



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 152 017** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁷ **G 01 N 1/22**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 98123475/12, 17.12.1998

(24) Дата начала действия патента: 17.12.1998

(46) Дата публикации: 27.06.2000

(56) Ссылки: Байбаков Ф.Б. и др. Контроль примесей в сжатых газах. - М.: Химия, 1989, с.127, рис.7.3. SU 1098958 A1, 23.06.1984. SU 1702227 A1, 30.12.1991. SU 1651138 A1, 23.05.1991. RU 2106614 C1, 10.03.1998. US 3699814 A1, 24.10.1972. EP 0344618 A2, 06.12.1989.

(98) Адрес для переписки:
121059, Москва, Бережковская наб. 22, КБОМ

(71) Заявитель:

Конструкторское бюро общего машиностроения

(72) Изобретатель: Елисеев В.Г.,

Климов В.Н., Байбаков Ф.Б., Рахманов
Ж.Р., Сборец В.П., Чумаченко Г.Ф.

(73) Патентообладатель:

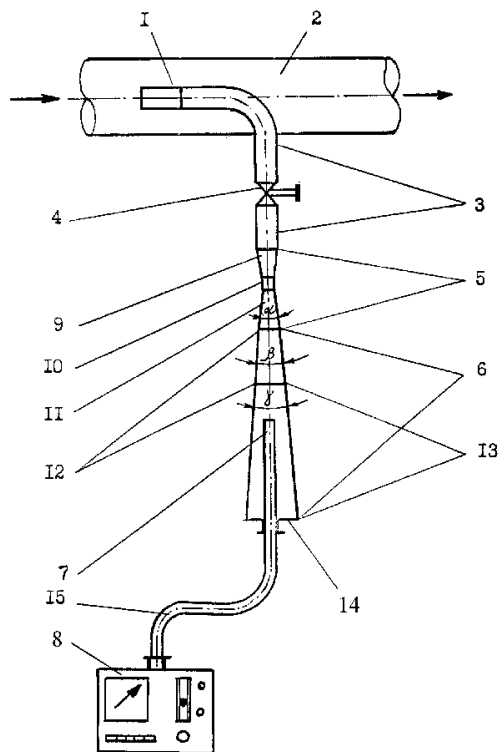
Конструкторское бюро общего машиностроения

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ ГАЗОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Устройство для отбора проб газов высокого давления может быть использовано для анализа и контроля содержания механических твердодисперсных частиц (примесей) в сжатых газах (в воздухе, азоте, гелии, водороде, аргоне, неоне, ксеноне, кислороде и других газах), применяемых в ракетно-космической технике, авиации, машиностроении и в других отраслях народного хозяйства. Устройство содержит зонд, соединенную с ним пробозаборную трубку с запорным вентилем, дроссель, коническую камеру, пробозаборный патрубок и анализатор пробы. Дроссель выполнен в виде комбинированного сопла, состоящего из последовательно соединенных входной конфузорной, цилиндрической и выходной диффузорной частей. Коническая камера выполнена составной с верхней частью, переходящей в диффузорную часть комбинированного сопла, и нижней, открытой в основании. Угол конусности диффузорной части α комбинированного сопла равен углу конусности β верхней части конической камеры и не превышает 6° . Угол конусности γ нижней части конической камеры не более 15° . Пробозаборный патрубок выполнен с возможностью осевого перемещения в конической камере. Устройство позволяет получить представительную пробу газа при высоких

давлениях и скоростях газового потока. Устройство обеспечивает надежность и точность анализа. 1 ил.



RU 2 152 017 C1

RU 2 152 017 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 152 017** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁷ **G 01 N 1/22**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 98123475/12, 17.12.1998

(24) Effective date for property rights: 17.12.1998

(46) Date of publication: 27.06.2000

(98) Mail address:
121059, Moskva, Berezhkovskaja nab. 22, KBOM

(71) Applicant:
Konstruktorskoe bjuro obshchego
mashinostroenija

(72) Inventor: Eliseev V.G.,
Klimov V.N., Bajbakov F.B., Rakhmanov
Zh.R., Sborets V.P., Chumachenko G.F.

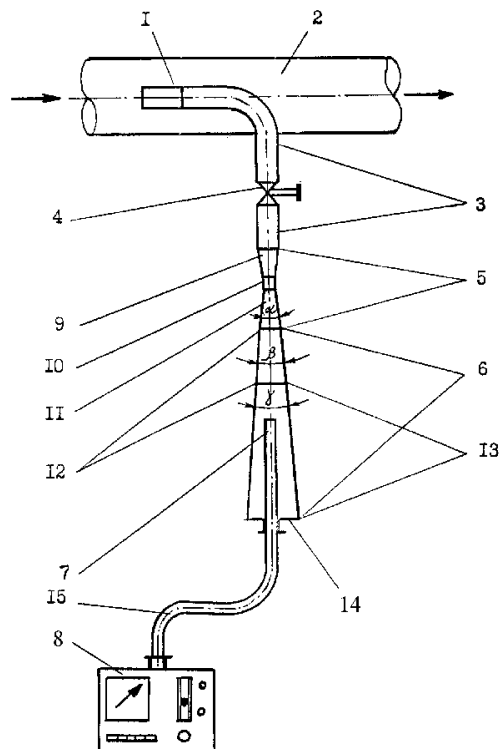
(73) Proprietor:
Konstruktorskoe bjuro obshchego
mashinostroenija

(54) **DEVICE TO TAKE SAMPLES OF HIGH-PRESSURE GASES**

(57) Abstract:

FIELD: analysis and check of content of solid-dispersive particles in compressed gases. SUBSTANCE: device to take samples of high-pressure gases can be used to analyze and check content of mechanical solid-dispersed particles (impurities) in such compressed gases as air, nitrogen, helium, hydrogen, argon, neon, xenon, oxygen and other gases employed in rocket engineering, aircraft industry, mechanical engineering and some other branches of economy. Device includes sonde, sampling tube with stop valve linked to it, throttle, conical chamber, sample-taking branch pipe and sample analyzer. Throttle comes in the form of combined nozzle composed of inlet confuser, cylindrical and outlet diffuser parts joined in sequence. Conical chamber is sectional whose upper part transforms into diffuser part of combined nozzle and whose lower part is open in base. Conicity angle α of diffuser part of combined nozzle equals conicity angle β of upper part of conical chamber and does not exceed 6 degrees. Conicity angle γ of lower part of conical chamber is not more than 15 degrees. Sample-taking branch pipe is mounted for axial movement in conical chamber. EFFECT: device makes it possible to obtain representative sample of gas under high

pressure and velocity of gas stream, it ensures reliability and accuracy of analysis. 1 dwg



RU 2 1 5 2 0 1 7 C 1

RU 2 1 5 2 0 1 7 C 1

Изобретение относится к технике отбора проб газов высокого давления и может быть использовано для анализа и контроля содержания механических твердо-дисперсных частиц (примесей) в сжатых газах (в воздухе, азоте, гелии, водороде, аргоне, неоне, ксеноне, кислороде и других газах), применяемых в ракетно-космической технике, авиации, машиностроении и в других отраслях народного хозяйства.

Известны устройства для отбора проб газов, содержащие зонд, запорный вентиль, отборную трубку, коническую камеру с закрытым основанием и боковыми отверстиями, соединенными через вентиль и байпасную линию с ротаметром, пробоотборный патрубков, установленный соосно в конической камере с возможностью осевого перемещения и соединенный через цилиндрическую камеру и запорный вентиль с анализатором - счетчиком аэрозольных частиц (SU 819613, кл. G 01 N 1/22, 09.04.81, ГОСТ 3022-70, с. 4) (1, 2).

К достоинствам этих устройств относятся несложность конструкции, простота и быстрота отбора проб газов, а также возможность осевого перемещения пробоотборного патрубка, что расширяет область применения устройства.

Однако известные устройства имеют существенные недостатки. Основные из них следующие:

- сложность оперативной регулировки расходов путем маневрирования вентилями на байпасной и аналитической линиях (путем открывания, закрывания). Помимо усложнения условий эксплуатации это обстоятельство не обеспечивает

- необходимую надежность работы устройства;
- перераспределение расходов и скоростей при маневрировании вентилями, в результате чего вместо изокINETического (с равными средними скоростями) движения дисперсной среды в аналитической и байпасной линиях имеет место анизокINETическое движение (с неравными средними скоростями). Следовательно, согласно действующим стандартам США и России, определяющим современный мировой уровень в данной области техники, концентрация отобранных частиц не равна концентрации твердодисперсной среды в основном потоке в газовой магистрали; поэтому эти устройства не отвечают критериям изокINETичности, представительности пробы, точности и надежности анализа;

- при закрытом основании конической камеры появляется возможность оседания частиц в объеме и на внутренней поверхности основания, так как объем вблизи основания представляет собой своего рода отстойник (застойная зона), где скорость потока равна нулю, что снижает точность и достоверность анализа;

- при истечении дисперсной среды через боковые отверстия, расположенные под углом 90° к оси потока, из-за влияния действующих сил (инерционной, центробежной, объемной и др.) не исключается вероятность проскока частиц мимо отверстий, в итоге возможно скопление их в основании конической камеры, что снижает объективность и точность анализа;

- наличие цилиндрической камеры и

запорного вентиля перед анализатором вызывает осаждение в них частиц еще до входа частиц в анализатор, что вносит существенное искажение в результаты анализа (Стандарт США FED-STD-209E, сентябрь 11, 1992, ГОСТ Р 50766-95) (3, 4).

Известно устройство для отбора проб газов, содержащее газовую магистраль, зонд, коническую камеру, отборную трубку и анализатор (SU 180411, кл. G 01 N 1/22, 1966) (5).

К преимуществам этого устройства относится возможность использования в качестве анализатора аналитического фильтра, осадительной колонки и фотоэлектрического счетчика.

Основным недостатком данного устройства является то, что в нем не обеспечивается изокINETичность отбора проб газов, поскольку нет равенства между средними скоростями течения в отборной трубке и в газовой магистрали.

Кроме того, при малых скоростях анализируемого газа происходит осаждение примесей в отборной трубке. Все это в значительной степени снижает достоверность результатов анализа и представительность пробы.

Известно устройство для отбора пробы сжатого воздуха на фильтрующее устройство, содержащее газовую магистраль, зонд, запорный вентиль, манометр, термометр, ротаметр, регулирующий вентиль, фильтрующий элемент и дроссель на выходном штуцере (Байбаков Ф.Б. и др. Контроль примесей в сжатых газах, Москва, "Химия", 1989, с. 140, рис. 7.17) (6).

Преимуществом этого устройства является его конструктивная простота, а основным недостатком - возможность изменения в процессе отбора пробы не только концентрации, но и дисперсного состава, так как более крупные частицы, как показали испытания, осаждаются на стенках пробоотборной трубки, а субмикронные частицы проскакивают через контрольный фильтр [6].

Установка дросселя на выходном штуцере нарушает условие изокINETичности отбора пробы и снижает достоверность результатов.

Известно также устройство для отбора пробы газа, содержащее газовую магистраль, зонд, запорный вентиль, пробоотборную трубку, коническую камеру, пробоотборный ввод, регулирующие вентили, ротаметры, фильтрующий элемент, аналитический прибор и регулируемый дроссель на выходе из аналитического прибора (6) (с. 141, рис. 7.18).

Анализ работы данного устройства показывает, что оно обладает двумя крупными недостатками. Первый из них - отсутствие дополнительного устройства, например, дросселя для понижения давления газа до допустимого, безопасного значения для аналитического прибора. Понижение давления посредством конической камеры не гарантирует получение необходимого минимального расхода и допустимого давления на входе в пробоотборный ввод, в результате чего аналитический прибор может быть выведен из строя.

Второй недостаток - нарушение условий изокINETичности отбора проб газов в процессе регулирования расхода газа с помощью регулировочных вентиляей.

Кроме того, коническая камера с закрытым основанием практически превращается в отстойник для осаждения частиц.

Все это, безусловно, снижает достоверность результатов анализа.

Дальнейший анализ патентов и научно-технической литературы показал, что наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту является устройство для отбора проб газов высокого давления, содержащее зонд, соединенную с ним пробоотборную трубку с запорным вентилем, дроссель, установленный в пробоотборной трубке, коническую камеру, пробоотборный патрубок, встроенный в корпусе анализатора пробы [6, стр. 127, рис. 7.3].

Это устройство выбрано нами в качестве прототипа заявляемого изобретения.

К достоинствам прототипа относятся малые габариты, простота конструкции и быстрота отбора проб газов.

Главными недостатками прототипа являются следующие:

- короткий пробоотборный патрубок, неподвижно установленный в корпусе анализатора соосно с конической камерой, позволяет провести отбор пробы газа только при одном значении расхода или средней скорости газового потока в магистральном трубопроводе.

При других же значениях расхода или средней скорости происходит нарушение изокINETИЧНОСТИ отбора пробы, что снижает достоверность результатов анализа и сужает область применения устройства;

- высокое сопротивление байпасных отверстий конической камеры может вызвать в ней повышение давления, опасное для прочности анализатора;

- открытые байпасные отверстия способствуют возможному отложению пыли, грязи и попаданию атмосферного воздуха в полости конической камеры и анализатора, что может вызвать загрязнение отбираемых проб;

- в зависимости от начальной температуры и начального давления газового потока в магистральном трубопроводе после дросселирования в дросселе и расширения его в конической камере в полость анализатора проба газа поступает с более низкой или отрицательной температурой, что прямо или косвенно снижает достоверность анализа и представительность пробы, отрицательно влияет на надежность, долговечность и работоспособность анализатора.

Задачей предлагаемого изобретения является обеспечение изокINETИЧНОСТИ, представительности, точности и надежности отбора проб газов при высоких давлениях и скоростях газового потока в магистральном трубопроводе путем одновременного понижения давления и скорости газа до допустимых значений на входе в анализатор.

Поставленная техническая задача решается тем, что в устройстве для отбора проб газов высокого давления, содержащем зонд, соединенную с ним пробоотборную трубку с запорным вентилем, дроссель, коническую камеру, пробоотборный патрубок и анализатор пробы, согласно изобретению, дроссель выполнен в виде комбинированного сопла, состоящего из последовательно соединенных входной конфузорной,

цилиндрической и выходной диффузорной частей, а коническая камера выполнена составной с верхней частью, переходящей в диффузорную часть комбинированного сопла, и нижней, - открытой в основании, причем оптимальный угол конусности диффузорной части α комбинированного сопла равен углу конусности β верхней части конической камеры и не превышает 6° , а угол конусности γ нижней части конической камеры не более 15° , при этом пробоотборный патрубок выполнен с возможностью осевого перемещения в конической камере ($0 < \alpha < 6^\circ$; $\beta = \alpha$; $0 < \gamma < 15^\circ$).

Авторам предлагаемого изобретения не известны аналогичные технические решения, в связи с чем, по мнению авторов, заявляемая совокупность признаков соответствует критерию изобретения "существенные отличия".

Сущность изобретения поясняется чертежом, где показано устройство для отбора проб газов высокого давления.

Устройство для отбора проб газов высокого давления содержит зонд 1, установленный в магистральном трубопроводе 2, соединенную с зондом 1 пробоотборную трубку 3 с запорным вентилем 4, дроссель 5 (позицией 5 обозначено начало и конец дросселя), коническую камеру 6 (обозначено начало и конец), пробоотборный патрубок 7 и анализатор пробы 8.

Дроссель 5 выполнен в виде комбинированного сопла, состоящего из последовательно соединенных входной конфузорной 9, цилиндрической 10 и выходной диффузорной 11 частей.

Коническая камера 6 включает верхнюю часть 12 (обозначено начало и конец), переходящую в диффузорную часть 11 комбинированного сопла 5, и нижнюю 13 (обозначено начало и конец), - открытую в основании 14.

При транспортировке и хранении устройства основание 14 закрывают крышкой (не показана). При работе устройства крышку открывают.

Оптимальный угол конусности α диффузорной части 11 комбинированного сопла 5 равен углу конусности β верхней части 12 конической камеры 6 и не превышает 6° , а угол конусности γ нижней части 13 конической камеры 6 не более 15° ($0 < \alpha < 6^\circ$; $\beta = \alpha$; $0 < \gamma < 15^\circ$).

Пробоотборный патрубок 7 выполнен с возможностью осевого перемещения в конической камере 6 и соединен с анализатором пробы 8 посредством трубки 15. (Узлы крепления элементов конструкции условно не показаны, так как они составляют предмет новой заявки).

При работе устройства отбор проб газов производят следующим образом.

Открывают крышку нижнего основания 14 конической камеры 6. Затем открывают полностью запорный вентиль 4.

При этом поток газа с твердыми частицами, поступающий в зонд 1, имеет те же скорость и направление, что и основной поток с твердыми частицами в магистральном трубопроводе 2, то есть на входе в зонд 1

обеспечивается изокинетичность отбора пробы газа (при равенстве средних скоростей течения на входе в зонд 1 и в магистральном трубопроводе 2).

Затем, принимая во внимание заданный расход или заданную среднюю скорость газового потока через пробозаборный патрубок 7, устанавливают входное сечение пробозаборного патрубка в таком сечении конической камеры 6, при котором соотношение их площадей поперечных сечений строго обеспечивает изокинетический отбор пробы газа (при равенстве средних скоростей в этом сечении камеры и в пробозаборном патрубке). После этого производят измерение концентрации твердых частиц в пробе газа с помощью анализатора.

Следует отметить, что все современные анализаторы, выпускаемые в России, СНГ, США, Франции, Англии, Китае, Японии и в других странах, предназначены в основном для контроля аэрозольного загрязнения атмосферы, поэтому работоспособны лишь при давлениях, близких к атмосферному (101325 Па).

Для контроля чистоты сжатых газов в магистральных трубопроводах систем газоснабжения высокого давления (до 40 МПа) необходимо понизить параметры контролируемого газа (давление, скорость) до допустимых значений на входе в анализатор. При этом должен быть обеспечен и требуемый температурный режим работы анализатора.

Предлагаемое устройство, как показали экспериментальные исследования, обеспечивает надежный отбор проб газов высокого давления.

Истечение газа с твердыми частицами через комбинированное сопло происходит при сверхкритических перепадах давлений.

При этом дозвуковой поток из магистрального трубопровода 2 через зонд 1, пробоотборную трубку 3 и запорный вентиль 4 поступает в конфузорную часть 9 сопла 5. Здесь дозвуковой поток постепенно ускоряется и в цилиндрической части 10 скорость его достигает критического значения, равного местной скорости звука.

Цилиндрическая часть 10 сопла 5 выполняет функции струевыпрямителя, поток спрямляется и при этом характеристики течения улучшаются: векторное поле (поле скоростей), поле давлений и распределение дисперсных частиц становятся равномерными по сечению, величина и направление скоростей в различных точках сечения не изменяются с течением времени, линии тока прямолинейны и параллельны оси сопла, поток стабилизируется, что улучшает работу устройства.

В этом заключается смысл цилиндрической части сопла.

В выходной диффузорной части 11 сопла 5 поток приобретает сверхзвуковую скорость, а давление непрерывно снижается, возникают скачки уплотнения.

Для усиления взаимодействия скачков уплотнения с пограничным слоем, возникающим на внутренней поверхности диффузорной части 11 сопла 5, при котором интенсивно гасятся скачки уплотнения, а также для обеспечения равномерного распределения дисперсной среды,

повышения плавности, безотрывности течения потока от стенок и уменьшения длины диффузорной части сопла, оптимальный угол конусности α диффузорной части сопла по экспериментальным данным выбран равным не более 6° ($0,105 \text{ рад}$) ($0 < \alpha < 6^\circ$).

После прямого скачка уплотнения скорость потока становится дозвуковой.

Для исключения застойных зон, вихреобразования и обеспечения равномерности распределения дисперсной среды, повышения плавности и безотрывности течения потока верхняя часть конической камеры переходит в диффузорную часть комбинированного сопла с тем же углом конусности β не превышающим 6° ($\alpha = \beta$).

Оптимальный угол конусности γ нижней части конической камеры, при котором обеспечивается плавное, безотрывное течение потока с минимальными потерями энергии и достигается приемлемая длина конической камеры, как показывают эксперименты, не превышает 15° ($262,5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$) [7, 9 и др.] ($0 < \gamma < 15^\circ$).

Благодаря тому, что пробозаборный патрубок 7 выполнен с возможностью осевого перемещения в конической камере, устройство становится универсальным и работоспособным в широких диапазонах расходов и скоростей в магистральном трубопроводе 2.

Чем меньше средняя скорость потока или расход газа в магистральном трубопроводе, тем выше должен быть установлен пробозаборный патрубок в конической камере и, наоборот, чем больше вышеуказанные параметры (скорость, расход), тем ниже.

Важной конструктивной особенностью предлагаемого устройства для отбора проб газов высокого давления является то, что из проточной части исключены такие местные сопротивления, как внезапное сужение, внезапное расширение, резкий поворот на угол 90° и устранены условия возникновения отрывного и обратного течений.

В проточной части (особенно после запорного вентиля) один участок плавно переходит в другой, и в ней нет мест, где могли бы задерживаться или скапливаться твердые частицы. Все это обеспечивает требуемую представительность пробы, надежность и точность анализа.

Сравнительная оценка эффективности и надежности работы предлагаемого устройства с известными устройствами, созданными за последние годы в таких странах, как Россия, СНГ, США, Великобритания, ФРГ, Франция, Китай, Япония и др., показывает, что предлагаемое устройство по достигнутому техническому уровню значительно превышает современный мировой уровень и отвечает критериям изобретения.

Как показали многочисленные испытания предлагаемого устройства, оно обеспечивает одновременное понижение давления и скорости газового потока от высоких значений, имеющих место в магистральном трубопроводе, до значений, допустимых на входе в анализатор. При этом температура газа на входе в анализатор находилась в допустимых пределах. (Отчет по испытанию

штатного устройства для проб отбора газов высокого давления, М., КБОМ, 1998).

Анализ результатов испытаний показал, что предлагаемое устройство полностью отвечает критериям:

- изокINETичности отбора проб газов при равенствах средних скоростей потока: на входе в зонд и в магистральном трубопроводе; на входе в пробозаборник и в соответствующем сечении конической камеры;

- представительности отбора пробы;
- точности и надежности отбора проб газов при высоких давлениях и скоростях газового потока в магистральном трубопроводе.

При испытаниях в качестве анализатора были использованы приборы:

- анализатор аэрозольного загрязнения атмосферы ПК-ГТА, выпуск 1998 г., Россия, г. Выборг;

- Hiac/ROYCO INSTRUMENTS DIVISION MODEL 227 (Пятиканальный прибор "Ройко", США).

Таким образом, из приведенных обоснований существенных признаков заявляемого изобретения следует, что предлагаемая совокупность признаков, изложенных в формуле изобретения, позволяет получить существенный положительный эффект, а именно: обеспечить изокINETичность, представительность, точность и надежность отбора проб газов при высоких давлениях и скоростях газового потока в магистральном трубопроводе путем одновременного понижения давления и скорости газа до

допустимых значений на входе в анализатор.

Предполагаемое изобретение использовано заявителем в полном объеме при создании устройства для отбора проб газов высокого давления с целью контроля чистоты сжатого воздуха, подаваемого системой СМ 1020 на термостатирование космического аппарата "Икар" на стартовой позиции.

Система СМ 1020 прошла автономные и комплексные испытания.

Формула изобретения:

Устройство для отбора проб газов высокого давления, содержащее зонд, соединенную с ним пробозаборную трубу с запорным вентилем, дроссель, коническую камеру, пробозаборный патрубок и анализатор пробы, отличающееся тем, что дроссель выполнен в виде комбинированного сопла, состоящего из последовательно соединенных входной конфузорной, цилиндрической и выходной диффузорной частей, а коническая камера выполнена составной с верхней частью, переходящей в диффузорную часть комбинированного сопла, и нижней, открытой в основании, причем оптимальный угол конусности диффузорной части α комбинированного сопла равен углу конусности β верхней части конической камеры и не превышает 6° , а угол конусности γ нижней части конической камеры не более 15° , при этом пробозаборный патрубок выполнен с возможностью осевого перемещения в конической камере.