

ОСОБЕННОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

Рашидов Карим Юсуфович

¹с.н.с., Физико-технический институт Академии наук
Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан
rashidovkarim78@gmail.com, +99890 984-65-99

Эргашев Жавохир Юлдашович

²Ташкентский государственный технический университет,
Javohirergashev211002@gmail.com +99890 831-30-07

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности конструкционных и функциональных назначений, технологические схемы и компоновка компрессорных станций. Приведены режимы работы и вспомогательные устройства, а также основные элементы при комплектации компрессорной станции, особенности использования различных видов компрессоров и использования различных схем компрессорных установок.

АННОТАЦИЯ

Maqolada konstruksion va funktsional buyurilishlarning o'ziga hosliklari, texnologik sxemalar va kompressor stantsiyalarining joylashuvi ko'rib chiqilgan. Ishlash rejimlari va yordamchi qurilmalar, shuningdek kompressor stantsiyasini to'ldirishda asosiy elementlar, turli xil kompressorlardan foydalanish va kompressor qurilmalarining turli sxemalaridan foydalanish o'ziga hosliklari keltirilgan.

ABSTRACT

The article discusses the features of structural and functional purposes, technological schemes and layout of compressor stations. The modes of operation and auxiliary devices, as well as the main elements in the configuration of the compressor station, the features of using different types of compressors and using different schemes of compressor units are given..

Ключевые слова: компрессорная станция; подземные хранилища газа; газоперекачивающий агрегат; магистральный газопровод; поршневой; винтовой; центробежный.

Kalit so'zlari: kompressor stantsiyasi; gazni yer ostida saqlqsh havzalari; gaz haydash agregati; magistral quvur o'tkazgichi; porshenli; vintli; markazdan qochirma.

Keywords: compressor station; underground gas storage; gas pumping unit; main gas pipeline; reciprocating; screw; centrifugal.

Особенности использования дожимных компрессорных станций на установках подготовки газа

Газовое топливо – это неотъемлемая часть жизни любого человека. Оно применяется в бытовой, отопительной, автомобильной и производственной сфере. Чтобы проводить грамотную транспортировку в нужных объемах, используются различные устройства, в том числе и дожимные компрессорные станции [1].

Функциональное назначение

Дожимная компрессорная станция используется в установках для подготовки газа и обеспечивает качественную регулировку и постоянное поддержание необходимого уровня давления для поставки топлива. Оборудование позволяет осуществить непрерывную подачу продукта с необходимым и комфортным параметром транспортировки.

В добывающей промышленности — это устройство призвано обеспечить реализацию таких видов задач, как:

- осуществление добычи газа с низким напором;
- сжатие нефтяного продукта для дальнейшей передачи;
- установка и поддержание давления на выходе;
- проведение очищения и продувки труб.

Дополнительно этот аппарат применяют для перемещения голубого топлива в подземные газовые хранилища после добычи или для обеспечения отбора при доставке до потребителя. Обычно процедуру отбора производят в зимний период, когда отопительный сезон в самом разгаре и необходимо провести полноразмерную доставку газа до потребителей.

Конструкционные особенности

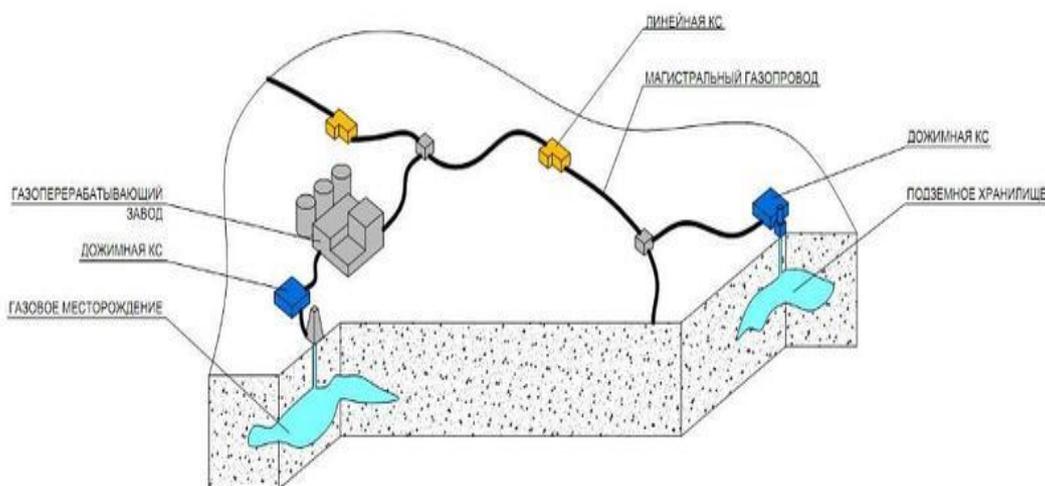


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема КС [13]

Технологические схемы компрессорных станций

Технологическая обвязка компрессорного цеха предназначена для:

- приема на КС технологического газа из магистрального газопровода;
- очистки технологического газа от механических примесей и капельной влаги в пылеуловителях и фильтр-сепараторах;
- распределения потоков для последующего сжатия и регулирования схемы загрузки ГПА (газоперекачивающий агрегат);
- охлаждения газа после компримирования в АВО (аппарат воздушного охлаждения) газа;
- вывода КЦ на станционное "кольцо" при пуске и остановке;
- подачи газа в магистральный газопровод;

- транзитного прохода газа по магистральному газопроводу, минуя КС;
- при необходимости сброса газа в атмосферу из всех технологических газопроводов компрессорного цеха через свечные краны.

В зависимости от типа центробежных нагнетателей, используемых на КС, различают две принципиальные схемы обвязок ГПА:

- схема с последовательной обвязкой, характерная для неполнонапорных нагнетателей;
- схема с параллельной коллекторной обвязкой, характерная для полнонапорных нагнетателей.

Неполнонапорные нагнетатели. Проточная часть этих нагнетателей рассчитана на степень сжатия 1,23-1,25. В эксплуатации бывает необходимость в двух- или трехступенчатом сжатии, т.е. в обеспечении степени сжатия 1,45 и более, это в основном на СПХГ.

Полнонапорные нагнетатели. Проточная часть этих нагнетателей сконструирована таким образом, что позволяет при номинальной частоте вращения ротора создать степень сжатия до 1,45, определяемую расчетными проектными давлениями газа на входе и выходе компрессорной станции.

На рис. 2. представлена принципиальная схема КС с параллельной обвязкой ГПА для применения полнонапорных нагнетателей. По этой схеме, газ из магистрального газопровода с условным диаметром 1220 мм ($D_u = 1200$) через охранный кран № 19 поступает на узел подключения КС к магистральному газопроводу. Кран № 19 предназначен для автоматического отключения магистрального газопровода от КС в случае возникновения каких-либо аварийных ситуаций на узле подключения, в технологической обвязке компрессорной станции или обвязке ГПА [6].

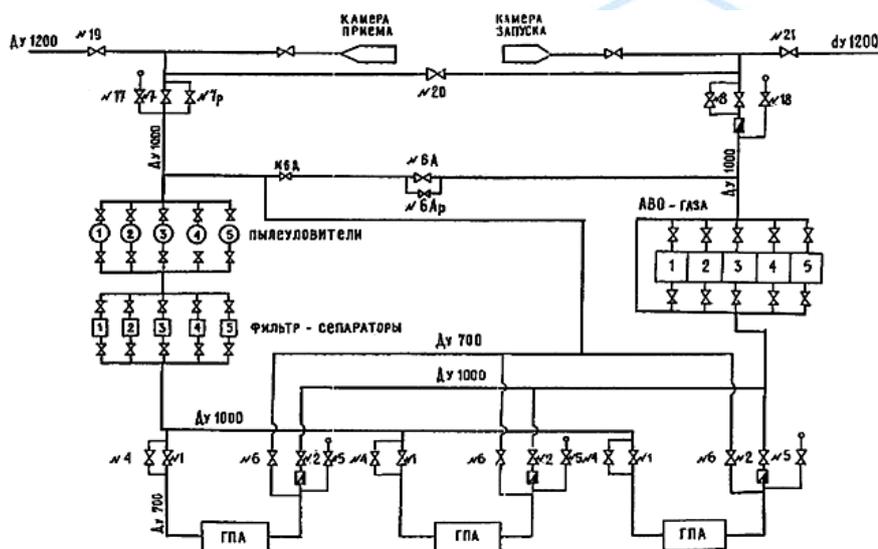


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема КС с параллельной обвязкой ГПА [8].

Назначение и описание компрессорной станции

При движении газа по трубопроводу происходит потеря давления из-за разного гидравлического сопротивления по длине газопровода. Падение давления вызывает снижение пропускной способности газопровода. Одновременно понижается температура транспортируемого газа, главным образом, из-за передачи теплоты от газа через стенку трубопровода в почву и атмосферу [10-12].

Для поддержания заданного расхода транспортируемого газа путем повышения давления через определенные расстояния вдоль трассы газопровода, как отмечалось выше, устанавливаются компрессорные станции.

Перепад давления на участке между КС определяет степень повышения давления в газоперекачивающих агрегатах. Давление газа в газопровode в конце участка равно давлению на входе в газоперекачивающий агрегат, а давление в начале участка равно давлению на выходе из АВО газа.

Современная компрессорная станция (КС) - это сложное инженерное сооружение, обеспечивающее основные технологические процессы по подготовке и транспорту природного газа.

Принципиальная схема расположения КС вдоль трассы магистрального газопровода приведена на рис. 3, где одновременно схематично показаны изменения давления и температуры газа между компрессорными станциями.

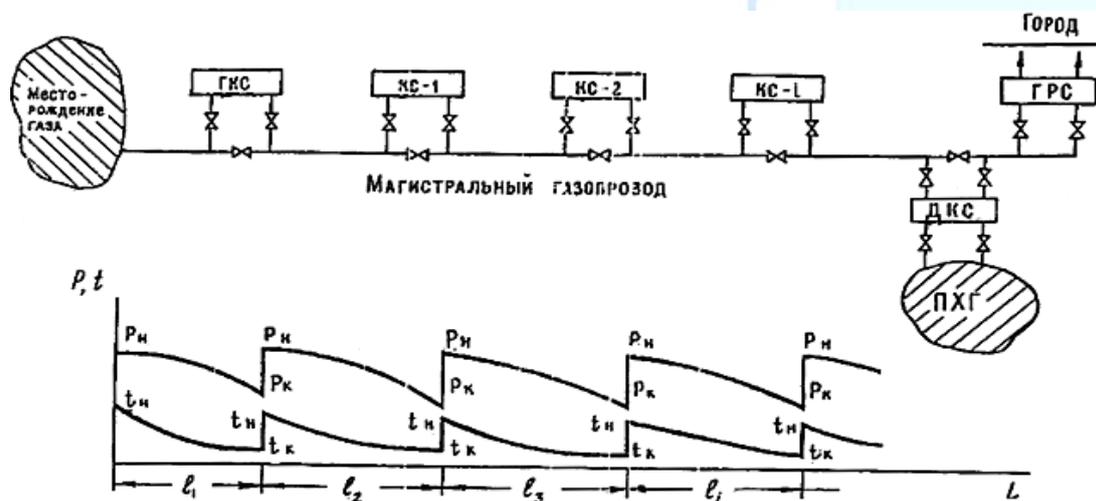


Рис. 3. Схема газопровода и изменения давления и температуры газа вдоль трассы [5, 7, 14].

Компрессорная станция - неотъемлемая и составная часть магистрального газопровода, обеспечивающая транспорт газа с помощью энергетического оборудования, установленного на КС. Она служит управляющим элементом в комплексе сооружений, входящих в магистральный газопровод. Именно параметрами работы КС определяется режим работы газопровода. Наличие КС позволяет регулировать режим работы газопровода при колебаниях потребления газа, максимально используя при этом аккумулирующую способность газопровода [3, 6].

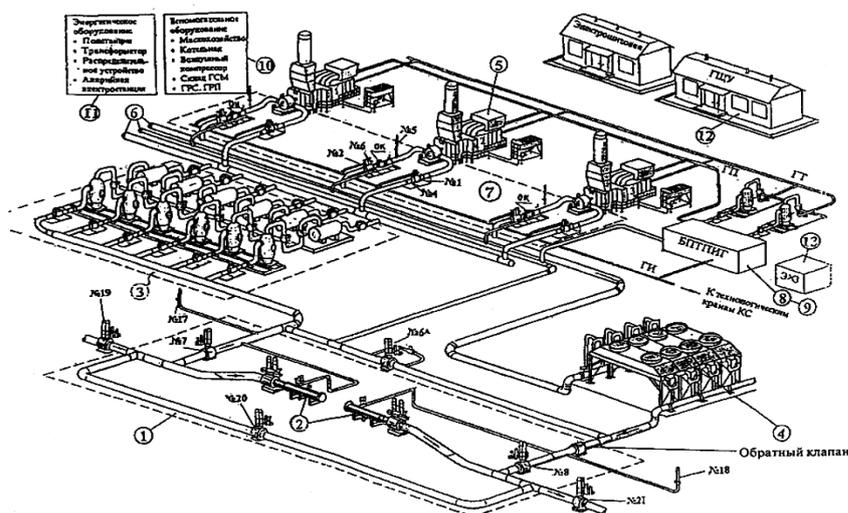


Рис. 4. Принципиальная схема компоновки основного оборудования компрессорной станции [6, 14].

На рис. 4. показана принципиальная схема компоновки основного оборудования компрессорной станции, состоящей из 3 ГПА. В соответствии с этим рисунком в состав основного оборудования входит: 1 - узел подключения КС к магистральному газопроводу; 2 - камеры запуска и приема очистного устройства магистрального газопровода; 3 - установка очистки технологического газа, состоящая из пылеуловителей и фильтр-сепараторов; 4 - установка охлаждения технологического газа; 5 - газоперекачивающие агрегаты; 6 - технологические трубопроводы обвязки компрессорной станции; 7 - запорная арматура технологических трубопроводов обвязки агрегатов; 8 - установка подготовки пускового и топливного газа; 9 - установка подготовки импульсного газа; 10 - различное вспомогательное оборудование; 11 - энергетическое оборудование; 12 - главный щит управления и система телемеханики; 13 - оборудование электрохимической защиты трубопроводов обвязки КС.

На магистральных газопроводах различают три основных типа КС: головные компрессорные станции, линейные компрессорные станции и дожимные компрессорные станции.

Головные компрессорные станции (ГКС) устанавливаются непосредственно по ходу газа после газового месторождения. По мере добычи газа происходит падение давления в месторождении до уровня, когда транспортировать его в необходимом количестве без компримирования уже нельзя. Поэтому для поддержания необходимого давления и расхода строятся головные компрессорные станции. Назначением ГКС является создание необходимого давления технологического газа для его дальнейшего транспорта по магистральным газопроводам. Принципиальным отличием ГКС от линейных станций является высокая степень сжатия на станции, обеспечиваемая последовательной работой нескольких ГПА с центробежными нагнетателями или поршневыми газомото-компрессорами. На ГКС предъявляются повышенные требования к качеству подготовки технологического газа [2].

Линейные компрессорные станции устанавливаются на магистральных газопроводах, как правило, через 100-150 км. Назначением КС является компримирование поступающего на станцию природного газа, с давления входа до давления выхода, обусловленных проектными данными. Тем самым обеспечивается постоянный заданный расход газа по магистральному газопроводу. В России строятся линейные газопроводы в основном на давление $P = 5,5$ МПа и $P = 7,5$ МПа.

Дожимные компрессорные станции (ДКС) устанавливаются на подземных хранилищах газа (ПХГ) [9,11]. Назначением ДКС является подача газа в подземное хранилище газа от магистрального газопровода и отбор природного газа из подземного хранилища (как правило, в зимний период времени) для последующей подачи его в магистральный газопровод или непосредственно потребителям газа. ДКС строятся также на газовом месторождении при падении пластового давления ниже давления в магистральном трубопроводе. Отличительной особенностью ДКС от линейных КС является высокая степень сжатия 2-4, улучшенная подготовка технологического газа (осушители, сепараторы, пылеуловители), поступающего из подземного хранилища с целью его очистки от механических примесей и влаги, выносимой с газом.

Около потребителей газа строятся также газораспределительные станции (ГРС), где газ редуцируется до необходимого давления ($P = 1,2; 0,6; 0,3$ МПа) перед подачей его в сети газового хозяйства.

На рис. 5. Приведен количественный состав элементов компрессорной станции также меняется в зависимости от требований выполняемой задачи. Если сжимаемый газ сильно загрязнен, либо же степень его загрязнения может возрасти со временем, то устанавливаются дополнительные фильтры, которые могут работать постоянно или подключаться к работе по мере необходимости. Возможны случаи, в которых компрессорная установка должна работать бесперебойно в течение длительного времени, то есть оборудование не может быть остановлено для ремонта и технического обслуживания. В качестве решения этой проблемы наряду с рабочим компрессором или компрессорами располагают дополнительную резервную единицу. При этом становится возможным техническое обслуживание станции без прекращения ее работы. К тому моменту, когда одно из рабочих устройств начинает требовать ремонт, его исключают из общей линии потока газа, а на его место подключают резервный компрессор, что позволяет при сохранении производительности установки произвести необходимые работы по обслуживанию. Далее исключение устройств из линии общего потока может чередоваться, чтобы обеспечить цикличность их работы и остановов [2].

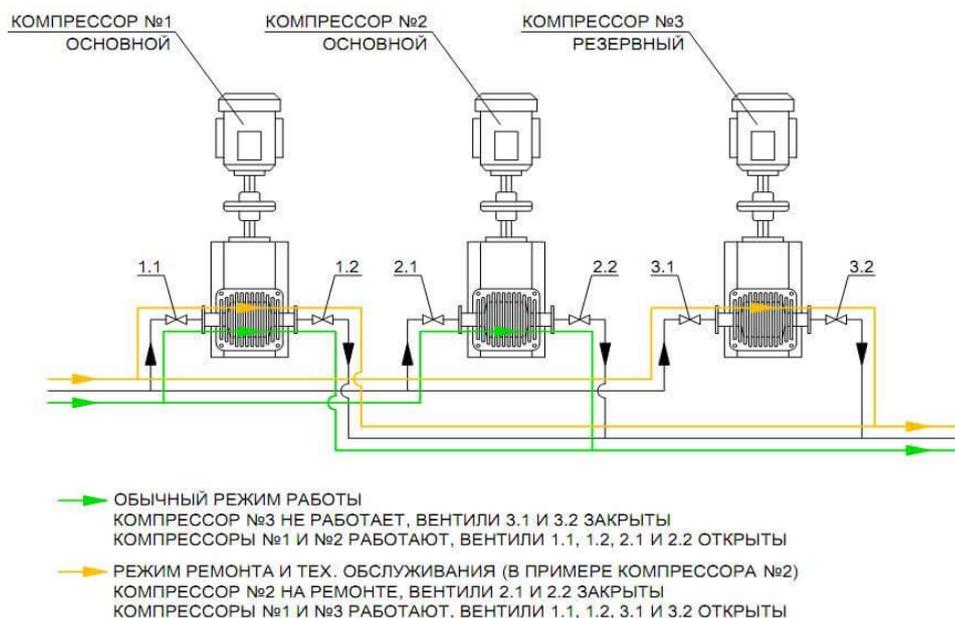


Рис. 5. Схема режимов работы компрессорной станции из трех компрессоров

Помимо основных элементов станция может быть по необходимости дооборудована самыми разными вспомогательными системами и устройствами см.рис.6. Для увеличения срока службы основного оборудования применяются системы смазки и охлаждения (масляные или воздушные), а также различные фильтры для газовой среды, устанавливаемые как до компрессора, так и после него. Если от станции требуется обеспечивать поток сжатого газа с переменным давлением и расходом, то в ее конструкцию добавляют систему контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИП и А), а также интерфейсы управления. В случае, когда компрессорная установка представляет собой отдельный модуль, эксплуатируемый в тяжелых климатических условиях, его комплектуют также системами отопления и вентиляции для поддержания оптимальных условий внутри.

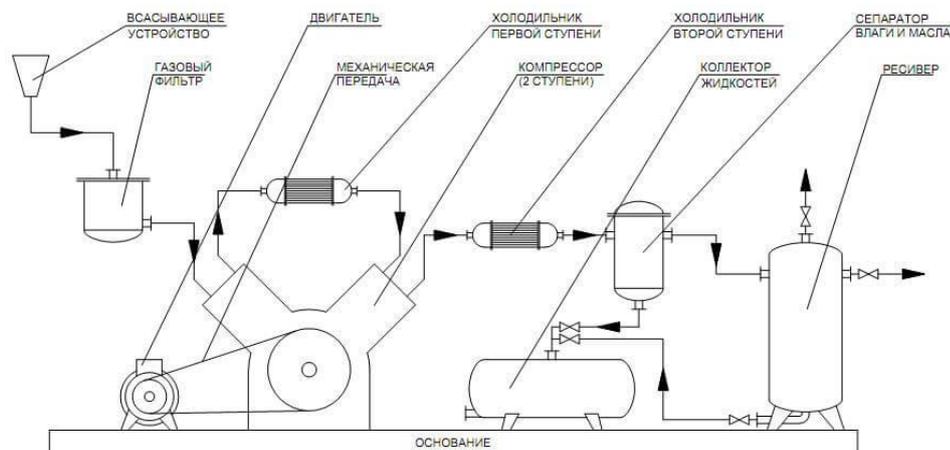


Рис. 6. Вспомогательные устройства компрессорной станции

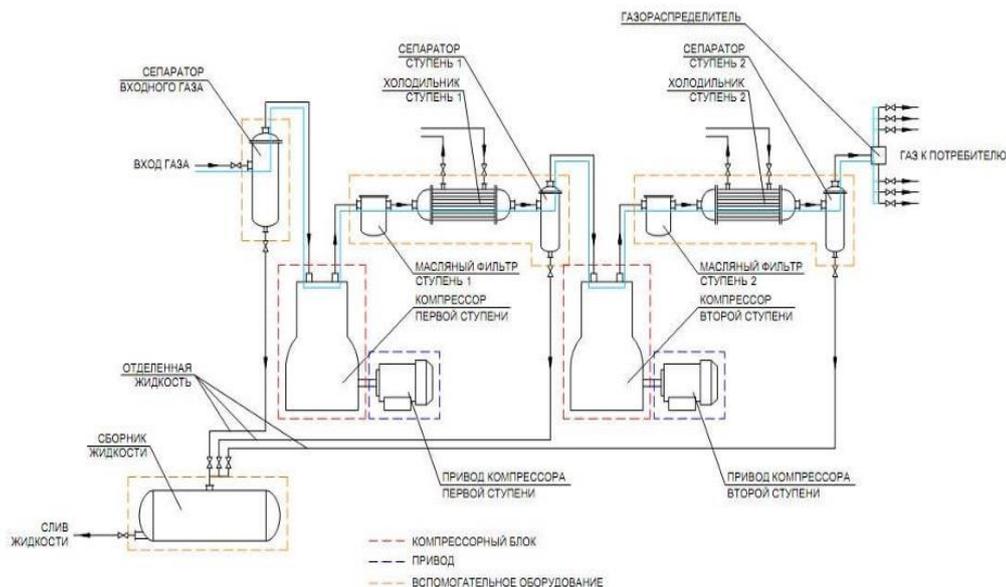


Рис. 7. Основные элементы при комплектации компрессорной станции

Дожимные компрессорные станции имеют существенное конструктивное или комплектационное различие. Несмотря на это в них можно выделить ряд основных элементов, которые входят в любой тип устройства см.рис.7:

- блок компрессора;
- привод для обеспечения работы;
- вспомогательные элементы для комфортной и точной работы.

Компрессор – это ключевой элемент в ДКС [2]. Он может быть одним или в конструкцию будет входить группа этих агрегатов. Именно с их помощью происходит увеличение давления для нормализации прохождения топлива по магистрали.

За работу этого устройства отвечает привод. Он обеспечивает вращение всех необходимых деталей. Также важными составляющими являются дополнительные устройства, обеспечивающие полноценную работу и контроль над ней. Сюда можно отнести такие группы, как:

- система смазки и ее контроль, включая индикатор уровня;
- система охлаждения, для исключения перегрева привода и самого компрессора;
- наборы КИП и А;
- датчики работы и индикаторы сбоев.

Все это позволяет производить управление на нужном уровне, при котором можно получить необходимый положительный результат. Дополнительно на конструкционные особенности ДКС влияет ее классификация.

1. Поршневые. Этот вид имеет прямое отношение к устройствам объемного типа. Они имеют поршневой привод. За счет этого данный вид имеет наиболее простую конструкцию, что упрощает уход за техникой, ее ремонт и проведение технического обслуживания. Также этот вид ДКС имеет небольшой

размер, что позволяет проводить установку на ресивер. Еще одним преимуществом является дешевизна.

2. Винтовые. Такие ДКС также имеют отношение к объемному типу. Отличием является то, что создание рабочего пространства происходит при помощи отгораживания отдела корпусом компрессора и несколькими винтами. Эта конструкция обеспечивает большее давление, чем у поршневых видов. Они отличаются высоким показателем надежности, сложностью конструкции и высокой стоимостью.

3. Центробежный. Давление в этом типе ДКС увеличивается при помощи придания топливу кинетической энергии, которая потом переходит в потенциальную и повышает давление. Сама центробежная сила обеспечивается при помощи лопастей винта, а переход к потенциальной энергии происходит при выходе топлива из компрессора. Подобную технику, как правило, монтируют в газодобывающих организациях, так как перекачка через нее проходит в больших объемах и без пульсаций [2].

Все эти варианты имеют право на существование и востребованы каждый в своем направлении.

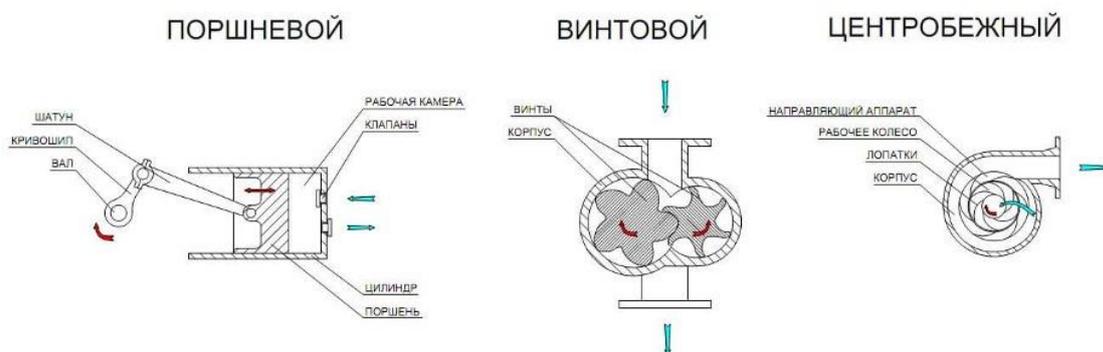


Рис. 8. Особенности использования различных видов компрессоров [4,6].

Мобильность и высокие эксплуатационные показатели позволяют применять дожимные компрессорные станции в различных областях. В первую очередь можно выделить возможность работы с большим количеством разнообразных газов:

- передача сжатого воздуха;
- работа по доставке и транспортировке природного газа;
- подача пропана и метана на газозаправочных станциях;
- передача азота, этилена, бутана и других видов газов.

Небольшие станции дают возможность для поддержания необходимого давления в системе для реализации полноценного выхода из главного компрессора. Это дает возможность для передачи газообразных веществ до потребителя. Также они активно применяются при активизации промышленного оборудования при подготовке газа после его добычи [15].

Типовая компрессорная станция (модуль) может иметь несколько типовых схем устройства см.рис.9, а также см.рис.10.

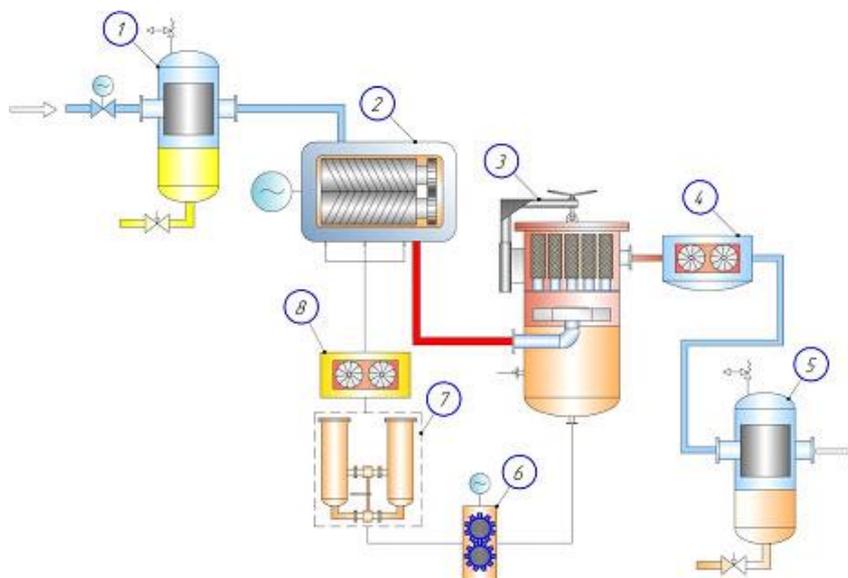


Рис. 9. Особенности использования различных схем компрессорных установок по схеме №1:

1 – входной сепаратор; 2 – компрессор; 3 – маслоотделитель (коалесцер, совмещен с маслобаком); 4 – охладитель газа; 5 – выходной сепаратор; 6 – масляный насос
7 – масляный дуплексный (сдвоенный) фильтр с возможностью переключения с одного фильтра на другой без отключения установки от работы; 8 – охладитель масла.

Принцип работы установки

Газ через входной сепаратор поступает в масло-заполненный компрессор, где сжимается до определенного значения давления. Затем нагретый сжатый газ поступает в маслоотделитель, где, благодаря двухступенчатой системе очистки происходит его предварительная и тонкая очистка от капель масла. После этого газ поступает на теплообменник, где охлаждается. При этом происходит конденсация в объеме газа паров масла. Для окончательной очистки охлажденного газа и подачи его потребителю, газ проходит через выходной сепаратор. Масло, извлеченное из потока газа после компрессора, выводится масляным насосом в отдельный контур, где проходит очистку на сдвоенном фильтре, охлаждается и снова подается в компрессор.

Схемы компрессорных установок, в зависимости от требований заказчика, часто отличаются количеством и типом узлов, предназначенных для очистки газа и масла. Степень очистки газа от масла перед охладителем может состоять не из одного, а двух аппаратов очистки. Данная схема применяется на машинах большой производительности [15].

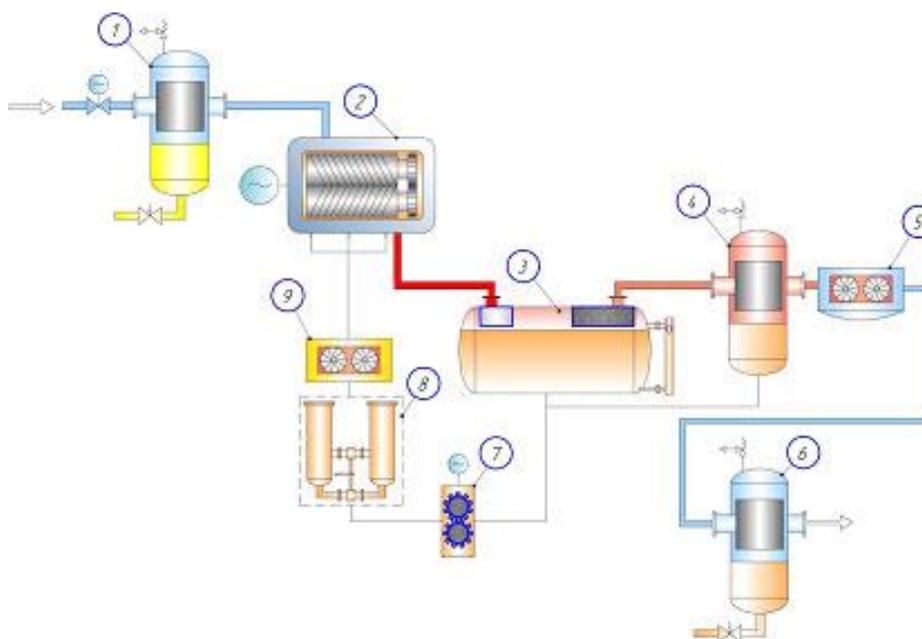


Рис. 10. Особенности использования различных схем компрессорных установок по схеме №2:

1 – входной сепаратор; 2 – компрессор; 3 – маслоотделитель (включает предварительную ступень очистки газа); 4 – фильтр-коалесцер (тонкая очистка газа от масла); 5 – охладитель газа; 6 – выходной сепаратор; 7 – масляный насос; 8 – масляный дуплексный (сдвоенный) фильтр с возможностью переключения с одного фильтра на другой без отключения установки от работы; 9 – охладитель масла.

ВЫВОДЫ

1. Раскрыты основные функциональные назначения и конструкционные особенности дожимных компрессорных станций и использование их в установках для подготовки газа;
2. Приведены назначение и принципиальная схема компоновки основного оборудования компрессорной станции;
3. Приведен количественный состав элементов компрессорной станции в зависимости от требований выполняемых задач;
4. Приведены особенности основных элементов и вспомогательных устройств, а также использование различных видов компрессоров в компрессорной станции;
5. Рассмотрены особенности использования различных схем компрессорных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черкасский В. М., Романова Т. М., Кауль Р. А. Насосы, компрессоры, вентиляторы. М.: Энергия, — 2-е изд., исправ. и доп. 2009. 304 с.
2. U.K.Urinov, M.Q.Nazarbekov, N.S.Amirqulov, A.Sodiqov, K.Yu. Rashidov. Дарслик: «Nasos va kompressor stansiyalarini loyihalashtirish, qurish va ishlatish»: Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. /; – Т.: «Nashriyot», 2023. – 240 б.
3. У.Х.Турсунова, К.Ю.Рашидов. «Проектирование и строительство газонефтепроводов». Учебное пособие. Ташкентский архитектурно-строительный институт (ТАСИ). Ташкент -2007 г.
4. U.K.Urinov, N.S.Amirqulov, K.Yu.Rashidov, M.Q.Nazarbekov; Учебно – методическое указание к курсовому проектированию (Ўқув-услугий кўрсатма): «Nasos va kompressor stansiyalarini loyihalashtirish, qurish va ishlatish»: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv-uslubiy ko'rsatma. /– Т.: «ТГТУ - Nashriyot», 2022. – 54 б.
5. К.Ю.Рашидов. Дарслик. «Neft va gaz sanoati jihozlari va quvur transport tizimlari». Тошкент Давлат техника университети (ТДТУ). Ташкент – 2024 й. 225 бет. (часть-2).
6. U.K.Urinov, N.S.Amirqulov, A. Sodiqov, K.Yu.Rashidov. Дарслик. «Neft va gaz sanoati jihozlari va quvur transport tizimlari». Тошкент Давлат техника университети (ТДТУ). Ташкент – 2022 й. 234 бет. (часть-1).
7. U.K.Urinov, N.S.Amirqulov, K.Yu.Rashidov, U.B.Sharopov, K.A. Samiev. Ўқув қўлланма. «Neft va gaz sanoati jihozlari va quvur transport tizimlari». Тошкент Давлат техника университети (ТДТУ). Ташкент – 2022 й. 224 бет.
8. Алиев Б.А., Мукольянс А.А., Фарманов Ш.Б. “Проектирование нефтегазопроводов” учебно-методическое пособие - Т.: ТГТУ 2012.
9. Фарманов Ш.Б. “Газни ер остида сақлаш”. Дарслик, Т.: “Сано-стандарт” 2015.
10. Алиев Р.У. “Трубопроводный транспорт нефти и газа” М.:Недра 2007.
11. Бунчук И.А. “Транспорт и хранения нефти, нефтепродуктов и газа” М.:Недра 2007.
12. Шаммазов А.М. и др. «Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций».- М.: «Недра – Бизнесцентр». 2010 г.
13. https://intech-gmbh.ru/gas_booster_station/.
14. <https://studfile.net/preview/8823517/page:2/>.
15. https://bstudy.net/949710/tehnika/tehnologicheskie_shemy_kompressornyh_stantsiy