

Изобретение относится к области энергетики и может быть использовано в импульсных реактивных устройствах с псевдоожженным слоем и способах сжигания твердого топлива, а также для осуществления других эндотермических реакций.

В теплоэнергетике разработаны и широко используются оборудование и способы получения тепла, в основе которых заложено сжигание дорогостоящего жидкого и газообразного топлива. Использование твердого топлива ограничивает возможность применения дополнительных мероприятий для снижения концентрации вредных окисей азота и серы в выходящих газовых продуктах сгорания. Поэтому разработки последнего десятилетия направлены на создание новых технологий и новых энергетических устройств, в которых используются топлива с высоким содержанием серы. Таковыми являются технологии и устройства для сжигания топлива, в которых используется псевдоожженный слой.

Существующие установки с псевдоожженным слоем по способу создания псевдоожженного слоя делятся на установки с кипящим (псевдоожженным) слоем и установки с циркулирующим слоем. Устройства с циркулирующим псевдоожженным слоем характеризуются низким содержанием окисей азота и серы в отходящих газах, отсутствием засорения передающих тепло поверхностей, высокой степенью теплоотдачи, однородностью температуры в зоне сжигания и возможностью использования различного топлива. Однако при этом они требуют наличия высокой камеры сгорания с большой теплопередающей поверхностью. Уменьшение камер сгорания с циркулирующим слоем делает систему дорогостоящей и непрактичной. Углетопливные системы с псевдоожженным слоем требуют контролирования степени наличия тонких (вымываемых) частиц в углях и, в зависимости от количества таких частиц, регулирования степени подачи сорбента в камеру для ограничения или устранения выноса тонких частиц. Устройства с псевдоожженным слоем требуют оснащения дополнительными устройствами для сбора уносимых твердых частиц, уменьшения содержания серы в отходах. Процесс удорожается из-за необходимости применения дополнительных сорбентов.

Недостатком систем с псевдоожженным слоем является их большая инерционность. Требуется большое количество времени и наличие вспомогательных подсистем для предварительного прогрева слоя. Это еще более удорожает и усложняет известные установки. Кроме того инерционность вызывает перегрузки в работе систем при необходимости изменения ее нагрузки, что снижает эффективность устройств с псевдоожженным слоем. Поэтому усилия разработчиков направлены на усовершенствование существующих устройств в указанных направлениях.

Известно импульсное устройство [1] с псевдоожженным слоем, представляющее собой реактор, включающий корпус, средство для подачи в корпус поддающегося ожижению твердого топлива, средство для подачи в корпус сжижающей среды, расположенное под средством для подачи в корпус твердого топлива для образования псевдоожженного слоя между ними, теплопередающее средство, средство для выведения отработанного газа, связанное с корпусом для выведения из него продуктов сгорания, и импульсное средство, установленное с возможностью воздействия на зону в корпусе реактора, в которой образуется псевдоожженный слой.

Импульсному устройству - прототипу, присущи недостатки вышеописанных устройств с псевдоожженным слоем. В частности, отсутствие средств для сбора уносимых твердых частиц приводит к большим непроизводительным потерям топлива, делает устройство экологически опасным, т. к. оно не способно задерживать хотя бы частично то огромное количество канцерогенных веществ, содержащихся в отходящих газах. Кроме того, отсутствие устройств для утилизации тепла также снижает эффективность функционирования установки, поскольку большое количество образуемого при сгорании тепла уносится вместе с отходящими газами. В прототипе не решены также и остальные вышеописанные проблемы существующих установок с псевдоожженным слоем, а именно: необходимость применения большого количества сорбента, наличие большого количества твердых частиц, серы и окисей азота в составе отработанных газов.

Недостатки устройства обусловлены конструкцией импульсного реактора. Как уже упоминалось, импульсный реактор с псевдоожженным слоем [1], выбранный в качестве прототипа, содержит корпус, средство подачи в корпус сжижаемого твердого материала, средство для подачи в корпус сжижающей твердый материал среды, расположенное под последним указанным средством для образования псевдоожженного слоя между ними, теплопередающее средство, средство для выведения отработанного газа, связанное с корпусом для выведения из него продуктов сгорания, и импульсное средство, установленное с возможностью воздействия на зону в корпусе, в которой образуется псевдоожженный слой. Теплопередающим средством в реакторе служит стенка корпуса, а импульсное средство образовано камерой воспламенения с запальником и трубой с перфорированными в ней отверстиями, один конец которой соединен с камерой воспламенения, а второй заглушен и направлен в сторону противоположного конца камеры сгорания, закрытой с одного конца и соединенной другим своим концом с камерой в которой образуется псевдоожженный слой. Конструктивное выполнение импульсного средства вызывает потери энергии в момент воспламенения за счет движения в замкнутом пространстве и удара о торец трубы и стенки камеры сгорания. При этом температура нагрева камеры резко возрастает, возрастает скорость движения частиц продуктов сгорания. Возрастание температуры приводит к образованию окислов азота, сгоранию золы с образованием шлака. Высокая скорость потока делает реактор зависимым от качества угля, т.е. от размера частиц, поступающих в реактор. Мелкие частицы угля уносятся из камеры сгорания, что увеличивает непроизводительный расход угля, забивает фильтры, оказывает пагубное воздействие на окружающую среду. Кроме частиц угля вместе с потоком отходящих газов попадают в атмосферу соединения серы, не успевшие прореагировать с сорбентом, уносятся также вместе с твердыми частицами и газами часть тепловой энергии.

Известен способ сжигания твердого топлива [2], включающий образование и поддержание псевдоожженного слоя твердого топлива внутри корпуса и вблизи теплопередающего средства, циркуляцию че-

рез последнее теплопередающей среды для нагрева ее от слоя, импульсное сжигание топливовоздушной смеси с возможностью воздействия пульсирующего потока продуктов сгорания на псевдоожиженный слой и удаление продуктов сгорания из корпуса. Воздействие пульсирующего потока продуктов сгорания на псевдоожиженный слой осуществляют через демпфирующую емкость, пульсатор и газораспределительную решетку, приводя слой инертного материала в состояние импульсного псевдоожижения. Пройдя через псевдоожиженный слой, продукты сгорания удаляются из корпуса.

Недостатком способа является его зависимость от размеров сгораемых частиц, т. е. от качества угля. Частицы малых размеров уносятся вместе с продуктами сгорания, к тому же вместе с удалением неостывших продуктов сгорания теряется часть тепловой энергии, снижая при этом эффективность процесса. Способ вообще непригоден для сжигания углей с высоким содержанием серы. В некоторых случаях, при определенных частоте пульсаций и скважности потока (отношении периода следования импульса к его длительности) значительно снижается эффект пульсации, что приводит к появлению застойных зон, неравномерному выгоранию угля, явлениям спекания, образованиям коксовых пробок.

В основу изобретения поставлена общая задача усовершенствовать импульсное устройство с псевдоожиженным слоем путем введения в устройство средств для утилизации отходов и тепла, усовершенствования импульсного реактора, используемого в устройстве, путем видоизменения импульсного средства и улучшения средств для отвода тепла, а также усовершенствования технологии сжигания топлива путем активации псевдоожиженного слоя, утилизации тепла и примесей в отходах, благодаря чему можно будет получить новые импульсные устройство, реактор для него и технологию сжигания топлива, позволяющие снизить до минимума унос твердых частиц топлива, сократить при этом тепловые потери, уменьшить расход сорбента при сжигании серосодержащих углей, что в конечном итоге приведет к повышению эффективности и снижению себестоимости процесса сжигания и работы импульсной установки в целом. Кроме того, внесенные изменения вследствие высокой отдачи тепла позволят уменьшить, при необходимости, размеры импульсного устройства, позволят осуществлять сжигание топлива всевозможного вида, в том числе и отходы, позволят использовать усовершенствованные устройства для проведения эндотермических реакций, таких как газификация, кальцинирование, пиролиз, позволят повысить экологическую безопасность работающего устройства за счет снижения выброса вредных примесей в атмосферу.

Поставленная задача решена тем, что в импульсном устройстве с псевдоожиженным слоем, содержащем реактор, включающий корпус, средство для подачи в корпус поддающегося ожигению твердого материала, средство для подачи в корпус сжигающей твердый материал среды, расположенное под средством для подачи твердого материала в корпус, средство для выведения отработанного газа, связанное с корпусом для выведения из него продуктов сгорания, теплопередающее средство и импульсное средство, установленное с возможностью воздействия на зону в корпусе реактора, в которой образуется псевдоожиженный слой, согласно изобретению, содержит устройство для отделения твердых частиц из продуктов сгорания и возвращения их в реактор для дальнейшей реакции, установленное в средстве для выведения отработанного газа, и средство для удаления золы и прочих остатков из реактора.

Согласно изобретению, средство для выведения из реактора отработанного газа связано далее с парообразующим средством.

Устройство для отделения твердых частиц из продуктов сгорания может содержать инерционный сепаратор. А теплопередающее средство реактора может быть связано с системой для подогрева воздуха или с системой для сушки материалов, или с парообразующим средством. Парообразующее средство устройства при этом может включать средство для подачи воды к паросборнику, который соединен с барабаном для шлама.

Устройство, согласно изобретению, может также дополнительно содержать средство для разделения твердого топлива на мелкозернистое и крупнозернистое, средство для транспортировки мелкозернистого топлива в импульсную камеру сгорания и средство для транспортировки крупнозернистого топлива.

В импульсном реакторе с псевдоожиженным слоем, используемом в импульсном устройстве, содержащем корпус, средство для подачи в корпус поддающегося ожигению твердого материала, средство для подачи в корпус сжигающей твердый материал среды, расположенное под средством для подачи твердого материала в корпус, средство для выведения отработанного газа, связанное с корпусом для выведения из него продуктов сгорания, теплопередающее средство и импульсное средство, установленное с возможностью воздействия на зону, в которой образуется псевдоожиженный слой, согласно изобретению, теплопередающее средство установлено в зоне образования псевдоожиженного слоя, а импульсное средство выполнено в виде отдельной импульсной камеры сгорания, соединенной с корпусом и снабженной клапаном для впуска в нее топливно-воздушной смеси и резонансной камерой, которая установлена на выходе импульсной камеры и направлена внутрь корпуса на зону образования псевдоожиженного слоя.

Согласно изобретению, на выходном конце резонансной камеры реактора установлен диффузор.

Выходной конец резонансной камеры, согласно изобретению, установлен в зоне образования псевдоожиженного слоя.

Импульсная камера сгорания, согласно изобретению, снабжена средством для увеличения напора выходящих из нее газовых продуктов сгорания.

Согласно изобретению, корпус содержит нижнюю часть, в которой расположена зона образования псевдоожиженного слоя и расширенную верхнюю часть.

Теплопередающее средство реактора, согласно изобретению, может быть выполнено в виде трубопровода, расположенного внутри корпуса в зоне образования псевдоожиженного слоя и выполненного с возможностью прохождения через него теплопередающей среды.

Резонансная камера импульсной камеры сгорания, согласно изобретению, может быть выполнена из

по крайней мере одного вытянутого трубопровода.

Диффузор, согласно изобретению, расположен в корпусе реактора в зоне образования псевдоожиженного слоя с возможностью контактирования с указанным слоем.

В частном случае выполнения реактора, согласно изобретению, вытянутые трубопроводы, образующие резонансную камеру, снабжены по крайней мере на части своей длины водяной рубашкой.

В способе сжигания твердого топлива, в котором предусмотрено использование вышеописанных устройств, включающем образование и поддержание псевдоожиженного слоя твердого топлива внутри корпуса и вблизи теплопередающего средства, циркуляцию через последнее теплопередающей среды для нагрева ее от слоя, импульсное сжигание топливовоздушной смеси с возможностью воздействия пульсирующего потока продуктов сгорания на псевдоожиженный слой и удаление продуктов сгорания из корпуса, согласно изобретению, воздействие на слой пульсирующего потока продуктов сгорания осуществляют путем непосредственного воздействия на псевдоожиженный слой волнами акустического давления, а удаление продуктов сгорания производят после отделения из них твердых частиц.

Топливом, сжигаемым в псевдоожиженном слое, согласно изобретению, является крупнозернистый уголь, а топливом для импульсной камеры сгорания является по крайней мере частично мелкозернистый уголь.

Согласно изобретению, предпочтительными для выполнения способа являются условия, когда при импульсном сжигании образуют также волны акустического давления, величиной, равной от 100 до 185 дБ, режим в импульсной камере сгорания обеспечивают с возможностью выделения тепла в диапазоне $8,8 \times 10^6 - 8,9 \times 10^7$ ккал/м³, при температуре газа в пределах от 760°C до 1930°C и скорости газа от 45 м/сек до 480 м/сек, а газ для псевдоожижения слоя твердого топлива подают со скоростью в пределах от 1,2 м/сек до 4 м/сек.

При этом, согласно изобретению, образующееся в результате сгорания тепло можно подавать к системе для сушки материалов или к системе для нагрева воздуха.

Способ, согласно изобретению, может быть пригоден для сжигания отходов. В качестве твердого топлива могут быть использованы угли с высоким содержанием серы в смеси с сорбентом для удаления серы. При этом, согласно изобретению, в качестве сорбента возможно использовать известняк в соотношении, превышающем количество серы в угле в 2-3 раза.

Способ, согласно изобретению, включает также рециркуляцию теплопередающей среды через теплопередающее средство, погруженное в псевдоожиженный слой для удаления из него тепла. Для этого тепло от теплопередающего средства, согласно изобретению, подают к системе парообразования.

Выходящие из корпуса продукты сгорания, согласно изобретению, также могут быть поданы к парообразующей системе для образования пара.

Заявленная импульсная камера сгорания является самовсасывающим двигателем, всасывая свой собственный воздух и топливо в камеру сгорания и выбрасывая продукты сгорания. Резкие колебания давления в камере сгорания образуют интенсивную область колеблющегося потока. При сжигании угля область пульсирующего потока приводит к тому, что продукты сгорания уносятся от оказывающих сопротивление твердых частиц, тем самым обеспечивая кислороду доступ к частицам с незначительным ограничением диффузии или без ограничения. Импульсные камеры сгорания отличаются очень высокой степенью передачи массы и тепла в пределах зоны горения. Так как эти камеры сгорания имеют тенденцию к очень высокой степени отдачи тепла (обычно в 10 раз больше, чем традиционные горелки), энергичная передача массы и высокая степень передачи тепла в пределах области сгорания приводят к более равномерной температуре. Таким образом, достигнутые пиковые значения температуры намного ниже, чем в традиционных системах. Это приводит к значительному уменьшению образования окисей азота. (NO_x). Высокая степень отдачи тепла также приводит к уменьшению размеров камеры сгорания для данного расхода топлива и сокращению времени нахождения его в камере, необходимого для сжигания.

Производительность известных импульсных устройств с псевдоожиженным слоем зависит от скорости горения угля, что в свою очередь зависит от качества угля, размера поступающих частиц, питающей системы, степени передачи массы и тепла и условий работы установки. В таких системах обычно очень высок унос угля в первичный сепаратор частиц, что связано с ограниченным временем нахождения мелкозернистого топлива в камере сгорания. Согласно настоящему изобретению, более высокая эффективность сгорания может быть достигнута за счет того, что мелкозернистое топливо сжигается в импульсной камере сгорания и только отсортированный крупный уголь сжигается в жидком слое. Характеристики сгорания, а именно: температура, турбулентность и время нахождения в импульсной камере сгорания и надводном кипящем псевдоожиженном слое совершенно различны, как показано ниже в таблице 1.

Таблица 1

	Импульсная камера	Атмосферная надводная зона псевдоожиженного слоя
Температура	1092°C(2000°F) (высокая)	843°C(1550°F) (низкая)
Турбулентность	Очень высокая (пульсирующая)	Умеренная (Пробка (пульсирующая) с обратным клапаном с повторным смешиванием)
Время нахождения газа	10-100 миллисекунд	2-3 секунды

Так как настоящее изобретение использует и импульсную камеру сгорания, и атмосферную камеру с псевдоожженным слоем, оно может охватить весь диапазон крупнозернистого и мелкозернистого топлива. Пульсирующий поток в импульсной камере сгорания обеспечивает высокую степень межфазной поверхности и передачи массы между частицами. Благодаря разумно высокой температуре (больше 10920°C, но меньше, чем температура сгорания золы для предупреждения образования шлака), достигается обязательное полное сгорание мелкозернистого топлива при выходе из импульсной камеры сгорания. Дополнительное время нахождения от 1 до 2 секунд в надводной зоне псевдоожженного слоя обеспечивает полную переработку угля и, в свою очередь, высокую эффективность сгорания.

Удаление летучих веществ и сгорание мелкозернистого топлива также делает возможным освобождение значительного количества серы в тот момент, когда мелкозернистое топливо покидает резонансную трубу. У этой серы высокая вероятность захвата в плотном ожженном слое, что связано с выходом продуктов импульсной камеры сгорания в ожженный слой. Излучаемое в ожженный слой акустическое поле увеличивает скорость теплопередачи и в свою очередь, уменьшает скорость реакции между сорбентом и SO₂. Повышение акустического поля ожженного слоя и рециркуляция мелких частиц вследствие конструкции трубы способствуют высокой эффективности захвата серы при низком соотношении подачи сорбента (известняка), что приводит к более низкой стоимости известняка и утилизации отходов.

Скорость передачи тепла в пульсирующем потоке выше, чем в традиционном стабильном потоке, это помогает создать в камере сгорания более низкую предельную температуру. К тому же высокие скорости смешивания горячих продуктов сгорания и более холодных остаточных продуктов предыдущего цикла с поступающими холодными реагентами обеспечивают короткое время пребывания их при высокой температуре, что подавляет образование окисей азота. Плотный ожженный слой в нижней части корпуса, благодаря функционированию при низкой температуре и с крупнозернистым топливом, также отличается более низким образованием окисей азота. Следовательно, выбросы NO_x из заявляемого импульсного устройства ожидаются ниже, чем в традиционных камерах сгорания с псевдоожженным слоем.

Предельный коэффициент передачи тепла в резонансной камере импульсной камеры с водяной рубашкой является таким же, как и коэффициент для труб, погруженных в плотный ожженный слой. Резонансная камера импульсной камеры с водяной рубашкой выполняет роль теплообменника, перемещенного в надводную зону традиционной камеры сгорания, и значительно уменьшает необходимую площадь теплопередающей поверхности и стоимость всего устройства.

Изобретение может быть легко понято на основе следующего описания и ссылок на сопровождающие его чертежи, где на фиг.1 показана схема импульсного реактора, используемого в импульсном устройстве с псевдоожженным слоем, согласно раскрытию настоящего изобретения; на фиг 2 - схема импульсного устройства с псевдоожженным слоем, предназначенного для сжигания угольного топлива; на фиг. 3 - схематическая иллюстрация импульсного реактора с псевдоожженным слоем, предназначенного для выработки пара, согласно раскрытию настоящего изобретения; на фиг. 4 - схематическая иллюстрация импульсного устройства, содержащего реактор с псевдоожженным слоем, изображенный на фиг. 3, в системе парогенераторной среды; на фиг. 5 - схематическая иллюстрация импульсного реактора с псевдоожженным слоем для нагревания воздуха или сушки материалов, согласно раскрытию настоящего изобретения; на фиг. 6 - схематическая иллюстрация устройства, содержащего импульсный реактор с псевдоожженным слоем, изображенный на фиг. 5, для сушки материалов или нагревания воздуха; на фиг. 7 - схематическая иллюстрация импульсного реактора с псевдоожженным слоем, применяемого в устройстве для сжигания отходов, согласно раскрытию настоящего изобретения; на фиг. 8 - импульсное устройство для сжигания отходов, содержащее реактор с псевдоожженным слоем, изображенный на фиг. 7; фиг. 9 - схематическая иллюстрация импульсного реактора с псевдоожженным слоем, применяемого в устройствах для осуществления эндотермических реакций, таких, как газификация и кальцинация.

Варианты выполнения изобретения

Предпочтительная система, согласно настоящему изобретению, объединяет импульсную камеру сгорания с так называемой атмосферной камерой сгорания, образованной верхней частью корпуса, в которой образуется кипящий псевдоожженный слой, как показано на фиг. 1. В этой импульсной камере сгорают мелкие частицы топлива размером от 30 до 600 микрон, а в псевдоожженном слое сгорают крупные твердые частицы топлива.

Как показано на фиг. 1, импульсный реактор с псевдоожженным слоем, согласно настоящему изобретению, включает корпус 1 с огнеупорной футеровкой, в котором образуется псевдоожженный слой, импульсную камеру сгорания 2, объединенную с корпусом 1 для обеспечения перечисленных выше преимуществ. Корпус 1 включает нижнюю часть 3, промежуточную часть 4 и верхнюю часть 5. В нижней части 3 корпуса 1 расположено средство 6 для подачи в корпус сжижающей среды для псевдоожжения твердых частиц, расположенных в нижней части 3 в зоне образования псевдоожженного слоя. Было обнаружено, что для псевдоожжения слоя твердых частиц скорость сжижающей среды должна составлять примерно от 1 до 4 м/сек. Также в нижней части 3, располагается по меньшей мере один, а предпочтительнее несколько трубопроводов 7, через которые может проходить теплопередающая среда для отвода тепла от псевдоожженного слоя. Обычно воздух или вода циркулируют через передающие тепло трубки 7 для получения нагретого воздуха, горячей воды или пара, хотя и другие материалы могут проходить через них с ожидаемым результатом.

Промежуточная часть 4 корпуса соединяет нижнюю часть 3 с верхней частью 5, при этом промежуточная 4 и верхняя 5 части образуют надводную зону реактора, в которой уменьшается скорость газа, увеличивается время нахождения газа и уменьшается отлучивание, т. е. отделение мелких частиц. Плотный псевдоожженный слой в нижней части 3 корпуса находится в кипящем, турбулентном режиме.

Импульсная камера 2 сгорания включает клапан 8, который может быть аэродинамическим клапаном или жидким диодом, механическим клапаном или т.п., камеру 9 сгорания и резонансную камеру 10, выполненную в виде трубы. Кроме того, импульсная камера 2 включает воздушную камеру 11 повышенного давления и форсажную камеру 12. Резонансная труба 10 может быть единственной, как показано, или состоять из множества труб. В предпочитаемом варианте исполнения изобретения она имеет диффузор 13, расположенный на её свободном конце. Также в предпочитаемом варианте резонансная труба 10 имеет водяную рубашку 14, окружающую по крайней мере часть длины трубы. Диффузор 13 на конце резонансной трубы 10 образует зону расширения, которая уменьшает скорость выхода газа из трубы 10 и предотвращает каналообразование в псевдоожигенном слое. Дымный газ из импульсной камеры 2 сгорания, выходя из трубы 10, попадает в диффузор 13, который обеспечивает рециркуляцию мелких частиц и увеличивает время нахождения частиц в слое. Диффузор 13 и/или открытый конец трубы 10 может контактировать со слоем реагентов или может располагаться над слоем реагентов (как показано на фиг. 7 и 8). В качестве клапана 8 для впуска топливо-воздушной среды в импульсную камеру сгорания чаще всего используют жидкий диод, который функционирует таким образом. Топливо и воздух входят в камеру сгорания. Источник возгорания взрывает взрывчатую смесь в камере сгорания во время запуска. Внезапное увеличение в объеме, инициированное быстрым увеличением температуры и распространением продуктов сгорания, создает избыток давления в камере. По мере расширения газа клапан, жидкий диод, дает возможность пропустить потоку преимущественно в направлении резонансной трубы 10. Выходящие из камеры сгорания через резонансную трубу газы обладают значительным количеством движения. В камере сгорания образуется вакуум, благодаря инерции газов в пределах резонансной трубы. Инерция газов в резонансной трубе позволяет только небольшой части отработанных газов вернуться обратно в камеру сгорания, учитывая баланс газа, выходящего из резонансной трубы. Так как давление в камере ниже атмосферного, воздух и топливо втягиваются в камеру, где происходит самовозгорание. К тому же клапан препятствует обратному потоку, и цикл начинается снова. После возбуждения первого цикла работа двигателя поддерживается самостоятельно.

Иногда в качестве клапана для впуска топливо-воздушной среды применяют механический клапан, так называемый "откидной клапан". В данном случае откидной клапан является стопорным клапаном, позволяющим потоку двигаться от входного отверстия до камеры и предотвращающим обратное движение с помощью механического опорного приспособления. Такой клапан может быть успешно использован в заявленном устройстве. Однако, предпочтительным является использование аэродинамического клапана без движущихся частей. Во время выхлопного хода в аэродинамическом клапане образуется граничный слой, и турбулентные завихрения сильно забивают обратный поток. Кроме того, выхлопные газы имеют более высокую температуру, чем входящие газы. Следовательно, вязкость газа намного выше, и сопротивляемость потока обратному движению, в свою очередь, намного больше, чем сопротивляемость движению вперед через открытое отверстие. Эти явления вместе с высокой инерцией выходящих газов в резонансной трубе имеют большое преимущество, направляя поток от входного отверстия к выходу.

Импульсное устройство помимо вышеописанного редуктора включает средство 15 для подачи крупнозернистого топлива в зону образования псевдоожигенного слоя в корпусе реактора, желательны шнековый конвейер и классификатор 16 топлива для разделения поступающего топлива на крупнозернистую и мелкозернистую фракции. Мелкозернистую фракцию направляют от классификатора 16 по трубопроводу 17 к импульсной камере 2 сгорания, тогда как крупнозернистое топливо подают от классификатора 16 к средству 15 подачи. Сорбент, например, измельченный известняк, подают от подающего бункера 18 к средству 15 для введения его в корпус 1. В то время как состав топливо - сорбент может изменяться, содержание сорбента поддерживают предпочтительно на уровне, превышающем в 2-3 раза соотношение серы в твердом топливе, например, угле.

Кроме того импульсное устройство включает трубопровод 19 выхода газовых продуктов, оснащенный газовым сепаратором 20 для твердых частиц, предпочтительно, чтобы это был инерционный сепаратор на входе трубопровода для отделения отлученных частиц из выходящего газового потока, и направления его обратно в верхнюю часть 5 корпуса. Отходы породы, зола и т.п. удаляются из корпуса 1 через выпускное отверстие 21, расположенное в нижней части 3 корпуса. В устройстве предусмотрена также горелка 22, предпочтительно функционирующая на природном газе и используемая для безопасности работы и запуска системы.

Чтобы установить техническое преимущество решения согласно настоящему изобретению, была сконструирована, построена и испытана лабораторная система со скоростью сгорания угля $1,58 \cdot 10^9$ Дж/час. Схема установки представлена на фиг. 2. Одной из целей этой работы было исследование соединения импульсной камеры сгорания с псевдоожигенным слоем реактора. Конвекторная секция не была включена, т.к. дополнительный расход был признан неоправданным. Отсюда паропроизводительность и тепловая эффективность испытываемой установки несколько ниже, чем показатели в обычных известных установках.

Устройство, представленное на фиг. 2, содержит те же цифровые обозначения, что и на фиг. 1 вместе с соответствующим рабочим оборудованием. После классификации твердых частиц, например, угля, на мелкую и крупную фракции (не показано) крупные частицы из бункера 23 для угля направляются по конвейеру 24 в питающий бункер 18 для сорбента, в котором последний перемешивается с подаваемым углем, как указано выше. Смесь уголь/сорбент затем направляется в реактор по питающему конвейеру и падает на плотный слой, расположенный в нижней части 3 корпуса 1, поддерживаемый в кипящем псевдоожигенном состоянии путем подачи снизу сжижающей среды, через средство 6. Альтернативно смесь уголь/сорбент может поступать непосредственно в псевдоожигенный слой вместо того, чтобы падать на верх-

нюю часть слоя (как показано в устройстве на фиг. 7, в котором использованы питающие средства 25 и 26 в обоих положениях).

Отделенные от угля мелкие частицы накапливаются в бункере 27 и оттуда направляются к эжектору 28, из которого поступают по трубопроводу 17 к импульсной камере 2. В рабочем состоянии импульсной камеры сгорания аэродинамический клапан 8 втягивает подаваемую с воздухом смесь, как показано на фиг. 2, природный газ также поступает к клапану 8 импульсной камеры сгорания, где он тоже служит в качестве топлива. Продукты сгорания из импульсной камеры 2 подвергаются затем воздействию пульсирующей упругой волны через резонансную трубу 10, через диффузор 13 и попадают в псевдоожиженный слой. Скорость выделения тепла в импульсной камере 2 находится в пределах примерно от 2 до 6 ММ бр. тепл. ед./час /фут³ (Btu /hr /ft³), температура газовых продуктов составляет примерно от 760°C до 1930°C (от 1400°F до 3500°F). Скорость газа в резонансной трубе находится в пределах примерно от 45 м/сек до 490 м/сек (150 - 1600 футов в секунду) с частотой колебаний в пределах примерно от 20 до 150 Гц.

В реакторе могут быть достигнуты уровни упругой волны в пределах примерно от 100 до 185 дБ. Значения температур при этом достигаются примерно до 1100°C (2000°F) благодаря объемным выделениям тепла из импульсной камеры сгорания в пределах примерно от 880 до 1800 ккал./м³ (100,000 - 200,000 бр. тепл. ед./ час. / ф³). Тогда значения температуры в надводной зоне корпуса 1 могут превышать 1093°C (2000°F) и станет возможным разрушение органических материалов. Для уменьшения окисей азота желательно, чтобы значения температуры в псевдоожиженном слое находились в рамках примерно от 815°C до 930°C (1500°F - 1700°F).

Акустическая волна, выходящая из диффузора 13 и попадающая в псевдоожиженный слой, увеличивает смешивание и теплопередачу. Твердое топливо в ожиженном состоянии сгорает, при этом значения температуры в слое можно регулировать теплопередающей средой, проходящей через трубы 7, погруженные в псевдоожиженный слой. Передача тепла от слоя к среде может быть использована как для контролирования предельной температурой псевдоожиженного слоя, так и для создания нужного результивного влияния на среду, т.е. для нагрева воды или воздуха, производства пара и т.п.

Продукты сгорания затем поднимаются над ожиженным слоем в надводную зону, где имеет место дальнейшая теплопередача или реакция, а из надводной зоны через сепаратор 20 твердых частиц и через выход 19 для дымного газа они движутся к циклону 29. По мере классификации топлива минимальные мелкие частицы отмываются в надводной зоне, тем самым уменьшая выделение серы.

Также, по общей схеме функционирования псевдоожижающая среда, например, воздух или пар, может быть предварительно нагрета в подогревателе 30. Псевдоожижающая среда подается к подогревателю 30 первичной воздухоподушкой 31 и/или же возвращающимся избыточным воздухом или другой текучей средой из импульсной камеры 2. Как показано, образующийся в трубах 7 пар проходит оттуда к паросборнику 32, а от паросборника - по желанию.

В процессе сжигания угля с высоким содержанием серы известняк и крупнозернистый отсортированный уголь подаются в зону создания псевдоожиженного слоя в корпусе 1 реактора тогда как мелкозернистый материал, как уже отмечалось, подается в импульсную камеру сгорания 2 в качестве источника топлива. Содержащаяся в мелкозернистом материале сера удаляется в основном в импульсной камере и собирается известняком в псевдоожиженном слое. Точно так же, содержащаяся в крупном угле сера захватывается известняком в слое с большей эффективностью, чем в известных ранее устройствах. Для этого желательно поддерживать температуру в псевдоожиженном слое в пределах примерно от 760°C до 960°C (1400°F - 1750°F). Кроме того при таком диапазоне температур образуется меньше всего окисей азота.

На устройстве, приведенном на фиг. 2, было произведено в общей сложности 28 испытаний, включая встряхивание и снятие характеристик. Установка была испытана как с импульсной камерой, так и без нее. Система работала более 200 часов и сожгла около 9 тонн угля. Замеры выделения N₃₆ были произведены в сотрудничестве с Д-ром Л.Да.Мюзио и Д-ром Дд. Шиомото из Jossil Energy Research Corp. Лагуна Хилз, Калифорния. Параметры испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Тип угля	Питтсбург № 8, В. Кентуки №№9 и 11
Распределение угольных частиц по размеру	от 9,5 мм (3/8") до 0 с мелкой фракцией
Известняк	Шаста (Shasta)
Распределение частиц известняка	От 3,2 мм (1,8") до 0
Скорость газа на поверхности	1,52 - 2,13 м/сек. (5 - 7 ф/сек)
Температура слоя	815°C - 871°C (1500 - 1600°F)
Соотношение Ca/S	2,5-2,7
Площадь слоя	0,61 м x 0,61 м (2' 2')
Высота печи	3,05 м (10')
Топливо для камеры сгорания	уголь, газ

В таблице 3 представлено обобщенное сравнение рабочих характеристик и данных выделений с площади 0,61 м x 0,61 м., согласно настоящему изобретению, с данными традиционных камер сгорания с кипя-

щим псевдооживленным слоем (более высокая надводная зона и рециркуляция) и установками с циркулирующим псевдооживленным слоем. Сравнение дано для высоколетучих битумных углей и сорбентов средней реактивности. Значения, указанные для предыдущих камер сгорания с псевдооживленным слоем основаны на опубликованной информации.

Таблица 3

	Атмосф. кипение	Импульсное атмосфер. кипение	Кипение ^x	Циркулирование ^x
Эффективность сгорания, %	98-93	92-97	90-97	93-99
Эффект захвата SO ₂ , %	70-85	90-98	70-85	75-95
Выделение NO _x + (млн. ⁻¹)	155-620	110-265	400-500	100-300
Выделение N ₂ O + (млн. ⁻¹)	70-100	70-100	10-220	10-220
Выделение CO + (млн. ⁻¹)	400-1600	180-800	400-1200	500-1500
Парообразование, кг/сек (ф/час)	227-317 (500-700)	363-372 (800-820)		

Параметры испытания: Температура слоя 815-871°C (1500-1600°F) Соотношение Ca/S 2,5-2,7 Уголь Битумный высоколетучий ^x - основано на литературных данных - при O₂ = 3 %.

Из таблицы видно, что устройство согласно настоящему изобретению демонстрирует более высокие рабочие характеристики, чем известные ранее устройства. Более высокая эффективность сгорания приводит к меньшему расходу угля и к более низким производственным издержкам системы; улучшенный захват серы требует меньшего количества сорбента и уменьшает производство отходов, что, в свою очередь, приводит к более низким затратам, более низкие выбросы NO_x и CO делают процесс более экологически безопасным, что облегчает нахождение месторасположения установки для сжигания. Более высокая скорость парообразования приводит к уменьшению требуемой площади поверхности теплопередачи, уменьшению размеров установки и меньшим капитальным затратам. Рабочие характеристики заявляемого устройства в общем превосходят характеристики традиционных систем, сравнимы со сгоранием с циркулирующим псевдоожиженным слоем по сгоранию и выделению N₂O и превосходят показатели камеры с псевдоожиженным слоем циркулирующего типа по захвату серы и выделению CO и NO_x.

Эти факторы указывают на то, что настоящее изобретение представляет интерес по любому показателю. Представляется непрактичным и дорогостоящим уменьшение камеры сгорания с циркулирующим псевдоожиженным слоем до 0,126-6,3 кг/сек (1,00-50,000 фунтов/час) парового эквивалента, как было замечено выше. Описываемое здесь устройство предназначено прежде всего для системы сгорания угля с высоким содержанием серы. Такое устройство, может быть использовано также для улучшенного сжигания других продуктов, таких, например, как биомасса, отходы, в частности медицинские, промышленные отходы, органические вещества и т.п., а также для эндотермических реакций, сушки, кальцинирования и т.п.

На фиг. 3 представлен реактор, используемый в устройстве, согласно настоящему изобретению, применяемом для парообразования. Он имеет такие же средства, как описано выше в варианте исполнения. Импульсная камера сгорания 33 соединена с корпусом 34 реактора, имеющим огнеупорную футеровку. Корпус 34 включает нижнюю часть 35, промежуточную часть 36 и верхнюю часть 37, при этом промежуточная часть 36 и верхняя часть 37 образуют описанную ранее надводную зону.

В нижней части 35, содержащей зону для создания в ней псевдоожиженного слоя, расположено сжигающее средство 38, через которое может быть введена адекватная по скорости сжигающая среда для оживания крупных частиц в слое и управления температурой слоя. В реакторе парообразующего устройства в сжигающем средстве 38 используют распределительную пластину, охлаждаемую водой. Теплопередающее средство 40 в виде множества труб или трубопроводов, через которые может пройти вода или другая теплопередающая среда, расположены в пределах нижней части 35, в зоне образования плотного псевдоожиженного слоя сгорающих материалов. Трубы 40 могут образовать водо-паровой трубопровод, выполненный в виде буквы "D".

Аналогично вышеописанному варианту, промежуточная часть 36 корпуса соединяет нижнюю часть 35 с верхней частью 37. Создаваемый в нижней части 35 корпуса плотный псевдоожиженный слой функционирует в кипящем, турбулентном режиме.

Импульсная камера 33 сгорания может содержать ранее описанный клапан, состоящий из одного или более отверстий, через которые горючая смесь может вводиться в импульсную камеру 33 сгорания, воздушную камеру 41 повышенного давления и форсажную камеру 42. Резонансная труба 43 может быть одной единственной, как показано, или состоять из множества труб, и предпочтительно, чтобы на своем конце она имела диффузор 44. Диффузор 44 обеспечивает рециркуляцию мелких частиц и увеличивает время нахождения частиц в псевдоожиженном слое для более полного сгорания и захвата серы.

Как в каждом из описываемых здесь вариантов исполнения, часть импульсной камеры 33 сгорания может быть выполнена заодно с корпусом 34, может своей нижней частью (такой, как диффузор 44 на фиг. 3) быть расположена в зоне создания псевдоожиженного слоя или над этой зоной. В других вариантах вся импульсная камера, включая камеру сгорания, резонансную трубу или несколько резонансных труб и диффузор, может быть расположена за пределами корпуса 34, где происходят реакции. В таких системах импульсная камера также способна подавать эндотермическое тепло реакции к реагентам внутри корпуса.

Резонансная труба 43, предпочтительно, имеет водяную рубашку 45, окружающую по крайней мере часть её

длины. Точно так же, диффузор 44 может иметь водяную рубашку, окружающую часть его длины, таким образом, что пар может образовываться в пределах рубашки для удаления тепла, тем самым уменьшая необходимость в наличии трубопроводов 40, расположенных в слое, или совсем их исключая.

Корпус 34 далее включает средство 46 для подачи крупного топлива и сорбента в зону образования псевдоожиженного слоя, которое предпочтительно использует шнековый конвейер. Средство 46 включает классификатор 47 топлива для сортировки мелких частиц, предназначенных для подачи в импульсную камеру 33 по топливному трубопроводу 48 от крупного топлива, поступающего к питателю 49 для крупного топлива, которое затем смешивается с сорбентом, поступающим от питателя 50 сорбента и проходящим через средство 46 для образования псевдоожиженного слоя, находящегося в корпусе 34. Сорбент представляет собой материал, который поглощает образующиеся в результате сгорания вещества, содержащие серу, например такой как измельченный известняк.

Корпус 34 может включать выход 51 для отработанного газа, имеющий газовый сепаратор для твердых частиц, и воздушный подогреватель 52. Вдоль него могут быть расположены одна или несколько направляющих перегородок для уменьшения пути прохода газа в газовом выпускном отверстии. Циклон 53 может быть использован как часть этого классификатора для дальнейшего захвата твердых частиц и регулирования температуры газа и твердых частиц. Многочисленное ступенчатое изменение направления движения воздуха по трубопроводам 54 и 55 от сепаратора твердых частиц, воздушного подогревателя 52 обратно к корпусу 34 может быть также использовано для дальнейшего отделения частиц.

Отходы породы, зола и т.п. удаляются из корпуса 34 через отверстие 56, расположенное в нижнем конце части 35 корпуса. Более того, в корпусе 34 может быть предусмотрена система розжига (не показана) для разогрева установки к запуску и обеспечения производственной безопасности.

Двухбарабанная парообразующая система 57, включающая паросборник и барабан для шлама, используется для избежания сложной обработки воды. Трубопроводы 40, как показано на фиг. 4 и описано ниже, соединены с двухбарабанной системой 57 для образования пара согласно настоящему варианту. Устройство псевдоожижения для образования пара, как описано далее, в общих чертах действует таким же образом, как и ранее описанные устройства. На фиг. 4 парообразующее устройство представлено вместе с относящимся к данному способу оборудованием, где подобные элементы обозначены теми же цифрами. После классификации твердого топлива и подвергнувшегося оживлению материала на мелкие и крупные частицы с помощью классификатора 47, крупнозернистый материал подается к питателю 49 для крупного топлива, а мелкозернистый по трубопроводу 56 - к импульсной камере сгорания 33. Сорбент добавляется в крупное топливо с помощью питающей системы 50 для сорбента, а затем комбинированная топливная смесь подается к корпусу 34 посредством питающего средства 46, например, такого, как шнековый конвейер, показанный на фиг. 4. Смесь из топлива и сорбента падает на плотный слой, расположенный в корпусе 34, который поддерживается в состоянии псевдоожиженного кипения с помощью сжигающего средства, подаваемого снизу через распределительное средство 38. Распределительное средство 38 может быть выполнено с наклоном, как показано на фиг. 4, что способствует предупреждению образования мертвых зон в твердом продукте. Наклон распределительного средства в сочетании с дренажной системой 56 псевдоожиженного слоя также облегчает удаление породы и агломерата.

Когда камера сгорания 33 находится в рабочем состоянии, аэродинамический клапан 58 вталкивает туда воздухом смесь по требованию. Продукты сгорания, происходящего в импульсной камере 33, проходят пульсирующей упругой волной через резонансную трубу 43, через диффузор 44 и попадают в псевдоожиженный слой. Упругая волна, попадая в псевдоожиженный слой, увеличивает смешивание и теплопередачу. Твердое топливо в оживленном состоянии сгорает, тогда как температура в слое контролируется путем удаления тепла через теплопередающую среду, проходящую по трубопроводу или трубам 40, погруженным в псевдоожиженный слой.

Теплопередающая среда, проходящая по трубопроводам 40, соединена с двухбарабанной системой 57 парообразования посредством множества трубопроводов, образующих "D" конфигурацию. Двухбарабанная система 57 помимо паросборника 59, барабана 60 для шлама включает и один или более котлоагрегатов 61. Теплопередающая среда после достаточного нагрева в корпусе 34 проходит к двухбарабанной системе 57 парообразования, где эта теплопередающая среда окружает паросборник 59, барабан 60 для шлама и ряд котлоагрегатов 61. Вода, закачиваемая в паросборник 59, затем превращается в пар и выводится или используется соответствующим образом.

Продукты сгорания также поднимаются над псевдоожиженным слоем и попадают в надводную зону, где происходит дальнейшая теплопередача или реакция. Из надводной зоны над нижней частью корпуса 34 нагретые газы проходят к сепаратору твердых частиц - подогревателю 52 воздуха и через него, затем через выход 51 для отработанного газа к двухбарабанной системе 57 парообразования. Тепло, идущее вдоль выхода 51 служит для дополнительного нагрева воды, содержащейся в паросборнике 59, и превращения ее в пар.

Как в ранее описанных вариантах, псевдоожиженная среда может подогреваться сепаратором для твердых частиц подогревателем 52 воздуха. Более того, для запуска системы может быть использовано дополнительное топливо, как, например, природный газ (не показано), как описано в предыдущем варианте. Кроме того, в описываемой парообразующей системе трубопроводы в слое или трубы 40 могут быть удалены, а теплообмен может осуществляться полностью за счет тепла, поступающего из выхода 51 для отработанного газа, резонансной трубы 43 и/или диффузора 44.

Устройство, согласно настоящему изобретению, также может быть использовано для сушки материалов или нагревания воздуха. Например, система может быть использована как источник тепла на месте в установке загрузки угля для термической сушки угля. В данном случае возможны различные варианты выполнения системы, такие как псевдоожиженный слой с водяной рубашкой, охлаждаемые воздухом трубы, погруженные в псев-

доожженный слой и адиабатический псевдоожженный слой. Эти три варианта отличаются главным образом по способу охлаждения псевдоожжаемого слоя.

Вариант исполнения, предназначенный для сушки материала или нагревания воздуха в соответствии с настоящим изобретением, показан на фиг. 5, где одни и те же элементы имеют то же самое цифровое обозначение, что и на фиг. 3. Этот вариант раскрывает устройство, согласно изобретению, использующее высокий уровень избыточного воздуха, с тем, чтобы псевдоожженный слой действовал в режиме, близком к адиабатическому. Этот вариант использует существенные признаки парообразующего аппарата, описанного выше и показанного на фиг. 3, за исключением двухбарабанной парообразующей системы 57 на фиг. 3 и 4. Более того, сушка-нагревание воздуха может осуществляться без трубопроводов, погруженных в слой, или труб 40, представленных на фиг. 3.

Корпус 34 с огнеупорной футеровкой уменьшает потерю тепла, а расширенная надводная зона уменьшает скорость газа, увеличивает время газового резонанса и уменьшает отмучивание мелких частиц. Резонансная труба 43, окруженная водяной рубашкой 45, устраняет надобность в дорогостоящих сплавах для этого варианта. Более того, в этом варианте, предпочтительно, используют охлаждаемый водой распределитель 38 с целью свести к минимуму тепловые перепады и дренажное устройство 21 слоя для облегчения удаления породы и поддержания высоты слоя.

На фиг. 6 представлено импульсное устройство, используемое для подогрева воздуха и сушки материалов. Это устройство в сущности идентично устройству, представленному на фиг. 4, за исключением того, что отсутствует двухбарабанная парообразующая система 57, как показано на фиг. 4. Более того, погружаемые в слой трубы и трубопроводы 40, показанные на фиг. 4, также отсутствуют.

Настоящее изобретение может быть использовано также в устройстве для сжигания отходов, как показано на фиг. 7. Такое исполнение устройства включает средства 62 для подачи отходов, чтобы направлять их на верхнюю часть псевдоожженного слоя, и/или средства 63 для подачи отходов непосредственно в псевдоожженный слой в зависимости от характеристик используемых отходов. Резонансная труба 64 импульсной камеры 65 может быть расположена над корпусом 66, а не составлять единое целое с ним. Диффузор 67 может располагаться над зоной разбрызгивания псевдоожженного слоя, как показано на фиг. 7. Трубопровод 68 может завершать цепь между форсажной камерой 69 и частью резонансной трубы 64, расположенной над корпусом 66, чтобы обеспечить повышение давления по направлению к форсажной камере 69. Это позволяет увеличить смешивание в пределах надводной зоны реактивного корпуса.

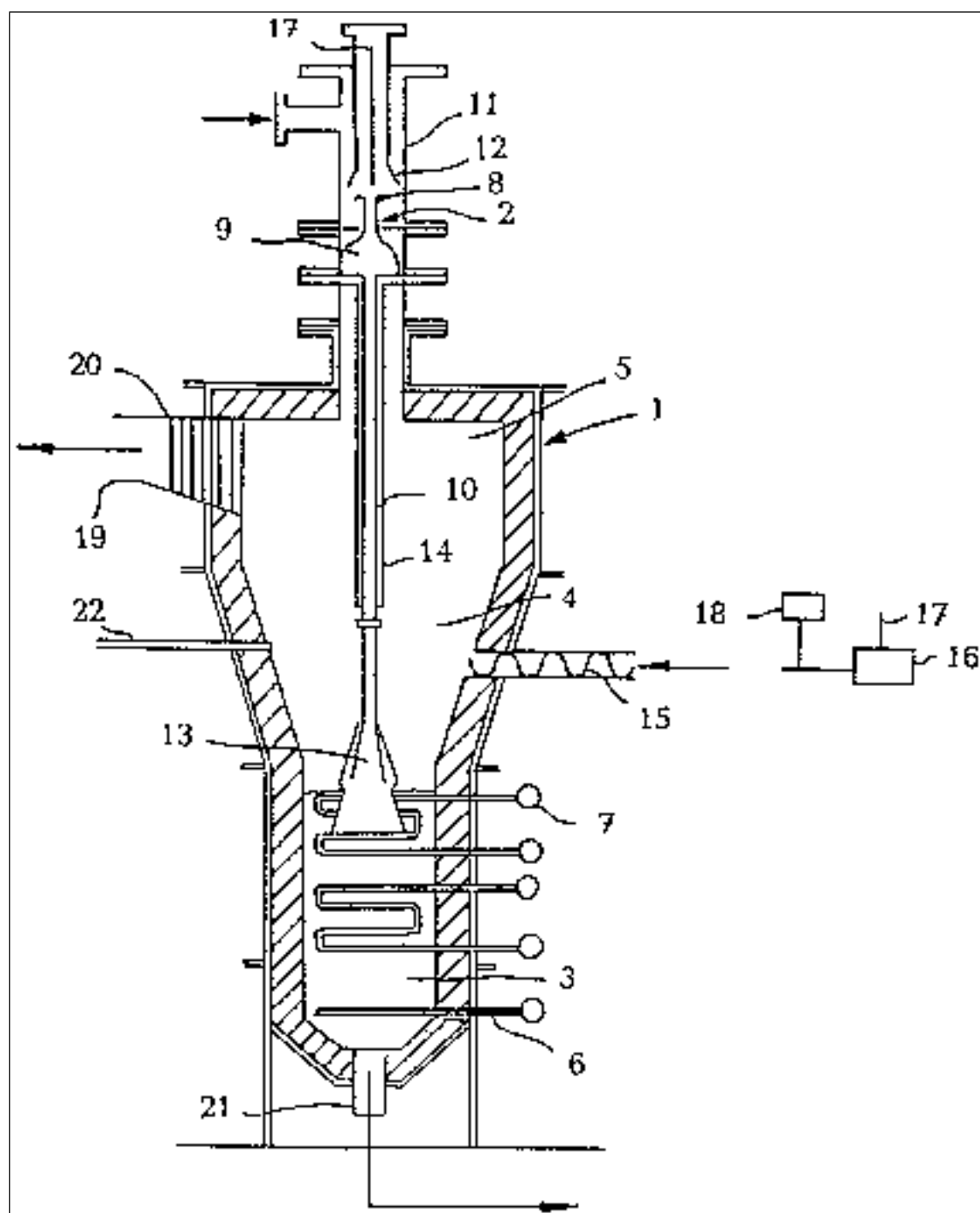
Как и в ранее описанных вариантах, устройство настоящего варианта включает распределительное средство 70 для поддержания псевдоожженного слоя в турбулентном состоянии, дренажную систему 71 слоя для удаления породы и золы, сепаратор твердых частиц - подогреватель 72 воздуха, средство для отделения твердых частиц от продуктов сгорания и возвращения продуктов к корпусу, включая выход 73 для отработанного газа и охлаждаемого водой циклона 74, предназначенного для захвата твердых частиц и регулирования температуры газа и твердых веществ таким образом, что происходит улавливание металлических паров.

На фиг. 8 представлена схема импульсного устройства для сжигания отходов с применением устройства, представленного на фиг. 7. Из-за возможных проблем эрозии и коррозии отработанных материалов в резонансной трубе и диффузоре, последние могут располагаться над псевдоожженным слоем. Кроме того, также из-за проблем эрозии и коррозии в этом устройстве не применяются погруженные в слой трубки. Подобно аппарату, представленному ранее на фиг. 4 и 5, распределительное средство 38 имеет наклонную конфигурацию для предупреждения образования мертвых зон твердого материала и более легкого удаления породы и агломерата из слоя.

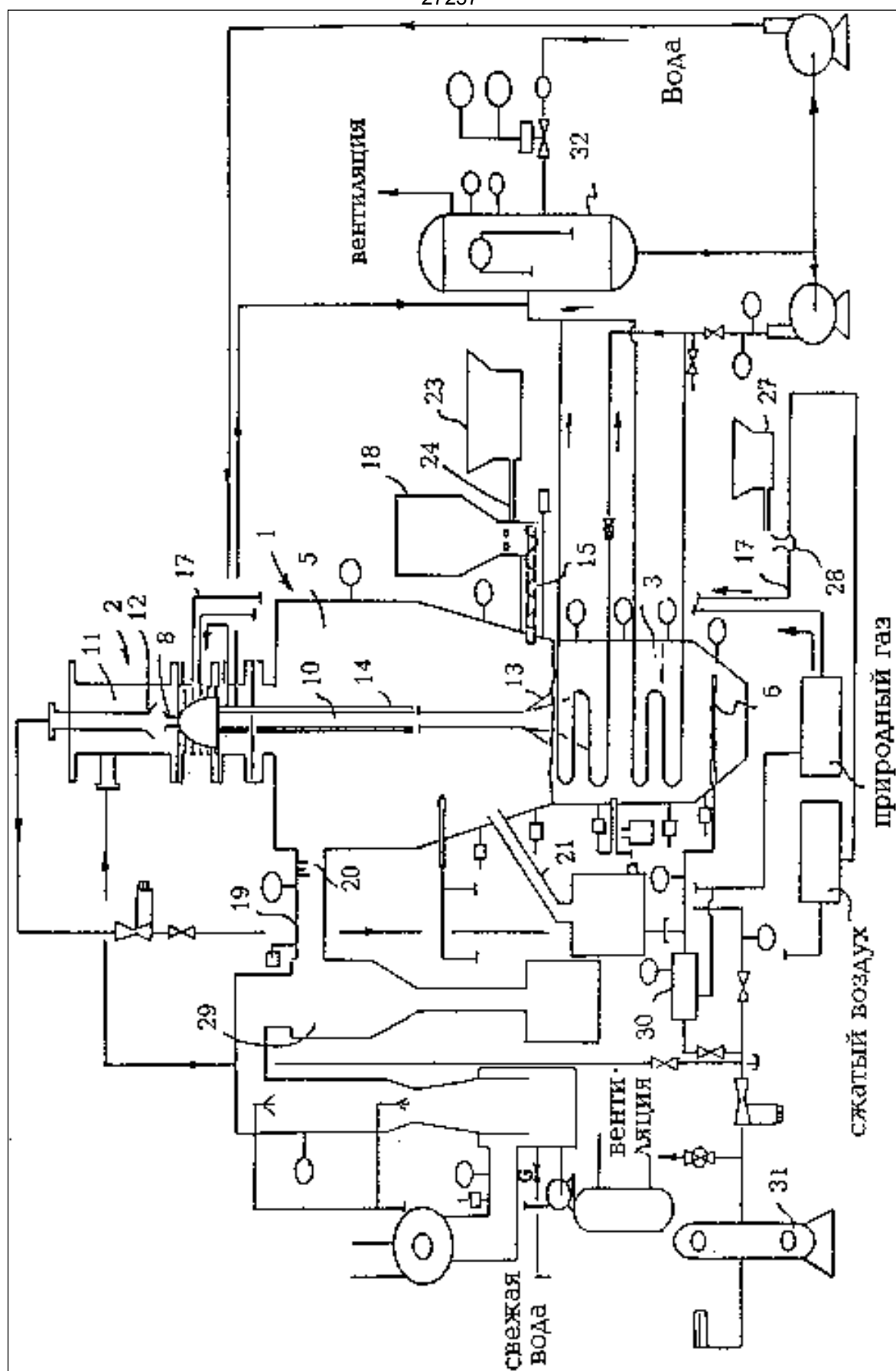
Настоящее изобретение может быть также использовано для эндотермических реакций, таких, как газификация, кальцинирование, пиролиз и реакций частичного окисления. Предназначенное для таких процессов устройство представлено на фиг. 9. Согласно этому варианту, устройство является абсолютно идентичным устройству, используемому для подогрева воздуха или сушки материалов, показанному на фиг. 5, и одни и те же элементы имеют то же самое цифровое обозначение. Однако, могут отсутствовать форсажная камера, обозначенная 42 на фиг. 5, или водяная рубашка 45, окружающая резонансную трубу 43 на фиг. 5. Кроме того, так же как и устройство, представленное на фиг. 7 для сжигания отходов, устройство для проведения эндотермических реакций может включать средство 75 для подачи материала псевдоожженного слоя или в зону над слоем, или средство 76 для подачи непосредственно в слой.

В подобных процессах слой состоит из твердого топлива и импульсная камера сгорания обеспечивает прямое эндотермическое тепло реакции для производства таких продуктов, как синтетические топливные газы, кальцинированные продукты и т.д. В каждом из описываемых здесь вариантов терминальный конец импульсной камеры сгорания, или свободный конец резонансной трубы, или диффузор могут выступать в слой материала или располагаться вне этого слоя.

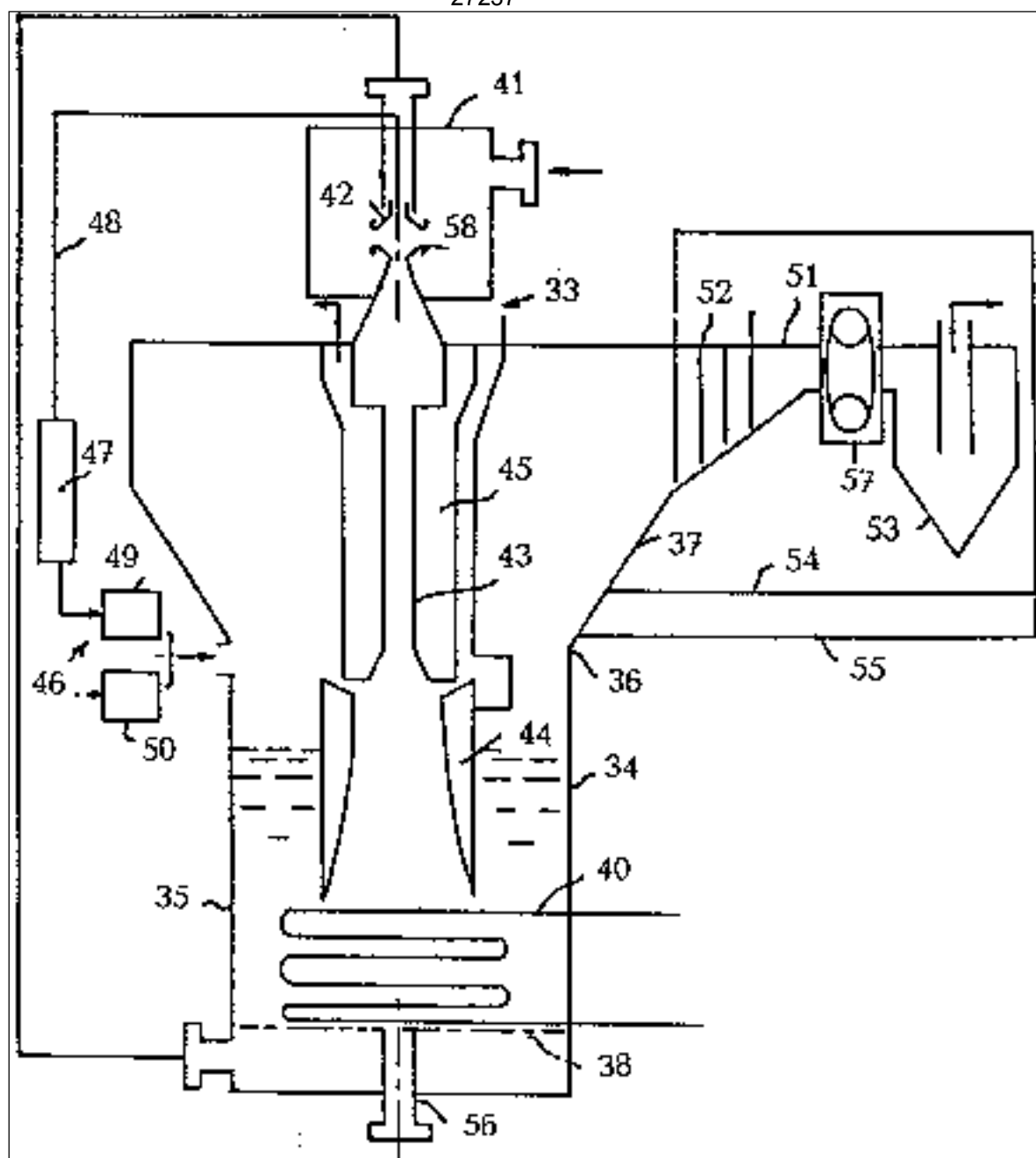
Несмотря на то, что варианты настоящего изобретения описаны здесь с использованием специфических терминов, устройств, концентраций и способов, подобное описание имеет только иллюстративную цель. Более того, специалисты данной области поймут, что компоненты каждого из отдельных вариантов, описанных здесь, являются взаимозаменяемыми, в зависимости от специфики желаемой функции. Используемые термины играют только описательную роль, а не ограничительную. Следует отметить, что различные изменения и вариации могут быть произведены без отступления от замысла и области применения заявленного изобретения.



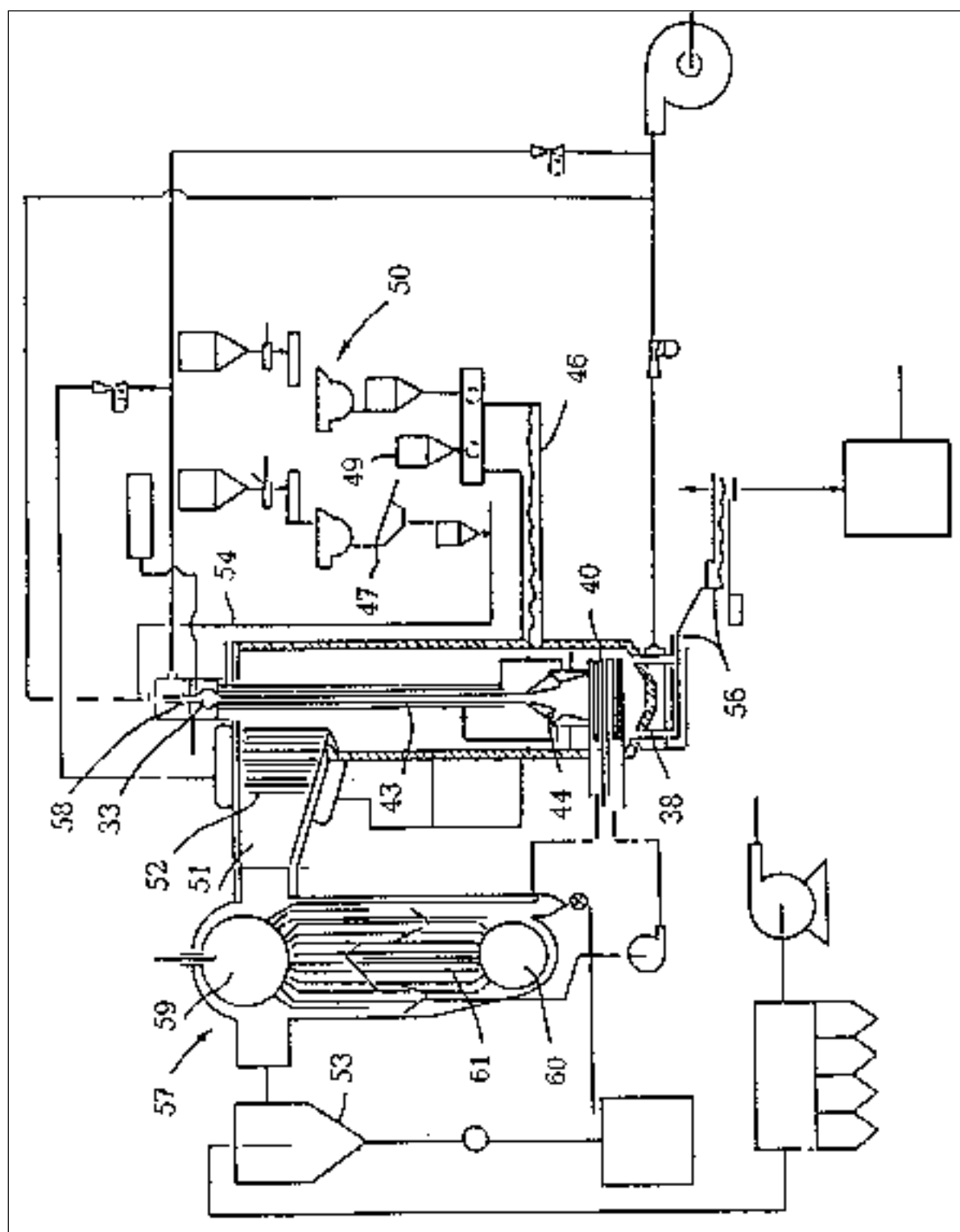
Фиг. 1



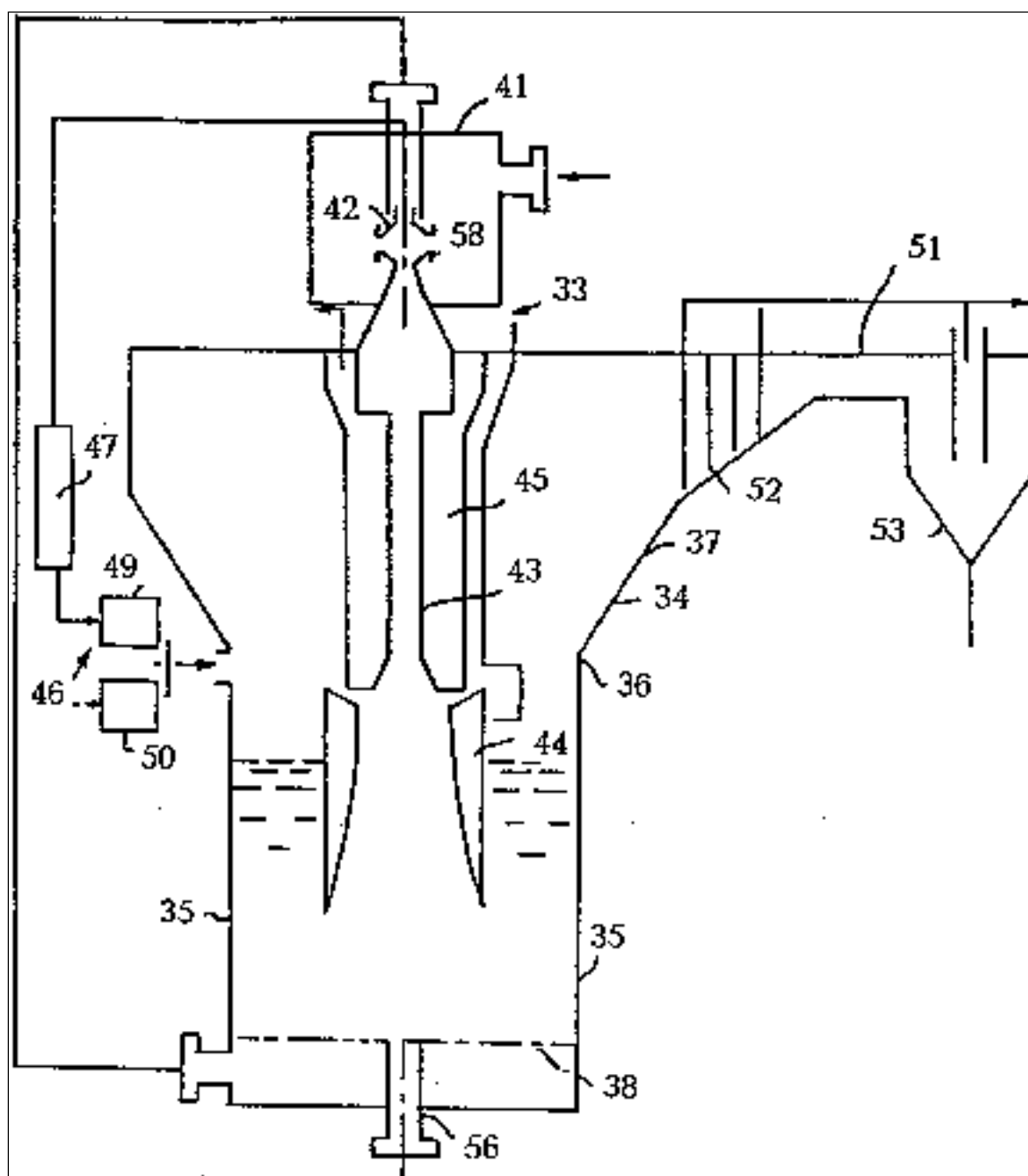
Фиг. 2



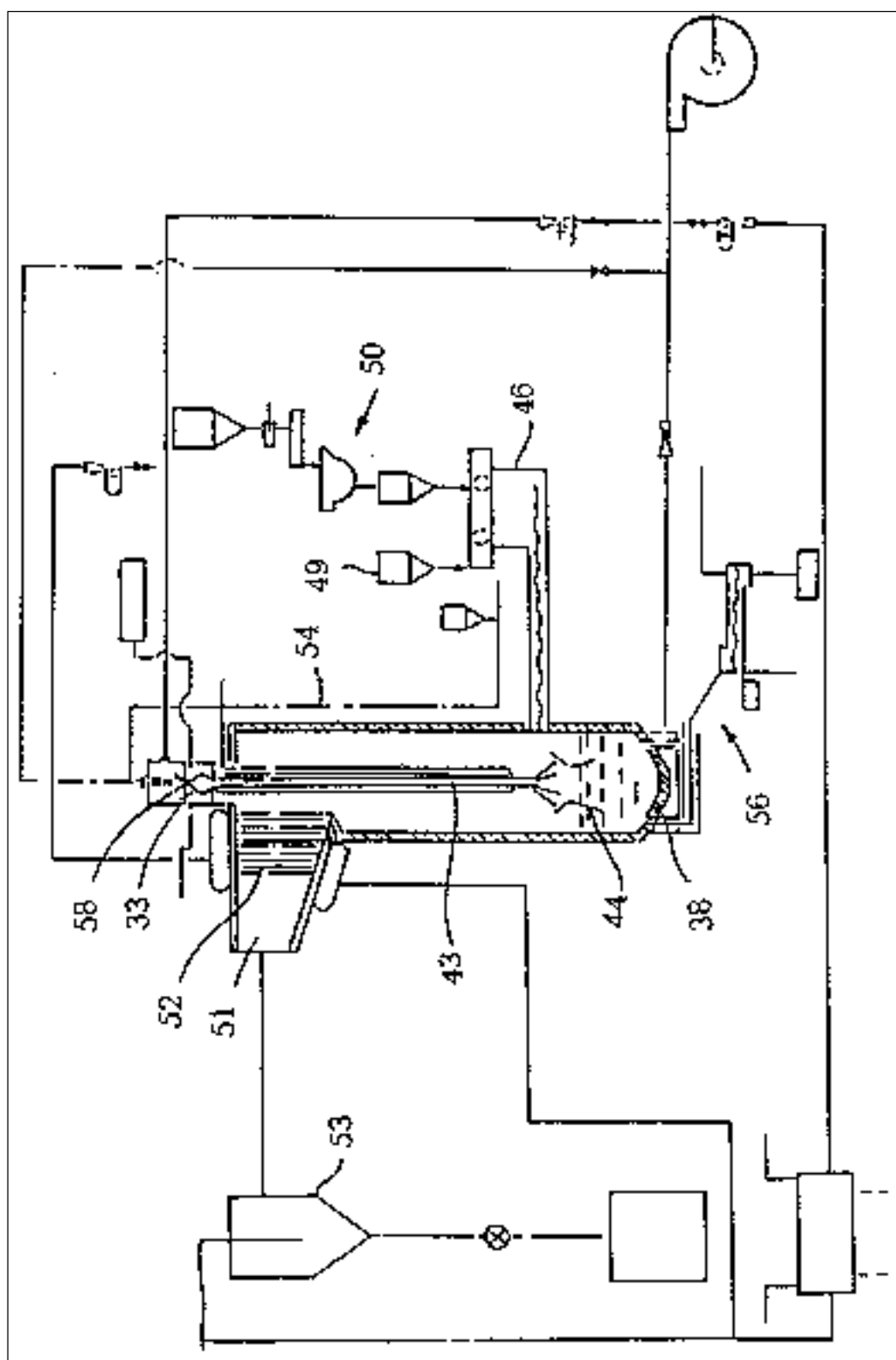
Фиг. 3



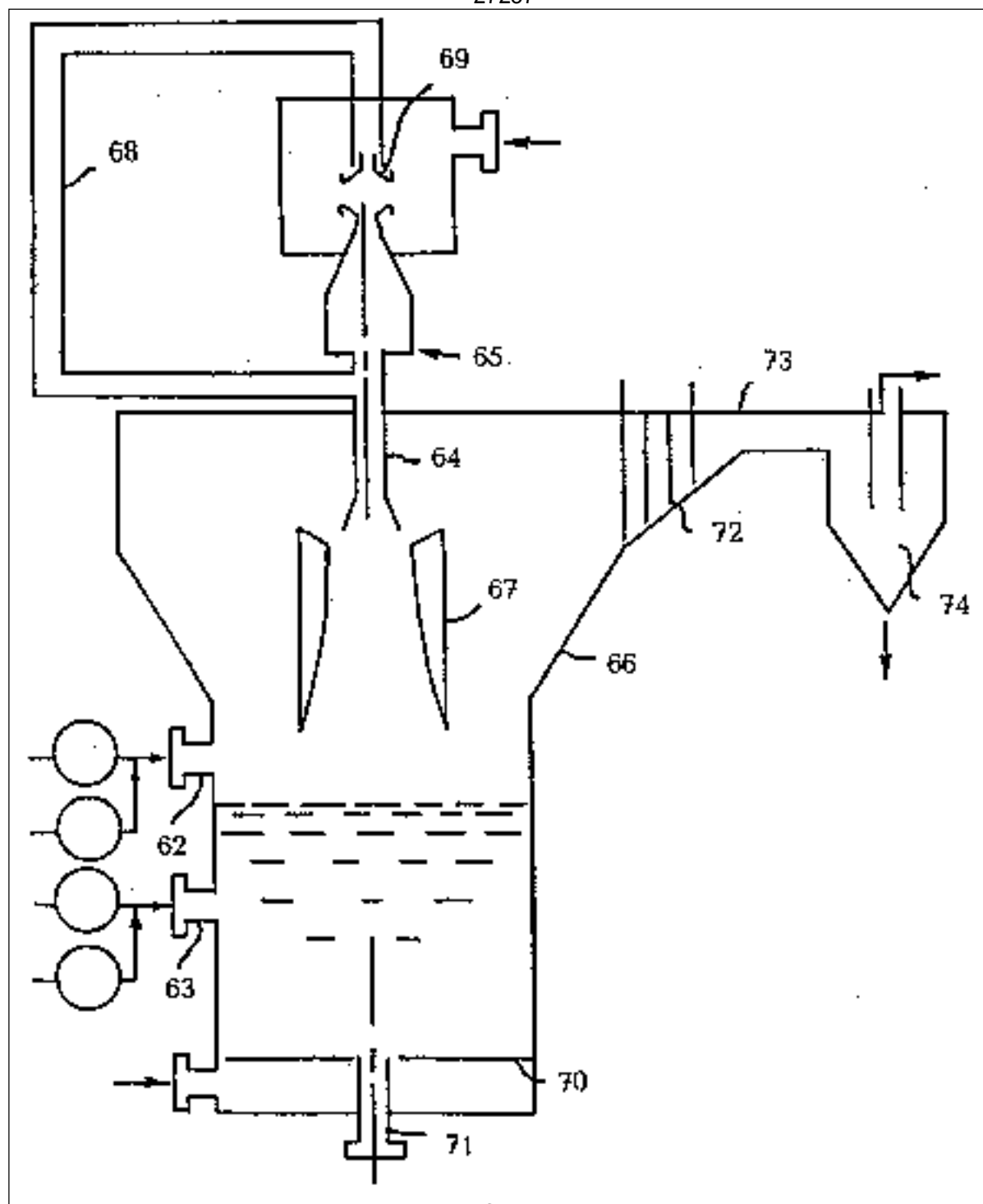
Фиг. 4



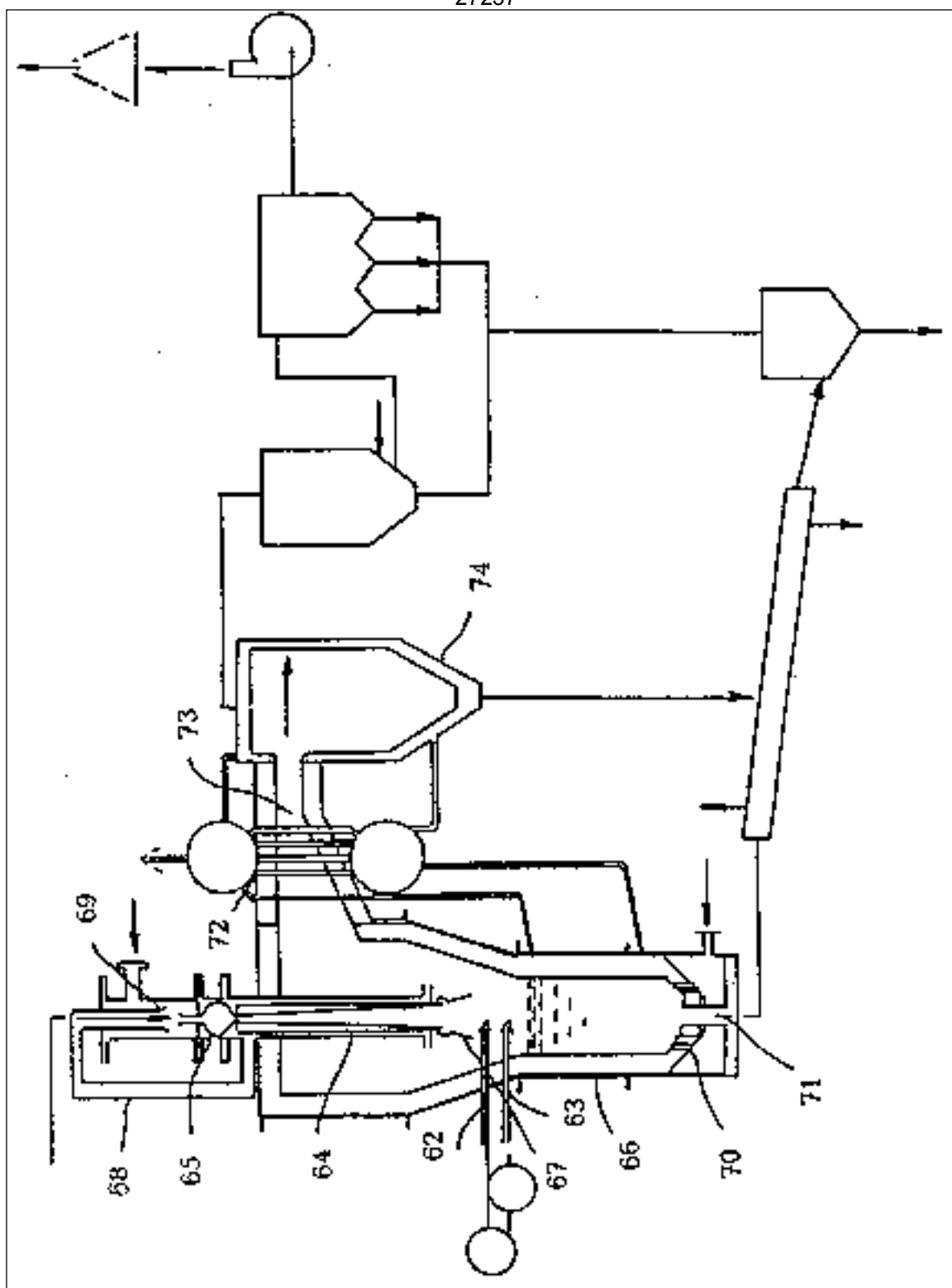
Фиг. 5



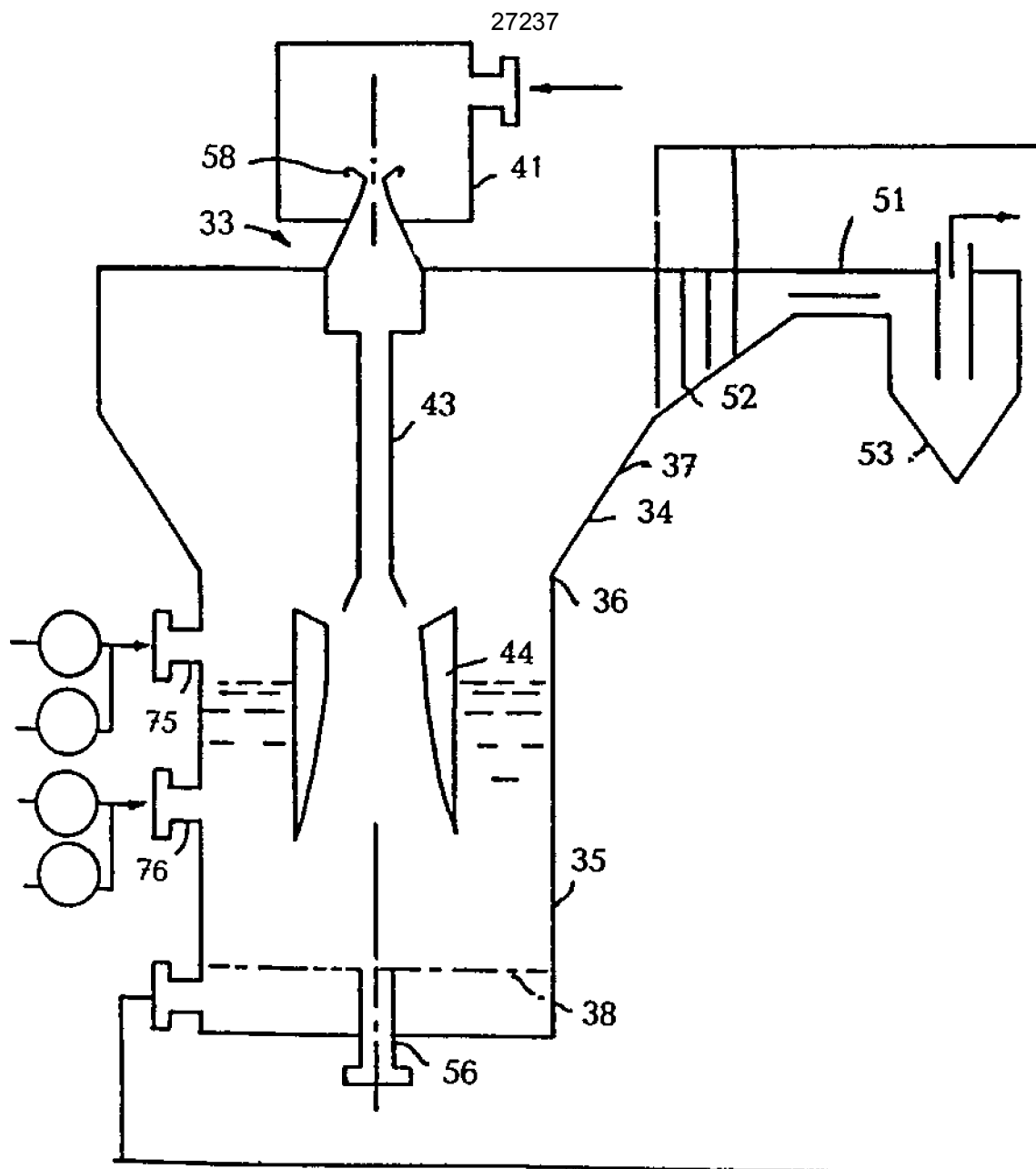
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

Тираж 50 екз.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

Україна, 01133, м. Київ-133, бул. Л. Українки, 26

(044) 295 – 81 – 42

(044) 295 – 61 – 97