

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044614**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.09.15

(51) Int. Cl. *F04F 5/14* (2006.01)
F25J 3/00 (2006.01)

(21) Номер заявки
202390989

(22) Дата подачи заявки
2023.04.26

(54) **ЭЖЕКТОРНАЯ УСТАНОВКА**

(31) **2022113627**

(32) **2022.05.20**

(33) **RU**

(43) **2023.09.13**

(56) RU-U1-150781
RU-U1-120163
US-A-3885891
RU-C1-2133884
RU-C1-2142076

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
"АЭРОГАЗ" (RU)**

(72) Изобретатель:
Имаев Салават Зайнетдинович (RU)

(74) Представитель:
Котлов Д.В., Яшмолкина М.Л. (RU)

(57) Изобретение относится к эжекторным установкам, предназначенными для сжатия низконапорных газов за счет энергии высоконапорных газов и может быть использовано в любых отраслях, где имеется возможность смешения потоков, имеющих разное давление. Особый интерес предлагаемое решение имеет для объектов нефтегазовой отрасли, где избыточная энергия газоконденсатных, газовых или газонефтяных пластов может быть использована для сжатия низконапорных газов. При этом, эжектор может быть установлен, как непосредственно около скважин, для компримирования потоков из низконапорных скважин за счет энергии высоконапорных скважин, так и на установках комплексной подготовки газов (УКПГ) для сжатия низконапорных газов, образующихся при стабилизации конденсата или нефти. Эжекторная установка включает в себя основной эжектор, состоящий из входного патрубка высоконапорного газа и камеры подачи высоконапорного газа, сопла высоконапорного газа, патрубка подачи низконапорного газа, камеры подачи низконапорного газа, сопла низконапорного газа, камеры смешения, диффузора и камеры отбора смеси газов. Перед камерой подачи высоконапорного газа, внутри входного патрубка высоконапорного газа, установлены последовательно и аксиально завихритель, и секция отбора газожидкостного потока, секция отбора газожидкостного потока соединена каналом с камерой отбора смеси газов. Камера подачи высоконапорного газа, камера подачи низконапорного газа и камера отбора смеси газов подключены трубопроводами к соответствующим камерам по крайней мере двух дополнительных эжекторов, а в трубопроводах, соединяющих соответствующие камеры подачи высоконапорного газа и камеры отбора смеси газов основного и дополнительных эжекторов, установлены запорно-регулирующие краны. Изобретение позволяет повысить эффективность процесса эжекции низконапорного газа в эжекторной установке и повысить надежность эжекторной установки, при наличии в высоконапорном газе жидкой фракции.

044614
B1

044614
B1

Область техники

Изобретение относится к эжекторным установкам, предназначенными для сжатия низконапорных газов за счет энергии высоконапорных газов и может быть использовано в любых отраслях, где имеется возможность смешения потоков, имеющих разное давление. Особый интерес предлагаемое решение имеет для объектов нефтегазовой отрасли, где избыточная энергия газоконденсатных, газовых или газонефтяных пластов может быть использована для сжатия низконапорных газов. При этом, эжектор может быть установлен, как непосредственно около скважин, для компримирования потоков из низконапорных скважин за счет энергии высоконапорных скважин, так и на установках комплексной подготовки газов (УКПГ) для сжатия низконапорных газов, образующихся при стабилизации конденсата или нефти.

Уровень техники

Газовые эжекторы, устанавливаемые в нефтегазовой отрасли, обычно работают с природными или попутными газами, представляющими собой, в большинстве случаев, смесь углеводородов алканового ряда, воды, углекислого газа и инертных газов. В случае установки эжекторов на скважинах для компримирования газов из скважин с низким давлением с помощью избыточной энергии скважин с высоким давлением газа, поступающий в эжекторную установку природный газ содержит в себе обычно также углеводородный конденсат и воду.

Аналогичная ситуация и в случае использования эжекторов на установках комплексной подготовки газа (УКПГ), где эжектора обычно используются для сжатия газов стабилизации конденсата. В этом случае, даже если перед эжектором установлен сепаратор для удаления жидкой фазы из природного газа, после сепаратора газ течет в эжектор по трубопроводу, в котором за счет гидравлических потерь газ дросселируется и охлаждается за счет эффекта Джоуля-Томсона. При охлаждении происходит конденсация тяжелых фракций, содержащихся в природном газе, и таким образом на входе в эжектор газ содержит в себе жидкую фазу.

Наличие жидкой фазы на входе газовых эжекторов существенно снижает эффективность работы эжекторов, так как энергия высоконапорного газа дополнительно тратится на ускорение жидкой фазы и на дробление крупных капель.

Детально с процессом использования эжекторов на УКПГ можно ознакомиться в монографии (см. [1] Гриценко А.И., Истомина В.А., Кульков А.Н., Сулейманов Р.С. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России, - М.: Недра, 1999. -473 с).

Схема классического газового эжектора описана в многочисленных монографиях и состоит из входного патрубка высоконапорного газа и камеры подачи высоконапорного газа, сопла высоконапорного газа, патрубка подачи низконапорного газа, камеры подачи низконапорного газа, сопла низконапорного газа, камеры смешения, диффузора и камеры отбора смеси газов (см., например, фиг. 1). Детальное описание классического эжектора и методы расчета оптимальной геометрии газодинамических элементов классического газового эжектора представлены в монографии (см. [2] Аркадов Ю.К., Новые газовые эжекторы и эжекторные процессы. - М.: Физматлит, 2001). Недостатком такого эжектора является его низкая эффективность при наличии в высоконапорном газе капельной жидкой фазы. Другим недостатком такого эжектора является узкий диапазон нормальной работы эжектора при изменении расхода высоконапорного газа. Дело в том, что при изменении расхода газа изменяется скорость потока газа на выходе из высоконапорного сопла, что существенно влияет на эффективность эжектора.

Из уровня техники известен прямоточно-центробежный сепаратор (см. [3] патент РФ на изобретение №2125905, МПК В01D45/12, опубл. 10.02.1999), представляющий собой наружную цилиндрическую трубу с соосно встроенной сепарационной камерой в виде цилиндрической трубы, в которой перед перегородкой, разделяющей кольцевую полость на входную часть и коллектор сбора уловленной фазы, размещен тангенциальный завихритель, а на выходе из сепарационной камеры - патрубок отвода очищенного газа, имеющий меньший диаметр, чем труба сепарационной камеры, и образующий с ее внутренней стенкой приемную кольцевую щель для вывода уловленной фазы. Указанный сепаратор предназначен для разделения газожидкостной фазы и не имеет возможности компримирования низконапорных газов.

Из уровня техники известна система регулируемого поднятия давления низконапорного газа (см. [4] патент РФ на изобретение №2415307, МПК F04F5/54, опубл. 27.03.2011), в которой содержится, по меньшей мере, два параллельно установленных эжектора, параллельно которым дополнительно установлен регулирующий клапан магистрали перепуска активной текучей среды, к входам эжекторов подключена магистраль низконапорного газа, а также через запорные вентили к входам эжекторов и регулирующего клапана подключена магистраль высоконапорной текучей среды, выходы эжекторов через запорные вентили подключены к выходной магистрали, выход указанного регулирующего клапана подключен в случае использования газообразной высоконапорной текучей среды к выходной магистрали. Существенным недостатком описанной схемы является то, что газ, проходящий через регулирующий клапан, не используется для совершения работы по сжатию низконапорного газа в эжекторе, что существенно снижает эффективность эжекторной системы. Другим недостатком описанной системы является ее низкая эффективность при наличии жидкой фазы в высоконапорном газе.

Наиболее близким аналогом к заявленному изобретению по совокупности признаков, принятым за прототип, является установка для подготовки газовой смеси (сверхзвуковой сепаратор), (см. [4] патент

РФ на полезную модель №150781, МПК F25J3/00, опубл. 27.02.2015), содержащая сопло с форкамерой, в которой размещено средство для закрутки газового потока, в качестве которого могут быть использованы закручивающие лопасти, тангенциальный подвод газа, шнековый механизм и т.п. Форкамера соединена со сверхзвуковым соплом, внутри которого на определенном расстоянии от выходного сечения сопла установлена комбинация диффузоров - сверхзвукового и дозвукового. Указанная комбинация диффузоров соединена со стенками сопла известным образом (например, с помощью пилонов), так что между стенками сопла и сверхзвукового диффузора образуется кольцевая щель для отбора конденсированной фазы. Недостатком устройства, по сравнению с заявленным изобретением, является невозможность его использования для эжектирования низконапорных газов.

Сущность изобретения

Целью изобретения является обеспечение работоспособности и высокой эффективности эжекторной установки в условиях, когда высоконапорный газ представляет собой газожидкостную смесь, а расход высоконапорного газа изменяется во времени.

Техническими задачами, стоящими перед изобретением, являются:

- 1) обеспечение надежной работы эжекторной установки в условиях, при которых в высоконапорном газе, поступающем в эжекторную установку, содержится жидкость;
- 2) обеспечение наиболее полного использования энергии высоконапорного газа в процессе эжекции низконапорного газа при регулировании расхода высоконапорного газа, проходящего через эжекторную установку.

Техническим результатом заявленного изобретения является повышение эффективности процесса эжекции низконапорного газа в эжекторной установке и повышение надежности эжекторной установки, при наличии в высоконапорном газе жидкой фракции.

Техническая задача решается, а технический результат достигается за счет предложенной эжекторной установки, включающей в себя основной эжектор, состоящий из входного патрубка высоконапорного газа и камеры подачи высоконапорного газа, сопла высоконапорного газа, патрубка подачи низконапорного газа, камеры подачи низконапорного газа, сопла низконапорного газа, камеры смешения, диффузора и камеры отбора смеси газов, при этом перед камерой подачи высоконапорного газа, внутри входного патрубка высоконапорного газа, установлены последовательно и аксиально завихритель, и секция отбора газожидкостного потока, секция отбора газожидкостного потока соединена каналом с камерой отбора смеси газов, причем камера подачи высоконапорного газа, камера подачи низконапорного газа и камера отбора смеси газов подключены трубопроводами к соответствующим камерам по крайней мере двух дополнительных эжекторов, а в трубопроводах, соединяющих соответствующие камеры подачи высоконапорного газа и камеры отбора смеси газов основного и дополнительных эжекторов, установлены запорно-регулирующие краны.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - общая схема классического эжектора.

Фиг. 2 - общая схема предлагаемой эжекторной установки.

Фиг. 3 - внешний вид предлагаемой эжекторной установки.

На фигурах обозначены следующие позиции:

- 1 - входной патрубок высоконапорного газа,
- 2 - камера подачи высоконапорного газа,
- 3 - сопло высоконапорного газа,
- 4 - патрубок подачи низконапорного газа,
- 5 - камера подачи низконапорного газа,
- 6 - сопло низконапорного газа,
- 7 - камера смешения,
- 8 - диффузор,
- 9 - камера отбора смеси газов,
- 10 - внутренняя часть входного патрубка высоконапорного газа,
- 11 - завихритель,
- 12 - секция отбора газожидкостного потока,
- 13 - канал, соединяющий секцию отбора газожидкостного потока с камерой отбора смеси газов,
- 14, 17, 19 - трубопроводы,
- 15 - дополнительные эжектора,
- 16 - запорно-регулирующие краны,
- 18 - запорные краны.

Осуществление изобретения

Предлагаемая эжекторная установка, включает в себя основной эжектор, состоящий из входного патрубка 1 высоконапорного газа и камеры 2 подачи высоконапорного газа, сопла 3 высоконапорного газа, патрубка 4 подачи низконапорного газа, камеры 5 подачи низконапорного газа, сопла 6 низконапорного газа, камеры смешения 7, диффузора 8 и камеры 9 отбора смеси газов. Перед камерой 2 подачи высоконапорного газа, на внутренней части 10 входного патрубка 1 высоконапорного газа, установлены

последовательно и аксиально завихритель 11, и секция 12 отбора газожидкостного потока. Секция 12 отбора газожидкостного потока соединена каналом 13 с камерой 9 отбора смеси газов. Камера 2 подачи высоконапорного газа, камера 5 подачи низконапорного газа и камера 9 отбора смеси газов подключены трубопроводами 14, 17, 19 к соответствующим камерам по крайней мере двух дополнительных эжекторов 15. Для более ясного представления конструкции эжекторной установки на фиг. 2 показаны только два из четырех дополнительных эжектора. Причем в трубопроводах 14 соединяющих камеру 2 подачи высоконапорного газа с дополнительными эжекторами 15 установлены запорно-регулирующие краны 16, а в трубопроводах 17 соединяющих камеру 9 отбора смеси газов с дополнительными эжекторами 15 установлены запорные краны 18.

Эжекторная установка работает следующим образом.

Высоконапорный газ, содержащий жидкую фазу, поступает во входной патрубок 1 высоконапорного газа, во внутренней части 10 входного патрубка высоконапорный газ проходит завихритель 11 и приобретает тангенциальную составляющую скорости и начинает вращаться, за счет действия центробежных сил капли жидкой фазы начинают двигаться к стенкам входного патрубка 1 высоконапорного газа, скорость закрутки потока в завихрителе подбирается таким образом, чтобы на выходе входного патрубка 1 высоконапорного газа вся жидкая фаза была отсепарирована на стенки входного патрубка. На выходе входного патрубка располагается секция 12 отбора газожидкостного потока, представляющая собой коническую вставку, по центру конической вставки отбирается чистый газ, а со стенок отбирается газожидкостный поток. Чистый газ далее направляется в сопло 3 высоконапорного газа, а также по трубопроводам 14 направляется в дополнительные эжекторы 15. В трубопроводах 14 установлены запорно-регулирующие краны 16. В сопле 3 высоконапорный газ разгоняется и смешивается с низконапорным газом, прошедшим последовательно патрубок 4 низконапорного газа, камеру 5 подачи низконапорного газа и сопло 6 низконапорного газа. Процесс смешения высоконапорного и низконапорного газа проходит в камере смешения 7, на выходе из камеры смешения смесь высоконапорного и низконапорного газа поступает в камеру 9 отбора смеси газов. По трубопроводам 19 низконапорный газ из камеры 5 подачи низконапорного газа подается также в дополнительные эжекторы 15. Смесь газов с выхода дополнительных эжекторов 15 по трубопроводам 17 подается в камеру 9 отбора смеси газов. В трубопроводах 17 смонтированы отсечные краны 18, но также могут быть установлены запорно-регулирующие краны.

Важной частью предлагаемой эжекторной установки является запорно-регулирующий кран 16, устанавливаемый в трубопроводе 14. Запорно-регулирующий кран 16 позволяет регулировать расход высоконапорного газа, направляемого в дополнительные эжекторы 15, и обеспечивать требуемый расход высоконапорного газа через эжекторную установку. При сильном уменьшении расхода высоконапорного газа, запорно-регулирующие краны могут быть полностью перекрыты.

Показатели работы эжекторной установки можно продемонстрировать на примере испытаний такой эжекторной установки, проведенной на одной из установок комплексной подготовки природного газа. Эжекторная установка предназначалась для компримирования низконапорных газов с давлением 30 атм., образующихся при стабилизации конденсата. В качестве высоконапорного газа выступал газ с давлением 120 атм., поступающий на УКПГ из газоконденсатных скважин. Содержание жидкой фазы в высоконапорном газе достигало значений $50 \text{ кг}/1000 \text{ м}^3$. Давление на выходе из эжекторной установки составляло от 40 атм. При этом, расход высоконапорного газа изменялся с 2.5 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$ до 5 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$, расход низконапорного газа составлял 0.12 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$. На объекте была смонтирована эжекторная установка, имеющая один основной эжектор, рассчитанный на максимальный расход высоконапорного газа 2.5 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$ и 4 дополнительных эжектора с максимальным расходом высоконапорного газа 0.625 млн. $\text{м}^3/\text{сутки}$. Лопаточный завихритель 11 обеспечивал закрутку потока на уровне 50 м/с, входной патрубок 1 высоконапорного газа имел внутренний цилиндрический канал диаметром 250 мм. Секция отбора газожидкостного потока 12, выполненная в виде диффузорного конического патрубка с диаметром входа 200 мм и диаметром выхода 300 мм, и полным углом расширения 6 градусов, обеспечивала отбор чисто газового потока на вход высоконапорного сопла. Отбор газожидкостного потока осуществлялся по каналу, соединяющему секцию 12 отбора газожидкостного потока с камерой 9 отбора смеси газов. Диаметр этого канала составлял 10 мм. Этот канал был смонтирован внутри корпуса основного эжектора. Геометрия завихрителя 11 и секции 12 отбора газожидкостного потока можно рассчитывать в программном комплексе ANSYS CFX, с учетом условия, что в секции 12 отбора газожидкостного потока должны быть отобраны из высоконапорного потока все капли превышающие по диаметру 10 мкм. Что, как показывает опыт проектирования центробежных сепараторов, позволяет обеспечивать степень сепарации жидкой фазы из газа на уровне превышающим 98%, достаточном для нормальной работы эжекторной установки.

Диаметры сопла и камеры смешения были рассчитаны в программном комплексе AEROSYM, специально предназначенном для расчета эжекторов для нефтегазовой промышленности. Диаметр критического сечения сопла высоконапорного газа составил 46 мм, внешний диаметр камеры смешения при этом был 75 мм. Геометрия дополнительных эжекторов рассчитывалась из условия гарантированного обеспечения необходимой степени сжатия низконапорного газа при изменении расхода высоконапорного газа. Диффузор имел полный угол расширения 6 градусов.

Схема регулирования эжектора была следующей:

при расходе высоконапорного газа 5 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, все 4 дополнительных эжектора были включены (все краны 18 открыты),

при расходе высоконапорного газа от 4.675 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 5 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, все 4 дополнительных эжектора были включены (все краны 18 открыты), но на первом дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка крана 16,

при расходе высоконапорного газа от 4.35 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 4.675 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, все 4 дополнительных эжектора были включены (все краны 18 открыты), но на первом и втором дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка кранов 16,

при расходе высоконапорного газа от 4.025 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 4.35 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, включены 3 дополнительных эжектора, первый дополнительный эжектор перекрыт, но на втором дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка крана 16,

при расходе высоконапорного газа от 3.375 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 4.025 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, включены 3 дополнительных эжектора, первый дополнительный эжектор перекрыт, но на втором и третьем дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка крана 16,

при расходе высоконапорного газа от 2.725 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 3.375 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, включены 2 дополнительных эжектора, первый и второй дополнительные эжектора перекрыты, но на третьем и четвертом дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка крана 16,

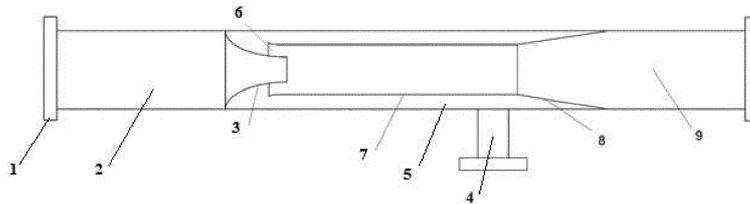
при расходе высоконапорного газа от 2.5 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 2.725 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$, включен 1 дополнительный эжектор, первый, второй, третий дополнительные эжектора перекрыты, но на четвертом дополнительном эжекторе осуществлялась регулировка крана 16.

Регулировка осуществлялась в автоматическом режиме, при необходимости эжекторная система может изготавливаться и с ручными управляющими кранами.

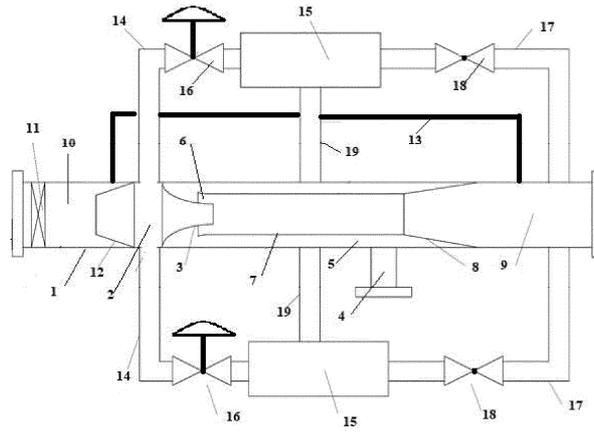
Испытанная при данных параметрах эжекторная установка продемонстрировала высокую степень надежности и обеспечение максимальной эффективности процесса эжекции низконапорного газа в эжекторной установке, в условиях высокого содержания жидкой фазы в высоконапорном газе (достигающем значений $50 \text{ кг}/1000 \text{ нм}^3$), и при изменении расхода высоконапорного газа в диапазоне от 2.5 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$ до 5.0 млн. $\text{нм}^3/\text{сутки}$.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

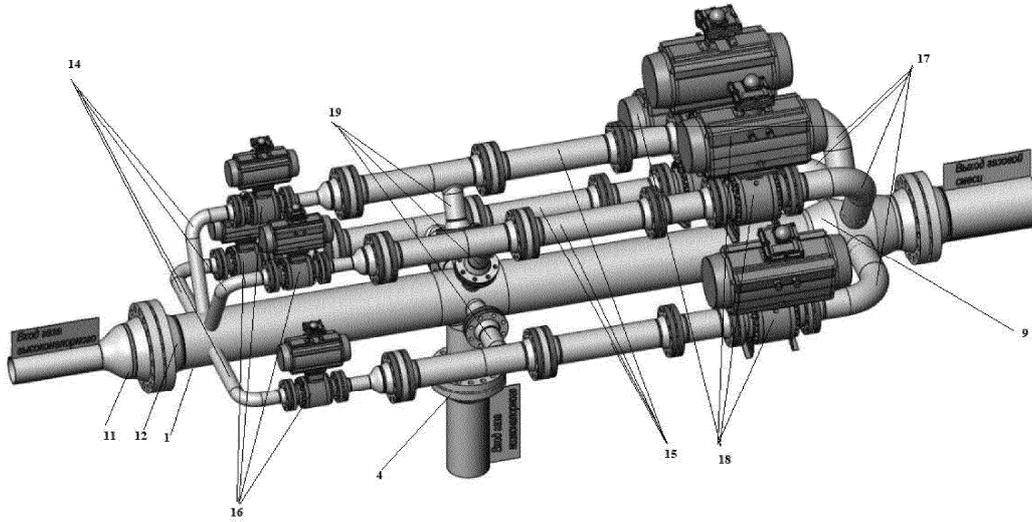
Эжекторная установка, включающая в себя основной эжектор, состоящий из входного патрубка высоконапорного газа и камеры подачи высоконапорного газа, сопла высоконапорного газа, патрубка подачи низконапорного газа, камеры подачи низконапорного газа, сопла низконапорного газа, камеры смешения, диффузора и камеры отбора смеси газов, отличающаяся тем, что перед камерой подачи высоконапорного газа, внутри входного патрубка высоконапорного газа, установлены последовательно и аксиально завихритель, и секция отбора газожидкостного потока, секция отбора газожидкостного потока соединена каналом с камерой отбора смеси газов, причем камера подачи высоконапорного газа, камера подачи низконапорного газа и камера отбора смеси газов подключены трубопроводами к соответствующим камерам по крайней мере двух дополнительных эжекторов, а в трубопроводах, соединяющих соответствующие камеры подачи высоконапорного газа и камеры отбора смеси газов основного и дополнительных эжекторов, установлены запорно-регулирующие краны.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3