

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202192945** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.06.20

(22) Дата подачи заявки
2020.04.29

(51) Int. Cl. *F01N 3/02* (2006.01)
F01N 3/022 (2006.01)
F01N 3/029 (2006.01)
F01N 3/038 (2006.01)
F01N 3/04 (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01)
F01N 3/26 (2006.01)
F01N 13/00 (2010.01)
F01N 13/08 (2010.01)
F01N 13/10 (2010.01)

(54) СИСТЕМА ДЛЯ СБОРА ЗАГРЯЗНЕНИЙ (SO_x - NO_x - ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ PM_{2.5} И PM₁₀), СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ, С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ СЕРЫ

(31) **1906006.0**

(32) **2019.04.30**

(33) **GB**

(86) **PCT/IB2020/054012**

(87) **WO 2020/222126 2020.11.05**

(71) Заявитель:

**ТУЛИНО РОЗАРИО РОККО;
ТУЛИНО РИСЁЧ Энд ПАРТНЕРС
ЛТД (GB)**

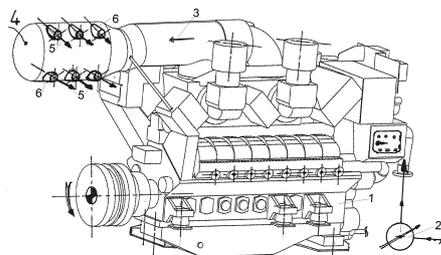
(72) Изобретатель:

Тулино Розарио Рокко (GB)

(74) Представитель:

Носырева Е.Л. (RU)

(57) Система сбора загрязняющих веществ (SO_x - NO_x - твердых частиц PM₁₀ и PM_{2.5}), содержащихся в выбросах, производимых дизельными двигателями высокой мощности (от 500 кВт до 50 МВт), специально разработанная для военно-морского сектора. Система отделяет сульфиты-сульфаты с их извлечением после перехода в твердое состояние для преобразования продукта в удобное промышленное применение. Осадки от захвата серы можно легко использовать в качестве веществ для производства специальных сельскохозяйственных удобрений. Система предназначена для быстрой сборки ниже по потоку относительно выпускных коллекторов для выхлопных газов в качестве неотъемлемой части узла двигателя. Использование этой технологии сочетает в себе преимущества практического управления логистикой, поскольку все элементы в конце имеют вид твердого осадка, собранного в подготовленных для этой цели контейнерах, которые легко обрабатываются, и гарантирует целостный сбор всех соединений без выброса загрязняющих элементов во внешнюю среду.



A1

202192945

202192945

A1

СИСТЕМА ДЛЯ СБОРА ЗАГРЯЗНЕНИЙ (SOx – NOx – ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ PM_{2.5} И PM₁₀), СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ, С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ СЕРЫ

«Система для сбора загрязнений (SO_x – NO_x – твердых частиц PM_{2.5} и PM₁₀), содержащихся в выхлопных газах дизельного двигателя высокой мощности, с извлечением серы»

Заводское решение и технологический процесс, лежащие в основе настоящего изобретения, предназначены для решения сложной проблемы выбросов, производимых дизельными двигателями высокой мощности (от 500 кВт до 50 МВт), в частности в военно-морской промышленности, посредством полного захвата молекулярных частиц (PM_{2.5} – PM₁₀), оксидов азота и соединений серы.

В предлагаемом решении используются водные растворы бикарбоната натрия, анионных поверхностно-активных веществ, озона и хлорида бария, что обеспечивает крайне высокоэффективный процесс, который полностью соответствует законодательству, направленному на защиту окружающей среды и здоровья человека.

Эффективная естественная система переработки с очень высокой экологической устойчивостью обеспечивается за счет полного сбора всех загрязняющих веществ, осажденных в высокостабильное твердое комплексное соединение, хранящееся в контейнерах, специально разработанных для упрощения и удешевления транспортировки в места извлечения веществ для преобразования в другие продукты с высокой добавленной стоимостью, что вызывает стимулирующую экономическую мотивацию.

Было внесено предложение для конкретных структур извлечения и регенерации некоторых реагентов, содержащихся в соединениях, для обеспечения их крайне выгодного использования в промышленном секторе и для использования остальных компонентов при производстве удобрений для сельскохозяйственной промышленности.

Работы по извлечению и преобразованию продуктов могут быть эффективно и выгодно организованы теми же организациями консорциума, которые уже задействованы в звеньях системы.

В настоящее время на рынке можно найти системы SCR (селективного каталитического восстановления) с различными недостатками, включая большие размеры оборудования и соответствующие расходы, из-за чего снижается их установка на малые и средние суда; кроме того, загрязняющие вещества, расщепленные системой, сливаются в море.

Предлагаемое технологическое решение предназначено для обеспечения возможности использовать в военно-морской транспортной системе на протяжении всего срока эксплуатации действующих единиц внушительные объемы тяжелого дизельного топлива, доступного на рынке (с содержанием серы приблизительно 3%), в полном соответствии с требованиями ИМО 2020 с последующим ограничением транспортных расходов.

Чтобы получить представление о проблеме, необходимо лишь отметить, что законодательство, действующее без исключения с 1 января 2020 года, устанавливает ограничение на выброс серы на уровне 0,5%, что исключает любую возможность использования широко используемого топлива, которое в настоящее время составляет 70% потребления транспортной системы. Переход на другие виды топлива, такие как легкое дизельное топливо или сжиженный природный газ, не представляется возможным с точки зрения экономики транспорта по меньшей мере в настоящее время без увеличения эксплуатационных расходов, которые можно рассчитать в среднем от 80 до 120%. Вследствие тех же финансовых причин, а также сложности управления средние и малые суда находятся в крайне невыгодном положении при приобретении систем по типу скруббера для снижения выбросов на судне как из-за чрезмерно высокой цены, так и из-за больших размеров установки, даже если решить проигнорировать тот факт, что с экологической точки зрения система SCR, вырабатывающая большие объемы серы, переносит проблему из атмосферы в море, в которое сливаются вещества, содержащие серу. Посредством технологической характеристики данного проекта эффективно решается эта экологическая проблема. Модульная конструкция установки с ее высоким уровнем автоматизации в различных группах оборудования в сочетании с очень низкими производственными и эксплуатационными расходами со всей очевидностью удовлетворяет потребности

владельцев малых и средних судов, тем самым восстанавливая конкурентоспособность, которая в противном случае была бы невозможна при исполнении нового законодательства.

На фиг. 1 схематически изображен дизельный двигатель (1) высокой мощности, работающий на тяжелом дизельном топливе с высоким содержанием серы (меркаптаны или тиоловые соединения) до 3–5%, подаваемом с помощью насоса (2).

Газы, выбрасываемые камерами сгорания двигателя, проходят через канал (4) и попадают в коллектор (4), где газообразные продукты (5) сгорания выходят из многочисленных укороченных конических сопел (6).

На фиг. 2 изображен путь (5) потока газа, выходящего из разных сопел (6). Каждый поток (5) парциализируется через соответствующий трубчатый металлический канал (12), внутри которого находится жидкий кольцеобразный слой (11) со средней толщиной « tw », состоящий из жидкого раствора (9), хранящегося в резервуаре (25) в необходимой и оптимальной концентрации.

Жидкий раствор (9) состоит из воды и бикарбоната натрия (Na_2CO_3) в концентрации от 0,02 М до 1 М. Жидкий кольцеобразный слой (11) прилегает к внутренним поверхностям трубчатого канала (12) за счет образования эффекта Коанда, гидродинамического явления, благодаря которому вызывается прилегание к стенке тонкой жилки потока, исходящего из сопла (10). Жидкий раствор (9) подается к соплам (10) с помощью насоса (7) переменной производительности через входной канал (8). В этих условиях выхлопные газы (5) двигателя не вступают в прямой контакт с трубчатым металлическим каналом (12), а скользят вдоль жидкого кольцеобразного слоя (11), в результате чего предотвращается осаждение углеродсодержащих веществ ($PM_{2.5} - PM_{10}$) на внутренних поверхностях самого канала, действуя, таким образом, только как поддержка для жидкого кольцеобразного слоя (11) « tw ».

Смесь, образованная выхлопными газами (5) и жидким раствором (9), выбрасывается в камеру (13) большого объема, тем самым подвергаясь значительному расширению. Камера (13) большого объема является внутренней частью охладителя (16), который оборудован многочисленными радиальными вытяжными каналами для газов и паров (17).

Внутри охладителя (16) проходит охлаждающая вода в замкнутой (вспомогательной) системе с входом от впускного отверстия (19) и выходом из выпускного отверстия (20), оба из которых размещены в распределителе (21).

Металлические части охладителя (16) в этих рабочих условиях имеют низкую температуру, тем самым осуществляя эффективное охлаждение газов, выходящих из радиальных каналов (17). Значительное снижение средней температуры газообразных продуктов является важным условием для согласования пути улавливания загрязняющих веществ с этим процессом очистки, основанным на взаимодействии газа и тумана.

Контейнер (15) для оборудования прикреплен к опорной раме (14) болтами. Поток газов, выходящих из радиальных каналов (17), пересекает густой туман, создаваемый жидким раствором (9), распыляемым из многочисленных форсунок (26), расположенных на разных трубчатых каналах (27), соединенных с соответствующими концевыми кронштейнами (22–23), прикрепленными к опоре (15) оборудования. В многочисленные форсунки (26) подается жидкий раствор (9), впрыскиваемый посредством насоса (24) высокого давления переменной производительности, забирающего его из резервуара (25) для хранения.

На фиг. 3 показаны различные трубчатые каналы (27) в верхней части, расположенные последовательно в количестве от 2 до 5 один за другим, посредством которых с помощью их собственных форсунок (26) создается плотный промывающий туман потока газов, выходящих из радиальных каналов (17 – фиг. 2) охладителя (16 – фиг. 1).

В контейнере (15) вслед за последовательностью трубчатых каналов (27) находится дополнительный трубчатый канал (29), который также оснащен многочисленными форсунками.

Резервуар (30) содержит смесь анионных поверхностно-активных веществ с функцией сбора молекулярных частиц (PM_{2,5} – PM₁₀). Эта смесь вводится в трубчатый канал (29) с помощью насоса (28), и с помощью форсунок производится дальнейшая промывка газов, которые прошли через плотный туман, создаваемый жидким раствором, выходящим из трубчатых каналов (27).

Внутри изоляционной камеры (45) находится смесь, состоящая из промытых выхлопных газов и частей раствора, которые не вступили в реакцию с выхлопными газами (31). В нижнем положении изоляционной камеры (45) в подвешенном состоянии расположено устройство (32) для очистки газообразных продуктов.

Смесь, состоящая из промытых выхлопных газов и частей растворов, которые не вступили в реакцию с выхлопными газами (31), проходит через просверленную в дне мембрану (35) и, двигаясь вверх, попадает в систему (34) снижения выбросов, которая осуществляет черновое отделение части, которая находится в жидком состоянии, от части в газообразном состоянии благодаря столкновениям с металлическими стенками. Часть в жидком состоянии осаждается на дне изоляционной камеры (45). Уровень жидкой части, осажденной на дне, «LI» поддерживается на постоянном уровне посредством проверки, выполняемой реле уровня, которое управляет насосом (47), выгружающим избыточную часть в резервуар (55). Поток текучей среды, из которого была удалена большая часть жидкой части, поступает в камеру (39), где расположены оболочки для снижения выбросов.

Во внутренней нижней центральной части устройства (32) для очистки газообразных продуктов находится камера (37), в которую через канал с радиальными отверстиями (42) вводится озон O_3 с помощью дозирующего насоса (43), который собирает его из генератора (44) озона O_3 . В верхней камере (38) происходит гомогенизация озона O_3 до того, как он попадет в другую верхнюю камеру (39), где он смешивается с потоком выхлопного газа, что приводит к улавливанию присутствующих NOx .

Купол (40) расположен в верхней части устройства (32) для очистки газообразных продуктов, которое имеет фильтрующую сетку, вставленную в его волюметрическую камеру, которая замедляет скорость потока выхлопных газов и направляет их в канал (41), вставленный в коллектор (46). Из последнего поток газа поступает через канал (49) в турбосепаратор (48), внутри которого (54) происходит дальнейшее отделение жидкой части от газообразной благодаря прохождению через просверленную мембрану (51).

Благодаря наличию сетки (52) жидкая фаза отводится к откачивающему насосу (53), который вводит ее в резервуар (55) для хранения.

Очищенный газ (56) выводится через специальный канал с переменным сечением (50), расположенный в верхней части турбосепаратора (49).

Очищенный газ (56), выходящий из турбосепаратора (49), все еще должен быть очищен от соединений серы и помещен в резервуар (66 – фиг. 4).

На фиг. 4 изображено оборудование для очистки соединений серы и их сбора, а также для удерживания твердого химически стабильного соединения, которое собирается в соответствующем контейнере (72).

Хлорид (61–62) бария ($BaCl_2$) хранится в бункерах и добавляется через вибрирующий канал (63) в реактор (65), оборудованный мешалкой (64). В тот же реактор (65) с помощью насоса (59) вводится водный раствор, поступающий из резервуара (60). Хлорид бария и водный раствор активно перемешиваются с использованием мешалки (64).

Компрессор (67) собирает газ из резервуара (66) для хранения и вводит его под давлением в реактор (65) через тороидальные кольца (68). В реакторе (65) улавливаются соединения серы, содержащиеся в газах, погруженных через тороидальные кольца (68).

В реакторе (65) образуется нерастворимый сульфит бария, который падает на дно реактора. Очень небольшая часть оставшегося сульфита бария $BaSO_3$ вступает в реакцию с избыточным озоном O_3 , растворенным в воде, ранее введенным для окисления NO_x , окисляясь, в свою очередь, до сульфата бария $BaSO_4$, который полностью нерастворим в соленой воде.

Сульфит бария $BaSO_3$ и сульфит бария $BaSCO_4$ выводятся через клапан (69) в резервуаре (70), на нижнем конце которого расположена грязечерпалка (71), которая отводит осадок в контейнер (72).

Из верхней части реактора (65) газ, теперь окончательно очищенный от соединений серы, NO_x и молекулярных частиц ($PM_{2.5} - PM_{10}$), выбрасывается в атмосферу через канал (58), не создавая каких-либо загрязнений. При световом сигнале переполнения резервуара (70) насос (73) подает жидкость в изоляционный бункер (75), на дне которого расположен выгружающий винт (78) Архимеда, который отводит твердое

вещество в контейнер (72), таким образом достигая полного извлечения сульфитно-сульфатных осадков.

Компьютер (74) осуществляет автоматическое управление всеми операциями системы, открытием и закрытием различных клапанов, насосом и приемом сигналов давления и температуры вместе с их контролем с использованием специального алгоритма процесса.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система сбора загрязняющих веществ ($SO_x - NO_x -$ частиц $PM_{2.5}$ и PM_{10}), содержащихся в выхлопных газах дизельного двигателя, способная решить сложную проблему выбросов, производимых дизельными двигателями высокой мощности (от 500 кВт до 50 МВт), в частности в военно-морской промышленности, более конкретно для малых и средних судов, причем система использует водные растворы бикарбоната натрия, анионных поверхностно-активных веществ, озона и хлорида бария для достижения полного сбора всех загрязняющих веществ, осажденных в высокостабильное твердое комплексное соединение, хранящееся в контейнерах, специально разработанных для упрощения и удешевления транспортировки в места извлечения веществ для преобразования в другие продукты с высокой добавленной стоимостью, при этом система состоит из:

- одного коллектора (4), в который попадают газы, выбрасываемые камерами сгорания двигателя, при этом газообразные продукты (5) сгорания выходят из многочисленных укороченных конических сопел (6),

- одного охладителя (16) потока газа, внутри которого проходит охлаждающая вода в замкнутой системе с входом от впускного отверстия (19) и выходом из выпускного отверстия (20), оба из которых размещены в распределителе (21), способного производить значительное снижение средней температуры газообразных продуктов, что является важным условием для согласования пути улавливания загрязняющих веществ с этим процессом очистки, основанным на взаимодействии газа и тумана,

- одного устройства (32) для очистки газообразных продуктов, во внутренней нижней центральной части которого находится камера (37), в которую через канал с радиальными отверстиями (42) вводится озон O_3 с помощью дозирующего насоса (43), который собирает его из генератора (44) озона O_3 ,

- одного испарителя, содержащего последовательность каналов с несколькими форсунками, для промывочного раствора (27),

- одного испарителя, содержащего несколько форсунок, для промывочного раствора на последнем этапе (29),

- одного турбосепаратора (49), внутри которого происходит дальнейшее отделение жидкой части от газообразной благодаря прохождению через просверленную мембрану (51),

- одного реактора (65), оборудованного мешалкой (64), внутрь которого через вибрирующий канал (63) добавляется хлорид (61–62) бария ($BaCl_2$), хранящийся в бункерах, и в который с помощью насоса (59) вводится водный раствор, поступающий из резервуара (60), в результате чего хлорид бария и водный раствор активно перемешиваются с использованием мешалки (64),

- одного осадителя-сепаратора (70–71), посредством которого производятся промывки различных загрязняющих веществ испаренными водными растворами с окончательным осаждением в твердом состоянии в единое комплексное соединение, содержащее все эти загрязняющие вещества.

2. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что на этом конкретном пути потока газа:

- газы, выбрасываемые камерами сгорания двигателя, проходят через канал (3) и попадают в коллектор (4), где газообразные продукты (5) сгорания выходят из многочисленных укороченных конических сопел (6),

- каждый поток (5) парциализируется через соответствующий трубчатый металлический канал (12), внутри которого находится жидкий кольцеобразный слой (11) со средней толщиной « tw », состоящий из жидкого раствора (9), хранящегося в резервуаре (25) в необходимой и оптимальной концентрации,

- жидкий кольцеобразный слой (11) прилегает к внутренним поверхностям трубчатого канала (12) за счет образования эффекта Коанда, вследствие чего выхлопные газы (5) двигателя не вступают в прямой контакт с трубчатым металлическим каналом (12), а скользят вдоль жидкого кольцеобразного слоя (11), в результате чего предотвращается осаждение углеродсодержащих веществ ($PM_{2.5}$ – PM_{10}) на внутренних поверхностях самого канала, действуя, таким образом, только как поддержка для жидкого кольцеобразного слоя (11) « tw »,

- смесь, образованная выхлопными газами (5) и жидким раствором (9), выбрасывается в камеру (13) большого объема, тем самым подвергаясь значительному расширению,

- поток газов, выходящих из радиальных каналов (17), пересекает густой туман, создаваемый жидким раствором (9), распыляемым из многочисленных форсунок (26), расположенных на разных трубчатых каналах (27), соединенных с соответствующими концевыми кронштейнами (22–23), прикрепленными к опоре (15) оборудования,
- смесь анионных поверхностно-активных веществ с функцией сбора молекулярных частиц ($PM_{2.5}$ – PM_{10}) вводится в трубчатый канал (29) с помощью насоса (28), и с помощью форсунок производится дальнейшая промывка газов, которые прошли через плотный туман, создаваемый жидким раствором, выходящим из трубчатых каналов (27),
- смесь, состоящая из промытых выхлопных газов и частей растворов, которые не вступили в реакцию с выхлопными газами (31), проходит через просверленную в дне мембрану (35) и, двигаясь вверх, попадает в систему (34) снижения выбросов, которая осуществляет черновое отделение части, которая находится в жидком состоянии, от части в газообразном состоянии благодаря столкновениям с металлическими стенками,
- часть в жидком состоянии осаждается на дне изоляционной камеры (45), в то время как поток текучей среды, из которого была удалена большая часть жидкой части, поступает в камеру (39),
- во внутренней нижней центральной части устройства (32) для очистки газообразных продуктов находится камера (37), в которую через канал с радиальными отверстиями (42) вводится озон O_3 с помощью дозирующего насоса (43), который собирает его из генератора (44) озона O_3 , после чего в верхней камере (38) происходит гомогенизация озона O_3 до того, как он попадет в другую верхнюю камеру (39), где он смешивается с потоком выхлопного газа, что приводит к улавливанию присутствующих NOx ,
- поток газа поступает через канал (49) в турбосепаратор (48), внутри которого (54) происходит дальнейшее отделение жидкой части от газообразной благодаря прохождению через просверленную мембрану (51),
- очищенный газ (56) выводится через специальный канал с переменным сечением (50), расположенный в верхней части турбосепаратора (49),
- очищенный газ (56), выходящий из турбосепаратора (49), все еще должен быть очищен от соединений серы и помещен в резервуар (66),

- компрессор (67) собирает газ из резервуара (66) для хранения и вводит его под давлением в реактор (65) через тороидальные кольца (68), в котором соединения серы, содержащиеся в газах, погруженных через тороидальные кольца (68), улавливаются посредством использования хлорида (61–62) бария ($BaCl_2$), добавляемого через вибрирующий канал (63) в реактор (65), оборудованный мешалкой (64), которая активно перемешивает хлорид бария и водный раствор,

- в реакторе (65) образуется нерастворимый сульфит бария, который падает на дно реактора, и очень небольшая часть оставшегося сульфита бария $BaSO_3$ вступает в реакцию с избыточным озоном O_3 , растворенным в воде, ранее введенным для окисления NO_x , окисляясь, в свою очередь, до сульфата бария $BaSO_4$,

- сульфит бария $BaSO_3$ и сульфат бария $BaSO_4$ выводятся через клапан (69) в резервуаре (70), на нижнем конце которого расположена грязечерпалка (71), которая отводит осадок в контейнер (72),

- из верхней части реактора (65) окончательно очищенные газы выбрасываются в атмосферу через канал (58),

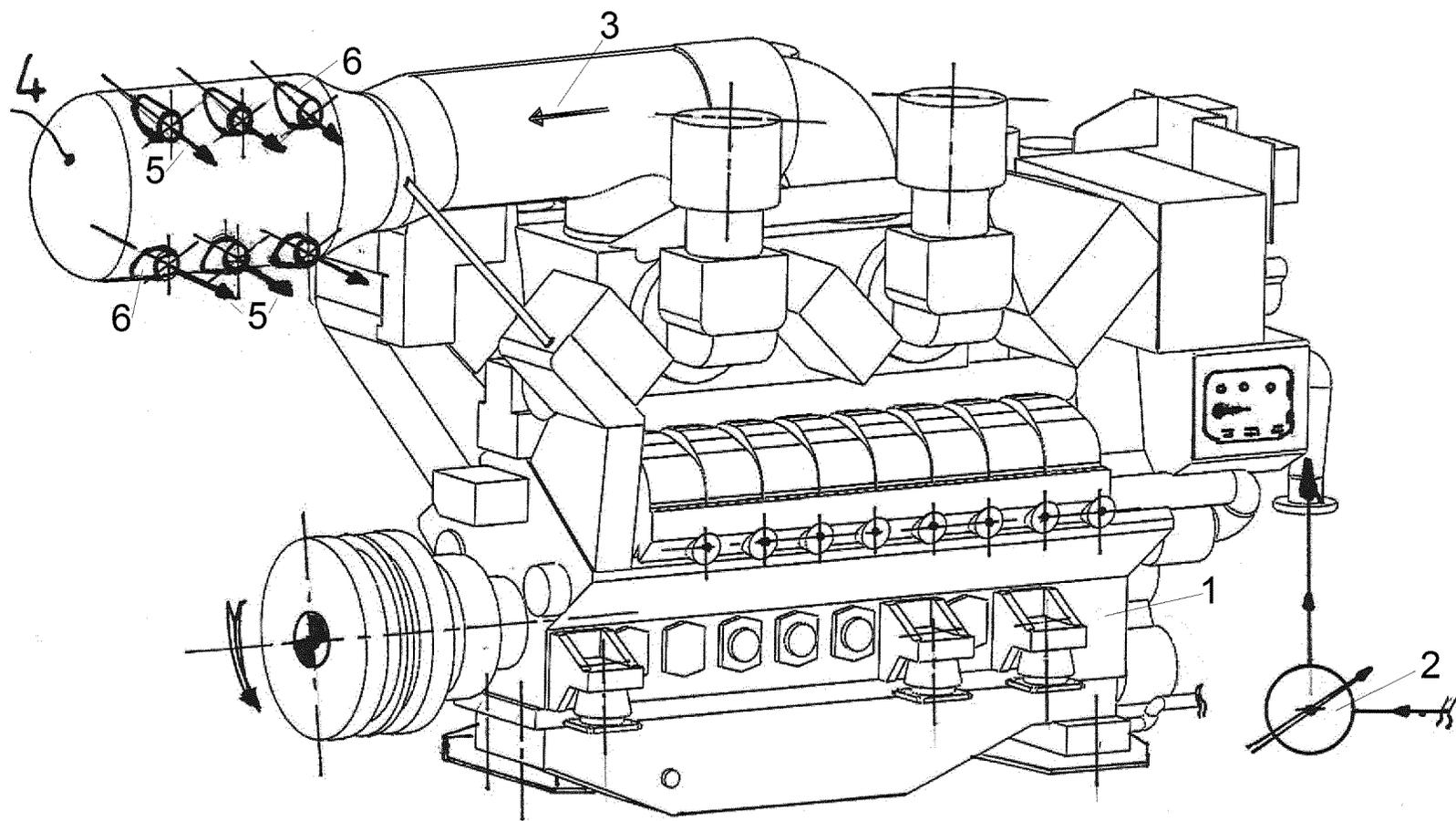
- при световом сигнале переполнения резервуара (70) насос (73) подает жидкость в изоляционный бункер (75), на дне которого расположен выгружающий винт (78) Архимеда, который отводит твердое вещество в контейнер (72), таким образом достигая полного извлечения сульфитно-сульфатных осадков.

3. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется охладитель (16) потока газа в кольцеобразной цилиндрической конфигурации, которая позволяет вводить расширяющийся газовый поток по центру и радиально выпускать его из того же охладителя (17).

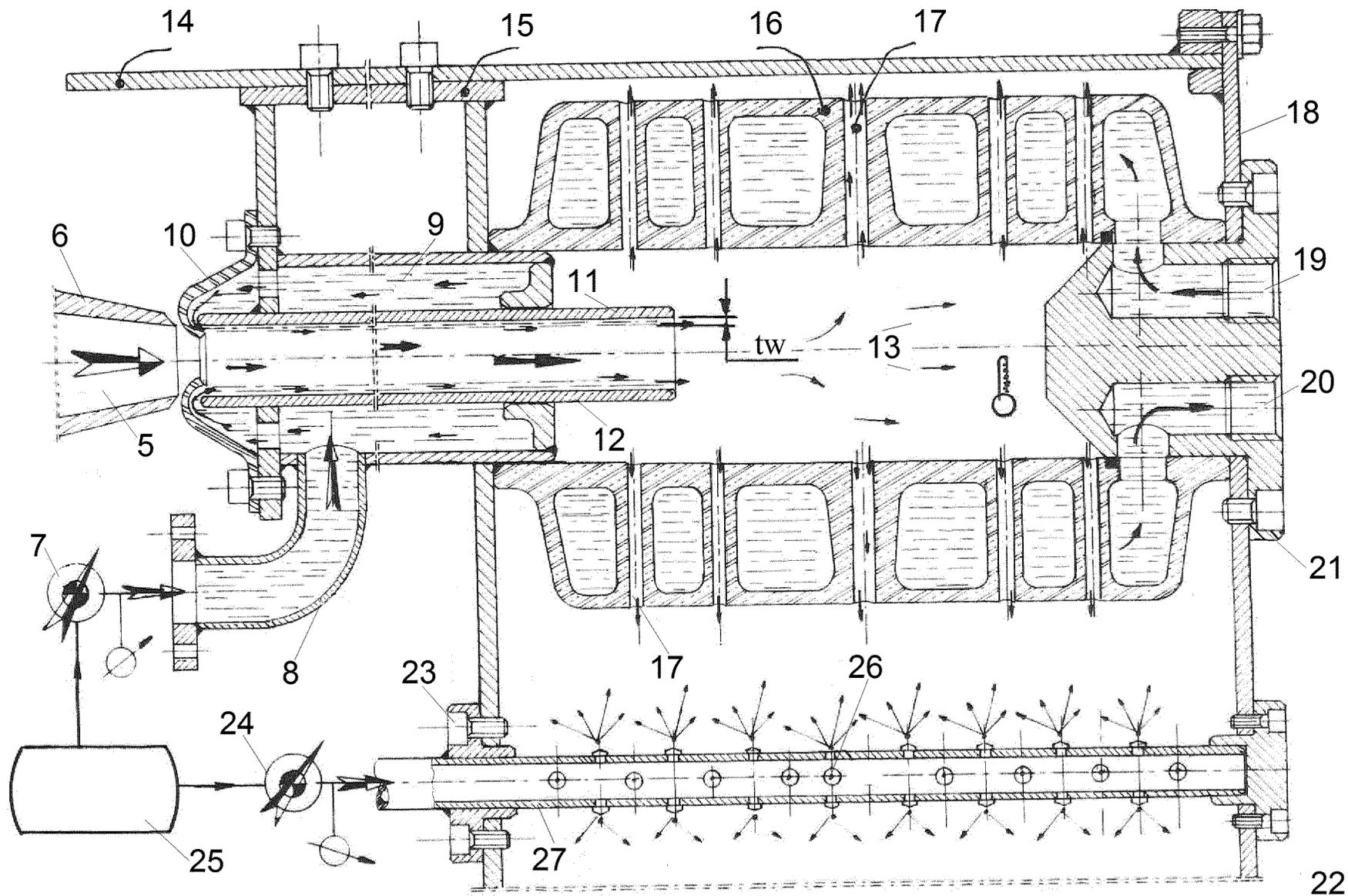
4. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется испаритель, содержащий последовательность каналов с несколькими форсунками, для промывочного раствора (27) со специальной трубчатой конфигурацией, оборудованной форсунками (26).

5. Система сбора загрязняющих веществ по п. 4, отличающаяся тем, что в испарителе (27) используется водный раствор карбоната натрия (Na_2CO_3) в концентрации от 0,02 М до 1 М.

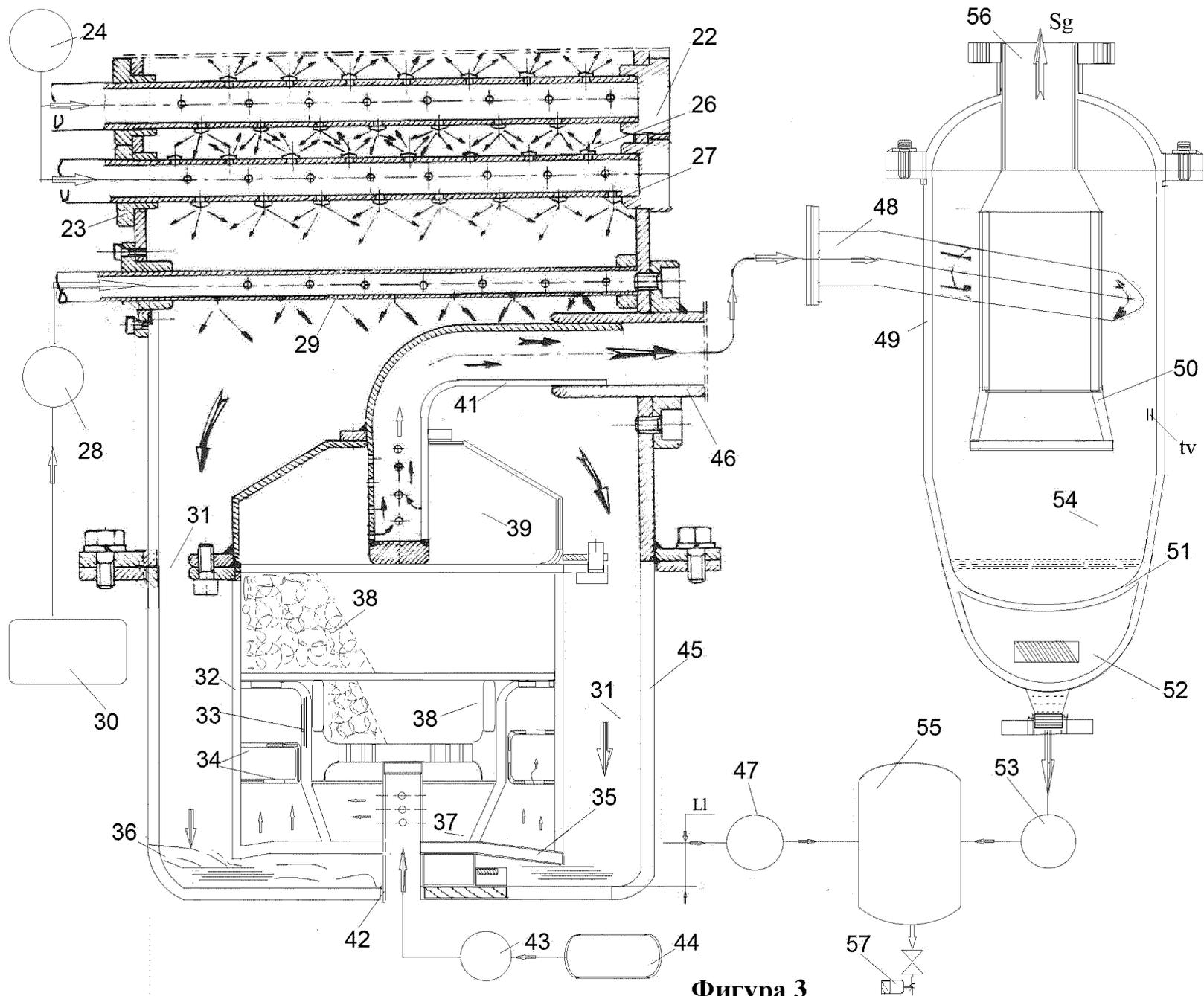
6. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется испаритель, содержащий последовательность каналов с несколькими форсунками, для промывочного раствора (29) со специальной трубчатой конфигурацией.
7. Система сбора загрязняющих веществ по п. 6, отличающаяся тем, что в испарителе (29) используется раствор, состоящий из смеси анионных поверхностно-активных веществ, подходящих для улавливания углеродных частиц.
8. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что через канал (42) вводится озон (O_3) в потоке газов, ранее промытых растворами в газообразном состоянии, упомянутыми в п. 4 и п. 6.
9. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется вихревой циклонный турбосепаратор (40) для отделения газовой фазы от жидкой фазы, содержащейся в перемещающемся потоке, проходящем в системе.
10. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется реактор с мешалкой (65–64) с введением водного раствора хлорида бария в концентрации от 0,05 М до 1,6 М, действующего в качестве осаждающего агента.
11. Система сбора загрязняющих веществ по п. 1, отличающаяся тем, что используется осадитель-сепаратор (70–71), состоящий из осадочного резервуара (70) с пирамидальным корпусом, соединенного своим нижним концом со специальной грязечерпалкой, непрерывно выводящей твердую фазу (71).



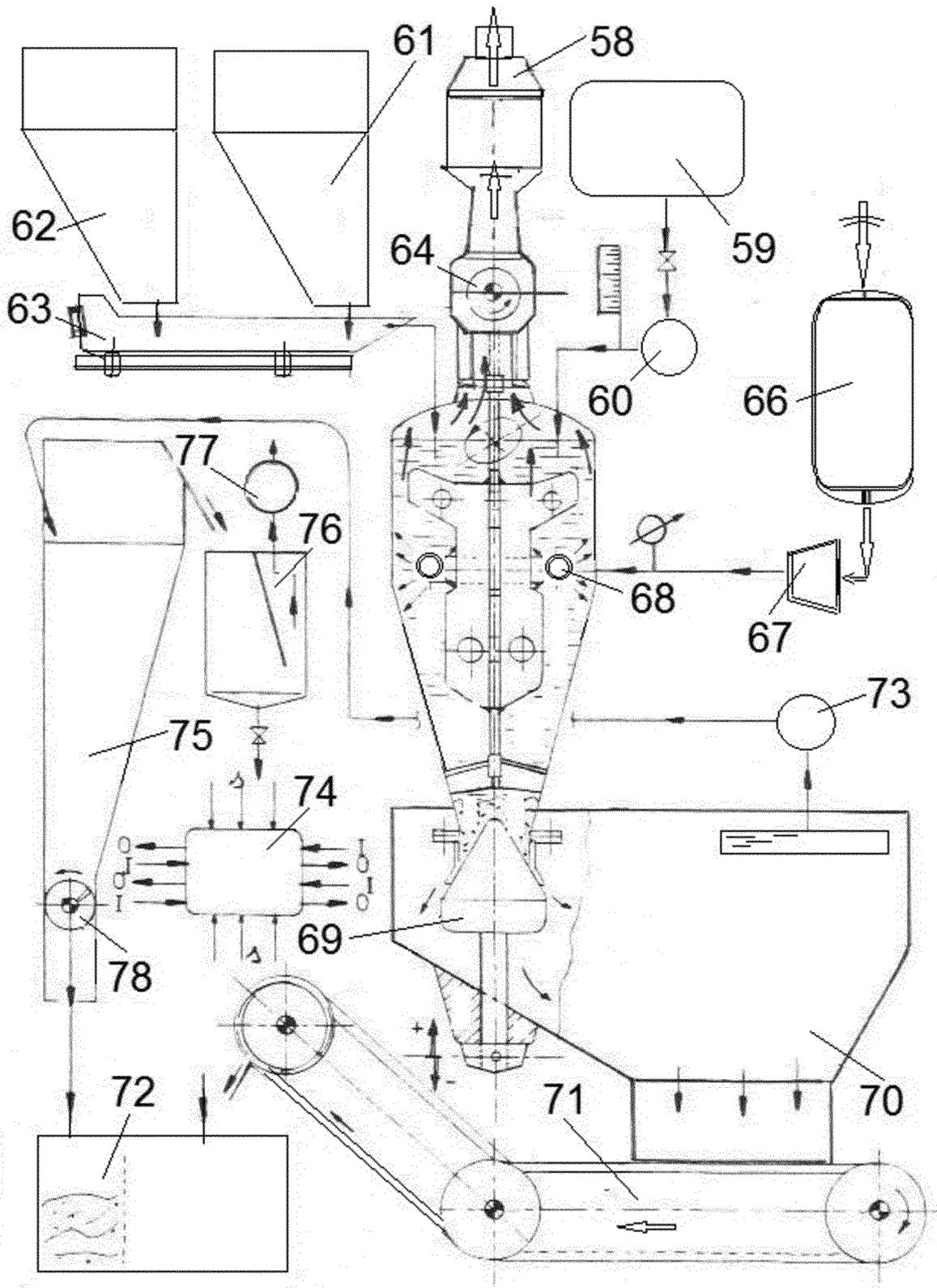
Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3



Фигура 4