого спектра технологических и учетных задач на предприятиях молочной промышленности. Разработчиком ЭС является компания «ФудСофт», г. Воронеж, занимающаяся разработкой специализированного программного обеспечения для пищевой промышленности. В компании имеется научно-исследовательская группа, в которую входят ведущие ученые и эксперты в области моделирования рецептур пищевых продуктов.

Благодаря модульной концепции, ЭС «МультиМилк Эксперт» имеет гибкую систему конфигурирования, что позволяет адаптировать интерфейс и функционал комплекса

под конкретные потребности предприятия, а также при необходимости произвести его адаптацию в соответствии с пожеланиями заказчика. Функционал системы обеспечивает широкую интеграцию со многими управленческими и бухгалтерскими программами («1С: Предприятие», «Галактика», «ПС "Спрут"» и др.).

Программный модуль «Базовый» решает технологические задачи производства, связанные с качеством и ценой продукта, предоставляет мощный инструмент для работы с рецептурами молочных продуктов с множеством различных функций, выполняет аналитику рецептур и расчет стоимостных показателей готовой продукции (в том числе себестоимость, рентабельность, цену реализации), а также осуществляет складской учет.

Программный модуль «Оптимизация и моделирование рецептур» позволяет осуществлять оптимизацию и моделирование рецептур всех видов молочных продуктов с заданным составом и свойствами в условиях информационной неопределенности (нестабильное качество сырьевых и рецептурных ингредиентов, колебание спроса и предложения и др.). Применение этого программного модуля позволяет снизить себестоимость продукции минимум на 10 % при сохранении показателей заданного качества. По своим функциональным возможностям модуль не имеет аналогов на рынке отечественного и зарубежного программного обеспечения.

Программный модуль «Экспертная система диагностики и анализа качества» служит для диагностики и анализа рецептуры продукта, выявляет технологические проблемы и предлагает технологу варианты их решения. При анализе рецептуры учитываются физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические свойства сырья и рецептурных ингредиентов. На основе этого модуля выполняется уникальная операция по определению оптимального набора пищевых добавок, которые выполняют корректирующие функции качества и применяются для устранения потенциальных проблем, приводящих

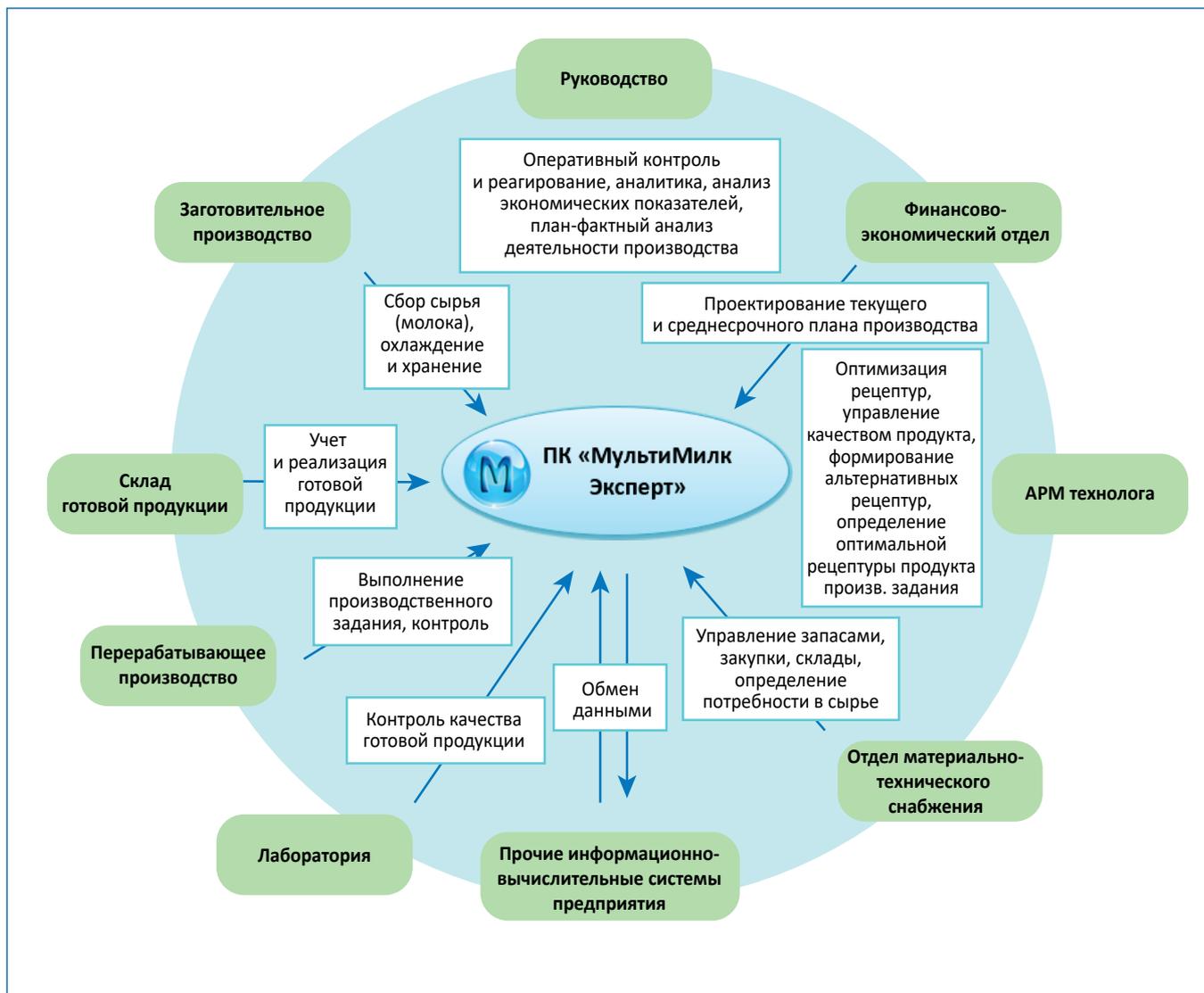


Схема применения ПК «МультиМилк Эксперт» в общей структуре передачи и обработки информации различных подразделений молокоперерабатывающего предприятия

к возникновению технологического брака. Анализ выполняется с учетом имеющегося в наличии на складе сырья и ингредиентов, их свойств и цены. В настоящее время по своим функциональным возможностям модуль не имеет аналогов на рынке отечественного и зарубежного программного обеспечения.

Программный модуль «Производственное задание и учет» позволяет организовать единое информационное пространство для управления различными аспектами учетной деятельности на предприятиях молочной промышленности, в том числе формировать ежедневное производственное задание, планировать и осуществлять выпуск продукции по альтернативным рецептурам, выполнять планфактный анализ де-

ятельности производства, вести учет и контроль качества выпускаемой продукции, осуществлять планирование закупок сырья и ингредиентов.

Программный модуль «Интеграция с экспресс-анализаторами (например, «ФудСкан»)» выполняет импортирование результатов анализа химического состава сырья и ингредиентов, значения показателя активной кислотности (рН) и других, которые получены с помощью экспресс-анализаторов, что позволяет в режиме реального времени автоматически получать данные о фактическом качестве партии сырья и ингредиентов, поступающих на предприятие, с последующим их использованием в программе для более точных расчетов оптимизации и моделирования рецептур.

Более подробно функциональные возможности модулей ПК «МультиМилк Эксперт» изложены на сайте: [multi-milk.ru](http://multi-milk.ru) (мультимилк. рф).

Сервисное обслуживание ПК «МультиМилк Эксперт» включает в себя следующие услуги:

- Установка программы.
- Обучение персонала.
- Обновление новыми версиями.
- Интеграция с программным обеспечением заказчика.
- Интеграция с экспресс-анализаторами химического состава сырья.
- Интеграция с технологическим оборудованием (весы, сканеры штрих-кода и др.).
- Адаптация программы в соответствии с пожеланиями заказчика.
- Обеспечение методической литературой.

- Сопровождение, оперативная поддержка 24/7.

Схема применения ЭС «МультиМилк Эксперт» в общей структуре передачи и обработки информации различными подразделениями предприятия молочной промышленности представлена на рисунке.

На основе приведенной выше информации можно сделать следующие выводы:

- ПК «МультиМилк Эксперт» – это современный программный продукт для решения технологических и учетных задач на предприятиях молочной промышленности. Его применение позволяет автоматизировать процесс производства от подготовки сырья до выпуска молочной продукции.
- ПК «МультиМилк Эксперт» позволяет управлять технологическим процессом производства молочных продуктов заданного качества при снижении временных и финансовых издержек предприятия, что позволяет оп-

тимизировать процесс планирования и управления производством в режиме реального времени.

- ПК «МультиМилк Эксперт» – это инструмент для принятия оптимального управленческого решения специалистом молочной промышленности при плановой работе и при разрешении различных критических производственных ситуаций. Он работает локально и в сети операционных систем Windows, Astra, Linux, MacOS.

Применение программного комплекса «МультиМилк Эксперт» позволяет предприятиям молочной промышленности повысить эффективность своего производства, сократить издержки и улучшить качество своей продукции. Эта инновационная экспертная система становится незаменимым инструментом для современных молочных предприятий, стремящихся к успешному развитию и укреплению своих позиций на рынке. ●

#### Литература:

1. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства. Теория и практика: учебное пособие/ О.Н. Красуля, А.В. Токарев, С.В. Николаева [и др.] – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2015. – 320 с.
2. Компьютерные технологии и цифровизация проектирования продуктов питания заданного качества: учебное пособие/ О.Н. Красуля, А.В. Токарев, Казакова Е.В. [и др.] – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2022. – 144 с.
3. Токарев А.В. Система управления производством колбасных изделий заданного качества / А.В. Токарев // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 1. – С. 63–69.
4. А.В. Токарев, О.Н. Красуля. Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов / А.В. Токарев, О.Н. Красуля // Вестник ВГУИТ. – 2015. – № 4. – С. 66–71.