

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **039841**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.03.18**

(21) Номер заявки  
**201791859**

(22) Дата подачи заявки  
**2016.02.18**

(51) Int. Cl. **G01B 11/03** (2006.01)  
**G01N 21/954** (2006.01)  
**G01S 17/89** (2006.01)

---

(54) **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЕМКОСТЕЙ ПРИ ПОМОЩИ АВТОНОМНЫХ СКАНЕРОВ**

---

(31) **14/663,726**

(32) **2015.03.20**

(33) **US**

(43) **2017.12.29**

(86) **PCT/US2016/018388**

(87) **WO 2016/153643 2016.09.29**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ПРОЦЕСС МЕТРИКС, ЭЛЭЛСИ (US)**

(72) Изобретатель:  
**Бонин Мишель Пьер, Хуг Джаред  
Хуберт (US)**

(74) Представитель:  
**Гизатуллина Е.М., Угрюмов В.М.,  
Строкова О.В., Карпенко О.Ю. (RU)**

(56) **US-A1-20100158361  
US-A1-20090303494  
US-B1-7069124  
US-A1-20110071718  
US-A1-20130120738  
US-A-5212738**

(57) Предлагаются устройства, способы 100 и системы для автономного определения характеристик огнеупорной футеровки резервуара с использованием сканера 10, 30, который содержит сканирующую лазерную дальномерную систему 16, систему управления, связанную с возможностью обмена данными с лазерной сканирующей системой 16 для управления сканером 10, 30, и роботизированное транспортное средство 18, характеризующееся наличием контроллера, связанного с возможностью обмена данными с системой управления, и приводной системы 130 для автономного перемещения сканера в область рядом с резервуаром, при этом определение характеристик огнеупорной футеровки осуществляют путем сравнения значений толщины огнеупора, определенных на основании расстояний, измеренных от лазерной сканирующей системы 16 до поверхности огнеупорной футеровки, и относительного положения сканера и контейнера, а также путем сравнения этих значений с контрольным измерением огнеупорной футеровки.

**B1**

**039841**

**039841**

**B1**

### **Область техники, к которой относится настоящее изобретение**

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся, в общем, к устройствам, способам и системам и, более конкретно, к устройствам, процессам, механизмам и методикам определения характеристик огнеупорной футеровки металлургических емкостей при помощи автономных сканеров.

### **Предшествующий уровень техники настоящего изобретения**

Измерение внутреннего профиля емкостей, используемых в производстве расплавленного металла, при помощи высокоскоростных сканирующих лазерных дальномеров широко используется в металлургической промышленности. Ковши для разлива стали и чугуна, конвертерные печи (КП), агрегаты для плавки с аргонокислородным обезуглероживанием (АКО), электродуговые печи (ЭДП), агрегаты для плавки алюминия и меди, плавильные печи, чугуновозы и конвертеры с нижним дутьем (КУ-БОП процесс) анализируют при помощи лазерных сканеров для определения внутреннего профиля огнеупора и вычисления остающейся толщины футеровки. При осуществлении некоторых операций операторы сканеров подвергаются воздействию неблагоприятных условий окружающей среды, чтобы выполнить эти измерения. В других областях техники, например, при осуществлении военных операций, автономные мобильные роботы используются для осуществления опасных задач, таких как перемещение или обезвреживание боеприпасов или взрывчатки, рекогносцировка местности, картографирование поверхности и различные другие процедуры. Несмотря на это до настоящего времени автономные сканеры не использовались в металлургической промышленности.

На международном уровне почти на всех сталелитейных предприятиях для определения внутреннего профиля огнеупора конвертерных печей и агрегатов для плавки с аргонокислородным обезуглероживанием используют технологию лазерного сканирования. На азиатских и американских предприятиях, где продолжительность кампании металлургических емкостей может превышать 50000 плавов, лазерное сканирование проводят 7-8 раз на протяжении 24-часового периода. На европейских предприятиях ремонт огнеупорного материала менее распространен, и печь эксплуатируют до тех пор, пока не будет достигнута минимально допустимая толщина огнеупора, а затем заменяют. Продолжительность кампании стандартной футеровки составляет порядка 3000 плавов, и лазерный сканер не используют до конца кампании футеровки. При применении сканера данные измерений используют главным образом для оценки максимально допустимой продолжительности кампании с сохранением низкой вероятности прорыва футеровки. Во всех случаях информацию о профиле используют для определения как остающейся толщины футеровки, так и для надлежащей установки высоты кислородной фурмы; последнее определяют путем объемного интегрирования по измеренному внутреннему профилю огнеупора. В настоящее время используют две основные конфигурации сканеров - мобильный сканер и фиксированный сканер.

Фиксированный сканер обычно устанавливают в конкретном положении на территории сталеплавильного завода, чтобы обеспечить необходимое поле обзора внутреннего пространства емкости. За исключением измерений футеровки ковшей и чугуновозов, фиксированная система специально адаптирована к измеряемой емкости. Хотя адаптация этой конфигурации требует значительных затрат, система без проблем может осуществлять измерения при помощи станции компьютерного управления, как правило, устанавливаемой в пункте управления завода.

Мобильные сканеры обычно используют для исследования стационарных емкостей, таких как конвертерные печи и агрегаты для плавки с аргонокислородным обезуглероживанием. Такие сканеры обеспечивают экономическое преимущество, заключающееся в применении одной системы для нескольких емкостей. Кроме того, конвертерным печам, конвертерам с нижним дутьем и агрегатам для плавки с аргонокислородным обезуглероживанием присущ недостаток, заключающийся в накоплении настыли на горловине печи, что ограничивает поле обзора внутренней поверхности печи. Благодаря измерению внутренней поверхности печи при различных комбинациях наклона печи и положения мобильной системы перед печью, может быть обеспечена приемлемая область обзора внутренней поверхности печи с измерением большей части внутреннего профиля.

При выполнении измерений с использованием мобильной системы оператор вначале размещает прибор в первом положении измерения перед печью - обычно на продольной оси печи. Для того чтобы избежать чрезмерного перепада температуры и растрескивания огнеупора, внутренние поверхности печей обычно измеряют приблизительно при рабочих значениях температуры или близким к ним значениям, которые могут достигать 1700°C. В этих условиях жарозащитные экраны необходимы для защиты оператора от интенсивной тепловой нагрузки, которая имеет место на расстоянии нескольких метров от горловины емкости.

После того как оператор установил мобильную лазерную систему в надлежащее положение, выполняют наклон емкости с надлежащим углом, чтобы обеспечить требуемый обзор верхней секции внутренней поверхности печи, и из этого положения осуществляют сканирование емкости. После завершения сканирования емкость наклоняют во второе положение для того, чтобы обеспечить обзор нижней секции внутренней поверхности печи. Затем осуществляют еще одно сканирование, результаты которого объединяют с результатами предыдущего сканирования. После этого печь наклоняют в горизонтальное положение, и мобильная система перемещается оператором вправо относительно продольной оси печи для подготовки измерения левой внутренней секции печи. Наконец, мобильную систему перемещают влево

относительно продольной оси печи, и осуществляют четвертое сканирование для получения данных о правой внутренней секции печи. Затем все результаты сканирования объединяют для создания набора данных, который охватывает всю (или почти всю) внутреннюю поверхность печи. Как уже отмечалось, стандартные мобильные сканеры требуют значительных физических вмешательств со стороны оператора перед, во время и после осуществления измерений, в результате чего он подвергается воздействию неблагоприятных и опасных условий окружающей среды.

Мобильная система является экономически более эффективной, кроме того, ей присуща гибкость во время установки в рабочее положение, что часто необходимо при наличии значительного количества настывки на горловине печи. Однако мобильной конфигурации присущи недостатки, заключающиеся в низкой скорости измерения и высокой опасности для оператора; последнее имеет первостепенное значение на большинстве сталелитейных заводов. Тепловая нагрузка, испытываемая при измерении горячей емкости, является очень высокой; при этом безопасное время нахождения оператора в непосредственной близости к печи составляет порядка нескольких секунд. Более того, мусор, скопившийся в области вытяжки над печью, может оторваться и упасть в область измерений. А поскольку масса некоторых кусков может достигать нескольких фунтов и более, существует реальная опасность получения тяжелой травмы.

Следовательно, исходя по меньшей мере из указанных выше проблем и с целью повышения безопасности, надежности и работоспособности мобильной сканирующей системы, существует необходимость в разработке устройств, процессов и систем, в которых используется автономный мобильный сканер, что устранит или существенно снизит необходимость того, чтобы оператор находился в опасной зоне и испытывал тепловую нагрузку для обеспечения работы и перемещения мобильной системы.

#### **Краткое раскрытие настоящего изобретения**

Одна или несколько описанных выше или других потребностей, известных из уровня техники, обеспечиваются при помощи устройств, способов и процессов для автономного определения характеристик огнеупорной футеровки резервуара. Предлагаемые устройства содержат лазерную сканирующую систему, служащую для измерения расстояний от лазерной сканирующей системы до множества точек на поверхности огнеупорной футеровки; роботизированное транспортное средство, присоединенное к лазерной сканирующей системе и характеризующееся наличием контроллера и приводной системы для автономного перемещения сканера из первого положения во второе положение; и систему управления, содержащую аппаратное и программное обеспечение для управления сканером, причем указанная система управления связана с возможностью обмена данными с указанной лазерной сканирующей системой, указанным контроллером и указанной приводной системой, при этом определение характеристик огнеупорной футеровки осуществляют путем сравнения множества расстояний, измеренных лазерной сканирующей системой, с контрольной поверхностью огнеупорной футеровки.

Способы и процессы определения характеристик огнеупорной футеровки резервуара также находятся в пределах объема настоящего изобретения. Такие способы предусматривают следующие стадии: автономное перемещение лазерной сканирующей системы из первого положения во второе положение с использованием роботизированного транспортного средства, характеризующегося наличием контроллера и приводной системы; измерение при помощи лазерной сканирующей системы расстояний от лазерной сканирующей системы до множества точек на поверхности огнеупорной футеровки; управление сканером при помощи системы управления, содержащей аппаратные и программные средства, при этом указанная система управления связана с возможностью обмена данными с указанной лазерной сканирующей системой, указанным контроллером и указанной приводной системой; и определение характеристик огнеупорной футеровки путем сравнения множества расстояний, измеренных лазерной сканирующей системой, с контрольной поверхностью огнеупорной футеровки.

#### **Краткое описание фигур**

Прилагаемые фигуры (выполненные без соблюдения масштаба), которые включены в настоящее описание и составляют его неотъемлемую часть, иллюстрируют один или несколько вариантов осуществления и совместно с описанием служат для пояснения этих вариантов осуществления.

На фиг. 1 представлен первый вариант осуществления автономного сканера в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 2 представлен вид в крупном масштабе второго варианта осуществления автономного сканера в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 3 представлен первый вариант осуществления роботизированного транспортного средства автономного сканера, представленного на фиг. 1;

на фиг. 4 представлен второй вариант осуществления роботизированного транспортного средства автономного сканера, представленного на фиг. 1;

на фиг. 5 представлен третий вариант осуществления роботизированного транспортного средства автономного сканера, представленного на фиг. 1;

на фиг. 6 представлена блок-схема способа автономного определения характеристик огнеупорной футеровки в металлургическом резервуаре в соответствии с настоящим изобретением; и

на фиг. 7 представлена компьютерная система, выполненная с возможностью автономного определения характеристик огнеупорной футеровки в металлургическом резервуаре в соответствии с настоя-

щим изобретением.

### **Подробное раскрытие настоящего изобретения**

Представленное ниже описание иллюстративных вариантов осуществления выполнено со ссылками на прилагаемые фигуры. Одинаковые позиции на различных фигурах обозначают одинаковые или подобные элементы. Представленное ниже подробное описание не следует рассматривать в качестве ограничивающего настоящее изобретение. При этом следует отметить, что объем настоящего изобретения ограничен лишь формулой изобретения. Представленные ниже варианты осуществления описаны, исходя из соображений ясности и краткости, с учетом терминологии и структуры устройств, систем или способов автономного сканирования огнеупорной футеровки в металлургических резервуарах. Однако описываемые ниже варианты осуществления не ограничены этими параметрами и могут быть применены в других устройствах, системах или способах, относящихся, кроме прочего, к определению характеристик футеровочных материалов в резервуарах, сконфигурированных для переноса веществ, характеризующихся температурой выше точки плавления материала, из которого выполнен резервуар. В контексте настоящего документа под термином "определять характеристики(характеризовать)", например, в выражении "определять характеристики огнеупорной футеровки", следует понимать анализировать и/или измерять параметры внутренней поверхности огнеупорной футеровки при помощи автономного лазерного сканера, чтобы определить внутренний профиль огнеупорной футеровки и рассчитать остающуюся толщину футеровки, например, для оценки максимально допустимой продолжительности кампании с сохранением низкой вероятности прорыва футеровки или определения необходимости проведения ремонтных работ. Определение характеристик футеровки также может быть использовано для определения положения вспомогательных устройств, используемых в металлургической промышленности во время обработки, например, надлежащей установки высоты кислородной фурмы. Кроме того, в контексте настоящего документа под выражением "автономный сканер", "автономно" и аналогичными выражениями следует понимать сканер, который перемещается без физической помощи со стороны человека (или оператора). Из этого следует, что сканер способен перемещаться своим ходом при движении из первого положения во второе положение без какой-либо физической помощи или физического вмешательства со стороны человека (или оператора).

Под ссылкой в описании на "один вариант осуществления" или "некоторый вариант осуществления" следует понимать, что конкретный признак, структура или характеристика, описанные в связи с некоторым вариантом осуществления, включаются по меньшей мере в один вариант осуществления настоящего изобретения. Следовательно, появление фраз "согласно одному варианту осуществления" или "согласно некоторому варианту осуществления" в различных местах по всему описанию не обязательно является отсылкой к одному и тому же варианту осуществления. Кроме того, конкретные признаки, структуры или характеристики могут быть объединены в любом подходящем сочетании в одном или нескольких вариантах осуществления.

В настоящем документе раскрыты различные варианты осуществления автономных сканеров, служащих для определения характеристик износа огнеупорной футеровки резервуаров, используемых в металлургической промышленности, при этом пользователь не подвергается воздействию неблагоприятных условий окружающей среды, обычно присутствующих при проведении этих промышленных операций. Эти автономные сканеры выполнены с возможностью самостоятельного расположения относительно резервуара, проведения сканирования его внутренней поверхности и передачи пользователю, находящемуся в безопасном месте, либо в режиме реального времени или сразу после выполнения сканирования, характеристики огнеупорной футеровки, в результате чего, в зависимости от того требуется ли ремонт, может быть принято решение вернуть емкости обратно в производственный процесс или удалить емкости из производственного процесса для ремонта. Специалистам в данной области техники понятно, что одной из стадий, необходимых для определения характеристик огнеупорной футеровки, является точное расположение автономного сканера относительно емкости, что в данной области техники также именуют "регистрацией" или "процессом регистрации". При ознакомлении с объектом, раскрытым в настоящем документе, специалистам в данной области техники будет понятно, что раскрытые автономные сканеры способны использовать любую процедуру регистрации, известную из соответствующей области техники.

Следует отметить, что в области определения характеристик износа металлургических резервуаров существуют известные процессы, направленные на получение сканированных данных и применение известных стадий обработки для генерирования изображения поверхности футеровки, чтобы идентифицировать области, нуждающиеся в ремонте. Исходя из этого изображения, которое может быть представлено графически на бумаге, на экране в виде электронной копии, в виде выходных цифровых данных в табличной форме и т.п., эксперт по исследованию огнеупора определяет, необходим ли ремонт футеровки резервуара, и уведомляет о результатах исследования металлургическую компанию. Рассмотренные далее варианты осуществления улучшают технологический процесс оценки состояния металлургического резервуара путем определения характеристик тонких или ослабленных областей огнеупорной футеровки при помощи автономных сканеров, чтобы устранить необходимость присутствия операторов этих устройств в неблагоприятных и опасных условиях окружающей среды, что повышает уровень безопасности на предприятии и, в конечном счете, увеличивает продолжительность кампании резервуара.

На фиг. 1 представлен общий пример автономного сканера 10 в соответствии с настоящим изобретением. Изображенный на фигуре автономный сканер 10 выполнен с возможностью сканирования и определения характеристик огнеупорного футеровочного материала 6, служащего для защиты металлического корпуса 4 резервуара 2. Пунктирной линией 7 внутри резервуара 4 на фиг. 1 показан исходный слой огнеупорной футеровки 6 перед началом эксплуатации резервуара. Автономный сканер 10 служит для определения разницы между линиями 7 и 6, позволяющей оператору решить, когда выводить резервуар 2 из эксплуатации для проведения ремонта. Согласно представленному варианту осуществления автономный сканер 10 содержит дальномер 14 и лазерную сканирующую систему 16, установленные на роботизированное транспортное средство 18, выполненное с возможностью перемещения автономного сканера 10 автоматически или после получения команды от пользователя, подключенного к автономному сканеру 10 при помощи проводного или беспроводного соединения, как рассмотрено ниже.

Согласно такому варианту осуществления лазерная сканирующая система 16 дополнительно содержит лазер, сканер, оптические средства, фотодетектор и электронные схемы приемника (не показано). Такие лазерные сканирующие системы выполнены с возможностью испускания на целевую поверхность частых импульсов лазерного излучения с частотой до 500000 импульсов в секунду. Датчик прибора измеряет количество времени, которое необходимо каждому импульсу для отражения от целевой поверхности и возвращения к сканеру для заданного поля 25 обзора. Свет движется с постоянной и известной скоростью, так что лазерная сканирующая система 16 может вычислить расстояние до цели с высокой точностью. Путем последовательного повторения этой процедуры и учета положения автономного сканера 10 относительно измеряемого резервуара 2, прибор осуществляет построение комплексной "карты" толщины поверхности огнеупора на основе результатов измерения. Путем вычисления и/или сравнения изменений между картами измеренных значений толщины огнеупора для внутренних поверхностей огнеупорной футеровки 6 и контрольным измерением этих же поверхностей, обнаруживают и оценивают возможные состояния, которые могут привести к разрушению огнеупорной футеровки/корпуса. Единичные измерения могут быть выполнены в течение 20-30 с. Полная карта внутреннего пространства печи, содержащая, например, данные 4-6 измерений и более 5000000 точек данных, может быть получена в течение короткого периода времени (например, менее 10 мин).

Составной частью автономного сканера 10 является дистанционно управляемое транспортное средство 18, выполненное с возможностью выполнять требуемые и необходимые перемещения автономного сканера 10, а также связанная с ним система управления. Согласно некоторым вариантам осуществления дистанционно управляемое транспортное средство 18 и автономный сканер 10 объединены в единое целое в одном и том же устройстве, а согласно другим вариантам осуществления одни и те же части оборудования являются отдельными и отличными друг от друга. Одна из преимущественных особенностей цельного варианта осуществления заключается в том, что различные составляющие могут быть более удобно расположены для выполнения различных задач не только при сканировании характеризуемых резервуаров, но также в ходе перемещения всего узла из различных положений во время, перед или после выполнения измерений. Согласно некоторым вариантам осуществления дистанционно управляемое транспортное средство 18 является моторизованным и использует либо электрическую энергию, либо углеводородное топливо в качестве источника энергии, и, как пояснено ниже, такие дистанционно управляемые транспортные средства могут использовать гусеничную или колесную опорно-ходовую часть. Согласно вариантам осуществления, в которых используется углеводородные топлива, дистанционно управляемое транспортное средство 18 может также содержать электрический генератор.

Согласно представленному варианту осуществления автономный сканер 10 оснащен различными датчиками, включая, кроме прочего, антенну 20, датчики 22 расстояния и/или оптические датчики или устройства 24 машинного зрения, которые помогают ему осуществлять перемещения и расположение. Дальномер 14 может включать в себя, например, лидары (световое определение и обнаружение дальности или лазерная система отображения, обнаружения и определения дальности), радары или звуковые эхолоты. Согласно другим вариантам осуществления автономный сканер 10 может также предпочтительно включать в себя систему стереоскопического зрения, приемник глобальной навигационной спутниковой системы, инерциальную навигационную систему (ИНС) и/или одомер. Таким образом, согласно одному варианту осуществления путем использования подходящей системы определения местоположения, такой как система слежения, описанная ниже, возможно, в сочетании с технологией предупреждения столкновений, автономный сканер 10 может быть выполнен с возможностью перемещаться из положения хранения в положение измерения перед резервуаром 2 (например, ковшом), выполнять его сканирование, а затем возвращаться в положение хранения без совершения оператором физических манипуляций в отношении автономного сканера 10. Дальномер 14 способен сканировать среду, окружающую автономный сканер 10, и обнаруживать отражающие поверхности объектов, таких как стены и любые другие возможные препятствия из окружения системы. Данные, поступающие от дальномера 14, могут быть использованы для генерирования и обновления карты автономного сканера 10 вдоль его пути перемещения, а также для других целей, таких как, кроме прочего, обход препятствий и навигационные цели. Таким образом, согласно другому варианту осуществления оптические датчики и устройства 24 машинного зрения не используют, и функция обнаружения препятствий и предупреждения столкновений

выполняется лазерной сканирующей системой 16.

Согласно одному варианту осуществления лазерная сканирующая система содержит лазерный сканер Anteris, характеризующийся малым (приблизительно 4 мм) диаметром луча, высокой точностью сканирования (ошибка по дальности между пиками  $\pm 6$  мм), высокой скоростью сканирования (до 500000 Гц), прочной конструкцией, подходящей для производственной среды и тепловых нагрузок, воздействующих при сканировании высокотемпературных поверхностей, безопасной для глаз длиной волны лазера (которая устраняет и/или по существу снижает проблемы, связанные с техникой безопасности), вертикальным углом сканирования  $\pm 55^\circ$  и горизонтальным углом сканирования 0-360°. Такие лазерные сканеры выполняют цикл сканирования стандартного изображения внутреннего пространства емкости за приблизительно 6-7 с, что обеспечивает меньшее время простоя емкости и более высокую эксплуатационную готовность. В режиме с высоким разрешением сканер Anteris может обеспечить получение подробных изображений емкости, которые могут быть использованы для определения характеристик огнеупорной футеровки, определения области вокруг выпускного отверстия или состояния продувочной заглушки.

Согласно другому варианту осуществления автономный сканер 30, который дополнительно показан на фиг. 2, содержит все основные компоненты автономного модуля. Автономный сканер 30 содержит лазерный сканер 32 для распознавания конфигурации, лазерную систему 34 слежения, установленную на мачте 36, компьютерное аппаратное и программное обеспечение 38 для управления системой и обработки и отбора данных (согласно, по меньшей мере, некоторым вариантам осуществления), систему 40 кабелей, жидкокристаллический дисплей 41 с плоским сенсорным экраном, клавиатуру и манипулятор типа "мышь" (не показаны на фиг. 2), а также колеса 42 большого диаметра для уменьшения сопротивления качению, жарозащитный экран 44 и несколько других компонентов, не показанных на фиг. 2, включая высокоскоростной Ethernet-канал и бортовой аккумулятор. Автономный сканер 30 дополнительно содержит полностью интегрированное роботизированное транспортное средство 43. Для множества практических применений режим дистанционного управления может быть осуществлен при помощи установки компьютера в месте, находящемся на некотором удалении от местоположения мобильной системы, например, в комнате управления на заводе, на территории которого расположена высокотемпературная емкость, или в другой подходящей структуре, удаленной от емкости. Кроме того, автономный сканер 30 не требует наличия внешних кабелей или охлаждающих линий и полностью опирается на колеса 42 для снижения воздействия ударных нагрузок и вибраций на компоненты системы. Согласно одному варианту осуществления роботизированное транспортное средство характеризуется автоматическим выравниванием (нивелированием); согласно другому варианту осуществления оно содержит встроенные измерители наклона для определения наклона, такие как уклонометры, чтобы минимизировать и/или устранить необходимость в наличии сложной механической системы.

В документе Nagvill и Bonin (патент США № 6,922,252, ссылкой полностью включенный в настоящий документ и в дальнейшем именуемый патентом '252) раскрыта система слежения для осуществления автоматического определения местоположения (регистрации) при помощи вращающегося лазерного маяка и отражателей, размещенных на полу завода или близости от него в известных положениях относительно емкости. При помощи лазерной триангуляции эта система способна определять положение сканирующей системы относительно емкости. После того как положение определено, информация о положении обычно автоматически передается программному обеспечению сканирующей системы для вычисления профиля и толщины футеровки.

При функционировании системы 34 слежения пучок оптического излучения испускается и отражается, по меньшей мере, от трех контрольных отражателей из окружения системы слежения. Система 34 слежения также может быть выполнена с возможностью обнаруживать оптическое излучение, отраженное от каждого из отражателей, и измерять и регистрировать угол, с которым происходит каждое индивидуальное отражение. Положение отражателей относительно системы отсчета резервуара является известным, при этом оно может быть определено при помощи общеизвестных способов исследования или на основании чертежей резервуара и плана пола промышленной площадки. Используя триангуляцию, на основе зарегистрированных углов вычисляют положение и направление системы слежения. После того как определены положение и ориентация системы слежения, может быть осуществлено математическое преобразование информации о положении и ориентации для определения положения и направления автономного сканера 30. Понятно, что такая возможность будет устранять необходимость использования фиксирующих отметок, установленных на высокотемпературном резервуаре или возле него, а также будет устранять необходимость вмешательства со стороны пользователя во время измерений. При этом можно найти положение системы слежения в данной системе отсчета на основании знания положения вектора каждого отражателя в этой же системе отсчета. Напротив, можно также найти положение вектора каждого отражателя на основании знания или измерений положения системы слежения.

Согласно одному варианту осуществления функционирование лазерной системы 34 слежения является автоматическим. В некоторых практических применениях, таких как, например, оценка состояния внутренней поверхности конвертера, автономные или автоматические функции предлагаемого решения в сочетании с возможностями высокоскоростного сбора данных обеспечивают ряд преимуществ, которые

не присущи известным решениям, например, возможность полностью автоматического измерения, фиксация профиля печи по всей внутренней поверхности конвертера (что является серьезным ограничением фиксированных систем, поскольку их способность по измерению толщины футеровки по всей внутренней поверхности конвертера ограничена полем обзора), оценка износа огнеупора между плавками, обнаружение резких колебаний профилей износа (с непосредственной связью с изменениями в выполнении, прогнозировании и планировании технического обслуживания в преддверии непосредственной необходимости ремонта) и управление высотой фурмы между плавками, при этом все указанные преимущества обеспечиваются без воздействия на пользователя системы неблагоприятных и/или опасных условий окружающей среды.

В типичных системах измерения дальности используют сканирующий луч (пучок) для быстрой регистрации множества положений и расстояний. Когда данные дальности собраны, их привязывают к положению устройства измерения дальности. Интересующая информация о контуре или толщине, такая как информация о форме внутреннего слоя огнеупорной футеровки 6, показанной на фиг. 1, является относительной применительно к резервуару 2 или известному изначально слою огнеупорной футеровки 7 (далее именуемому "контрольной формой"). Поэтому данные дальности, измеренные в системе отсчета дальномера, должны быть преобразованы в систему отсчета относительно контрольной формы, принимая во внимание положение автономного сканера 30, измеренное при помощи лазерной системы 34 слежения с привязкой к ее собственной системе координат или системе отсчета. После этого преобразованные данные могут быть представлены значимым образом пользователю или включены непосредственно в измерение контура, как это необходимо для преобразования данных дальности в информацию о контуре и/или толщине.

Предполагается, что различные варианты осуществления подходящих лазерных сканирующих систем находятся в пределах объема настоящего изобретения. Согласно одному варианту осуществления используют трехстороннее сканирующее зеркало и импульсный лазерный дальномер, встроенные в один автономный узел. Зеркало отражает лазер вдоль одной оси, и зеркало и дальномер поворачивают совместно вдоль второй оси для захвата всего поля обзора. Согласно другому варианту осуществления лазерная сканирующая система содержит интегрированную систему охлаждения, чтобы обеспечить возможность расположения автономного сканера 30 максимально близко к резервуару (например, в диапазоне от приблизительно двух до приблизительно трех метров от высокотемпературных (1700 °C) поверхностей), тем самым обеспечивая измерения толщины огнеупора в высокотемпературных средах, которые характеризуются ограниченным оптическим доступом, например, в газификаторе. Второй вариант осуществления подходящей сканирующей системы представляет собой высокоточную систему захвата полноформатного изображения на основе импульсного определения дальности. Эта система также может быть оснащена дальномером и содержит средства охлаждения. Третий вариант осуществления подходящей сканирующей системы также представляет собой интегрированную сканирующую систему захвата полноформатного изображения на основе определения дальности при помощи непрерывного излучения для стандартных промышленных применений и специализированной системы профилирования, состоящей из трех сканеров. Четвертый вариант осуществления подходящей сканирующей системы представляет собой систему линейного сканирования по одной оси.

Специалистам в данной области техники понятно, что другие способы регистрации положения автономных сканеров, раскрытых в настоящем документе, относительно резервуара также находятся в пределах объема настоящего изобретения. Например, согласно одному варианту осуществления могут быть использованы мишени, расположенные на дне емкости. Когда емкость поворачивают таким образом, чтобы ее дно было доступно для сканирования мобильной системой, лазер видимого диапазона направляют в центр каждой мишени, при этом измеряют возвышение и ориентацию по меньшей мере трех мишеней. На основании этой информации может быть определено положение автономного сканера, как дополнительно описано в патентах США № 5,570,185 и № 5,546,176, содержимое которых ссылкой полностью включено в настоящий документ. Согласно другому варианту осуществления предусмотрено выполнение анализа изображения для определения относительного положения мобильной системы и металлургической емкости. См., например, патент США № 6,922,251 (далее именуемый патентом '251), содержимое которого ссылкой полностью включено в настоящий документ. Во время функционирования такого варианта осуществления выполняют сканирование емкости, при этом определяют конкретный геометрический элемент (например, грань прямоугольной пластины или ряд болтов). Этот признак, определенный в патенте '251 как оператор, впоследствии может быть использован для определения положения при надлежащем масштабировании. Наконец, согласно другому варианту осуществления регистрацию завершают путем использования временных меток, расположенных перед печью, что дополнительно описано в патенте США № 7,924,438 (далее именуемом патентом '438), содержимое которого ссылкой полностью включено в настоящий документ. Затем эти метки сканируют во время измерения внутренней поверхности печи. Поскольку положение меток относительно печи является известным, их положение на полученном в результате сканирования изображении может быть использовано для определения относительного положения мобильной системы и печи, тем самым завершая процесс регистрации.

Другой преимущественной особенностью настоящего изобретения является использование защиты автономных сканеров от высоких температур, чтобы минимизировать и/или устранить воздействие тепловой нагрузки на сканеры. Тепловая нагрузка на автономный сканер может быть оценена при помощи следующего уравнения:

$$q = \varepsilon \sigma T^4 \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  - поверхностная излучаемость;  $\sigma$  - постоянная Больцмана; и  $T$  - температура поверхности конвертера. Принимая поверхностную излучаемость конвертера равной 0,6 (номинальное значение для огнеупора/шлака) и температуру поверхности равной 1700°C и подставляя эти значения в уравнение (1), получаем:

$$q = (0,6)(5,67e^{-8})1773^4 = 443000 \frac{Вт}{м^2} \quad (2)$$

Для того чтобы определить количество энергии, поглощенной автономным сканером, необходимы значения поглощательной способности поверхности и площади лобовой поверхности устройства. Принимая, что сканер изготовлен из полированной нержавеющей стали, характеризующейся номинальной поглощательной способностью 0,1 и площадью лобовой поверхности 1,4 м<sup>2</sup>, энергия, поглощенная охлаждающей рубашкой, имеет следующий вид:

$$Q = A \alpha q \quad (3)$$

где  $A$  - площадь лобовой поверхности;  $\alpha$  - поглощательная способность; и  $q$  - энергия излучения, падающая на охлаждающую рубашку. Обратите внимание, что при анализе наихудшего варианта предполагалось, что не будут учитываться бесконечный источник излучения и коэффициенты видимости между охлаждающей рубашкой и конвертером. Подставим эти значения в уравнение (3), при этом оценка общей тепловой нагрузки на сканер будет равняться:

$$Q = (1,4)(0,1)(443000) = 62197 Вт \quad (4)$$

Учитывая высокую потенциальную тепловую нагрузку, которая может ожидаться в некоторых промышленных применениях, надлежащим образом разработанный теплозащитный экран будет желательным элементом автономных сканеров. В зависимости от условий внешней среды использование теплозащитных экранов может быть дополнено активным воздушным или водяным охлаждением. Вода или соли в жидком состоянии способны обеспечить превосходную теплоемкость, в частности, учитывая короткое время измерений, обусловленное полностью автоматическим функционированием.

Согласно одному варианту осуществления лазерная система слежения может быть использована для предоставления обратной связи по положению для роботизированного транспортного средства 43. Согласно другому варианту осуществления пользователь будет перемещать автономный сканер из его положения хранения при помощи телеуправления (например, контроллера в виде джойстика). Как только автономный сканер находится в пределах досягаемости отражателей системы слежения (в течение этого периода лазерный сканер системы слежения может быть включен, при этом он сигнализирует пользователю при захвате положения), дальнейшее перемещение может быть выполнено с помощью автоматического управления, выполняемого компьютером, установленным в автономном сканере 30.

После этого автономный сканер может перемещаться в первое положение измерения и ожидать, когда пользователь осуществит надлежащий наклон печи. Приведение в движение будет осуществляться при помощи программного управления с получением обратной связи по положению от системы слежения и данных для предупреждения столкновений от лазерного сканера или других устройств предупреждения столкновений, как описано выше. Полностью автоматическое решение может включать в себя беспроводное управление наклоном конвертера при помощи компьютера автономного сканера. Поскольку печь обычно оснащена беспроводными уклономерами, которые передают наклон печи в компьютер автономного сканера, компьютеру известно, когда конвертер находится в надлежащем положении, и после этого он может инициировать измерение.

В полностью автоматическом режиме автономный сканер будет перемещаться в надлежащее положение перед конвертером и управлять наклоном печи. Если автономное управление наклоном печи невозможно, то автономный сканер будет подавать сигналы оператору для правильного наклона печи. Эта обратная связь с оператором может быть осуществлена при помощи группы световых индикаторов, видео экрана, переносного планшетного ПК, а также других аналогичных средств, известных в соответствующих областях техники.

На полу перед конвертером, на котором будет стоять автономный сканер во время сканирования конвертера, также находится ряд различных элементов оборудования. Это оборудование может включать в себя машины для удаления настилы, которые удаляют настель из горловины печи, завалочные машины для лома, машины для торкретирования и подобное оборудование. Таким образом, согласно некоторым вариантам осуществления, область перед автономным сканером (в которой предположительно будет происходить перемещение автономного сканера) должна быть расчищена и согласована. Для этой цели можно использовать различные технологии предупреждения столкновений, такие как стереоскопическое зрение, видео съемка, эхолокация, или предпочтительно сам лазерный сканер для подтверждения того,

что объекты в поле обзора не находятся на предполагаемом пути перемещения автономного сканера.

Лазерная сканирующая система 16 и ее универсальный контроллер могут быть установлены в одном устройстве или отдельно друг от друга. Например, мобильный вариант осуществления системы может включать как систему, так и контроллер в одном блоке. Согласно другому варианту осуществления лазерная сканирующая система 16 сама по себе может быть отдельным блоком, сконфигурированным для установки перед характеризуемым резервуаром, при этом ее универсальный контроллер устанавливается в другом месте (например, в пункте управления предприятия). В контексте настоящего документа универсальный контроллер может также именоваться устройством для обработки и отбора данных и/или вычислительным или компьютерным устройством.

На фиг. 3-5 представлены три различных варианта осуществления роботизированного транспортного средства в соответствии с настоящим изобретением. На фиг. 3 представлено роботизированное транспортное средство 50, содержащее два специализированных металлических колеса 52, отдельные двигатели 54 и самоориентирующееся колесо 56, установленное на стальной раме 58, покрытой алюминиевыми листами 60. Внутри стальной рамы 58 расположен контроллер 62 и свинцово-кислотные (SLA) аккумуляторы 64. Специалисту в данной области техники понятно, что пол, находящийся перед и окружающий металлургические резервуары, редко бывает чистым и обычно засорен мусором из вытяжки, металлическим ломом из завалки ломом, частичками расплавленного металла, которые затвердевают, но все еще могут иметь высокую температуру. Следовательно, это необходимо учитывать при выборе колес 52. Одной из их преимущественных особенностей является то, что они достаточно велики, чтобы позволить автономному сканеру перемещаться по неровной поверхности, и характеризуются стойкостью к высокой температуре, чтобы избежать возгорания при перемещении автономного сканера по куску мусора, все еще имеющему высокую температуру. Согласно другому варианту осуществления роботизированное транспортное средство 60, представленное на фиг. 4, содержит четыре колеса 62. Согласно еще одному варианту осуществления роботизированное транспортное средство 70 содержит два набора гусениц 72, служащих для перемещения роботизированного транспортного средства. Специалистам в данной области техники понятно, что другие формы роботизированных транспортных средств также находятся в пределах объема настоящего изобретения, включая формы, которые будут содержать сочетания признаков, изображенных на фиг. 3-5. Кроме того, учитывая рабочие условия вокруг таких резервуаров на производстве, как отмечено выше, металлические колеса и/или металлические гусеницы будут более предпочтительными согласно некоторым раскрытым вариантам осуществления.

Согласно одному варианту осуществления роботизированное транспортное средство 18 содержит блок управления или процессор 27 (см. фиг. 1) для выполнения управляющего программного обеспечения, обработки сигналов от датчиков и команд от оператора, а также управления компонентами и подсистемами роботизированного транспортного средства 18. В соответствии с одним вариантом осуществления управляющее программное обеспечение содержит наборы компьютерного программного обеспечения, соответствующие различным операциям и программам для роботизированного транспортного средства, а также содержит рабочие программы, которые управляют различными перемещениями или операциями в ответ на команды, поступившие от оператора. Например, управляющее программное обеспечение может включать в себя программы для перемещения автономного сканера 10 со склада в предварительно выбранное положение для измерений путем сканирования, предупреждения столкновения с препятствиями во время перемещения из положения хранения в положение измерения или следования по пути, указанном оператором при помощи блока управления оператором (БУО). Дополнительно могут быть запущены различные сопутствующие программы, такие как программа для обнаружения и корректировки неустойчивого положения, которая функционирует автоматически во время работы роботизированного транспортного средства 18.

При функционировании без физического вмешательства со стороны пользователя автономный сканер 10 согласно одному варианту осуществления может генерировать и обновлять карту своего положения, а также отображать ее оператору. После того как карта создана, она может быть передана на панель 29 телеуправления (см. фиг. 1) при помощи любого типа проводной или беспроводной цифровой связи между мобильным роботом 10 и панелью 29 телеуправления. Согласно одному варианту осуществления панель 29 телеуправления может включать в себя компьютерную систему, характеризующуюся наличием дисплея, служащего для представления оператору позиционной карты, и систем ввода, таких как клавиатура, манипулятор типа "мышь" и джойстик. Позиционная карта может быть передана по беспроводной связи при помощи антенны 20 автономного сканера 10 и получена при помощи антенны 23 панели телеуправления 29. Альтернативно, автономный сканер 10 может хранить позиционную карту на съемном запоминающем устройстве 26 (которое может представлять собой карту памяти USB, интегральную схему памяти Flash RAM или SD/MMC или аналогичное устройство), которое оператор может извлечь при завершении автономным сканером автономного функционирования и доступ к которому оператор может получить при помощи панели 29 телеуправления или другого подходящего устройства.

После ознакомления с раскрытием настоящего изобретения специалисту в данной области техники будет понятно, что предлагаемые автономные сканеры имеют несколько режимов использования, которые по существу классифицируются по полуавтоматическому и полностью автоматическому разверты-

ванию. В полуавтоматическом режиме развертывания система перемещается от одного положения к другому оператором, использующим, например, джойстик для дистанционного управления или любую другую форму телеуправления. Беспроводная связь между компьютером мобильного лазера и переносным интерфейсом человек-машина (ИЧМ) позволяет осуществлять управление самим измерением с использованием лазерного излучения. Например, ИЧМ может быть переносным компьютером, планшетным компьютером или интеллектуальным телефоном. Предусмотрено применение интегрированной, портативной панели, которая содержит средства управления перемещением и средства управления работой лазера. Такая конфигурация будет обеспечивать управление системой при помощи средств управления наклоном печи, при этом оператор находится вне зоны воздействия тепловой нагрузки и вне зоны падения мусора. Время измерений снижается, поскольку оператор может наклонять печь и перемещать мобильную систему из одного положения в другое из одного места.

Согласно другому варианту осуществления с полуавтоматическим развертыванием пользователь размещает систему вдоль продольной оси печи (первое положение для измерения, как описано выше). Оператор наклоняет печь, чтобы обеспечить подходящий угол для первого измерения. После этого оператор инициирует начало сбора данных при помощи лазера. Лазер сканирует емкость, а затем подает сигнал оператору (при помощи беспроводного ИЧМ) для перемещения конвертера в следующее положение наклона. Указание для наклона емкости может быть размещено на ИЧМ. Поскольку автономная лазерная система постоянно измеряет наклон печи, как только ожидаемый наклон печи будет достигнут и измерение наклона стабилизируется, система будет выполнять второе измерение. После завершения второго измерения система будет автоматически перемещаться в предварительно запрограммированное положение справа относительно продольной оси печи. Описанную выше систему слежения в сочетании с роботизированным транспортным средством используют для направления автономного сканера в надлежащее положение и обеспечения его надлежащей ориентации. После того как система займет надлежащее положение, она автоматически начинает сканировать емкость. При завершении сканирования система снова автоматически перемещается в предварительно запрограммированное положение слева относительно продольной оси печи и выполняет последнее сканирование емкости. После завершения сканирования система подает сигнал оператору изменить наклон емкости, чтобы она приняла вертикальное положение, и система возвращается в свое положение хранения с помощью оператора.

Согласно другому варианту осуществления программное обеспечение, управляющее сбором данных, включает в себя отображающую выполнение работы сетку. Она представляет собой полярную диаграмму с цветовой маркировкой, распределенную по внутренней поверхности резервуара, сегменты которой закрашивают при получении данных из соответствующих областей печи. Если настывь на горловине печи является значительной, систему необходимо размещать дальше от продольных осей печи во время измерения. Когда оператор предполагает, что настывь горловины может мешать сканированию, программное обеспечение может быть запрограммировано таким образом, чтобы попросить пользователя подтвердить то, что отображающая выполнение работы сетка достаточно заполнена цветом, указывающим, что данные собраны в соответствующих областях печи. Если состояние отображающей выполнение работы сетки неприемлемо, система может быть предварительно запрограммирована таким образом, чтобы роботизированное транспортное средство могло переместить автономный сканер на определенное расстояние от продольной оси печи, после чего выполняют повторное сканирование. Альтернативно, поскольку координаты отображающей выполнение работы сетки приблизительно отображаются на внутренней поверхности емкости, можно вычислить величину бокового перемещения, которое необходимо, чтобы остающиеся области конвертера попали в область сканирования лазера. Такое вычисление может быть выполнено, и система может предложить его результаты оператору, чтобы он подтвердил выполнение дополнительных измерений в новом положении.

Согласно вариантам осуществления с полностью автоматическим развертыванием возможны полностью автоматические измерения огнеупорной футеровки, учитывая преимущества того факта, что на многих металлургических заводах наклон печи осуществляется при помощи компьютерного управления. Процесс измерения аналогичен процессу при полуавтоматическом подходе, и оператор по-прежнему может предпочесть самостоятельно установить устройство в первое положение измерения. Альтернативно, в случае вариантов осуществления, в которых используется технология предотвращения столкновений, система может быть разработана и запрограммирована для нахождения предварительно запрограммированного положения измерения. Однако команды для наклона печи, инициации измерения и бокового перемещения мобильной системы влево и вправо относительно продольной оси будут подаваться и упорядочиваться ПЛК (или программируемого логического контроллера) или компьютером, обменивающимся данными с автономным сканером 10 по каналу беспроводной сети.

Как полуавтоматические, так и полностью автоматические варианты осуществления могут быть предварительно запрограммированы с использованием специализированных последовательностей измерений. Например, одиночное измерение, выполненное при совмещении сканера с продольной осью печи, обычно желательнее для определения высоты фурмы. Вторая последовательность может включать только измерение, выполненное на продольной оси печи, но при двух различных наклонах печи, чтобы обеспечить доступ к летке и загрузочным площадкам печи. Третья последовательность включает в себя опи-

санное выше полное определение характеристик печи.

Наконец, специалистам в данной области техники будет понятно, что измерение состояния ковшей с использованием автономного сканера 10 также находится в пределах объема настоящего изобретения. Особенно это справедливо, если измерение ковша производят на станции технического обслуживания арматуры. Благодаря использованию системы слежения и, возможно, технологии предупреждения столкновений, автономный сканер может перемещаться из своего положения хранения в положение измерения перед ковшем, выполнять сканирование ковша, а затем вернуться в свое положение хранения без вмешательства со стороны оператора.

Способы и процессы, сконфигурированные для автоматического определения характеристик огнеупорной футеровки металлургического резервуара, также находятся в пределах объема настоящего изобретения. На фиг. 6 представлена блок-схема иллюстративного варианта осуществления способа или процесса 100 в соответствии с настоящим изобретением. Как изображено на фигуре, на стадии 110 такие способы предусматривают автономное перемещение лазерной сканирующей системы из первого положения во второе положение с использованием роботизированного транспортного средства, характеризующегося наличием контроллера и приводной системы. На стадии 120 выполняют измерение при помощи лазерной сканирующей системы расстояний от лазерной сканирующей системы до множества точек на поверхности огнеупорной футеровки. На стадии 130 выполняют управление сканером при помощи системы управления, содержащей аппаратные и программные средства, причем указанная система управления связана с возможностью обмена данными с указанной лазерной сканирующей системой, указанным контроллером и указанной приводной системой. На стадии 140 выполняют определение характеристик огнеупорной футеровки путем сравнения множества расстояний, измеренных при помощи лазерной сканирующей системы, с контрольной поверхностью огнеупорной футеровки.

Одна или несколько стадий способов в соответствии с настоящим изобретением могут быть реализованы в компьютерной системе, специально сконфигурированной для автоматического определения характеристик огнеупорной футеровки металлургического резервуара, как пояснено выше. Пример типичной компьютерной системы, способной выполнять операции в соответствии с иллюстративными вариантами осуществления, изображен на фиг. 7. Аппаратное обеспечение, аппаратнореализованное программное обеспечение, программное обеспечение или их сочетание может быть использовано для осуществления различных стадий и операций, описанных в настоящем документе.

Иллюстративная компьютерная система 900, подходящая для осуществления действий, описанных в иллюстративных вариантах осуществления, может включать в себя сервер 901. Такой сервер 901 может включать в себя центральный процессор (ЦП) 902, связанный с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) 904 и постоянным запоминающим устройством (ПЗУ) 906. ПЗУ 906 может также представлять собой другие типы сред хранения информации для хранения программ, такие как программируемое ПЗУ (ППЗУ), стираемое ПЗУ (СППЗУ) и т.п. Процессор 902 может обмениваться данными с другими внутренними и внешними компонентами через схему 908 ввода/вывода (I/O) и соединительные линии 910 для подачи управляющих сигналов и т.п. Как известно из уровня техники, процессор 902 выполняет множество функций, задаваемых командами, заключенными в программное обеспечение и/или аппаратнореализованное программное обеспечение.

Сервер 901 может также включать в себя одно или несколько устройств накопления данных, включая дисковый накопитель 912, накопители 914 на лазерных дисках и другое аппаратное обеспечение, способное считывать и/или хранить информацию, такое как DVD и т.п. Согласно одному варианту осуществления, программное обеспечение для осуществления рассмотренных выше стадий может храниться и распространяться на лазерных компакт дисках 916, переносном накопительном устройстве 918 или других формах сред, способных портативно хранить информацию. Эти среды хранения информации могут быть считаны устройствами, такими как накопитель 914 на лазерных дисках, дисковый накопитель 912 и т.п. Сервер 901 может быть подключен к дисплею 920, который может представлять собой любой тип известного дисплея или экрана, такой как дисплей на жидких кристаллах, дисплеи на светодиодах, плазменный дисплей, электроннолучевые трубки (ЭЛТ) и т.п. Кроме того, предусмотрен входной пользовательский интерфейс 922, включающий один или несколько механизмов пользовательского интерфейса, таких как манипулятор типа "мышь", клавиатура, микрофон, сенсорная панель, сенсорный экран, система распознавания голоса и т.п.

Сервер 901 может быть соединен через сеть с другими вычислительными устройствами, такими как проводные и/или беспроводные терминалы. Сервер может быть частью большой сетевой конфигурации, например, глобальной вычислительной сети (ГВС), такой как сеть Интернет 928, которая обеспечивает приоритетное соединение с различными проводными и/или мобильными клиентскими устройствами.

Описанные иллюстративные варианты осуществления раскрывают устройства, способы и системы для автономного определения характеристик огнеупорной футеровки металлургического резервуара, а также другие описанные выше практические применения, очевидные специалистам в данной области техники. Следует понимать, что настоящее описание не предназначено для ограничения настоящего изобретения. Напротив, предполагается, что иллюстративные варианты осуществления охватывают альтернативы, модификации и эквиваленты, входящие в суть и объем настоящего изобретения, ограниченные

прилагаемой формулой изобретения. Кроме того, в подробном раскрытии иллюстративных вариантов осуществления приведены многочисленные конкретные детали с тем, чтобы обеспечить полное понимание настоящего изобретения. Однако специалисту в данной области техники будет понятно, что различные варианты осуществления могут быть воплощены без указанных конкретных деталей.

Хотя признаки и элементы представленных иллюстративных вариантов осуществления были описаны в конкретных сочетаниях, каждый признак или элемент может быть использован отдельно без других признаков или элементов этих вариантов осуществления или в различных сочетаниях с другими признаками или элементами, раскрытыми в настоящем документе, или без них.

В настоящем документе используются примеры раскрываемых объектов для того, чтобы любой специалист в данной области техники мог применить на практике раскрытые идеи, включая изготовление и использование устройств или систем и осуществление любых сопутствующих способов. Объем настоящего изобретения определен формулой изобретения и может включать другие примеры, очевидные специалистам в данной области техники. Предполагается, что такие примеры находятся в пределах объема формулы изобретения.

Хотя раскрытые варианты осуществления настоящего изобретения показаны на фигурах и полностью описаны выше с особенностями и деталями применительно к нескольким иллюстративным примерам, специалисту в данной области техники понятно, что возможны многочисленные модификации, изменения и исключения без отступления от новых идей, принципов и концепций, изложенных в настоящем документе, а также преимуществ настоящего изобретения, раскрытого в прилагаемой формуле изобретения. Следовательно, истинный объем раскрытого изобретения должен определяться исключительно наиболее широкой интерпретацией прилагаемой формулы изобретения, так чтобы охватить все модификации, изменения и исключения. Дополнительно, порядок или последовательность любых стадий способа могут быть изменены или переупорядочены в соответствии с альтернативными вариантами осуществления. В заключение, предполагается, что в формуле изобретения любой блок "средство плюс функция" охватывает структуры, описанные в настоящем документе, как осуществляющие описанную функцию, и не только структурные эквиваленты, но также эквивалентные структуры.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сканер для определения характеристик огнеупорной футеровки резервуара, при этом сканер содержит

раму;

лазерную сканирующую систему, установленную на раму, причем указанная лазерная сканирующая система характеризуется наличием лазера, сканера, оптических средств, фотодетектора и электронных схем приемника и указанная лазерная сканирующая система выполнена с возможностью измерения, в положении измерения, расстояния от лазерной сканирующей системы до множества точек на поверхности огнеупорной футеровки;

роботизированное транспортное средство, присоединенное к раме, причем указанное роботизированное транспортное средство характеризуется наличием приводной системы, содержащей колёса или гусеницы и контроллер, выполненный с возможностью управления приводной системой и управления движением упомянутого роботизированного транспортного средства и указанное роботизированное транспортное средство выполнено с возможностью движения по полу для автономного перемещения сканера в области рядом с резервуаром из первого положения во второе положение по полу, и при этом упомянутое роботизированное транспортное средство не содержит оборудование для торкретирования;

систему слежения, коммуникативно соединенную с контроллером, выполненным с возможностью определения местоположения и ориентации сканирующей системы относительно размещения резервуара, для предоставления данных о дальности, измеренных в системе отсчёта системы слежения, и преобразованных в систему отсчёта относительно резервуара, и для предоставления обратной связи по позиционированию для приводной системы роботизированного транспортного средства; и

систему управления, содержащую аппаратные и программные средства для управления сканером, причем указанная система управления связана с возможностью обмена данными с указанной лазерной сканирующей системой, указанным контроллером и указанной приводной системой, при этом определение характеристик огнеупорной футеровки происходит путем сравнения множества расстояний, измеренных лазерной сканирующей системой, до контрольной поверхности огнеупорной футеровки,

характеризующийся тем, что система слежения выполнена с возможностью осуществления действий, включающих:

(a) по меньшей мере одно действие, выбранное из группы, включающей:

(i) определение положения по меньшей мере трёх отражателей, расположенных на полу завода или поблизости от него в известных положениях относительно контейнера;

(ii) определение положения по меньшей мере трёх мишеней на дне контейнера;

(iii) обработку изображения контейнера, определение конкретного геометрического элемента контейнера и определение положения конкретного геометрического элемента;

(iv) определение положения временных меток перед контейнером во время измерения внутренней части контейнера, при этом метки характеризуются тем, что положение меток по отношению к контейнеру известно;

(b) определение относительного положения и ориентации между сканирующей системой и резервуаром.

2. Сканер по п.1, где первое измерение с использованием лазерной сканирующей системы осуществляется при помощи сканера, расположенного во втором положении, при этом сканер размещается пользователем в первом положении.

3. Сканер по п.1, где первое измерение с использованием лазерного сканера осуществляется при помощи сканера, расположенного в первом положении, при этом резервуар перемещается перед осуществлением второго измерения с использованием лазерного сканера.

4. Сканер по п.3, где перемещение резервуара происходит по команде, поступившей от системы управления.

5. Сканер по п.1, дополнительно содержащий дальномер, установленный на раме и связанный с возможностью обмена данными с указанной системой управления, при этом указанный дальномер выполнен с возможностью измерения расстояний между сканером и одним или несколькими объектами, находящимися в окрестностях сканера.

6. Сканер по п.1, где система управления расположена в месте, удаленном от местоположения сканера.

7. Сканер по п.1, в котором роботизированное транспортное средство дополнительно содержит электрический источник питания, служащий для питания энергией приводной системы.

8. Сканер по п.1, дополнительно содержащий углеводородный источник энергии, расположенный на раме; и электрический генератор, приводимый в действие углеводородным источником энергии, при этом электрический генератор выполнен с возможностью питать электрической энергией приводную систему.

9. Сканер по п.5, в котором указанный дальномер 14 выполнен с возможностью измерения положения автономного сканера относительно положения резервуара с использованием вращающегося лазерного маяка и каждого позиционного угла между вращающимся лазерным маяком и по меньшей мере тремя отражателями, расположенными в окрестностях.

10. Сканер по п.9, где определение характеристик огнеупорной футеровки осуществляется путем преобразования множества расстояний из системы отсчета дальномера в систему отсчета резервуара, при этом указанное преобразование основано, по меньшей мере, частично на положении сканера относительно положения резервуара.

11. Сканер по п.5, в котором указанный дальномер выполнен с возможностью измерять положение сканера относительно положения резервуара при помощи мишеней, расположенных на дне резервуара.

12. Сканер по п.5, в котором указанная система управления выполнена с возможностью обхода препятствий на пути сканера при помощи измерений дальности, выполняемых дальномером.

13. Способ определения характеристик огнеупорной футеровки резервуара, при этом способ предусматривает

автономное перемещение лазерной сканирующей системы по п.1, установленной на раме, в область рядом с резервуаром из первого положения во второе положение по полу с использованием роботизированного транспортного средства, присоединенного к раме, при этом указанное роботизированное транспортное средство характеризуется приводной системой, содержащей колёса или гусеницы для движения по полу и контроллер, выполненный с возможностью управления приводной системой и управления движением упомянутого роботизированного транспортного средства;

отслеживание местоположения лазерной сканирующей системы с помощью системы слежения, выполненной с возможностью определения и ориентации сканирующей системы относительно размещения резервуара для получения данных о дальности, измеренных в системе отсчета системы слежения, и преобразованных в систему отсчета относительно резервуара, и для предоставления обратной связи по позиционированию для приводной системы роботизированного транспортного средства;

измерение при помощи лазерной сканирующей системы в положении измерения расстояний от лазерной сканирующей системы до множества точек на поверхности огнеупорной футеровки, при этом указанная лазерная сканирующая система содержит лазер, сканер, оптические средства, фотодетектор и электронные схемы приемника;

управление сканером при помощи системы управления, содержащей аппаратные и программные средства, причем указанная система управления связана с возможностью обмена данными с указанной лазерной сканирующей системой, указанным контроллером и указанной приводной системой; и

определение характеристик огнеупорной футеровки путем сравнения множества расстояний, измеренных при помощи лазерной сканирующей системы, с контрольной поверхностью огнеупорной футеровки;

характеризующийся тем, что система слежения выполнена с возможностью осуществления действий, включающих:

- (a) по меньшей мере одно действие, выбранное из группы, включающей:
- (i) определение положения по меньшей мере трёх отражателей, расположенных на полу завода или поблизости от него в известных положениях относительно контейнера;
  - (ii) определение положения по меньшей мере трёх мишеней на дне контейнера;
  - (iii) обработку изображения контейнера, определение конкретного геометрического элемента контейнера и определение положения конкретного геометрического элемента;
  - (iv) определение положения временных меток перед контейнером во время измерения внутренней части контейнера, при этом метки характеризуются тем, что положение меток по отношению к контейнеру известно;
- (b) определение относительного положения и ориентации между сканирующей системой и резервуаром.

14. Способ по п.13, в котором измерение с использованием лазерной сканирующей системы осуществляют при помощи сканера, расположенного во втором положении, при этом сканер размещается пользователем в первом положении.

15. Способ по п.13, в котором измерение с использованием лазерного сканера осуществляют при помощи сканера, расположенного в первом положении, при этом указанный способ дополнительно предусматривает перемещение резервуара перед осуществлением второго измерения с использованием лазерного сканера.

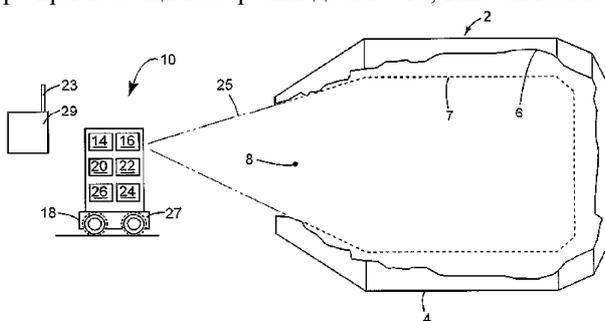
16. Способ по п.13, дополнительно предусматривающий измерение расстояний между лазерной сканирующей системой и одним или несколькими объектами, находящимися в окрестностях лазерной сканирующей системы, при помощи дальномера, установленного на раме.

17. Способ по п.13, в котором управление осуществляют из места, удаленного от местоположения сканера.

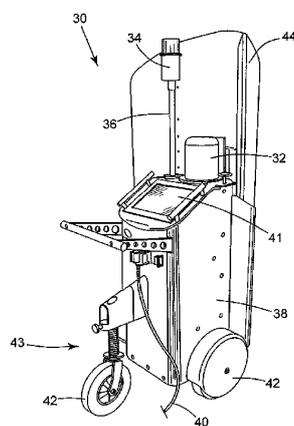
18. Способ по п.16, в котором указанный дальномер выполняют с возможностью измерения положения автономного сканера относительно положения резервуара с использованием вращающегося лазерного маяка и каждого позиционного угла между вращающимся лазерным маяком и по меньшей мере тремя отражателями, расположенными в окрестностях.

19. Способ по п.18, в котором определение характеристик огнеупорной футеровки осуществляют путем преобразования множества расстояний из системы отсчета дальномера в систему отсчета резервуара, при этом указанное преобразование основано, по меньшей мере, частично на положении сканера относительно положения резервуара.

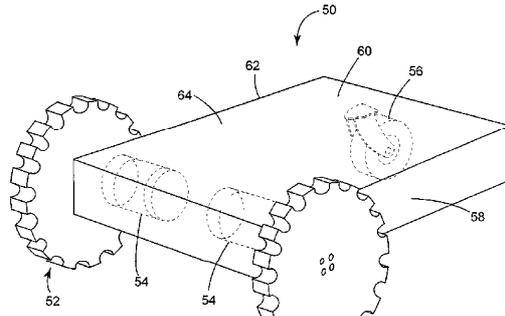
20. Способ по п.16, в котором указанную систему управления выполняют с возможностью обхода препятствий на пути сканера при помощи измерений дальности, выполняемых дальномером.



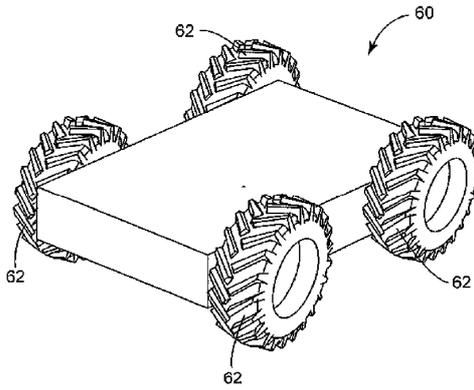
Фиг. 1



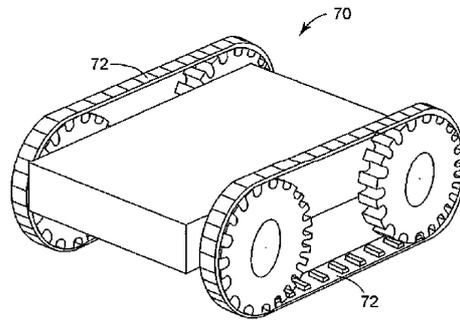
Фиг. 2



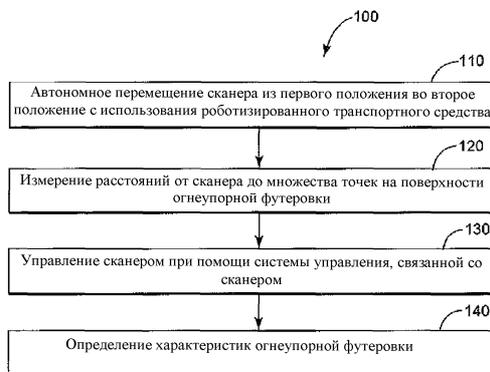
Фиг. 3



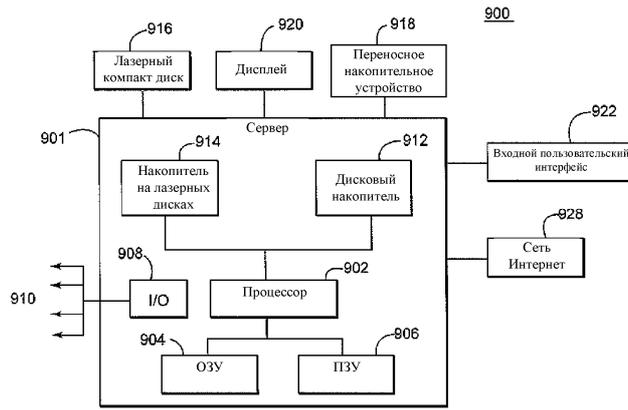
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

