

## Автоматизированная система расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции в кондитерском производстве (на примере линии по производству шоколада)

Благовещенская Маргарита Михайловна<sup>1</sup>,  
Аднодворцев Александр Михайлович<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Благовещенская М.М., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: mmb@mgupr.ru

В статье рассматривается проблема автоматизации контроля сырья и готовой продукции на примере линии по производству шоколада. Как известно, шоколад является высокомаржинальным продуктом. Для его производства используется дорогостоящее сырьё, в т.ч. к-бобы, которые поставляются из-за границы. В конечной стоимости продукции 65-80 % составляет стоимость сырья. Для линии по производству шоколада средней мощности затраты на сырьё исчисляются несколькими миллионами рублей ежедневно. Проблема контроля расхода сырья и выхода готовой продукции имеет конкретное экономическое значение для предприятия, акционеров. Перспективным направлением исследования следует считать эксперимент по внедрению цифровизации в производственные процессы. В условиях дефицита кадров и высокой стоимости затрат внедрение амортизированной системы позволит минимизировать человеческий фактор, исключить дополнительную загрузку персонала, не увеличивать текущие затраты на производство. В результате эксперимента в производственных процессах внедрены современные средства контроля сырья и готовой продукции, применены программируемые логические контроллеры, сформированы базы данных, настроено программное обеспечение для анализа данных. Это позволило сделать процесс наиболее прозрачным для учета, обеспечить оперативный доступ к данным и не допускать превышения перерасхода дорогостоящего сырья, своевременно пресекать несанкционированные действия оператора.

**Ключевые слова:** учет сырья, готовой продукции, автоматизированная система расчета, линия по производству шоколада.

### Введение

Одним из главных приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации, входящим в Стратегию Научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642) является «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

В кондитерском производстве существует проблема автоматизации контроля сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий.

В конечной стоимости кондитерской продукции 65-80 % составляет стоимость сырья, в среднем для линии по производству шоколада средней мощности затраты на сырьё исчисляются несколькими миллионами рублей ежедневно. Проблема автоматизации контроля расхода сырья и выхода готовой продукции имеет конкретное экономическое значение для предприятия, акционеров. Именно внедрение интеллектуальных технологий в производ-

ственные процессы позволит эффективно решать эту проблему.

В настоящее время учет сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на кондитерских предприятиях осуществляется посредством систем, данные с которых вручную записываются в журналы установленной формы, далее вручную заносятся в компьютер. Подобная ситуация не исключает возможности искажения данных, неумышленных ошибок, вызванных человеческим фактором, несанкционированного доступа к учетным системам предприятия.

Перспективным направлением решения этой проблемы является создание автоматизированной системы контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий. Это позволит минимизировать влияние человеческого фактора на выпуск готовой продукции, сделать процесс наиболее прозрачным для учета, обеспечить оперативный доступ к данным и не допускать превышения перерасхода дорогостоящего сырья, своевременно пресекать несанкционированные действия оператора и не допускать хищений.

Минимизация воздействия вышеуказанных факторов предполагает, что все виды сырья, полуфабрикатов, упаковочных материалов подвергаются автоматизированному учету на входе в натуральном выражении. В случае поступления объектов учета в тару, определяется вес тары (выборочное взвешивание). Данные в обязательном порядке проходят регистрацию в учетной системе предприятия с разграничением прав доступа по внесению и корректировке информации. Готовая продукция проходит процедуру 100 % взвешивания в упакованном виде (в гофрокоробах на выходе с линии и/или в паллетах при передаче из цеха на склад). Вес паллеты учитывается индивидуально, вес коробов определяется по среднему весу для каждого типа короба.

За основу для описания линии шоколада как объекта автоматизации принята типовая технологическая схема производства шоколада, которая характерна для большинства линий, поставляемых и эксплуатируемых в РФ.

Выбор шоколада, как одной из подгрупп кондитерской продукции сделан не случайно. Шоколадная плитка имеет высокую конечную цену на полке магазина. На это влияет высокая стоимость сырья, добавленная стоимость товара, а также уникальные потребительские свойства. Таким образом, внедрение

автоматизированных функций контроля исходного сырья и готовой продукции имеет наибольшую степень экономической значимости для компании.

Укрупнено процесс производства шоколада условно разделен на несколько стадий:

- подготовка сырья (какао-бобы, сахара и др.);
- получение полуфабрикатов (какао-тертое, какао-масло);
- составление рецептурной смеси и ее обработки (шоколадная масса для формования);
- подготовка и формования отдельных изделий (темперирование, отливка, охлаждение);
- упаковки готовой продукции (завертка, укладка в шоу-боксы, транспортной тару, паллетирование).

На каждый вид продукции существует рецептура<sup>1</sup> (Кормаков С.И., 1974) на основе которой определяется соотношение массы готовой продукции, заданной производственным заказом, и массы каждого сырьевого компонента для соответствующего заказа. То есть для каждого наименования шоколада (SKU) возможно определить расчетную по рецептуре массу сырья для заказанного объема производства.

Однако, в реальном производстве фактический расход сырья зачастую имеет отклонения от расчетного, что вызвано особенностями протекания производственных процессов на каждом предприятии. Зачастую эти факторы невозможно формализовано описать, но в конечном итоге все они сводятся к следующему:

- фактическая масса рецептурных компонентов, поданных на линию в соответствии с заданной рецептурой, имеет отклонения от расчетной;
- режимы работы оборудования (простои, ремонты) привели к вынужденным потерям сырья и/или готовой продукции;
- нарушено соблюдение технологии производства данного вида на данной линии.

Задача автоматизированного выявления подобных отклонений, их анализ, определение причин и предложение управляющего воздействия являются основной темой в данной статье.

В 1940 г в книге «Технология кондитерского производства» (Рапопорт, 1940) указано, что «автоматизация контроля удешевит его стоимость, ускорит процесс контроля, повысит дисциплину персонала, обслуживающую производственную аппаратуру, и

<sup>1</sup> Кормаков, С. И., & Серебряков, М. Н. (1974). Справочник для рабочих шоколадного производства. Пищевая промышленность.

повысит качество продукции». Основными задачами того периода времени были: выпуск безвредной продукции, уменьшение брака, потерь, снижение себестоимости. Автор книги указывает на элементарные средства автоматизации, которые необходимо внедрять для решения поставленных задач:

- применение термопар и термометров сопротивления;
- установка самописцев, регистрирующую температуру;
- установка автоматических регуляторов;
- использование фотоэлементов.

Конечно, учитывая сложный период того времени, отсутствие средств для развития элементной базы, сложности в изготовлении современных материалов сказывалось на внедрении средств автоматизации в кондитерском производстве.

Современный учет расхода сырья в кондитерском производстве описан в учебнике «Основы кондитерского производства» (Маршалкин, 1994). Отчет о расходе сырья за определенный период составляется в виде специальной утверждённой формы – 5 К. Основой для заполнения формы являются данные о количестве выработанной продукции, количестве сданных полуфабрикатов, полуфабрикатов, оставшихся незавершёнными на начало и конец отчетного периода, данные лабораторных анализах о фактической доле сухих и т.п.

Важным направлением работы производства является анализ расхода сырья, так как нередко проводят замены одного вида сырья другим. Такие замены предусмотрены рецептурами, но требуют дополнительного анализа. Такой анализ позволяет судить о технологической дисциплине, бережном использовании сырьевых ресурсов (Драгилев, 2015).

Работы по автоматизации технологических процессов кондитерских производств с использованием современных интеллектуальных технологий проводили С.И. Апанасенко, М.Г. Балыхин, В.К. Битюков, М.М. Благовещенская, Я.В. Иванов, А.Е. Краснов, Е.А. Назойкин, А.Н. Петряков, А.В. Татаринов, А.В. Шаверин.

Коллегами (Апанасенко, 2012; Иванова, 2012) исследована типовая интегрированная система автоматизированного контроля параметров в потоке на примере линии по производству помадных глазированных конфет. Исследование показали возможности современных нейросетевых технологий и системы компьютерного зрения, но и сложности в создании рабочей модели.

Применение адаптивных систем управления (Балыхин, 2017; Балыхин, 2019) позволяют создавать эффективную автоматизированную систему принятия решений. Структура адаптивной системы управления реализуется на основе адаптивных систем с идентификатором и внешним контуром управления. В результате полученная информация позволяет группе лиц принимать решение при анализе выходного продукта и управления его качеством в режиме реального времени. Создание подобных систем требует значительных финансовых и человеческих ресурсов, требует обкатки на практике и безусловно является перспективным направлением.

Решение задач повышения качества продуктов питания предложено решить на основе теории искусственных нейронных сетей (Благовещенская, 2005; Благовещенская, 2015). Ученые создали автоматизированную оценку качества объекта пищевых продуктов и научную методологию. Для примера, выбрана помадная конфета, определен показатель, который имеет наибольший вклад по качеству, автоматизированная система сравнила показатели качества и текущий уровень качества продукта. На основании полученных данных подготовлено соответствующее заключение.

Проведенный нами обзор и анализ состояния теории и практики методов автоматизации контроля сырья и готовой продукции кондитерского производства показал, что остается много нерешенных вопросов по системе расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции. Также, до настоящего времени не предложены современные интеллектуальные технологии, методы и средства автоматизации этого вопроса.

Для устранения этих недостатков актуальным является разработка автоматизированной системы расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий.

Статья посвящена преодолению указанных недостатков и разработке комплекса современных программно-технических средств, являющегося основой создания автоматической системы расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции, а также методика использования этого комплекса.

## Методы

Изучен опыт работы западных компаний в области учета сырья и готовой продукции (информация

получена опытным путем). Многие американские крупные компании по производству кондитерских изделий используют систему SAP.

Аббревиатура SAP (Systems Analysis and Program Development) расшифровывается как «системный анализ и разработка программного обеспечения». Организовали компанию пятеро сотрудников гиганта IT-индустрии IBM. Идея создания проекта возникла из анализа спроса клиентов, приходящих в фирму за различными услугами. Система SAP ориентирована на средние и крупные предприятия. Она предоставляет руководству важную информацию, связанную с деятельностью компании в реальном времени. Образуя единое информационное пространство, программное обеспечение заменяет ручные задачи автоматизированными процессами. В таких компаниях взвешивается весь объем поступающего сырья. Оплата проводится за чистый вес (нетто) сырья. Например, взвешивается сахар на весах, и далее вычитывается вес тары. На линии также происходит взвешивание поступающего в производство сырья потоковыми весами (динамическое взвешивание сыпучих компонентов) и расходомерами (для жидкостей), производимой продукции (гофрокороб или групповая упаковка).

Данные по произведенной продукции заносятся в SAP и становятся доступными во всей сети компании для заказов дистрибьютерами. Паллеты с готовой продукцией, отгруженные в машины, отслеживаются по GPS.

В США законодательством запрещено продавать продукцию, если ее вес меньше 100% от установленного (недовес запрещен), ведется жесткий контроль. Компании стремятся минимизировать перекос, удерживать его на уровне 1-2 %.

Европейские и Российские компании используют ERP системы ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) – организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности. ERP-система – конкретный программный пакет, реализующий стратегию ERP

Приемка сырья на склад осуществляется в единой автоматизированной системе, в которой хра-

нится информация о поставщиках, материалах, сертификатах. Европейские компании не используют «тотальное» взвешивание сырья, так «работает» принцип «партнерских отношений». На входе применяется взвешивание автотранспорта, допускается выборочное взвешивание. Контроль за весом готовой продукции возлагается на динамические системы, работающие без участия человека.

Внедрение EPR системы в России широко используется на мясокомбинатах. Результаты внедрения очевидны и экономически понятны. На основе примера внедрения данной системы на одном из региональных мясокомбинатов средней мощности получен следующий результат:

- сокращение технологического брака с 0,8% до 0,4 %,
- снижение потерь при размораживании с 3,7 до 0,8 %,
- потери от недовыработки или несвоевременной выработки изделий сократились в 8 раз.

На предприятии внедрен фактический учет движения сырья и готовой продукции в режиме реального времени, внедрено учет по переделам, обеспечивающий прозрачность производства. Внедрен план-фактный анализ выполнения задания производства в режиме реального времени, повышены конкурентные преимущества предприятия путем своевременного принятия оперативных решений.

## Методология

Объемы готовой продукции (Q), произведенной в определённый период времени и количество поступившего на линию сырья (P) фиксируются на весоизмерительном оборудовании предприятия отдельно для каждого вида, передаются в учетную систему фабрики и являются фактической массой израсходованного сырья и произведенной готовой продукции.

Если за смену выпускается несколько видов шоколада, каждый по своей рецептуре, то и расход сырья, и готовая продукция фиксируются для каждого вида. Также, очевидно, что P и Q для каждой линии шоколада определяются отдельно и соответствуют технологическому процессу и уровню технической оснащённости линии. Соотношение между P и Q предлагается оценивать через вводимый в данной методике технологический параметр L, который определяется для данного вида продукции, выражением:

$$L = (P - Q)/P, \quad (1)$$

где  $P$  – общая масса сырья (суммарная масса рецептурных компонентов), затраченного для изготовления заданного объема готовой продукции конкретного вида шоколада. Если в выражении (1)  $P$  является расчётным  $P_p$ , то есть расход для заданного объема производственного заказа на данный продукт определён по нормативам производства, то и  $L$  будет расчётным:

$$L_p = (P_p - Q)/P_p, \quad (1')$$

В выражениях (1) и (1') расход сырья вычисляется как сумма расходов каждого рецептурного компонента. При этом расчётное значение расхода сырья определяется как

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_{ip}, \quad (2)$$

где  $P_{ip}$  – нормативный расход  $i$ -го компонента в данной рецептуре данного типа продукта.

Фактическое значение расхода должно определяться с учётом применяемого на предприятии регламента учета сырья в производстве. Т.е. должно учитываться на подотчётном интервале времени (например смены) с учётом передаваемых остатков на начало смены Онс и конец смены Окс. Тогда, для каждого  $i$ -го рецептурного компонента будет справедливо выражение

$$O_{inc} + \Pi_i \approx P_{ip} + O_{ick}, \quad (3)$$

где  $\Pi_i$  – приход (поступление)  $i$ -того компонента в течение смены на технологическую линию.

$\Pi_i$  фиксируются весоизмерительной системой.

$O_{inc}$  и  $O_{ick}$  – остатки  $i$ -го компонента на начало и конец смены.

$P_{ip}$  – фактический расход  $i$ -го данного компонента в течение смены, определяется из выражения:

$$P_{(ip)} \approx (O_{in}^i + \Pi^i) - O_{en}^i, \quad (4)$$

Тогда общий фактический расход сырья для данного производственного заказа (данного SKU) будет:

$$P_{(p)} \approx \sum_{i=1}^n P_{(ip)}, \quad (5)$$

где  $n$  – количество рецептурных компонентов в данном типе продуктов.

В выражениях 3–5 используется знак  $\approx$  указывающий на нелинейность процессов производства (см. факторы, приведённые в начале раздела 1). Эти

факторы, в конечном счете, приводят к отклонениям в расходе сырья. Знак  $\approx$  подчёркивает также отсутствие прямой зависимости  $P_{(ip)}$  из-за возможной аппаратной и технологической нестабильности линии. В связи с этим ещё раз необходимо подчеркнуть, что в выражениях 3–5 все параметры фиксируются весоизмерительной системой и в дальнейшем принимаются как достоверные данные.

Для отдельных рецептурных компонентов на конкретной линии могут отсутствовать учитываемые остатки, тогда в выражении 3 остатки  $O$  равны нулю и  $P_{ip} = \Pi_i$ .

При работе линии неизбежно появляется разнообразный брак, частью которого являются так называемые возвратные отходы (ВО) – которые затем после необходимой обработки направляются на производство готовой продукции и санитарный брак (СБ), которые не подлежат возврату в производственный процесс. Т.е. ВО на выходе линии – это готовая продукция, на которую затрачивается сырьё и поэтому:

$$ГП_{линии} = ГП_{кондицион.} + ВО + СБ, \quad (6)$$

и далее при анализе расхода сырья учитывается значение массы ГП, полученного из выражения (6).

При протекании технологического процесса ВО по сути трактуются как один из видов сырья, которое добавляется через специально предназначенное для этого технологическое оборудование в сырьевую массу в соответствии с техпроцессом. Вес готовой продукции  $Q$  определяется весоизмерительной системой. Очевидно, что  $O$ ,  $\Pi$ ,  $P$ ,  $Q$  учитываются в рамках общего отчетного периода.

Имея возможность определять  $L_p$  и  $L_{\phi}$  предлагается в качестве интегральной оценки расхода сырья на линии использовать выражение

$$(L_{\phi} - L_p)/L_p \cdot 100 = \Delta\%, \quad (7)$$

При этом  $\Delta$  должна рассматриваться как нормативный показатель стабильности расхода сырья для данной линии, выпускающей данного типа продукта.

#### Технические средства для внедрения методики

Для автоматического получения данных о параметрах технологического процесса использованы и внедрены на линии средства автоматизации:

- система автоматизированного учета реализована на базе программируемого логического

контроллера Siemens S7-315 2 DP. На контроллер ложатся функции сбора информации о значении веса масс. Информация о весе в приемных баках передается в программу контроллера через весоизмерительный модуль Siwarex. Сбор информации о весе в промежуточных баках осуществляется с весоизмерительных терминалов «Тензо-М». Терминал «Тензо-М» мод. ТВ-003/05, (Рис. 1) оборудован интерфейсами USB и RS-232/485. Передача данных выполняется на основе протокола функционирования модуля двухстороннего обмена - программы управления;

- считывание информации с терминала (программа «ControllerFree»). Программа реализует протокол обмена данными и является полным сервером OLE автоматизации (fullserverOLEAutomation). На базе указанного терминала и протокола осуществлено функционирование весоизмерительных устройств;
- управление дозированием сыпучих добавок осуществляется автоматизированной системой на базе ПЛК Siemens Simatic S-7 300 посредством весоизмерительного модуля Siwarex FTA. В систему автоматизированного учёта информация о значении расхода сырья сыпучих компонентов поступает от контроллера рецептурной станции от контроллера MPI;
- учёт готовой продукции осуществляется с использованием динамических весов, встроенных в линию. Программа ServerXmLICWService используется для сбора и записи в базу данных отчетов, формируемых динамическими весами о количестве и вес готовой продукции (Рис. 2);
- для хранения данных, полученных от группы датчиков, выбрана система управления реляционными базами данных СУБД MSSQLSERVER. Система позволяет принимать информационный поток как от ПЛК, так и от любой SCADA-системы. Связь контроллера с сервером базы данных осуществляется посредством коммуникационного модуля CP-343-1 по сети Ethernet.

Таким образом, обмен данными между программным обеспечением различных производителей осуществляется посредством протокола OPC. В качестве конвектора протоколов выбрано специализированное программное обеспечение, позволяющее без потери производительности преобразовывать информацию, полученную при помощи SQL запроса к базе данных в данные формата OPC. Информация о фактических показателях отображается на экране SCADA- системы персонального компьютера.

Рисунок 1  
Весовой терминал



Рисунок 2  
Динамические весы



Разработанный комплекс программно-технических средств является универсальным и может быть адаптирован для фиксирования других технологических параметров различных процессов. Комплекс позволяет контролировать положение запорной арматуры и отслеживать состояние насосов перекачки, осуществлять управление пневматическими клапанами. Сигналы на управление клапанами поступают напрямую от контроллера.

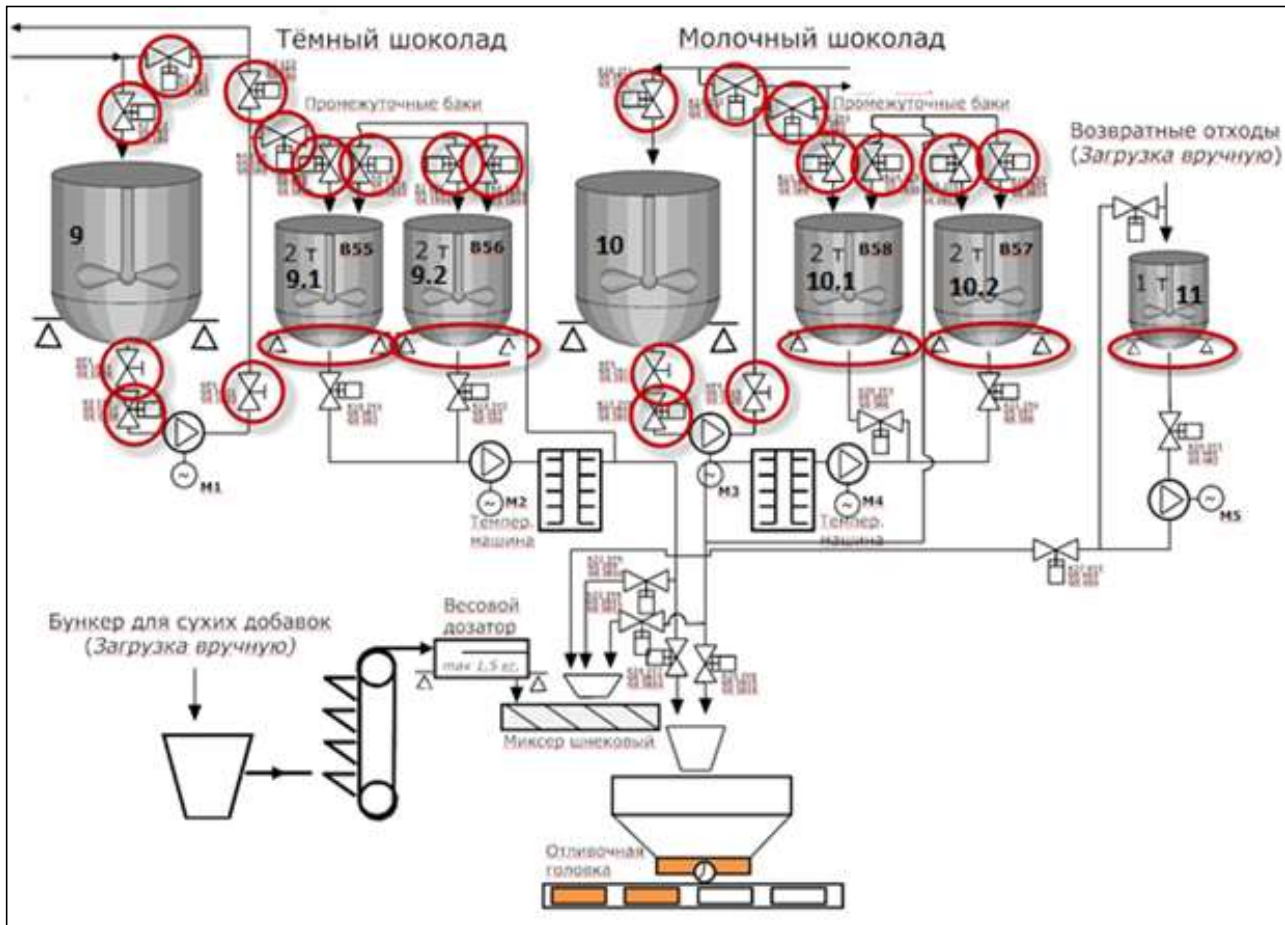
#### **Внедрение методики на линии по производству шоколада**

Далее разобран пример использования разработанной методики применительно к линии по производству шоколада, начиная с процесса подачи готовой рецептурной смеси и до участка отливки плиток включительно (Рис. 3).



Рисунок 3

Схема линии по производству шоколада



Согласно технологическому процессу основное сырье – готовые шоколадные массы поступают в емкости хранения и подачи 9, 9.1, 9.2 (темная шоколадная масса) или в емкости 10, 10.1, 10.2 (молочная шоколадная масса).

Расход сырья определяется через остатки сырья на начало смены  $O_n$ , приход  $P$  и остатки на конец смены  $O_k$ .

Линия по производству шоколада работает на двух видах шоколадной массы (далее Ш.М.) тёмной и молочной. Внутри подгруппы продукции различаются по виду рецептуры Ш.М. и сухих добавок. Таким образом, рецептура конкретного типа шоколада содержит данные по массе Ш.М. и массе сухих добавок. Например, в случае выпуска тёмного шоколада, для того чтобы воспользоваться выражением (4) необходимо на начало и конец смены взвесить остатки в баках 9, 9.1 и 9.2 и взвешивать Ш.М., поступающую в бак 9 в течение смены, для получения фактического значения прихода Ш.М.  $P_{ш.м.}$ .

Масса поступившей в накопительные баки 9 или 10 шоколадной массы (приход) определяется весоизмерительной системой линии и записывается в базу данных. Для обеспечения корректности процесса взвешивания прихода сырья, перекачка шоколадных масс из накопительных баков в расходные баки 9.1, 9.2, 10.1, 10.2 осуществляется в интервалы времени, когда приход не осуществляется. Расходные баки объединены трубопроводами попарно 9.1, 9.2 и 10.1, 10.2. В каждой паре один бак работает на отливочную головку. Непрерывность подачи шоколада на отливочную головку обеспечивается периодическим пополнением текущего расходного бака. Другой бак в это время может хранить шоколадную массу другой рецептуры. Так как весоизмерительная система обеспечивает взвешивание шоколадных масс во всех баках, то наличие шоколадной массы на начало работы по конкретной рецептуре и на конец работы фиксируется автоматически и записывается в базу данных. Это необходимо для расчета фактического расхода сырья на выработку конкретного типа продукции.

Таким образом, остаток темной шоколадной массы на начало смены:

$$O_{\text{ш.м.}}^I = O^I_9 + O^I_9.1 + O^I_9.2$$

Остаток на конец смены:

$$O_{\text{ш.м.}}^{II} = O^{II}_9 + O^{II}_9.1 + O^{II}_9.2$$

Масса израсходованного ореха определяется весовым дозатором линии.

Тогда фактический расход сырья определяется из выражения 5

$P = \Pi + O^I - O^{II}$ , где  $\Pi$  есть суммарная масса прихода Ш.М, ореха, и возвратных отходов, использо-

ванных в данный отчетный период  $\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_i$

ВО становятся для линии третьим сырьевым компонентом, масса которого должна учитываться в формуле (5).

Это не соответствует бухгалтерскому учёту, но справедливо для производственного, цель которого в данном случае определить соотношение  $P$  и  $Q$ .

ВО поступают в бак 11, где взвешиваются. Это будет третьей составляющей прихода  $\Pi_2$ , тогда:

$$\Pi \Sigma = \Pi_{\text{ш.м.}}^1 + \Pi_{\text{сух.доб.}}^2 + \Pi_{\text{во}}^3$$

Необходимо отметить, что возвратные отходы, получившиеся в данную смену, необязательно должны перерабатываться в эту же смену. Выработка и расход ВО рассчитывается по формуле аналогичной (3): ВО на линии сразу после выработки взвешиваются на напольных весах. Та часть ВО, которая используется для выпуска данного объема ГП помещается в бак 11, где взвешивается и учитывается как приход.

Фактический вес израсходованных сухих добавок т.е., приход  $\Pi^2$  определяется расходомером линии.

Далее в соответствии с методикой по выражениям 3–7 вычисляем  $\Delta$ .

Значение коэффициента  $\Delta$  (в случае устойчивой работы линии) вне зависимости от объема выпуска в данную смену будет неизменным для данного SKU.

Полученные значения  $O$ ,  $P$ ,  $Q$  позволяют получить  $\Delta$ . Значение  $\Delta$ , полученное по формуле 7 будет ха-

рактеризовать уровень соответствия фактических затрат сырья расчетным.

Эмпирическим способом на первом этапе получен показатель получить  $\Delta$  равной 1,5 %, который характеризует допустимый уровень соответствия фактических затрат сырья расчетным. Однако, работа по анализу данных продолжается, анализируется работа системы, выявляются узкие места.

### **Планируемые практические результаты внедрения автоматизации по предложенной методике**

Внедрение автоматизации по предложенной методике позволит внести в производственной процесс следующие качественные показатели:

- минимизация человеческого фактора в процессе взвешивания и отражения результатов в учетной системе;
- повышение уровня материальной ответственности сотрудников, участвующих в процессе учета входящих и исходящих ресурсов;
- исключение необоснованных потерь и обеспечение прозрачности по объективности данных.

### **Обсуждение**

В настоящее время работа по созданию автоматических систем расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции продолжается. Анализируются результаты внедрения, вносятся поправки, прорабатываются другие объекты исследования. Внедрение подобных проектов на предприятии является экономически затратным проектом. Решение о его внедрении должно принимать с учетом инфраструктурных факторов. Основные риски проекта-технологические. Создаваемая систем не должна ухудшать логистическую схему (трудоемкость или возникновение дополнительных операций, дополнительные перерывы и т.п.). В противном случае, внедрение этой системы может снизить производительность линии, что приведет к возникновению упущенной выгоды. В ходе реализации выявлены следующие проблемы/ риски:

- трудности подбора квалифицированных специалистов для настройки и обслуживания системы;
- увеличение операционных затрат в случае необходимости ее обслуживания;



- значительные капиталовложения при отсутствии прогнозирования конечной эффективности.

Практика применения подобных автоматизированных систем не единственная, но часто встречается в других сферах промышленности (энергетика, металлургия, автомобилестроение).

На основе методов кибернетики и автоматизации решается задача совершенствования деревообработки (Евстегнеев, 2019). Актуальность задачи обусловлена сохранением нормальной экологической обработки. Ресурсосбережение возможно при условии правильных операций- оптимальная распиловка бревен. Авторами разработана автоматизированная система управления процессом раскряжевки бревен и учета объема древесины, что позволило получить экономический эффект.

В работе авторов из МЭИ РАН (Дудин, 2019) изучены проблемы складского учета, предложены технические интересные решения. В статье рассматривается порядок маркировки продукции радиоидентификационными метками для целей оперативного контроля за движением продукции на разных этапах в т.ч. проведение инвентаризации. Подобные методы хорошо себя зарекомендовали на многих производствах, позволили оптимизировать складскую логистики. Однако, применение такого методов возможно не везде. Например, при производстве мелкоштучного и массового товара, возникают проблемы с нанесением радиоидентификационными метки. При незначительной стоимости единицы товара и отсутствии автоматизации, нанесение метки экономически нецелесообразно.

В заключение хочется отметить, что автоматизация процессов никогда не заменит человека, но улучшит его условия работы и работу всего производства в целом.

## Литература

- Апанасенко, С. И., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). О перспективах создания системы автоматического контроля влажности кондитерских масс в потоке с использованием аппарата искусственных нейронных сетей. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 212–214).
- Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Благовещенский, В. Г. (2019). Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 32–39).
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60 – 63.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., & Назойкин, Е. А. (2015). Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей. *Пищевая промышленность*, 2, 42 – 45.
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. Высшая школа.
- Драгилев, А. И., & Маршалкин, Г. А. (2015) Основы кондитерского производства. ДеЛи принт.
- Дудин, М. Н., Резник, Е. А., Романов, Дж., & Смирнова, И. Л. (2019) . Разработка информационно – цифровой системы складского учета на основе внедрения технологии радиочастотной идентификации. *Международный журнал техники и передовые технологии*, 8(5), 1677–1681.
- Евстигнеев, И. А., Никончук, А. В., Попов, А. А., Долматов, С. Н., & Красиков, Н. А. (2019). Совершенствование технологических решений деревообработки на основе методов кибернетики и автоматизации. *Серия конференций ИОП. Материаловедение и машиностроение*, 537(3),/03209/.
- Иванов, Я. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация процесса формования конфетных масс на основе математического и алгоритмического обеспечения с использованием в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 215 – 218).
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татаринов, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных

- технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*, (с.199-201).
- Маршалкин, Г. А. (1994). *Производство кондитерских изделий*. Колос.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018) Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 6(176), 21-23.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, В. Г., Митин, В. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 133-138).
- Рапопорт, А. Л. (1940). Технология кондитерского производства. *Пищепромиздат*.
- Шаверин, А. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация контроля органолептических показателей качества шоколадных изделий. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 209 – 212).

# Automated System for Calculating and Controlling the Ratio of Incoming Raw Materials and Finished Products in Confectionery Production (a Line for the Production of Chocolate)

Margarita M. Blagoveshenskaya<sup>1</sup>, Alexander M. Adnodvortsev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Margarita M. Blagoveshenskaya, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: mmb@mgupp.ru

The article deals with the problem of automation of control of raw materials and finished products on the example of a chocolate production line. As you know, chocolate is a high-margin product. For its production, expensive raw materials are used, including beans, which are supplied from abroad. In the final cost of production, 65-80% is the cost of raw materials. For a medium-capacity chocolate production line, the cost of raw materials is estimated at several million rubles per day. The problem of controlling the consumption of raw materials and the output of finished products has a specific economic significance for the company and its shareholders. The experiment on the introduction of digitalization in production processes should be considered a promising direction of research. In conditions of shortage of personnel and high cost of costs, the introduction of an amortized system will minimize the human factor, eliminate additional staff workload, and not increase current production costs. As a result of the experiment, modern means of controlling raw materials and finished products were introduced into the production process, programmable logic controllers were used, databases were formed, and software for data analysis was configured. This made it possible to make the process more transparent for accounting, to ensure prompt access to data and to prevent excess overspending of expensive raw materials, to prevent unauthorized actions of the operator in a timely manner.

**Key words:** accounting of raw materials, finished products, automated calculation system, line for the production of chocolate.

## References

- Apanasenko, S. I., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). On the prospects of creating a system for automatic control of the humidity of confectionery masses in the flow using the apparatus of artificial neural networks. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medicine], (pp. 212-214).
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskiy, I. G., Nazoykin, E. A., & Blagoveshchenskiy, V. G. (2019). Adaptive control system with an identifier for non-stationary technological processes in the food industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], 32-39.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). The architecture and the basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 11, 60-63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoj produkcii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologij* [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies]. Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, I. G., & Nazoikin, E. A. (2015). The method of automatic assessment of the quality of food products based on the theory of artificial neural networks. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2, 42-45.

## How to Cite

Blagoveshenskaya, M. M., Adnodvortsev, A. M. (2021). Automated system for calculating and controlling the ratio of incoming raw materials and finished products in confectionery production (a line for the production of chocolate). *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s98>

- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii processa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass* [Fundamentals of stabilization of the process of preparation of multicomponent masses]. Frantera
- Blagoveshchenskaya, M. M., Zlobin, L. A. (2005). *Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami* [Information technologies of technological process control systems]. Vysshaya shkola.
- Dragilev, A. I., & Marshalkin, G. A., (2015) *Osnovy konditerskogo proizvodstva* [Fundamentals of confectionery production]. Delhi print.
- Dudin, M. N., Reznik, E. A., Romanov, J., & Smirnova, I. L. (2019). Development of an information and digital warehouse accounting system based on the introduction of radio frequency identification technology. *Mezhdunarodnyy zhurnal tekhniki i peredovye tekhnologii* [International Journal of Engineering and Advanced Technology], 8(5), 1677-1681.
- Evstigneev, I. A., Nikonchuk, A. V., Popov, A. A., Dolmatov, S. N., & Krasikov, N. A. (2019). Improvement of woodworking technological solutions based on cybernetics and automation methods. *Seriya konferentsiy IOP. Materialovedenie i mashinostroenie* [IOP conference series. Materials Science and Mechanical Engineering], 537(3), /03209/.
- Ivanov, Ya. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). Automation of the candy mass molding process based on mathematical and algorithmic software with the use of a digital video camera as an intelligent sensor. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medical industries], (c. 215-218).
- Krylova, L. A., Blagoveshchenskiy, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science], 199-201.
- Marshalkin, G. A. (1994). *Proizvodstvo konditerskikh izdelij* [Production of confectionery products]. Kolos.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., & Krylova, L. A. (2018) Application of object-oriented programming methods for quality control of confectionery products. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], 6(176), 21-23.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2019). Improving the quality of object identification and positioning in digital stereo images using depth map algorithms. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], (pp. 133-138).
- Rapoport, A. L. (1940). *Tekhnologiya konditerskogo proizvodstva* [Technology of confectionery production]. Pishchepromizdat.
- Shaverin, A. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). Automation of control of organoleptic indicators of quality of chocolate products. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medicine], (pp. 209-212).