

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202391796** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2023.08.16

(51) Int. Cl. *G06Q 10/06* (2023.01)

(22) Дата подачи заявки
2021.12.22

(54) **КОМПЬЮТЕРНЫЕ СПОСОБЫ И СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УСТАНОВКИ ПО
ПРОИЗВОДСТВУ ХИМИКАТОВ И ТОПЛИВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОЦЕССА
УЛАВЛИВАНИЯ УГЛЕРОДА**

(31) 63/130,181; 63/136,049

(32) 2020.12.23; 2021.01.11

(33) US

(86) PCT/US2021/064885

(87) WO 2022/140558 2022.06.30

(88) 2022.08.25

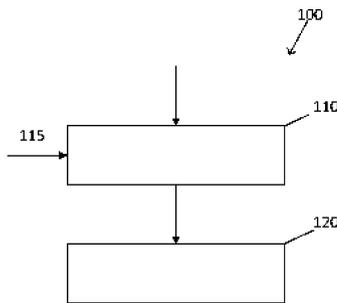
(71) Заявитель:
ТОПСЕЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:

**Вилбек Фие Элис Халквист (DK),
Бойсен Андерс Эрик (SE), Вердиер
Силваин (DK), Расмуссен Хенрик
Уолтерс, Галлардо Тор, Таккер Приеш
(US), Алкильде Оле Фрей, Ховгаард
Лив, Мадсен Матиас Бёйе (DK)**

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(57) Изобретение относится к компьютерному способу мониторинга голубой установки, при этом установка выполнена с возможностью производства голубого химического или топливного продукта и содержит множество средств для регистрации параметров производственного процесса, предпочтительно множество датчиков в установке, например, вдоль реактора, причем для уменьшения углеродного следа продукта используют технологию улавливания углерода. Способ дополнительно включает вычисление показателя устойчивости на основании полученных показаний датчиков. Кроме того, изобретение относится к компьютерному способу и системе мониторинга, системе обработки данных и голубой установке, которая включает вышеперечисленное.



202391796
A1

202391796
A1

Компьютерные способы и системы мониторинга установки по производству химикатов и топлива с применением процесса улавливания углерода

Область изобретения

Представленная информация относится к производству голубого топлива и химикатов, в частности, мониторинга и оптимизации производства и воздействия на окружающую среду.

Уровень техники

На сегодняшний день отмечается постоянный рост интереса к производству химикатов и топлива, таких как водород, аммиак, метанол, этанол, бензино-лигроиновая фракция, авиационное топливо, дизельное топливо и т.д., с пониженным уровнем выбросов углерода. Существует несколько возможных вариантов производства такого топлива и химикатов, например, преобразование возобновляемой энергии в энергоносители, преобразование биомассы в энергоносители или так называемый «голубой» путь (с применением процесса улавливания углерода).

Потребители, инвесторы и государства/законодатели во всем мире стали уделять более пристальное внимание более устойчивым решениям для многих химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих процессов. Это заставляет промышленность двигаться в сторону снижения их воздействия на окружающую среду. Для количественной оценки воздействия на окружающую среду, производимого производством химикатов и топлива, был разработан ряд различных методов, таких как, например, анализ жизненного цикла (АЖЦ), углеродоемкость (УЕ), выбросы парниковых газов (ПГ) и другие способы измерения углеродного следа, например, аналогично подходящие карты оценки устойчивости.

Следовательно, хорошо было бы получить способ мониторинга и оптимизации показателя устойчивости топливного или химического производства, в частности, указанный способ должен быть автоматизирован и должен минимизировать или устранять временные промежутки, проходящие с момента сбора данных и расчета оптимальных параметров установки.

Кроме того, хорошо было бы отслеживать и оптимизировать коэффициент использования, такой как выход продукта на указанных заводах, работающих по «голубой технологии». Дополнительным преимуществом является работа агрегата, позволяющая системе контролировать и регулировать установку посредством управления в замкнутом контуре.

При использовании системы по настоящему документу для соблюдения требований к документации оценочные показатели устойчивости постоянно рассчитываются и сохраняются, и пользователь может документально фиксировать выбросы ПГ для соответствующих органов по их запросу.

Чтобы стимулировать переход к топливу и химикатам с более низким углеродным следом, используется законодательство об уровне оценки углеродоемкости, оценки выбросов ПГ или аналогичных оценок устойчивости топлива и химикатов с низким уровнем выбросов парниковых газов. Следовательно, для производства топлива и химикатов с низким уровнем выбросов парниковых газов для оптимизации прибыли также может использоваться непрерывный или частый мониторинг оценок показателей устойчивости.

Модели расчета выбросов ПГ для транспортных видов топлива

- GHGenius
- GREET
- RED II, Приложение V
- BioGrace
- GEMIS
- E3database
- Gabi
- SimaPro

Краткое описание чертежей

Далее в приложенных чертежах будет проиллюстрирована подробная информация по вариантам осуществления раскрытия согласно настоящему документу. Что касается указанных чертежей,

Фиг. 1 содержит блок-схему, иллюстрирующую примерный вариант осуществления компьютерного метода мониторинга,

Фиг. 2 содержит блок-схему, иллюстрирующую другой примерный вариант осуществления компьютерного метода мониторинга,

Фиг. 3 иллюстрирует примерный вариант осуществления системы мониторинга в соответствии с настоящим документом,

Фиг. 4 показывает еще один примерный вариант системы мониторинга,

Фиг. 5 демонстрирует концептуальный чертеж установки, работающей по голубой технологии, иллюстрирующий основные производственные ресурсы и различные возможности улавливания углерода, такие как улавливание CO₂ из отработанного газа и улавливание CO₂ из технологического процесса,

Фиг. 6 содержит блок-схему, иллюстрирующую примерную конфигурацию вычислительного устройства.

Определения

Голубой аммиак считается голубым химическим веществом, а также голубым топливом, производимым из водорода и азота с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ).

Голубые химикаты обычно представляет собой химические вещества, произведенные из ископаемых источников и сырья, такого как природный газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ). Примерами голубых химикатов помимо прочего являются голубой аммиак, голубой водород, голубой метанол.

Голубой дизель обычно производится из ископаемых источников и сырья, такого как природный газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ).

Голубое топливо обычно представляет собой разные виды топлива, произведенные из ископаемых источников и сырья, такого как природный газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ). Примерами голубого топлива, помимо прочего, являются голубое дизельное топливо, голубой бензин или голубой аммиак.

Голубой бензин обычно производится из ископаемых источников и сырья, такого как природный газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ). В этом случае выделяемый CO₂ улавливается и хранится (УХУ).

Голубой водород обычно производится из ископаемых источников, таких как природный газ или сжиженный нефтяной газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ). В этом случае выделяемый CO₂ улавливается и хранится (УХУ).

Голубой метанол обычно производится из ископаемых источников, таких как природный газ, с использованием технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или улавливания и утилизации углерода (УУУ). В этом случае выделяемый CO₂ улавливается и хранится (УХУ).

Голубые технологии – это традиционные технологии использования ископаемого топлива в сочетании с технологиями улавливания и хранения углерода (УХУ) и/или технологиями улавливания и утилизации углерода (УУУ) для производства продукта с меньшим углеродным следом. Примерами могут быть, помимо прочего, улавливание углерода в сочетании с SynCOR™, POx, TIGAS, eSMR™, H₂CCR, PPM, PPM-B, ATP.

Установка с использованием голубой технологии или **голубая установка** – это установка по производству одного или более голубых химикатов и/или голубых видов топлива.

Голубой TIGAS – это улучшенный процесс синтеза бензина Topsue для производства голубого бензина.

Улавливаемый факельный газ (УФГ) представляет собой поток отходов, представляющий собой газ с высоким содержанием метана, который улавливается на объектах добычи и переработки нефти, и который в противном случае сжигался бы в факелах.

Углеродоемкость или **показатель углеродоемкости** является одним из ключевых показателей эффективности (КПЭ), на который ориентируются организации при определении своего воздействия на окружающую среду, являются показатели углеродоемкости. Показатель углеродоемкости, или показатель УЁ, представляет собой измерение жизненного цикла всех общих углеводородов или

выбросов парниковых газов в сравнении, например, с количеством потребляемой энергии. Показатель углеродоемкости обычно используется в Соединенных Штатах Америки и других странах в модели парниковых газов, регулируемых выбросов и использования энергии на транспорте (GREET) и рассчитывается путем обобщения всех выбросов углерода в цепочке поставок для этого топлива, включая весь углерод, используемый для (где это применимо) разведки, добычи, сбора, производства, транспортировки, распределения, выдачи и сжигания топлива, однако существуют и другие способы расчета показателя углеродоемкости. Более низкие оценки показателей углеродоемкости являются наиболее благоприятными, поскольку они представляют собой наиболее чистые решения.

Каталитическая реакция или этап – это процесс, при котором скорость химической реакции изменяется за счет добавления катализатора, который сам по себе во время химической реакции не изменяется. Способ по настоящему изобретению включает получение показаний датчика температуры и давления на этапе каталитической реакции.

Замкнутая система: Система для измерения, мониторинга и управления процессом, и один из способов точного управления процессом заключается в мониторинге его выходных данных и «загрузка» некоторых из них обратно для сравнения фактического с желаемым выходом, чтобы уменьшить погрешность и, если они нарушены, вернуть выходные данные системы к исходному или желаемому ответу. Между его выходные и входными данными может быть предусмотрен один или более замкнутых контуров или путей.

Композиция означает идентичность компонентов смеси, таких как исходное сырье или другая информация об определенной композиции, которая может предоставляться в виде стандартных, относящихся к партии или регулируемых данных, но также может оцениваться и/или отслеживаться с помощью датчиков или прогнозироваться с применением компьютерной модели, такой как программное приложение, предсказывающее композицию на разных этапах производства (базовые переменные), или извлекаться посредством анализа собранных образцов в лаборатории и их хранения в доступной базе данных. Указанная оценка с применением датчиков также может выполняться на любом этапе эксплуатации установки, а также с различными интервалами между измерениями.

Компьютерный способ или система предполагают использование компьютера, компьютерной сети или другого программируемого устройства, в котором одна или более функций полностью или частично реализуются посредством компьютерной программы. Иллюстративные варианты осуществления компьютерных способов и систем показаны на Фигуре 6.

Очистка данных в контексте настоящего документа означает обнаружение/удаление выпадающих точек, фильтр нижних частот и обнаружение в установившемся режиме. Очистка данных может выполняться как часть измерений отдельных датчиков при объединении показаний от одного или более датчиков или по мере получения входных данных для расчета показателя устойчивости. Очистка данных может также включать согласование, при котором измеренные данные корректируются для обеспечения соблюдения общего баланса массы и энергии установки.

Согласование данных в контексте настоящего документа означает исправление входных данных с целью обеспечить соблюдение баланса общей массы-энергии и компонентов.

Отклонение в измеренных данных (115, 215, 415, 515) является результатом изменения исходной переменной или параметра. Для выявления отклонения текущее наблюдаемое состояние (230, 430, 530) сравнивается с желаемым или ожидаемым состоянием (240, 440, 540). Когда установлено, какие изменения в основных переменных вызывают отклонение в наблюдаемых измеренных данных (например, показаниях датчиков) и, следовательно, в рассчитанном показателе устойчивости, в эти основные параметры можно внести противоположные изменения, чтобы реализовать ожидаемые или желаемые параметры устойчивости.

Электрохимикаты можно получать посредством преобразования возобновляемой энергии в энергоносители или электротопливо, преобразования возобновляемой энергии в жидкое топливо или синтетические виды топлива. Электрохимикат представляет собой химическое вещество, такое как, например, аммиак или метанол, полученный из возобновляемых источников энергии. Например, электрометанол можно производить из потоков отходов, электролиза водорода и улавливания CO₂. Электрохимикаты можно охарактеризовать как синтетические химические вещества, полученные в результате сочетания

экологически чистого или электроводорода, полученного путем электролиза воды с возобновляемой электроэнергией и CO_2 , полученного из концентрированного источника или из воздуха.

Экологический след означает эффект или воздействие, которое компания, деятельность, установка, агрегат и т.д. оказывает на окружающую среду, например, количество используемых ими природных ресурсов и количество вредных газов (выбросов), которые они производят.

Исходное сырье для получения голубого топлива обычно представляет собой сырье на основе ископаемого топлива, например, природный газ, легкий нефтяной газ (ЛНГ), бензино-лигроиновую фракцию, керосин или другие нефтяные фракции, преобразованные в голубой продукт. Однако при этом возобновляемое исходное сырье, такое как возобновляемый природный газ или уловленный факельный газ, или отходящие газы от установки по производству возобновляемого топлива, также можно использовать отдельно или в сочетании с сырьем на основе ископаемого топлива.

Парниковый газ (ПГ) – это газ, который поглощает и излучает лучистую энергию в тепловом инфракрасном диапазоне, вызывая **парниковый эффект**, то есть процесс, посредством которого излучение атмосферы планеты нагревает поверхность планеты до температуры выше той, которая была бы при отсутствии атмосферы. Основными парниковыми газами в атмосфере Земли являются водяной пар (H_2O), диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и озон (O_3).

Выбросы парниковых газов (ПГ) часто измеряются в эквиваленте диоксида углерода (CO_2). Чтобы преобразовать выбросы газа в эквивалент CO_2 , его выбросы умножаются на потенциал глобального потепления газа (ПГП). ПГП учитывает тот факт, что многие газы более эффективно нагревают Землю, чем CO_2 , в расчете на единицу массы. ПГП зависит от временного диапазона, который используется при анализе жизненного цикла.

Показатель выбросов парниковых газов аналогичен определенному выше показателю **углеродоемкости** и обычно используется в европейских и других соответствующих странах с применением, например, модели Директивы о возобновляемых источниках энергии (RED II).

ВТС – высшая теплотворная способность (также известная как высшая теплопроизводительность или высшая энергия) топлива определяется как количество тепла, выделяемого определенным количеством (изначально при 25°C) после его сгорания и возврата продуктов к температуре 25°C, что учитывает скрытую теплоту парообразования воды в продуктах сгорания.

Входные данные, при необходимости, получают непосредственно от датчика, т.е. в виде непосредственно измеряемого параметра. В других случаях показания одного или более датчиков объединяются, например, как относительное измерение, калибровка или компенсация, для получения входных данных при использовании определенного способа. Входные данные включают «входные переменные» и «заводские данные». В частности, входные данные включают в себя показания датчиков в режиме реального времени и данные в автономном режиме, такие как свойства сырья, систем инженерного обеспечения и выходящего потока, полученные с помощью аналитических измерений или иным способом.

Входные переменные являются подмножеством «входных данных» и используются в качестве управляемых переменных при оптимизации стратегии. Управляемая переменная – это независимая переменная, которая корректируется при оптимизации стратегии, что позволяет оптимизировать ее влияния на целевую функцию – неотрицательную меру производительности предприятия, которую необходимо минимизировать. Входные переменные, помимо прочего, включают переменные процесса, базисные переменные, целевые ориентиры.

Заводские данные относятся к данным, поступающим от средств регистрации, таких как датчики, аналитические измерения и прочее, имеющих отношение к эксплуатации и оптимизации голубой установки.

Оценка жизненного цикла или ОЖЦ (также известная как анализ жизненного цикла) – это методология оценки воздействия на окружающую среду, связанного со всеми стадиями жизненного цикла промышленного продукта, процесса или услуги. Например, в случае произведенным продуктом воздействие на окружающую среду оценивается от добычи и переработки сырья (колыбель), производства, распространения и использования продукта до утилизации или окончательного удаления материалов, из которых он состоит (могила). Следовательно, это метод оценки воздействия на окружающую среду, связанного

со всеми этапами жизненного цикла продукта, от добычи сырья до переработки материалов, производства, распределения, использования, ремонта и технического обслуживания, а также удаления и утилизации. Полученные результаты используются для содействия принимающим решения лицам в выборе продуктов или процессы, которые оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду, за счет рассмотрения всей системы продукции и предотвращения частичной оптимизации, которая могла бы иметь место, если бы использовался только один процесс.

НТС – низшая теплотворная способность (также известная как низшая теплопроизводительность) топлива определяется как количество теплоты, выделяющееся при сгорании определенного количества (изначально при 25°C) и доведении температуры продуктов сгорания до 150°C, что предполагает, что скрытая теплота парообразования воды в продуктах реакции не восстанавливается.

Термин **«материальные затраты»** используется для обозначения затрат как исходного сырья, так и прочих сырьевых материалов в установке. Кроме того, это относится к производству или потреблению энергии в рамках процесса и к коэффициенту использования, такому как объем и скорость производства продукции, такой как углеводороды или прочие продукты.

В целях **мониторинга** очищенные данные используются для определения фактора окружающей среды. Прямые или косвенные измерения должны пройти через операцию очистки данных, включая подстановку недостающих данных, обнаружение выбросов, фильтрацию нижних частот и оценку стационарного состояния. Кроме того, мероприятия по оценке оптимальных корректировок рабочих заданных значений голубого завода, которые известны как независимые переменные, и на которые распространяются блочные ограничения и зависимые проектные ограничения установки, включают в себя выполнение процедуры оптимизации. Формулировка задачи оптимизации обеспечивает наилучший баланс между коэффициентом использования, таким как выход продукта, и воздействием на окружающую среду. Последний шаг включает передачу исполняемой информации, которая представляет собой возможное решение задачи оптимального управления (с разомкнутой или замкнутой системой).

Задача многоцелевой оптимизации включает несколько целевых функций, которые могут конфликтовать между собой, а это означает, что улучшение по одной цели может происходить за счет ухудшения результатов другой. Не существует единственного оптимального решения многоцелевых задач, а лишь набор решений, представляющих собой оптимальные компромиссы между конкурирующими целями.

Система с разомкнутым контуром: Система, в которой выходное значение количества не влияет на входные данные системы управления, и такая система с разомкнутым контуром представляет собой просто открытую систему без обратной связи, целью которой является мониторинг и измерение. В такой системе операторам может быть предоставлена обратная связь, которую затем можно использовать для корректировки входной переменной на основе рекомендаций системы.

Преобразование возобновляемой энергии в энергоносители (также P2X и P2Y) – это ряд способов преобразования, накопления и реконверсии электричества, в которых используется электроэнергия. Технологии преобразования возобновляемой энергии в энергоносители позволяют отделить электроэнергию от электроэнергетического сектора для использования в других секторах (например, в транспортном или химическом), возможно, с использованием электроэнергии, полученной за счет дополнительных инвестиций в производство. Термин энергоноситель в данном контексте может относиться по крайней мере к одному из следующего: преобразование энергии в аммиак, преобразование энергии в химикаты, преобразование энергии в топливо, преобразование энергии в газ, преобразование энергии в водород, преобразование энергии в жидкость, преобразование энергии в метан, преобразование энергии в пищу, преобразование энергии в энергию и преобразование энергии в синтетический газ. Зарядка электромобилей, отопление и охлаждение помещений, а также подогрев воды могут быть сдвинуты во времени, чтобы соответствовать выработке электроэнергии, формам реагирования на спрос, которые некоторые называют «преобразование энергии в средства мобильности» и «преобразование энергии в средства обогрева».

Все вместе схемы преобразования возобновляемой энергии в энергоносители, в которых используется падение избыточной мощности, относятся

к мерам гибкости и особенно полезны в энергетических системах с высокой долей генерации возобновляемой энергии и/или с серьезными целями по декарбонизации. Этот термин охватывает большое количество путей и технологий.

Возобновляемое сырье обычно включает один или более оксигенатов, взятых из группы, состоящей из триглицеридов, жирных кислот, смоляных кислот, кетонов, альдегидов или спиртов, причем указанные оксигенаты происходят из одного или более биологических источников, процесса газификации, процесса пиролиза, синтеза Фишера-Тропша, синтеза на основе метанола или дальнейшего процесса синтеза, с сопутствующим преимуществом такого процесса, которое заключается в том, что процесс является жизнеспособным для получения широкого спектра сырья, особенно возобновляемого происхождения, например, происходящего из растений, водорослей, животных, рыбы, растительного масла, других биологических источников, бытовых отходов, промышленных органических отходов, такие как талловое масло или черный щелок. В конкретном случае с различными видами электротоплива в качестве исходного сырья может выступать CO₂, водород или (электрическая) энергия.

Установка на возобновляемой энергии в рамках настоящей заявки означает установка по производству химикатов, в том числе электрохимикатов или топлива, в том числе электротоплива, по меньшей мере, частично из возобновляемого сырья или источника.

Возобновляемый природный газ (ВПП) обычно представляет собой газ из отходов органического происхождения или биогаз, улучшенный до качества природного газа, также известный как биометан. Использование ВПП в качестве сырья обеспечит возможность производства возобновляемого топлива или химикатов.

Установленное значение означает продукция на выходе из выбранной установки, которые контроллер должен поддерживать на заданном эталонном уровне или близком к нему. Оптимальные установленные значения могут быть определены с помощью операций в замкнутом контуре или с использованием варианта разомкнутого контура, когда управляемые переменные принимаются в качестве желаемых оптимальных установленных значений с применением политики планирования по скользящим показателям.

Оценка устойчивости или **оценка экологической устойчивости** представляет собой или включает показатель углеродоемкости (УЁ), углеродоемкость (УЁ), оценку выбросов парниковых газов (ПГ), выбросы ПГ или другой результат или показатель расчета углеродного следа или же оценку жизненного цикла (ОЖЦ) или показатель ОЖЦ. Улучшенный показатель устойчивости означает, что углеродный след был снижен.

Термическое разложение при использовании по тексту настоящего документа термин «термическое разложение» для удобства должен использоваться в широком смысле для любого процесса разложения, в котором материал частично разлагается при повышенной температуре (обычно от 250°C до 800°C или даже 1000°C), в присутствии субстехиометрического количества кислорода (в том числе при отсутствии кислорода). Продукт обычно представляет собой комбинированный жидкий и газообразный поток, а также некоторое количество твердого растительного угля. Этот термин должен трактоваться как включающий процессы, известные как пиролиз и гидротермальное сжижение, как в присутствии, так и в отсутствии катализатора.

Базисные переменные/параметры или **переменные/параметры процесса** используются в контексте оптимизации, т.е. это переменные, которыми можно манипулировать для получения улучшенных коэффициентов использования, таких как выход продукта или показатели устойчивости. Они рассматриваются как входные переменные.

Коэффициент использования в контексте настоящего изобретения означает показатель, используемый при оценке производительности голубой установки, преобразующей сырье в один или более видов голубого топлива или голубых химикатов. Голубая установка, производящая метанол из исходного сырья и использующая процесс улавливания углерода, является примером однопродуктового процесса с одним основным выходным потоком. Оптимальное использование установки с однопродуктовым процессом обычно подразумевает доведение до максимума скорости выпуска одного продукта, т.е. скорости потока одного продукта в расчете на объем или массу. Для голубой установки, производящей несколько продуктов, например, бензино-лигроиновая фракция является естественным побочным продуктом, получаемым при преобразовании сырья в дизельное топливо, оптимальное использование установки подразумевает

доведение до максимума выхода целевого продукта, т.е. количества целевого продукта, образующегося по отношению к потребленному сырью, что обычно выражается в процентах. Таким образом, в зависимости от того, что производится голубой установкой, коэффициент использования может относиться к таким показателям, как производительность, коэффициент полезности, выход, объем производства и прочее.

Подробное описание

Настоящее изобретение обеспечивает следующие преимущества:

- Голубое топливо или голубое химическое вещество с более низким показателем углеродоемкости (показатель УЁ) является более ценным продуктом,
- Таким образом, постоянный мониторинг показателя углеродоемкости и текущей стоимости химикатов и топлива значительно повысит общую рентабельность производственной установки,
- Мониторинг показателя углеродоемкости также поможет обеспечить максимально эффективную работу установки, что приведет к минимально возможным выбросам CO₂,
- Быстрее и проще, чем вычислять вручную,
- Непротиворечивые и проверяемые данные,
- Возможность мгновенного представления отчетности в органы власти (показатели углеродоемкости рассчитываются и сохраняются на постоянной основе, и пользователь может документально фиксировать выбросы парниковых газов для соответствующих органов по запросу).

В демонстративных вариантах осуществления одно или более из этих преимуществ можно получить с помощью компьютерного способа мониторинга производством химического или топливного продукта на установке, использующей улавливание углерода, при этом установка содержит средства для регистрации входных данных, при этом способ включает: (а) с заранее установленным интервалом измерения или непрерывно, получение входных данных, принятых от средств для регистрации входных данных и отражающих меру, по меньшей мере, материалов, использованных в производственном процессе, производственного потребления энергии и коэффициента

использования, например, объем производства химической или топливной продукции; (b) с заданным интервалом вычисления или непрерывно, вычисление показателя устойчивости на основе полученных входных данных; (c) определение отклонения в показателе устойчивости; (d) определение базисной переменной как причины отклонения; и (e) изменение базисной переменной для получения целевого показателя устойчивости. Одно или более из этих преимуществ можно получить при использовании компьютерной системы, которая сконфигурирована для выполнения данного метода.

На Фигуре 1 показан первый вариант компьютерного способа 100 мониторинга в соответствии с настоящим изобретением. На первом этапе 110 измеренные данные 115 принимаются от множества средств регистрации входных данных, предпочтительно от датчиков, каждый из которых сконфигурирован для контроля параметров производственного процесса на установке. Средства регистрации входных данных, используемые в настоящем изобретении, содержат указанные датчики, но также, в частности, могут собираться и анализироваться пробы из сырья и промежуточных или конечных продуктов, и соответствующие результаты сохраняются в базе данных с отметкой времени, относящейся к моменту, когда был взят образец.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения датчики встроены в установку, чтобы, по меньшей мере, обеспечить прямое или косвенное измерение расхода материала, используемого в производственном процессе, например, прямое или косвенное измерение потребления энергии при производстве, и прямое или косвенное измерение коэффициента использования, такого как объем производства продукта с большим содержанием углеводов. Если производственный процесс, например, процесс каталитической конверсии, требует использования более чем одного входного материала, то обычно используется несколько датчиков. Аналогичным образом, если производится более одного химического продукта, то обычно используется несколько датчиков для измерения коэффициента использования, такого как объем производства. Можно использовать множество различных датчиков, таких как датчики расхода жидкости, температуры, давления, измерители потребления электроэнергии, химические датчики и т.д. Из показаний вышеупомянутых датчиков вычисляется показатель 120 устойчивости. В зависимости от законодательства в месте

производства и/или продажи продукта могут использоваться различные показатели устойчивости. Примерами показателей устойчивости являются углеродоемкость (УЁ), коэффициент выбросов парниковых газов (ПГ), показатель углеродного следа или показатель оценки жизненного цикла (ОЖЦ).

На Фигуре 2 показан второй вариант осуществления способа 200 мониторинга, который относится к первому варианту осуществления настоящего изобретения, описанному выше для Фигуры 1, где аналогичные номера позиций относятся к аналогичным деталям. Следовательно, здесь будут описаны только различия между двумя вариантами осуществления. После вычисления показателя 220 устойчивости выполняется оценка 230 текущего состояния производственного процесса. Для сравнения предоставляется желаемое или ожидаемое состояние 240, предпочтительно оценивается одно или более из прошлых состояний, заданное значение и смоделированное состояние. Наконец, наблюдаемое текущее состояние 230 и желаемое или ожидаемое состояние 240 сравнивают, чтобы выявить любое расхождение между ними. Затем о таком отклонении можно сообщить оператору установки, что позволит отрегулировать один или более параметров процесса.

В качестве альтернативы, в некоторых предпочтительных вариантах такое отклонение можно преобразовать в исполняемую информацию, которая впоследствии передается оператору или непосредственно в систему управления установки. Отклонение в измеренных данных 215 является результатом отклонения базовой переменной или параметра. Например, реакция в каталитическом реакторе может быть экзотермической, и в этом случае наблюдаемое повышение температуры каталитического слоя может фактически быть вызвано слишком высоким потоком сырья или слишком низким потоком охлаждающего газа или рециркуляции. Таким образом, основным параметром может скорее быть скорость потока, а не температура как таковая. Когда установлено, какие изменения в основных переменных вызывают отклонение в наблюдаемых показаниях датчиков и, следовательно, в рассчитанном показателе устойчивости, в эти основные параметры можно внести противоположные изменения, чтобы реализовать ожидаемые или желаемые параметры устойчивости.

На Фигуре 3 показана система 300 мониторинга согласно третьему варианту осуществления изобретения. Система 300 мониторинга связана с компьютерным способом 100 или 200 мониторинга в соответствии с описанием выше. Поэтому

здесь представлена подробная информация, которая характерна только для этой системы 300. Система 300 включает множество датчиков 310 для предоставления входных измеренных данных (например, с помощью датчика), как обсуждалось выше для Фигур 1 и 2. Датчики 310 связаны с системой 320 обработки данных, которая адаптирована для осуществления способов 100 и 200 мониторинга, которые обсуждались выше.

На Фигуре 4 показана система 400 мониторинга согласно четвертому варианту осуществления изобретения. Этот вариант осуществления относится к варианту, показанному на Фигуре 3, где аналогичные номера позиций относятся к аналогичным деталям. Следовательно, здесь будут описаны только различия между двумя вариантами осуществления. Как и в варианте осуществления, показанном на Фигуре 3, система 420 обработки данных связана с множеством датчиков 410. Однако в этом варианте осуществления датчики 410 расположены в месте размещения установки и предоставляют измеренные данные 415, тогда как система 420 обработки данных расположена удаленно и соединена с датчиками 410 через сеть 430 передачи данных, такую как Интернет. В показанном здесь варианте осуществления, который не следует рассматривать как ограничивающий, выходные данные от системы 420 обработки данных отправляются оператору 440 по линии 450 связи. Оператор 440 может находиться у установки или может находиться в другом месте. Кроме того, как здесь показано, линия 450 связи может представлять собой отдельную линию, или же она может проходить по сети 430 передачи данных. Таким образом, система 420 обработки данных может использоваться для мониторинга более установок. Это также позволяет поставщику услуг предоставлять эту функциональность мониторинга как услугу операторам установок. Для измерения и мониторинга данных может существовать система с разомкнутым контуром, но текущий вариант осуществления может дополнительно включать передачу исполняемой информации на установку по сети связи, т.е. выходные данные с одной или более исполняемыми инструкциями (например, в системе с замкнутым контуром) из системы 420 обработки данных отправляются оператору 440 по линии 450 связи или по сети 430 передачи данных.

На Фигуре 5 показан подаваемый природный газ, который применяется в качестве основного исходного сырья в установке с использованием голубой технологии. Подаваемый природный газ также может частично использоваться в

качестве топливного газа для подогрева в установке. Показаны и другие потенциальные виды сырья/инженерного обеспечения для установки с использованием голубой технологии, такие как электричество, химикаты и водоснабжение. Как видно из технологической схемы, CO₂ может улавливаться из отработанного газа, а также из технологического газа, зависящего от установки с использованием голубой технологии. Хранение захваченного CO₂ способствует снижению показателю углеродоемкости конечного продукта(ов).

Мониторинг производственного процесса этой установки может включать регистрацию, например, следующих параметров (помимо прочего):

- Расход природного газа
- Расход топливного газа
- Выход отработанного газа
- Скорость экспорта пара
- Скорость подачи химикатов
- Потребление воды
- Скорость экспорта продукта(ов)
- Значения температуры и давления во всех потоках
- Потребление электроэнергии на вращающееся оборудование (насосы, компрессоры и т.д.)

На Фигуре 6 представлена блок-схема, представляющая примерную конфигурацию вычислительного устройства 120, выполненного с возможностью осуществления компьютерных способов мониторинга и управления, раскрытых в настоящем документе в примерных вариантах осуществления изобретения. Вычислительное устройство 120 содержит различные аппаратные и программные компоненты, функционирующие для выполнения способов по настоящему изобретению. Вычислительное устройство 120 может содержать пользовательский интерфейс 150, процессор 155, связанный с памятью 160, а также интерфейс 165 связи. Процессор 155 предназначен для выполнения команд программного обеспечения, которые могут загружаться в память 160 и сохраняться в ней. В зависимости от конкретного осуществления процессор 155 может включать несколько процессоров, многопроцессорное ядро или какой-либо другой тип процессора. Память 160 может быть доступна процессору 155, что позволяет ему принимать и выполнять инструкции, хранящиеся в памяти 160. Память 160 может

быть представлена, например, оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) или любым другим подходящим энергозависимым или энергонезависимым машиночитаемым носителем информации. Кроме того, память 160 может быть фиксированной или съемной и может содержать один или более компонентов или устройств, таких как жесткий диск, флэш-память, перезаписываемый оптический диск, перезаписываемая магнитная лента или определенная комбинация из вышеперечисленного.

Один или более программных модулей 170 могут быть закодированы в памяти 160. Программные модули 170 могут содержать одну или более программ или приложений, имеющих код компьютерной программы или набор инструкций, сконфигурированных для выполнения процессором 155. Такой код компьютерной программы или инструкции по выполнению операций для описанных в настоящем документе аспектов систем и способов могут быть написаны на любой комбинации одного или более языков программирования.

Программные модули 170 могут включать программу для выполнения компьютерных способов мониторинга и управления, которые описаны в настоящем документе в примерных вариантах осуществления, а также одно или более дополнительных приложений, сконфигурированных для выполнения процессором 155. Во время выполнения программных модулей 170 процессор 155 конфигурирует вычислительное устройство 120 для выполнения различных операций, связанных с компьютерным мониторингом и управлением, в соответствии с вариантами осуществления настоящего изобретения.

Другая информация и/или данные, относящиеся к использованию настоящих систем и способов, такие как база данных 185, также могут храниться в памяти 160. База данных 185 может содержать и/или поддерживать различные элементы данных, а также элементы, которые используются в ходе различных операций компьютерного мониторинга и управления. Следует отметить, что, хотя база данных 185 показана в исполнении с локальной конфигурацией для вычислительного устройства 120, в некоторых вариантах осуществления база данных 185 и/или различные другие элементы хранящихся в ней данных могут размещаться удаленно. Такие элементы могут быть расположены на удаленном устройстве или сервере (не показано) и подключены к вычислительному

устройству 120 через сеть с применением способа, который известен специалистам в данной области, для загрузки в процессор и выполнения.

Кроме того, программный код программных модулей 170 и одно или более машиночитаемых запоминающих устройств (таких как память 160) образуют компьютерный программный продукт, который может производиться и/или распространяться в соответствии с настоящим изобретением, что известно специалистам в данной области.

Интерфейс 165 связи также может оперативно подключаться к процессору 155 и может быть представлен любым интерфейсом, который обеспечивает связь между вычислительным устройством 120 и внешними устройствами, машинами и/или элементами, включая, например, сервер или другой компьютер. Интерфейс 165 связи имеет конфигурацию для передачи и/или приема данных. Например, интерфейс 165 связи, помимо прочего, может включать Bluetooth, Wi-Fi или приемопередатчик сотовой связи, передатчик/приемник спутниковой связи, оптический порт и/или любой другой подобный интерфейс для беспроводного подключения вычислительного устройства 120 к серверу или другому компьютеру.

Пользовательский интерфейс 150 также может оперативно подключаться к процессору 155. Пользовательский интерфейс может содержать одно или более устройств ввода, таких как переключатель(и), кнопка(и), клавиша(и) и сенсорный экран. Пользовательский интерфейс 150 позволяет вводить данные. Пользовательский интерфейс 150 предназначен для облегчения приема команд от пользователя, таких как команды включения-выключения или настройки, относящиеся к работе описанного выше способа.

Дисплей 190 также может оперативно подключаться к процессору 155. Дисплей 190 может включать экран или любое другое подобное устройство отображения информации, которое позволяет пользователю просматривать различные опции, параметры и результаты, такие как идентификаторы групп. Дисплей 190 может быть цифровым, как, например, светодиодный дисплей. Пользовательский интерфейс 150 и дисплей 190 могут быть интегрированы в дисплей с сенсорным экраном. Работа вычислительного устройства 120 и различных описанных выше элементов и компонентов будет понятна специалистам в данной области применительно к компьютерному мониторингу и управлению.

Следует понимать, что приведенное в настоящем документе описание представляет собой примерную систему для осуществления компьютерного мониторинга и управления. Хотя настоящее изобретение и было описано применительно к примерным устройствам, следует понимать, что оно не предусматривает ограниченного использования исключительно с такими устройствами, поскольку в него могут быть внесены модификации без необходимости отступления от сути и области применения настоящего изобретения. Способ по настоящему изобретению может быть реализован в программном обеспечении, программно-аппаратном обеспечении, аппаратном обеспечении или в их комбинации. В одном из режимов способ реализуется в программном обеспечении в виде исполняемой программы и выполняется одним или более цифровыми компьютерами специального или общего назначения. Этапы осуществления способа могут выполняться сервером или компьютером, в котором полностью или частично находятся программные модули.

Как правило, с точки зрения аппаратной архитектуры, такой компьютер будет включать, что будет хорошо понятно специалисту в данной области, процессор, память и одно или более устройств ввода и/или вывода (I/O) (или периферийных устройств), связь между которыми устанавливается через локальный интерфейс. Локальный интерфейс, помимо прочего, может быть представлен, например, одной или более шинами или другими проводными или беспроводными соединениями, известными специалистам в данной области. Для обеспечения связи локальный интерфейс может иметь дополнительные элементы, такие как контроллеры, буферы (кэш), драйверы, повторители и приемники. Кроме того, локальный интерфейс может включать адрес, управление и/или соединения для передачи данных, что позволяет ему обеспечивать надлежащую связь между другими компонентами компьютера.

Следует понимать, что система может быть реализована с использованием облачной или локальной серверной архитектуры. Таким образом, следует понимать, что настоящее изобретение должно быть ограничено только в той мере, в какой это считается необходимым с учетом прилагаемой формулы изобретения.

Предпочтительные варианты осуществления

1. При использовании реализуемого компьютером способа мониторинга голубой установки, при этом установка выполнена с возможностью производства химического или топливного продукта, при этом установка содержит средства регистрации входных данных, причем способ включает:

- а) получение входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, одного из материалов, вводимых в производственный процесс, энергопотребления при производстве и коэффициента использования, такого как объем производства химического или топливного продукта,
- б) вычисление показателя устойчивости на основании полученных входных данных.

Таким образом, можно обеспечить эффективный мониторинг показателя устойчивости в отношении производственного процесса.

До сих пор обычная практика заключалась в назначении аккредитуемого лица, которое периодически посещало установку, собирало все соответствующие входные данные (на что уходит много времени) и проверяло показатель углеродоемкости/выбросы ПГ на соответствие заявке, поданной ранее (иногда за несколько лет назад) в отношении установки. Настоящее изобретение, с другой стороны, обеспечивает непрерывный мониторинг выбросов парниковых газов с помощью подключенных сервисов, что позволяет владельцу/оператору установки заранее планировать и вносить модификации, например, оптимизировать работу агрегата и планировать замену катализатора, предотвращая или сводя к минимуму перерывы в эксплуатации, обеспечивая минимальные затраты дорогостоящего времени выполнения работ, а также максимальную производительность катализатора, максимальный срок службы катализатора наряду с повышением производительности и снижением затрат. Одним из наиболее важных факторов рентабельности каталитической установки является время, в течение которого катализатор остается активным. Независимо от того, насколько высока активность катализатора в начале цикла, если он дезактивируется быстрее, чем ожидалось, производительность установки пострадает, а прибыль уменьшится. И действительно, из-за дезактивации катализатора необходимо регулярно повышать температуру в реакторе, например, для поддержания необходимых характеристик продукта. Такое повышение температуры приведет к повышению расхода

топливного газа и/или электроэнергии и может повлечь за собой увеличение выбросов парниковых газов. Кроме того, есть вероятность, что по мере дезактивации катализатора потребление водорода также увеличится. Таким образом, это может стать переломным моментом с точки зрения выбросов ПГ и прибыльности в течение всего цикла, который может определить такой инструмент мониторинга ПГ. Таким образом, преимущества непрерывного мониторинга показателя УЁ или показателя выбросов ПГ заключаются в том, что их не нужно рассчитывать каждый раз, когда необходимо сертифицировать продукт, например, топливо.

Настоящее изобретение обеспечивает следующие преимущества:

- Голубое топливо или химическое вещество с более низким показателем углеродоемкости (показатель УЁ) является более ценным продуктом. Это означает, что указанное топливо или химическое вещество является более ценным с точки зрения воздействия на окружающую среду, а также часто и рентабельности установки по сравнению с голубым топливом или химическим веществом с более высоким показателем УЁ,
- Таким образом, постоянный мониторинг показателя УЁ и текущей торговой стоимости продукта(ов) повысит общую прибыльность голубой установки,
- Мониторинг показателя углеродоемкости также поможет обеспечить максимально эффективную работу установки, что приведет к достижению минимальных возможных выбросов CO₂,
- Быстрее и проще, чем вычислять вручную,
- Непротиворечивые и проверяемые данные,
- Возможность мгновенного представления отчетности в органы власти (показатели углеродоемкости рассчитываются и сохраняются на постоянной основе, и пользователь может документально фиксировать выбросы парниковых газов для соответствующих органов по запросу).

В целом, производственный процесс может включать технологическую загрузку сырья ископаемого или возобновляемого происхождения и, в некоторых случаях, одного или более из следующего: тепловой энергии, электрической энергии и сырья ископаемого происхождения. Производственный процесс на

выходе выдает химически или каталитически преобразованный продукт и, в некоторых случаях, одно или более из следующего: тепловую энергию, электрическую энергию, продукты, связанные со стоимостью осаждения, а также продукты, связанные с затратами на осаждение. Входные и выходные данные процесса связаны с оптимизацией, а чистая стоимость производства рассчитывается на основе индивидуальных затрат и стоимости, коммерческой стоимости и экологических затрат., при необходимости, входные данные для метода получают непосредственно от датчика, т.е. в виде непосредственно измеряемого параметра. В других случаях показания одного или более датчиков объединяются, например, как относительное измерение, калибровка или компенсация, для получения входных данных при использовании определенного способа.

В некоторых вариантах осуществления способ включает очистку входных данных перед вычислением показателя устойчивости. Это может включать обнаружение/удаление выпадающих точек, фильтр нижних частот и обнаружение в установившемся режиме. Очистка данных может выполняться как часть измерений отдельных датчиков при объединении показаний от одного или более датчиков или по мере получения входных данных для расчета показателя устойчивости. Очистка данных может также включать согласование, при котором измеренные данные корректируются для обеспечения соблюдения общего баланса массы и энергии установки.

В одном из вариантов осуществления изобретения химический продукт может представлять собой 1) оксигенат, такой как метанол, диметиловый эфир или этанол, 2) углеводород, 3) водород, 4) синтез-газ, 5) аммиак или 6) бензин из спиртов. Топливный продукт может быть представлен одним из следующего: транспортное топливо или нефтехимическое сырье, такое как дизельное топливо, бензин, авиационное топливо, мазут, аммиак, водород, смазка и бензино-лигроиновая фракция.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения производственный процесс представляет собой тип(ы) голубой технологии, используемой для преобразования ископаемого сырья в голубые химические или топливные продукты. Примеры: улавливание углерода в сочетании с риформингом, гидроочисткой, газификацией и повышением качества,

производство этанола, технологии производства аммиака и т.д. Совместная переработка ископаемого и возобновляемого сырья для производства химических или топливных продуктов является одним из предпочтительных вариантов осуществления настоящего изобретения. Анализ парниковых газов в течение жизненного цикла, выполняемый в модели GREET, которая используется Калифорнийским советом по воздушным ресурсам (CARB), включает оценку всей технологической энергии и материалов, используемых в производственном процессе (т.е. выбросов при производстве, хранении и обращении с исходным сырьем, а также при производстве, хранении и обращении с топливом и сопутствующими продуктами). В некоторых примерах для производства химического продукта используется как ископаемое, так и возобновляемое сырье.

2. Компьютерный способ мониторинга в соответствии с вариантом осуществления изобретения 1, причем средства для регистрации входных данных включают в себя множество датчиков, и указанные входные данные основаны на измерениях одним или более из множества датчиков.

3. Компьютерный способ мониторинга в соответствии с вариантами осуществления 1 или 2, причем показатель устойчивости представляет собой или включает показатель углеродоемкости (УЁ), показатель выбросов парниковых газов (ПГ) или другой показатель углеродного следа или показатель оценки жизненного цикла (ОЖЦ).

Интенсивность выбросов (например, углеродоемкость, УЁ) – это интенсивность выбросов определенного загрязняющего вещества по отношению к интенсивности конкретной деятельности или процесса промышленного производства. Например, граммы углекислого газа, выделяемого на мегаджоуль теплотворной способности произведенного топлива (НТС), или отношение произведенных выбросов парниковых газов (ПГ) к валовому внутреннему продукту (ВВП). Интенсивность выбросов используется для получения оценок выбросов загрязнителей воздуха или парниковых газов на основе количества сожженного топлива, количества животных в животноводческом хозяйстве, уровней промышленного производства, пройденных расстояний или аналогичных данных о деятельности. Интенсивность выбросов также может использоваться для сравнения воздействия на окружающую среду различных видов деятельности или видов топлива., при необходимости, родственные термины «коэффициент

выбросов» и «углеродоемкость» используются взаимозаменяемо. Используемые профессионализмы могут быть разными для разных областей/отраслей промышленности. Обычно термин «углерод» исключает другие загрязняющие вещества, такие как выбросы твердых частиц. Одним из повсеместно используемых показателей является углеродоемкость на киловатт-час (УЁКЧ), которая используется для сравнения выбросов от различных источников электроэнергии.

В одном из вариантов осуществления изобретения производственный процесс включает одно или более из следующего: производство оксигената, такое как производство метанола, этанола, диметилового эфира или углеводов; гидрогенизация растительного масла; производство водорода; производство синтез-газа; синтез бензина из спиртов; и производство аммиака.

4. Компьютерный способ мониторинга по любому из вариантов осуществления 1, 2 или 3, причем, по меньшей мере, некоторые из входных данных относятся к потокам жидкости, газа или твердых веществ и включают массовый расход, объемный расход, температуру, давление, химический состав и/или потребление электроэнергии.

5. Компьютерный способ мониторинга по варианту осуществления 4, причем указанные потоки газа содержат H_2 или потоки сырья для водородной установки парового риформинга.

6. Компьютерный способ мониторинга по варианту осуществления 5, причем, по меньшей мере, один из указанных потоков газа представляет собой поток, содержащий, по меньшей мере, 75 об.%, 80 об.%, 90 об.% или 99 об.% H_2 или потоки сырья для водородной установки парового риформинга.

7. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, причем входные данные принимаются через равные промежутки времени и/или непрерывно.

8. Компьютерный способ мониторинга по любому из вариантов осуществления 1 - 6, причем входные данные принимаются в режиме реального времени.

Например, регулярные интервалы могут быть ежедневными, ежечасными, ежеминутными или аналогичными регулярными интервалами или их сочетаниями

для различных входных данных (например, ежеминутные данные по температуре, но ежедневные по исходному сырью). Нет необходимости производить выборку по всем датчикам через одинаковые промежутки времени, т.е. входные данные, относящиеся к некоторым датчикам, могут поступать, например, ежедневно, в то время как другие датчики предоставляют данные в реальном времени, близком к реальному времени или в соответствии с другим интервалом.

9. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, причем устройство отображения в интерактивном режиме показывает входные данные, при этом устройство отображения выполнено с возможностью графического или текстового приема входного сигнала от системы мониторинга через выделенную инфраструктуру связи, создавая интерактивное отображением сведений для пользователя.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения на устройстве отображения показываются коэффициенты использования, такие как выход продукта и показатели выбросов/устойчивости.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления изобретения, основанном на методе оттенка и цвета, который различает качество отображаемых входных данных, например, данных об установке и создает модель производственного процесса с использованием входных данных, например, данных об установке для прогнозирования производительности установки, ожидаемой с учетом упомянутых данных, причем эта модель производственного процесса генерируется с помощью итеративного процесса, который моделирует на основе, по меньшей мере, одного ограничения установки, отслеживаемого для ее работы.

10. Компьютерный способ мониторинга по варианту осуществления 9, причем на устройстве отображения показываются коэффициенты использования, такие как выход продукта и показатели выбросов или устойчивости.

11. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, дополнительно включающий оптимизацию производственного процесса, включающую:

- a) оценку текущего состояния и заданного значения производственного процесса с использованием средств регистрации входных данных и мониторинга параметров производственного процесса,
- b) очистку входных данных перед расчетом показателя устойчивости,
- c) решение многоцелевой задачи оптимизации для максимального увеличения коэффициента использования, например, выхода продукта и сведения к минимуму воздействия производственного процесса на окружающую среду, выбросов при переработке за счет манипулирования, по меньшей мере, одной из множества входных переменных.

Таким образом, способ мониторинга включает оптимизацию производственного процесса в отношении различных целей, таких как обеспечение максимального коэффициента использования, такого как выход продукта, и/или сведение к минимуму воздействия производственного процесса на окружающую среду с использованием очищенных данных установки. Очистка данных может выполняться любым из множества способов, таких как обнаружение/удаление выпадающих точек, фильтр нижних частот и обнаружение в установившемся режиме. Очистка данных может выполняться как часть измерений отдельных датчиков при объединении показаний от одного или более датчиков или по мере получения входных данных для расчета показателя устойчивости.

Производственный процесс оптимизируется по отношению к голубым коэффициентам использования, таким как выход продукции, при минимизации и/или соблюдении верхних ограничений на выбросы от переработки, что позволяет получать продукты более высокой ценности. Следовательно, баланс между голубыми коэффициентами использования, такими как выход продукта и выбросы от переработки, представляется присущим формулировке задачи оптимизации путем взвешивания целей, возможно, с использованием стратегии взвешенной суммы для преобразования многоцелевой задачи в скалярную путем построения взвешенной суммы всех целей.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения способ включает моделирование или прогнозирование влияния изменений в сырье/входном материале и/или связанных с эксплуатацией манипуляций в

процессе на оба коэффициента использования, такие как выход и выбросы при переработке.

- Корректировки процесса должны быть направлены на максимальное увеличение коэффициентов использования, таких как выход продукта, при сведении к минимуму воздействия на окружающую среду. Следовательно, имеют место две конкурирующие между собой цели.

- Возможности моделирования/прогнозирования для обеспечения влияния изменений в сырье или связанных с эксплуатацией изменений в процессе на оба коэффициента использования, такие как выход и показатель углеродоемкости или показатель устойчивости, или же показатель экологической устойчивости.

12. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, дополнительно включающий передачу исполняемой информации на голубую установку по сети связи.

Формулировка задачи оптимизации обеспечивает наилучший компромисс между коэффициентом использования, например, выходом продукта и показателем устойчивости. Впоследствии исполняемая информация, представляющая собой реальное решение возможной задачи оптимизации с разомкнутым или замкнутым контуром, передается для соответствующей корректировки заданных значений системы управления установкой. Следовательно, исполняемая информация определяет, как именно регулировать заданные значения системы управления установки на основе желаемого взвешивания коэффициента использования, такого как выход продукта и показатель устойчивости, а также данных установки, связанных с текущим заданным значением для производственного процесса.

В соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения оператор установки может быть проинформирован об оптимальных корректировках заданного значения, что позволит ему при необходимости вмешаться в производственный процесс. Направление информации оператору установки может осуществляться любым из множества способов, например, с помощью информационного дисплея, электронной почты, веб-сервиса, специальной сети уведомлений и т.д.

13. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, дополнительно включающий вычисление улучшенных значений для одной или более основных переменных и сообщение рассчитанных улучшенных значений оператору установки.

За счет этого могут быть определены и предоставлены оператору предлагаемые значения для улучшения производительности установки. Затем оператор может полностью или частично откорректировать производственный параметр в соответствии с поступившими предложениями или же выбрать другие настройки. Таким образом, ответственность за работу установки остается за оператором, в то время как способ мониторинга просто предоставляет ему рекомендации.

14. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, дополнительно включающий:

- отслеживание заданного значения и выявление оптимальных отклонений этого значения в одной или более управляемых базовых переменных, что вызывает нежелательный эффект. Таким нежелательным эффектом может быть наблюдаемое снижение коэффициентов использования, например, выхода продукции и/или ухудшение (что противопоставляется улучшению или сохранению) показателя устойчивости. Примером ухудшения показателя устойчивости может быть увеличение указанного показателя устойчивости, когда целевой показатель устойчивости установлен на низком уровне (например, показатель УЁ).

15. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, дополнительно включающий корректировку одной или более базовых переменных в качестве реакции на наблюдаемые отклонения.

За счет этого производственный процесс можно автоматически отрегулировать для обеспечения более оптимальной работы, т.е. в отношении максимального повышения коэффициента использования, такого как выход, и/или оптимизации показателя устойчивости.

16. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, причем улучшенные значения одной или более базовых

переменных рассчитывают для улучшения показателя устойчивости производственного процесса и/или коэффициента использования, такого как выход продукта, при этом из углеродсодержащего газа улавливается значительная часть CO₂, например, более 30% CO₂, с использованием технологии улавливания углерода.

За счет этого производство можно оптимизировать для получения улучшенного голубого химиката или топлива, например, с более низким показателем устойчивости (например, показателем углеродоемкости или выбросов ПГ), за счет чего появляется возможность получить продукт более высокой ценности. Таким образом, можно оптимизировать баланс между коэффициентом использования, таким как выход продукта и показатель устойчивости, что позволит добиться повышения прибыльности установки и снижения воздействия на окружающую среду.

Улучшенные значения являются рекомендованными для оператора установки и относятся к значениям, на которые должны быть выставлены входные переменные, что позволит улучшить показатель устойчивости. В частности, эти улучшенные значения относятся к принятию одной или более базовых/входных переменных и их пересчету для улучшения показателя устойчивости. На основе указанного улучшенного значения(й) необходимо изменить входные переменные для достижения улучшенного показателя устойчивости производственного процесса и/или коэффициента использования, такого как выход продукта.

17. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, причем производственный процесс включает этап каталитической реакции, и сам способ включает получение входных данных по температуре и давлению на этапе каталитической реакции.

18. Компьютерный способ мониторинга по варианту осуществления 17, причем замена катализаторов оптимизирована и планируется в результате расчетов на основе входных данных.

19. Система обработки данных для выполнения компьютерного способа мониторинга по любому из предшествующих вариантов осуществления, при этом указанная система обработки данных содержит сервер, при этом сервер расположен на расстоянии от голубой установки и подключен к сети Интернет.

20. Компьютерная система мониторинга голубой установки, предоставляющая устройство отображения для расчета и интерактивного показа входных данных и показателей устойчивости, при этом данное устройство отображения выполнено с возможностью графического или текстового приема входного сигнала с использованием человеко-машинного интерфейса через выделенную инфраструктуру связи, при этом указанная система мониторинга содержит:

- средства для регистрации входных данных;
- систему обработки данных в соответствии с вариантом осуществления изобретения 19,

причем указанная система соединена с сервером для связи с установкой через сеть связи с использованием веб-платформы для приема и/или отправки входных данных, например, данных установки, связанных с ее работой, по сети.

21. Компьютерная система мониторинга для голубой установки по варианту осуществления изобретения 20, причем указанные средства для регистрации входных данных представляют собой множество датчиков, расположенных на голубой установке, выполненных с возможностью передачи данных датчиков на сервер через сеть Интернет.

22. Компьютерная система мониторинга голубой установки в соответствии с вариантом осуществления изобретения 21, причем указанное множество датчиков контролирует одинаковые или различные базовые переменные или параметры производственного процесса.

23. Компьютерная система мониторинга голубой установки по любому из вариантов осуществления 20 - 22, причем указанное множество датчиков расположено вдоль реактора для сбора данных из разных точек с одного и того же места нахождения оборудования.

24. Голубая установка для производства химического или топливного продукта из голубого сырья или источника, содержащая систему обработки данных в соответствии с вариантом осуществления изобретения 19 и систему мониторинга по любому из вариантов осуществления изобретения 20 - 23, а также содержащая средства для регистрации входных данных и устроенная таким образом, что:

- a) происходит получение входных данных, которые указывают на количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического продукта,
- b) на основании полученных входных данных рассчитывается показатель устойчивости.

25. Голубая установка в соответствии с вариантом осуществления изобретения 24, причем средства для регистрации входных данных представляют собой один или более датчиков.

26. Голубая установка по любому из вариантов осуществления 24 или 25, причем указанная установка выполнена с возможностью производства голубого химического или топливного продукта посредством улавливания и хранения углерода и/или улавливания и утилизации углерода в сочетании с гидроочисткой, производством водорода, аммиака или метанола, этанола, бензино-лигроиновой фракции, синтез-газа, бензина, реактивного или дизельного топлива.

27. Голубая установка по варианту осуществления 26, причем химический продукт представляет собой 1) оксигенат, такой как метанол, диметиловый эфир или этанол, 2) углеводород, 3) водород, 4) синтез-газ, 5) аммиак или 6) бензин из спиртов.

28. Голубая установка по варианту осуществления 26, причем топливный продукт представляет собой голубое транспортное топливо или нефтехимическое сырье, такое как дизельное топливо, бензин, авиационное топливо, мазут, аммиак, водород, смазка или бензино-лигроиновая фракция.

29. Компьютерный способ управления производством химического или топливного продукта голубой установкой, при этом установка содержит средства для регистрации входных данных, при этом указанный способ включает:

- a) с заранее определенным интервалом измерения или непрерывно, прием входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического или топливного продукта;

- b) с заранее заданным интервалом вычисления или непрерывно, вычисление показателя устойчивости на основе полученных входных данных;
- c) определение отклонения в показателе устойчивости;
- d) определение базовой переменной как причины отклонения; и
- e) изменение базовой переменной для получения целевого показателя устойчивости.

30. Компьютерная система управления производством химического или топливного продукта на голубой установке, при этом установка содержит средства регистрации входных данных, и при этом система выполнена с возможностью:

- a) с заранее определенным интервалом измерения или непрерывно, приема входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического или топливного продукта;
- b) с заранее заданным интервалом вычисления или непрерывно, вычисления показателя устойчивости на основе полученных входных данных;
- c) определения отклонения в показателе устойчивости;
- d) определения базовой переменной как причины отклонения; и
- e) изменения базовой переменной для получения целевого показателя устойчивости.

Пример 1

В данном примере подробно описана оптимизация количества произведенного водорода, углеродоемкость произведенного водорода, количества импортируемой электроэнергии из сети и покупки сертификатов на возобновляемую энергию. Потребление электроэнергии при производстве голубого водорода может значительно увеличивать углеродоемкость водородного продукта, если электричество импортируется из сети. Углеродоемкость произведенного водорода можно минимизировать за счет выработки собственного электричества на турбинах из части произведенного водорода или приобретения сертификатов на возобновляемую энергию. Более низкая углеродоемкость

водорода будет положительно отражаться на показателе выбросов парниковых газов производственной компании и обеспечивать выработку продукта более высокой ценности. В то же время использование некоторого количества полученного водорода для выработки электроэнергии с низкой углеродоемкостью снизит количество водорода, доступного для экспорта, а сертификаты на возобновляемые источники энергии обойдутся дороже.

Производство возобновляемой ветровой и солнечной энергии вызывает значительные колебания цен на электроэнергию, которая обычно торгуется на почасовой основе. Точно так же цены на углерод, такие как кредиты на низкоуглеродное топливо, колеблются в зависимости от конъюнктуры рынка. Таким образом, компьютерные методы мониторинга позволят проводить непрерывную оптимизацию в целях снижения выбросов и максимального увеличения прибыли от производства голубого водорода.

В качестве примера можно привести тот факт, что базовый сценарий заключается в выработке электроэнергии, необходимой для производства голубого водорода, путем использования водородного продукта непосредственно в турбинах. Периоды времени с сильным ветром в конкретном регионе потенциально могут обеспечить очень низкие цены на электроэнергию с сертификатами возобновляемой энергии, что сделает покупку электроэнергии из сети более оптимальным вариантом. В этом случае компьютерные методы мониторинга позволят увеличить экспорт водорода с потенциально улучшенным показателем устойчивости, например, с более низкой углеродоемкостью.

Пример 2

Настоящий пример предусматривает оптимизацию того, когда и сколько ВПГ необходимо использовать по сравнению с природным газом. Это можно выполнить для голубой установки TIGAS. Когда в качестве сырья используется ВПГ, установка, работающая на голубой технологии, будет производить возобновляемое топливо или химикаты с более низкой углеродоемкостью по сравнению с производством только голубого топлива или химикатов с использованием в качестве сырья природного газа. ВПГ может использоваться исключительно в качестве сырья или в сочетании с природным газом, что приводит к производству гидридов.

Внедрение компьютерного мониторинга позволило бы оптимизировать это сочетание в более короткие периоды времени, чтобы приспособиться к динамике рынка. Стоимость закупок ВПГ будет колебаться в зависимости от цены на природный газ и стоимости сертификатов с гарантией происхождения. Кроме того, кредиты или надбавки, которые можно получить в отношении топлива или химикатов с еще более низкой углеродоемкостью, будут следовать за динамикой рынка по мере изменения спроса и предложения. В периоды с низкими надбавками за закупку сертифицированного ВПГ и потенциально высокими кредитами или надбавками за топливо или химикаты с более низкой углеродоемкостью было бы выгодно производить больше возобновляемых видов топлива или химикатов по сравнению с производством только голубого топлива или химикатов.

Формула изобретения

1. Компьютерный способ мониторинга голубой установки, при этом установка выполнена с возможностью производства химического или топливного продукта, при этом установка содержит средства регистрации входных данных, причем способ включает:

- a) получение входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, одного из материалов, вводимых в производственный процесс, энергопотребления при производстве и коэффициента использования, такого как объем производства химического или топливного продукта,
- b) вычисление показателя устойчивости на основании полученных входных данных.

2. Компьютерный способ мониторинга по п. 1, **отличающийся тем**, что средства для регистрации входных данных включают множество датчиков, и указанные входные данные основаны на измерениях одним или более из множества датчиков.

3. Компьютерный способ мониторинга по пп. 1 или 2, **отличающийся тем**, что показатель устойчивости представляет собой или включает показатель углеродоемкости (УЁ), показатель выбросов парниковых газов (ПГ) или другой показатель углеродного следа или показатель оценки жизненного цикла (ОЖЦ).

4. Компьютерный способ мониторинга по любому из пп. 1, 2 или 3, **отличающийся тем**, что, по меньшей мере, некоторые из входных данных относятся к потокам жидкости, газа или твердых веществ и включают массовый расход, объемный расход, температуру, давление, химический состав и/или потребление электроэнергии.

5. Компьютерный способ мониторинга по п. 4, **отличающийся тем**, что указанные потоки газа содержат H_2 или потоки сырья для водородной установки парового риформинга.

6. Компьютерный способ мониторинга по п. 5, **отличающийся тем**, что, по меньшей мере, один из указанных потоков газа представляет собой поток,

содержащий, по меньшей мере, 75 об.%, 80 об.%, 90 об.% или 99 об.% H_2 или потоки сырья для водородной установки парового риформинга.

7. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что входные данные принимаются через равные промежутки времени и/или непрерывно.

8. Компьютерный способ мониторинга по любому из пп. 1 - 6, **отличающийся тем**, что входные данные принимаются в режиме реального времени.

9. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что устройство отображения в интерактивном режиме показывает входные данные, при этом устройство отображения выполнено с возможностью графического или текстового приема входного сигнала от системы мониторинга через выделенную инфраструктуру связи, создавая интерактивное отображением сведений для пользователя.

10. Компьютерный способ мониторинга по п. 9, **отличающийся тем**, что на устройстве отображения показываются коэффициенты использования, такие как выход продукта и показатели выбросов или устойчивости.

11. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий оптимизацию производственного процесса, включающую:

- a) оценку текущего состояния и заданного значения производственного процесса с использованием средств регистрации входных данных и мониторинга параметров производственного процесса,
- b) очистку входных данных перед расчетом показателя устойчивости,
- c) решение многоцелевой задачи оптимизации для максимального увеличения коэффициента использования, например, выхода продукта и сведения к минимуму воздействия производственного процесса на окружающую среду, выбросов при переработке за счет манипулирования, по меньшей мере, одной из множества входных переменных.

12. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий передачу исполняемой информации на голубую установку по сети связи.

13. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий вычисление улучшенных значений для одной или более основных переменных и сообщение рассчитанных улучшенных значений оператору установки.

14. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий:

- отслеживание заданного значения и выявление оптимальных отклонений этого значения в одной или более управляемых базовых переменных, что вызывает нежелательный эффект.

15. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, дополнительно включающий корректировку одной или более базовых переменных в качестве реакции на наблюдаемые отклонения.

16. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что улучшенные значения одной или более базовых переменных рассчитывают для улучшения показателя устойчивости производственного процесса и/или коэффициента использования, такого как выход продукта, при этом из углеродсодержащего газа улавливается значительная часть CO₂, при необходимости, более 30% CO₂, с использованием технологии улавливания углерода.

17. Компьютерный способ мониторинга по любому из предшествующих пунктов, **отличающийся тем**, что производственный процесс включает этап каталитической реакции, и сам способ включает получение входных данных по температуре и давлению на этапе каталитической реакции.

18. Компьютерный способ мониторинга по п. 17, **отличающийся тем**, что замена катализаторов оптимизирована и планируется в результате расчетов на основе входных данных.

19. Система обработки данных для выполнения компьютерного способа мониторинга по любому из предшествующих пунктов, при этом указанная система обработки данных содержит сервер, при этом сервер расположен на расстоянии от голубой установки и подключен к сети Интернет.

20. Компьютерная система мониторинга голубой установки, предоставляющая устройство отображения для расчета и интерактивного показа входных данных и показателей устойчивости, при этом данное устройство отображения выполнено с возможностью графического или текстового приема входного сигнала с использованием человеко-машинного интерфейса через выделенную инфраструктуру связи, при этом указанная система мониторинга содержит:

- средства для регистрации входных данных;
- систему обработки данных по п. 19,

причем указанная система соединена с сервером для связи с указанной установкой через сеть связи с использованием веб-платформы для приема и/или отправки входных данных, например, данных установки, связанных с ее работой, по сети.

21. Компьютерная система мониторинга для голубой установки по п. 20, **отличающаяся тем**, что указанные средства для регистрации входных данных представляют собой множество датчиков, расположенных на голубой установке, выполненных с возможностью передачи данных датчиков на сервер через сеть Интернет.

22. Компьютерная система мониторинга голубой установки по п. 21, **отличающаяся тем**, что указанное множество датчиков контролирует одинаковые или различные базовые переменные или параметры производственного процесса.

23. Компьютерная система мониторинга голубой установки по любому из пп. 20 - 22, **отличающаяся тем**, что указанное множество датчиков расположено вдоль реактора для сбора данных из разных точек с одного и того же места нахождения оборудования.

24. Голубая установка для производства химического или топливного продукта из сырья или источника, содержащая систему обработки данных по п. 19 и систему мониторинга по любому из пп. 20 - 23, а также содержащая средства для регистрации входных данных и устроенная таким образом, что:

- а) происходит получение входных данных, которые указывают на количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического продукта,
- б) на основании полученных входных данных рассчитывается показатель устойчивости.

25. Голубая установка по п. 24, **отличающаяся тем**, что средства для регистрации входных данных представляют собой один или более датчиков.

26. Голубая установка по любому из пп. 24 или 25, **отличающаяся тем**, что указанная установка выполнена с возможностью производства голубого химического или топливного продукта посредством улавливания и хранения углерода и/или улавливания и утилизации углерода в сочетании с гидроочисткой, производством водорода, аммиака или метанола, этанола, бензино-лигроиновой фракции, синтез-газа, бензина, реактивного или дизельного топлива.

27. Голубая установка по п. 26, **отличающаяся тем**, что химический продукт представляет собой 1) оксигенат, такой как метанол, диметиловый эфир или этанол, 2) углеводород, 3) водород, 4) синтез-газ, 5) аммиак или 6) бензин из спиртов.

28. Голубая установка по п. 26, **отличающаяся тем**, что топливный продукт представляет собой голубое транспортное топливо или нефтехимическое сырье, такое как дизельное топливо, бензин, авиационное топливо, мазут, аммиак, водород, смазка или бензино-лигроиновая фракция.

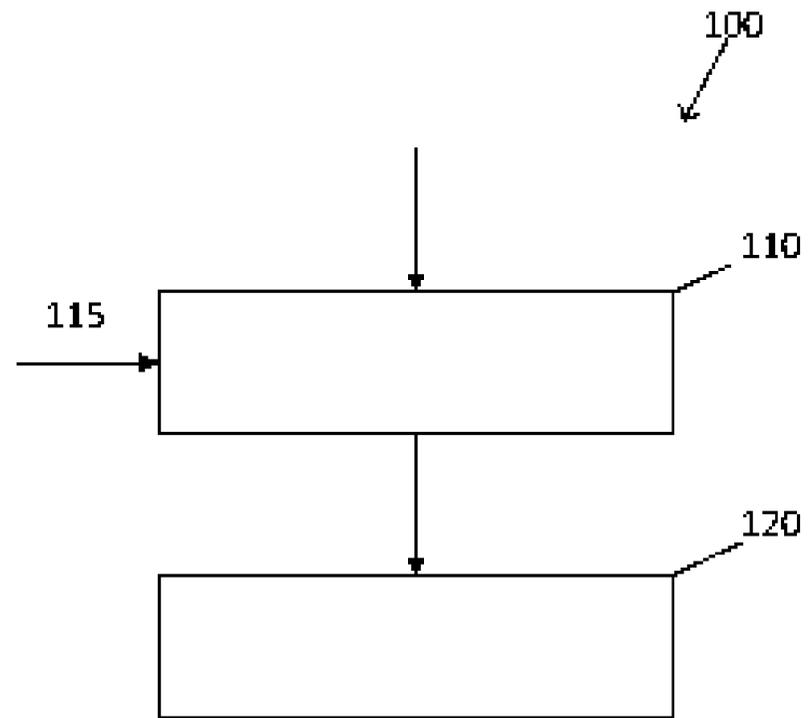
29. Компьютерный способ управления производством химического или топливного продукта голубой установкой, при этом установка содержит средства для регистрации входных данных, при этом указанный способ включает:

- a) с заранее определенным интервалом измерения или непрерывно, прием входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического или топливного продукта;
- b) с заранее заданным интервалом вычисления или непрерывно, вычисление показателя устойчивости на основе полученных входных данных;
- c) определение отклонения в показателе устойчивости;
- d) определение базовой переменной как причины отклонения; и
- e) изменение базовой переменной для получения целевого показателя устойчивости.

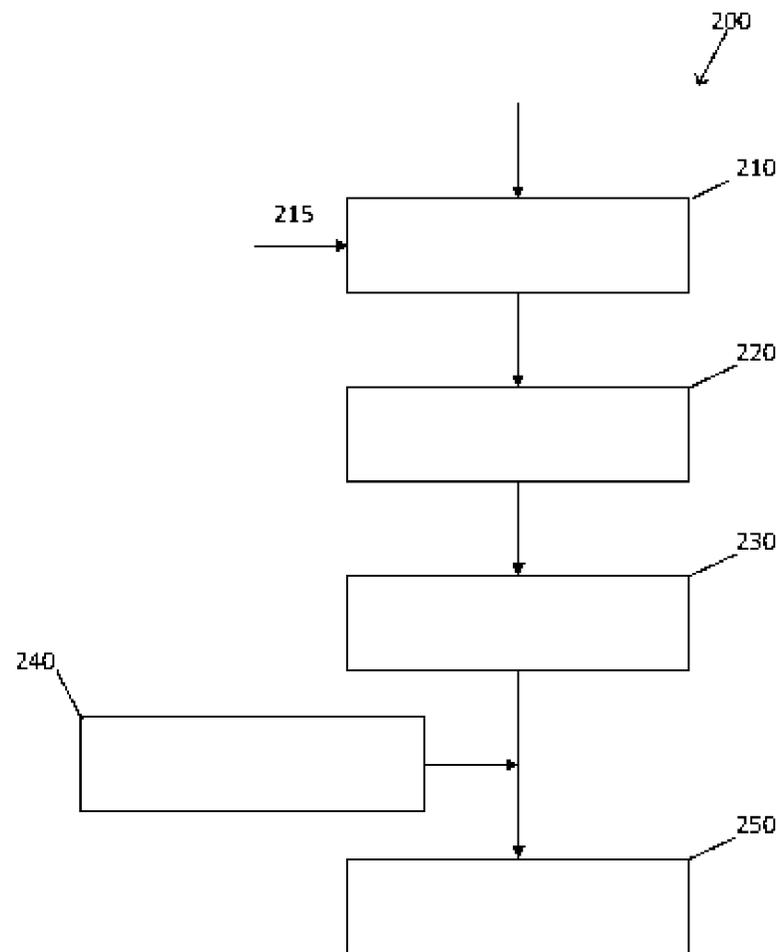
30. Компьютерная система управления производством химического или топливного продукта на голубой установке, при этом установка содержит средства регистрации входных данных, и при этом система выполнена с возможностью:

- a) с заранее определенным интервалом измерения или непрерывно, приема входных данных, указывающих количество, по меньшей мере, использованных в производственном процессе материалов, энергопотребление производства и коэффициент использования, такой как объем производства химического или топливного продукта;
- b) с заранее заданным интервалом вычисления или непрерывно, вычисления показателя устойчивости на основе полученных входных данных;
- c) определения отклонения в показателе устойчивости;
- d) определения базовой переменной как причины отклонения; и
- e) изменения базовой переменной для получения целевого показателя устойчивости.

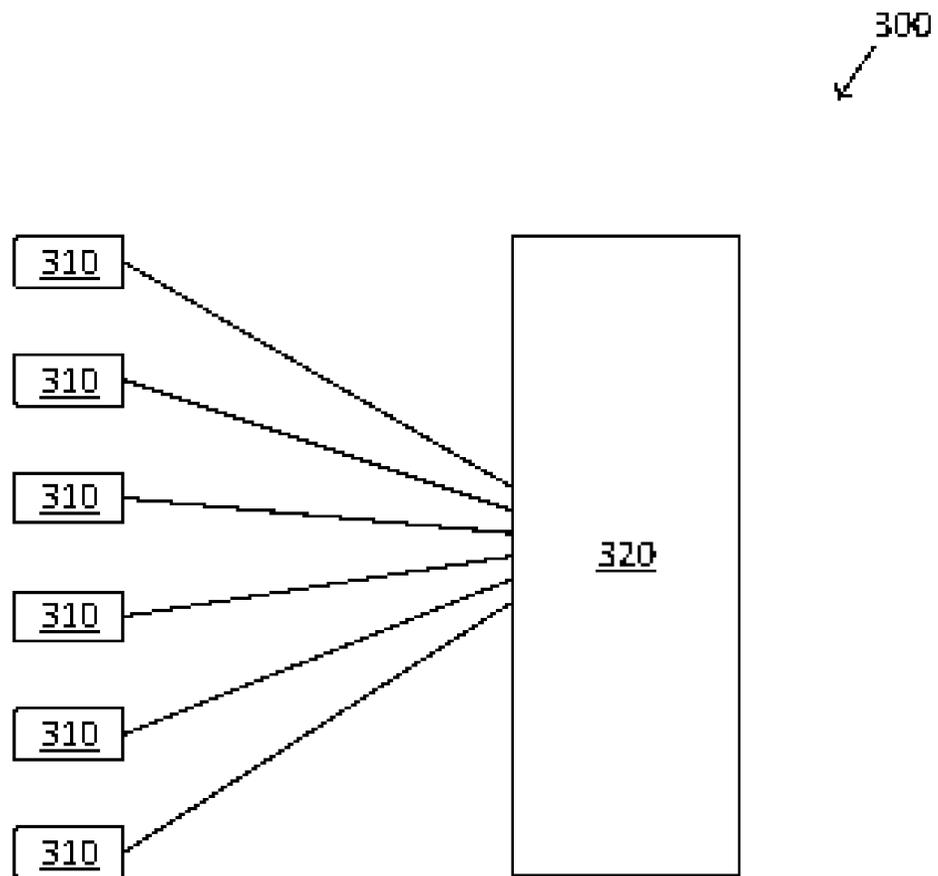
1/6



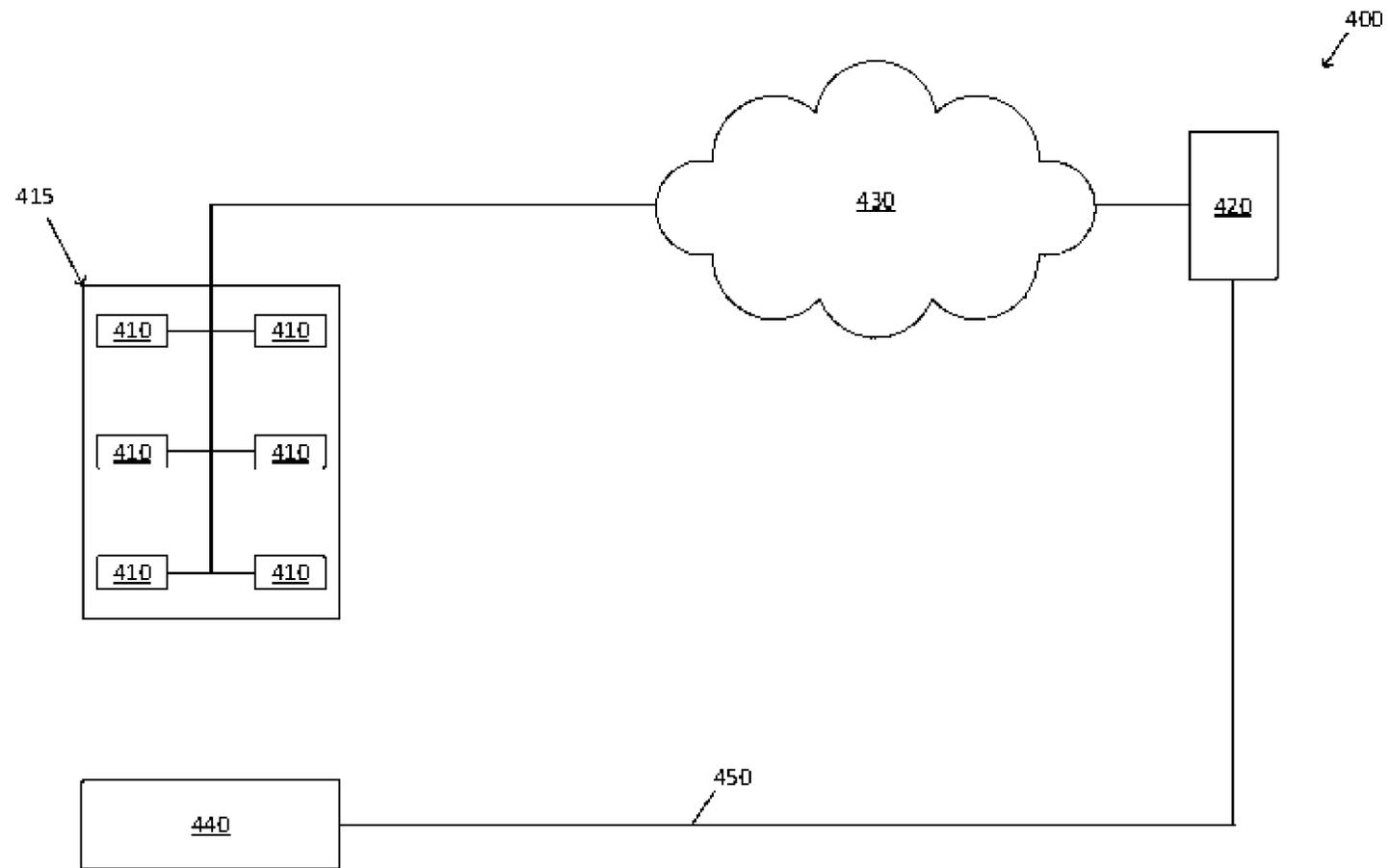
Фиг. 1



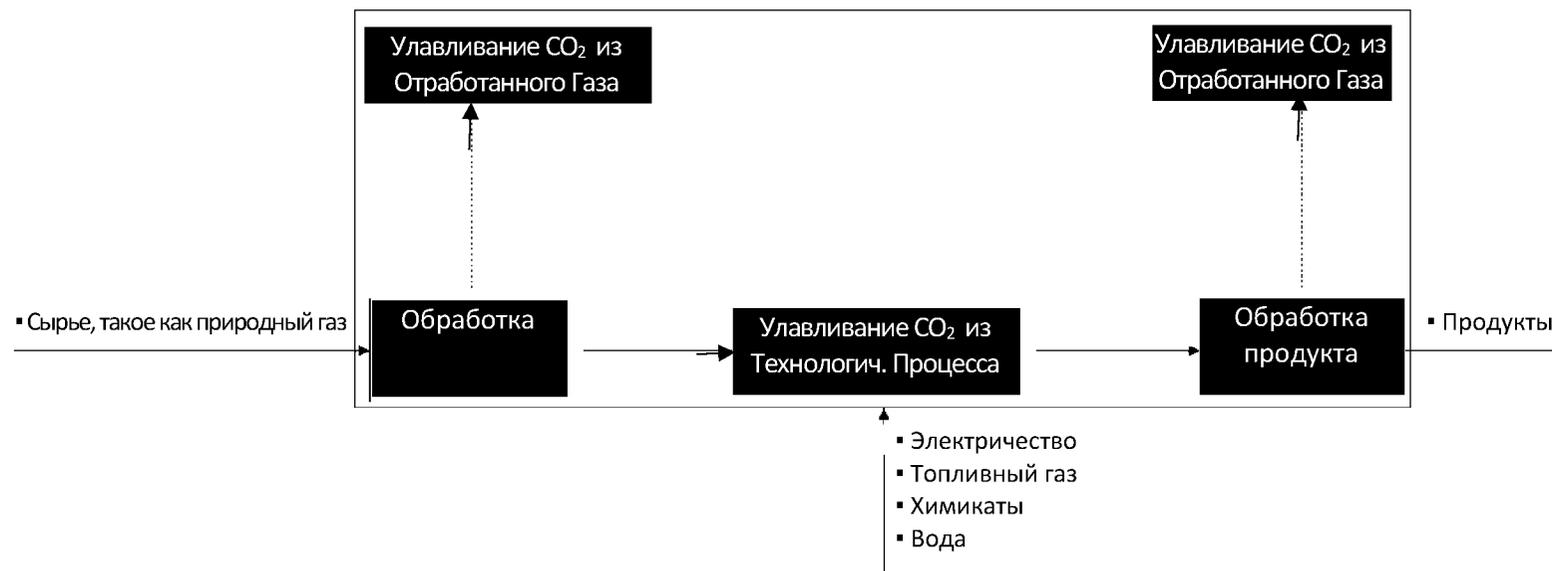
Фиг. 2



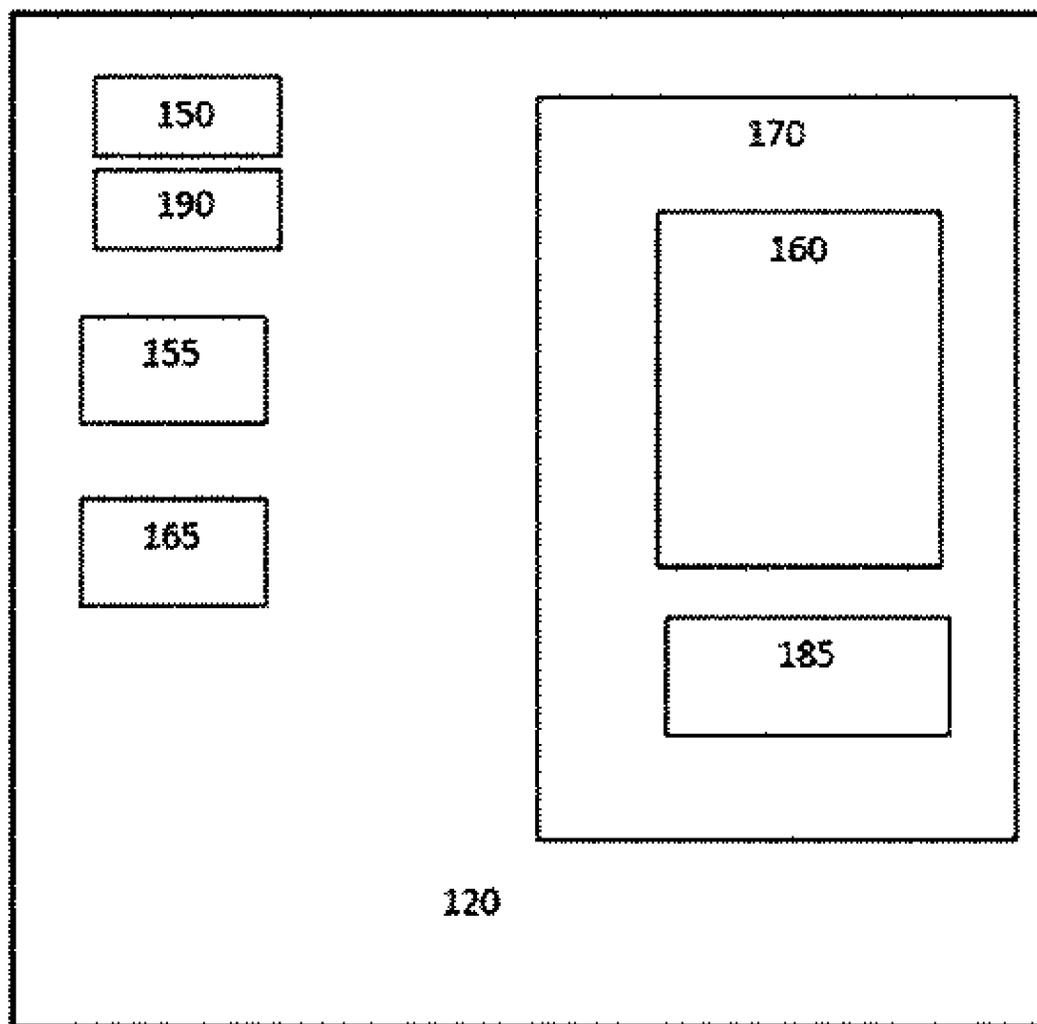
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6