



РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

(19) KZ (13) U (11) 11896
(51) G06F 11/00 (2006.01)

МИНИСТЕРСТВО ЮСТИЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) 2025/1563.2

(22) 14.10.2025

(45) 13.03.2026, бюл. №10

(72) Адилжанова Салтанат Альмуханбетовна (KZ);
Прокопович-Ткаченко Дмитрий Игоревич (UA);
Амирханова Гульшат Аманжоловна (KZ);
Абдулхамит Назаргожа Хекимтулович (KZ)

(73) Амирханова Гульшат Аманжоловна (KZ)

(56) US 10885002 B2, 05.01.2021

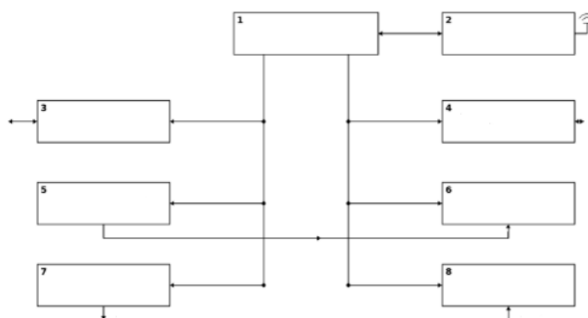
(54) СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ
РЕЦЕПТУРНЫХ ДАННЫХ

(57) Полезная модель относится к области цифровых информационных технологий, промышленной автоматики и защиты информации и предназначена для обеспечения целостности технологических рецептурных данных в киберфизических системах пищевой промышленности при обмене параметрами рецептуры между цифровым двойником и пекарским оборудованием.

Система контроля целостности рецептурных данных содержит микроконтроллерный узел, модуль Wi-Fi, интерфейс к цифровому двойнику и интерфейс к пекарскому оборудованию, а также блок нормализации и канонизации данных, блок вычисления контрольного хеш-идентификатора, модуль индикации состояния и блок отказоустойчивого питания и фильтрации. Блок нормализации и канонизации обеспечивает формирование детерминированного представления рецептурных параметров путём валидации допустимых диапазонов, приведения единиц

измерения к заданному стандарту, форматирования числовых значений с фиксированной точностью и упорядочивания полей по фиксированному словарю с включением служебных полей (идентификатор и версия рецептуры, временные метки, идентификатор оборудования/участка). Блок вычисления контрольного хеш-идентификатора формирует контрольный идентификатор по указанному детерминированному представлению и обеспечивает формирование пакетов «данные+хеш» для двунаправленной передачи и последующей проверки целостности путём сравнения контрольных хеш-идентификаторов. Модуль индикации обеспечивает автономное отображение статусов контроля непосредственно на технологическом участке. Блок отказоустойчивого питания с буферным накопителем энергии обеспечивает завершение операций контроля и фиксацию статуса при кратковременных перебоях электропитания.

Технический результат заключается в повышении достоверности и трассируемости обмена рецептурными параметрами между цифровым двойником и пекарским оборудованием за счёт детерминированной канонизации данных и контроля целостности на основе контрольного хеш-идентификатора, а также в обеспечении автономной визуальной индикации результата контроля и устойчивости работы при кратковременных провалах питания.



Фиг. 1

(19) KZ (13) U (11) 11896

1. Область техники

Полезная модель относится к области цифровых информационных технологий, промышленной автоматизации и защиты информации, а именно к средствам обеспечения целостности технологических данных в кибер-физических системах пищевой промышленности при обмене параметрами рецептуры между цифровым двойником и пекарским оборудованием.

2. Уровень техники (известные решения и прототип)

В области промышленной автоматизации известны решения, обеспечивающие передачу и контроль корректности технологических параметров (в том числе рецептов) между серверными системами управления (MES/SCADA/recipe management) и оборудованием технологической линии. Наиболее близкими по назначению являются решения, использующие проверочные значения (контрольные суммы), процедуры подтверждения загрузки параметров, а также контрольные хеш-значения для обнаружения и/или предотвращения искажений параметров при передаче.

2.1. Аналог 1 — система управления рецептами с проверкой загрузки параметров по контрольной сумме и процедуре подтверждения (патент США US10885002B2)

Известна система управления рецептами в производственном процессе, в которой предусматривается улучшенная проверка корректности загрузки параметров рецепта в оборудование. В описании решения указывается, что многоуровневая структура передачи параметров от сервера управления рецептами к исполнительному оборудованию может приводить к снижению целостности данных (например, вследствие округления и иных преобразований), что вызывает ошибки выполнения рецепта. Для контроля корректности загрузки параметров применяется вычисление контрольного значения (checksum) и организация процедуры подтверждения загрузки: сервер формирует проверочное значение, передаёт параметры и checksum в оборудование, оборудование выполняет вычисление проверочного значения по записанным параметрам и сравнение с контрольным значением; по результатам формируются статусы успешной загрузки или ошибки, при ошибке выполнение рецепта блокируется.

Существенные признаки аналога 1:

- наличие серверной системы управления рецептами и исполнительного оборудования;
- формирование проверочного значения (контрольной суммы) по набору параметров рецепта;
- запись и передача контрольной суммы вместе с параметрами;
- процедура подтверждения (handshake) и индикация статуса «успех/ошибка» загрузки параметров.

Признаки аналога 1, совпадающие с существенными признаками заявляемой полезной модели:

— контроль корректности/неискажённости параметров рецептуры при передаче на оборудование;

— формирование проверочного значения по набору параметров и последующая сверка на стороне оборудования.

Причины, препятствующие получению требуемого технического результата в аналоге 1:

— решение ориентировано преимущественно на обнаружение несоответствий, возникающих при передаче/округлении, без применения детерминированной канонизации рецептурных данных в выделенном функциональном блоке (что затрудняет получение однозначно воспроизводимого контрольного идентификатора при неоднородных форматах представления параметров);

— не предусматривается автономная локальная индикация состояния целостности на технологическом участке в составе отдельного узла, а также не заявляется отказоустойчивое питание как конструктивный элемент, обеспечивающий завершение процедуры контроля при кратковременных провалах питания.

2.2. Аналог 2 — автоматизированная верификация и коррекция технологических рецептов при загрузке/выгрузке (патент США US7248936B1)

Известна система автоматизированной проверки и коррекции «tool recipe», применяемая в промышленном производстве, где рецепты содержат большое число параметров. В решении предусмотрен перехват рецепта при загрузке или выгрузке, определение наличия связанного эталонного набора параметров (шаблона, PVS template), сравнение параметров рецепта с эталонными «аудируемыми» параметрами, после чего выполняется либо подтверждение корректности рецепта, либо автоматическая коррекция параметров, допускающих изменение, либо запрет (блокировка) верификации при наличии несоответствий, не допускающих изменения.

Существенные признаки аналога 2:

- перехват рецепта при загрузке/выгрузке;
- хранение эталонного набора параметров и правил аудита;
- сравнение параметров рецепта с эталоном;
- автоматическая коррекция допустимых параметров или блокировка применения рецепта при недопустимых несоответствиях.

Признаки аналога 2, совпадающие с существенными признаками заявляемой полезной модели:

— контроль корректности/неискажённости набора параметров рецептуры перед применением на оборудовании;

— формирование результата контроля «допуск/запрет» и предотвращение применения некорректного рецепта.

Причины, препятствующие получению требуемого технического результата в аналоге 2:

— контроль основан на сопоставлении с эталонным шаблоном и правилах аудита, а не на проверке целостности при двунаправленном обмене

между цифровым двойником и оборудованием по схеме «данные + контрольный идентификатор»;

- не предусматриваются автономная локальная индикация целостности на месте установки и отказоустойчивое питание, обеспечивающее завершение операций контроля при сбоях питания.

2.3. Аналог 3 — подтверждаемая целостность данных при передаче между контроллером и периферийным устройством (патентная заявка США US20250358131; приоритет DE 10 2018 201 279.2)

Известно техническое решение, направленное на подтверждение неизменности данных при передаче измерительных значений между управляющим устройством (контроллером) и вспомогательным устройством. В решении предусматривается формирование управляющим устройством контрольного представления набора данных (например, в виде хеш-значения), передача данных, получение подтверждения от вспомогательного устройства, содержащего контрольное представление, и последующая проверка соответствия контрольных представлений для подтверждения неизменности переданных данных.

Существенные признаки аналога 3:

- наличие управляющего устройства и вспомогательного устройства, связанных каналом передачи данных;

- формирование контрольного представления набора данных (хеш-значение);

- обмен подтверждениями и проверка соответствия контрольных представлений;

- подтверждение целостности данных на основе положительного результата проверки.

Признаки аналога 3, совпадающие с существенными признаками заявляемой полезной модели:

- использование контрольного представления данных (хеш-значения) для контроля целостности передаваемых параметров;

- сверка/подтверждение целостности на основе сравнения контрольных представлений.

Причины, препятствующие получению требуемого технического результата в аналоге 3:

- объект контроля ориентирован на передачу измерительных данных и подтверждение целостности в рамках взаимодействия «контроллер–вспомогательное устройство», без специализированной привязки к рецептурным данным пищевого производства и без реализации детерминированной канонизации рецептурных полей как отдельного функционального узла;

- не заявляются автономная визуальная индикация состояния целостности на технологическом участке и отказоустойчивое питание, обеспечивающее завершение процедур контроля при кратковременных перебоях электропитания.

2.4. Выбор прототипа

В качестве наиболее близкого прототипа по совокупности назначения и выполняемых функций принят аналог 1 (US10885002B2), поскольку он относится к промышленной рецептуре, предусматривает вычисление проверочного

значения по набору параметров рецепта, передачу параметров вместе с проверочным значением и процедуру подтверждения корректности загрузки параметров в оборудование.

Недостатки прототипа (US10885002B2), устраняемые заявляемой полезной моделью:

- отсутствие выделенного функционального узла детерминированной канонизации рецептурных данных перед вычислением контрольного идентификатора;

- отсутствие контроля целостности на основе хеш-идентификатора от детерминированного представления параметров (при наличии неоднородных форматов представления данных);

- отсутствие автономной локальной индикации целостности непосредственно на технологическом участке;

- отсутствие блока отказоустойчивого питания, обеспечивающего корректное завершение операций контроля при кратковременных провалах питания.

3. Сущность полезной модели

Технический результат — обеспечение достоверной передачи рецептурных данных (массовых долей муки и дрожжей, уровня влаги, температурных профилей и сопутствующих параметров) между цифровым двойником и пекарским оборудованием путём формирования и верификации контрольных хеш-идентификаторов, а также оперативная индикация состояния целостности на месте установки при сохранении работоспособности при кратковременных нарушениях электропитания.

Система выполнена на базе микроконтроллерного узла с беспроводным интерфейсом и содержит: интерфейс к цифровому двойнику, интерфейс к пекарскому оборудованию, блок нормализации и канонизации рецептурных параметров, блок вычисления контрольного хеш-идентификатора, модуль визуальной индикации и блок отказоустойчивого питания с фильтрацией и зарядом буферного накопителя.

Обрабатываемые данные включают: идентификатор рецептуры, версию и временные метки, массовые доли компонентов, профили температур/влажности, технологические этапы и служебные параметры привязки к оборудованию.

Реализуемые принципы включают: детерминированную канонизацию полей в фиксированный порядок, нормализацию форматов и единиц измерения, вычисление контрольного хеш-значения, обмен пакетами «данные+хеш» в обоих направлениях, локальную и удалённую сверку целостности, автономную индикацию состояния и завершение процедур контроля при кратковременных перебоях питания.

4. Краткое описание чертежей

Фиг.1 — Структурная схема системы контроля целостности рецептурных данных.

На схеме обозначены:

1 — микроконтроллерный узел;

2 — модуль Wi-Fi;

3 — интерфейс к цифровому двойнику;

4 — интерфейс к пекарскому оборудованию;

- 5 — блок нормализации и канонизации данных;
- 6 — блок вычисления контрольного хеш-идентификатора;
- 7 — модуль индикации состояния;
- 8 — блок отказоустойчивого питания и фильтрации.

5. Подробное описание реализации

Микроконтроллерный узел (1) является центральным элементом системы и обеспечивает маршрутизацию данных между интерфейсами (3) и (4), а также управление взаимодействием с блоками (5)–(7). Узел (1) может быть реализован на микроконтроллерной платформе с энергонезависимой памятью для хранения служебных параметров, журналов событий контроля и настроек связи.

Модуль Wi-Fi (2) обеспечивает беспроводное соединение с промышленной сетью предприятия и/или сегментом цифрового двойника. Подключение модуля (2) к узлу (1) выполняется через стандартный цифровой интерфейс. Канал связи используется для обмена пакетами, содержащими рецептурные параметры и контрольные идентификаторы, а также для приёма подтверждений и статусов.

Интерфейс к цифровому двойнику (3) обеспечивает приём/передачу данных рецептуры и управляющих команд модели. Формат обмена предусматривает наличие идентификатора рецептуры, версии, временной метки, набора параметров и поля контрольного хеш-идентификатора, а также служебных полей для подтверждений и статусов. Реализуется буферизация, контроль доставки и повтор передачи по политике.

Интерфейс к пекарскому оборудованию (4) обеспечивает двусторонний обмен с контроллерами технологических узлов (например, тестомес, камера брожения, печь, камера охлаждения). Интерфейс поддерживает передачу заданий-профилей и приём подтверждений применения параметров, а также приём фактических параметров цикла для обратной записи в цифровой двойник. Физическая реализация выбирается по спецификации оборудования (промышленный последовательный интерфейс, цифровые входы/выходы либо иной совместимый промышленный интерфейс).

Блок нормализации и канонизации данных (5) предназначен для приведения входного набора рецептурных параметров к детерминированному и однозначно воспроизводимому представлению. Блок (5) выполняет:

- валидацию допустимых диапазонов параметров (массовые доли, уставки температуры и влажности);
- приведение единиц измерения к заданному стандарту;
- форматирование числовых значений с фиксированной точностью;
- упорядочивание полей по фиксированному словарю (детерминированный порядок);

— включение служебных полей (версия рецептуры, временная метка, идентификатор оборудования/участка).

Результатом работы блока (5) является канонизированный набор данных, подаваемый в блок (6).

Блок вычисления контрольного хеш-идентификатора (6) вычисляет контрольный хеш-идентификатор от канонизированного представления параметров. Полученный хеш-идентификатор объединяется с рецептурными параметрами в единый пакет для передачи через интерфейс (3) и (4). Блок (6) также участвует в локальной верификации: при поступлении от оборудования подтверждающего пакета с хеш-идентификатором выполняется сравнение вычисленного и полученного значений, а также контроль соответствия атрибутов рецептуры (идентификатор, версия, временная метка).

Модуль индикации состояния (7) отображает результат контроля целостности и состояние соединения. Предусматриваются состояния: «связь установлена», «пакет сформирован», «целостность подтверждена», «несоответствие хеша», «автономный режим», а также индикация ошибок обмена и повторов передачи. Индикация реализуется световыми и/или символьными средствами на корпусе устройства, доступными оператору линии без обращения к внешним системам.

Блок отказоустойчивого питания и фильтрации (8) включает входной фильтр помех, стабилизацию напряжения и буферный накопитель энергии (например, суперконденсатор или аккумулятор малой ёмкости). Блок (8) обеспечивает:

- поддержание питания на время завершения операций блоков (5)–(6) при кратковременных просадках;
- корректную запись служебных данных и статусов в энергонезависимую память узла (1);
- перевод модуля индикации (7) в состояние «автономный режим» и предотвращение некорректных состояний при выключении.

Порядок обмена и контроля целостности.

От цифрового двойника через интерфейс (3) поступает набор рецептурных параметров. Блок (5) выполняет канонизацию и формирует детерминированное представление данных. Блок (6) вычисляет контрольный хеш-идентификатор. Узел (1) формирует пакет «данные+хеш» и передаёт его через интерфейс (4) в оборудование. Оборудование применяет параметры и формирует подтверждающий пакет, содержащий хеш-идентификатор, вычисленный на своей стороне из того же набора параметров (или подтверждающий полученный хеш при политике доверенного вычисления). Узел (1) выполняет сравнение контрольных значений; при совпадении модуль (7) отображает «целостность подтверждена», при расхождении — «несоответствие», с запуском повторной передачи или блокировкой применения профиля по заданной политике. В обратном направлении фактические параметры цикла могут

обработываться аналогично для обеспечения трассируемости и подтверждаемости данных цифрового двойника.

6. Технический результат

Реализация полезной модели обеспечивает:

- защиту рецептурных данных от подмены и искажения при обмене между цифровым двойником и пекарским оборудованием за счёт детерминированной канонизации и вычисления контрольного хеш-идентификатора;
- повышение достоверности и трассируемости производственных профилей и команд управления;
- устойчивость к кратковременным перебоям электропитания с корректным завершением процедур контроля;
- оперативную автономную визуальную индикацию состояния целостности для персонала технологической линии.

7. Перечень условных обозначений (Фиг. 1)

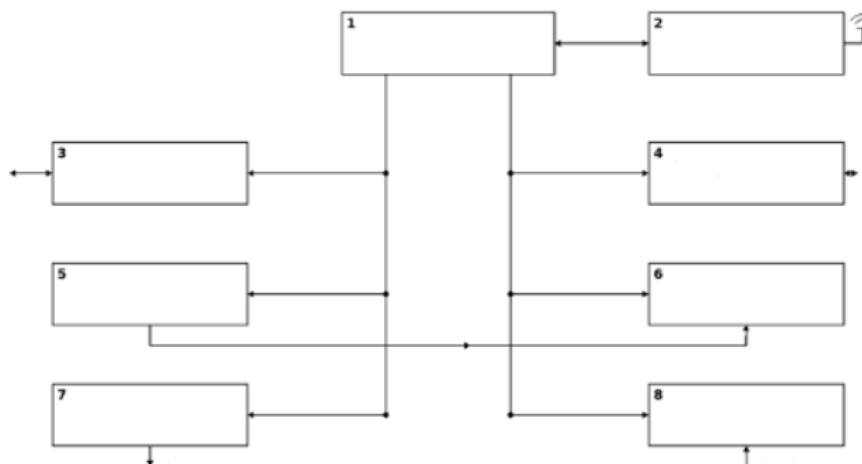
- 1 — микроконтроллерный узел;
- 2 — модуль Wi-Fi;
- 3 — интерфейс к цифровому двойнику;
- 4 — интерфейс к пекарскому оборудованию;
- 5 — блок нормализации и канонизации данных;
- 6 — блок вычисления контрольного хеш-идентификатора;
- 7 — модуль индикации состояния;
- 8 — блок отказоустойчивого питания и фильтрации.

ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ

1. Система контроля целостности рецептурных данных, содержащая микроконтроллерный узел, модуль беспроводной связи, интерфейс к цифровому двойнику и интерфейс к пекарскому оборудованию, *отличающаяся* тем, что дополнительно содержит блок нормализации и

канонизации данных, блок вычисления контрольного хеш-идентификатора, модуль индикации состояния и блок отказоустойчивого питания и фильтрации, при этом блок нормализации и канонизации данных выполнен с возможностью приведения рецептурных параметров к детерминированному представлению путем валидации допустимых диапазонов, приведения единиц измерения к заданному стандарту, форматирования числовых значений с фиксированной точностью и упорядочивания полей по фиксированному словарю, а блок вычисления контрольного хеш-идентификатора выполнен с возможностью вычисления контрольного хеш-идентификатора по указанному детерминированному представлению и формирования пакета данные плюс хеш для двунаправленной передачи между цифровым двойником и пекарским оборудованием с последующей проверкой целостности путем сравнения контрольных хеш-идентификаторов.

2. Система по п.1, *отличающаяся* тем, что блок отказоустойчивого питания и фильтрации содержит буферный накопитель энергии и выполнен с возможностью поддержания питания системы на время завершения операций нормализации и вычисления контрольного хеш-идентификатора, фиксации статуса контроля в энергонезависимой памяти микроконтроллерного узла и перевода модуля индикации состояния в режим автономной индикации при кратковременных перебоях электропитания, при этом модуль индикации состояния выполнен с возможностью отображения состояний связь установлена, целостность подтверждена, несоответствие и автономный режим непосредственно на технологическом участке.



Фиг. 1