KVIHT.RU
+7 (812) 715-41-64

@KVIHT

Научно-инжиниринговая группа
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»

Лекция

Устройство компрессорных установок. Схемы совместной работы компрессоров

Лектор: Юрий Владимирович Кожухов, доцент, к.т.н.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

В состав компрессорных установок, как правило, входят:

-Компрессор
- Привод
- Охладитель газа
- Влагомаслоотделители
- Осушители
- Маслосистема
- Трубопроводы

Рассмотрим основные компоненты компрессорных установок

Привод - совокупность устройств, предназначенных для приведения в действие машин и механизмов.
Для приводов компрессоров применяют:

- Электродвигатель

- Газотурбинный двигатель

- Газомоторный привод

- Двигатель внутреннего сгорания

Свыше 85% общей установленной на газовые КС мощности – агрегаты с приводом от газотурбинных установок
Остальное приходится на электрический и поршневой виды привода

На КС источником энергии является электродвигатель постоянного или переменного тока.

Асинхронная машина – электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой не равна частоте вращения магнитного поля, создаваемого током обмотки статора.

Синхронная машина - машина трехфазного тока, к ротору которой подводится постоянный тока. Частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля статора.

Преимущества:

Дешевые монтажные работы, большой ресурс, большая эксплуатационная надежность, простота автоматизации и управления, экологическая чистота, пожаробезопасность

Недостатки:

Ограниченность районов с дешевой электроэнергией, плохая приспосабливаемость к переменному режиму работы газопровода из-за постоянной частоты вращения

@KVIHT

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

Привод от ГТД- тепловой двигатель, в котором газ сжимается и нагревается, а затем энергия сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу свободной турбину.

ГТУ используют для привода центробежных компрессоров КС магистральных газопроводов.

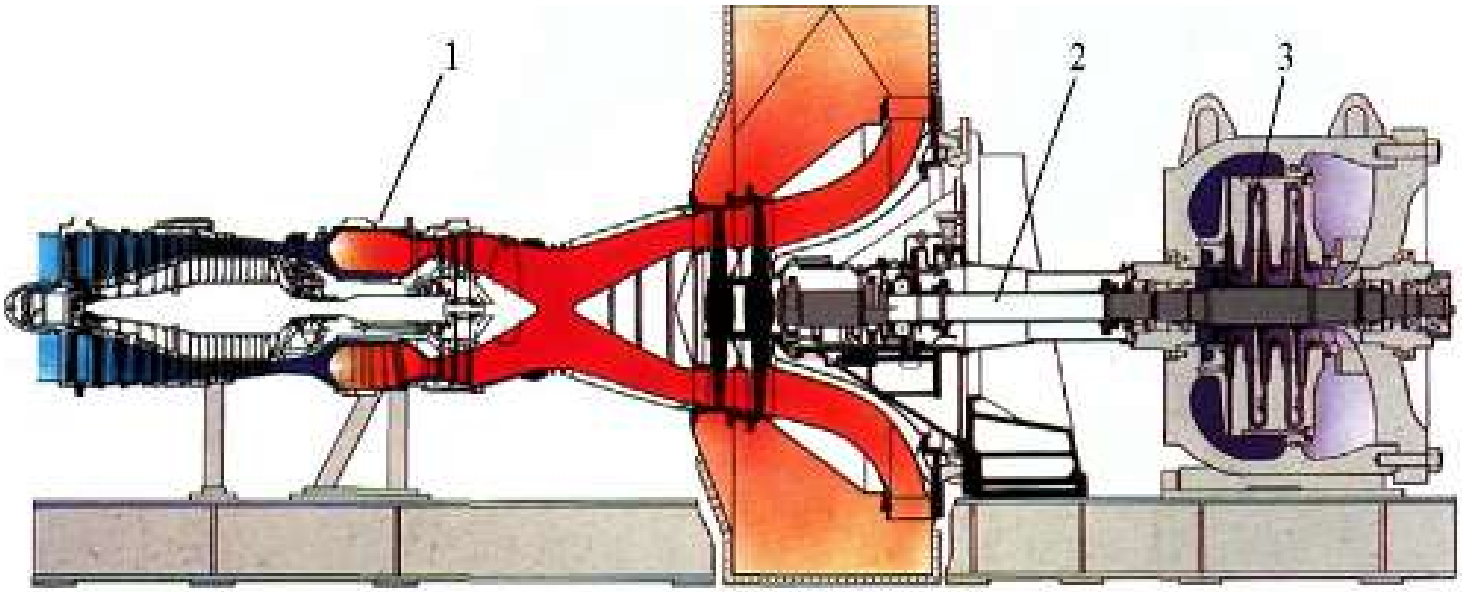


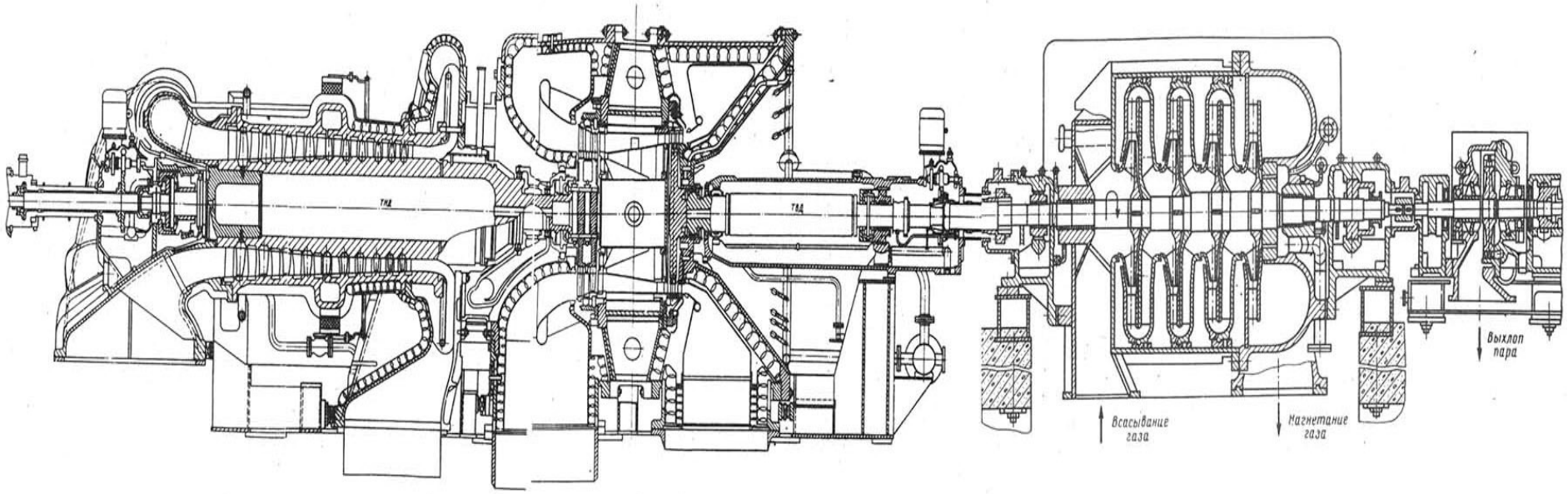
Схема подключения ГТД к ЦБК
1-гтд, 2 – вал силовой турбины, 3 – центробежный нагнетатель

Принцип работы ГТУ

Атмосферный воздух через ВОУ и камеру всасывания ГПА входит в двигатель. В компрессорах НД и ВД сжимается и поступает в КС. В камере сгорания в потоке воздуха сжигается топливо (природный газ), поступающее через форсунки. Из камеры сгорания горячие газы направляются на лопатки турбин. В турбине часть тепловой энергии газового потока превращается в механическую энергию вращения роторов турбин ВД и НД. Мощность турбины ВД расходуется на вращение ротора компрессора ВД, турбина НД вращает ротор компрессора НД. Оставшаяся часть тепловой энергии газового потока, поступившего в силовую турбину, превращается с механическую энергию вращения ротора СТ и жестко связанного с ним ротора нагнетателя.

@KVIHT

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Особенности работы газотурбинного привода в наилучшей степени отвечают требованиям эксплуатации газотранспортных система:

1. Высокая единичная мощность (6-25 МВт)
2. Небольшая относительная масса
3. Блочно-комплектная конструкция
4. Высокий уровень автоматизации и надежности
5. Автономность привода

Недостатки:

По сравнению с электродвигателем ГТУ менее надежна в работ, требует сложного технического обслуживания и дорогостоящего ремонта, имеет меньший срок службы. КПД у ГТУ составляет 26-32%.

В КС магистральных газопроводов и КС для добычи нефти применяются газомоторные компрессоры (ГМК).

Топливом служит природный газ или попутный нефтяной газ, сжимаемый в компрессорах.

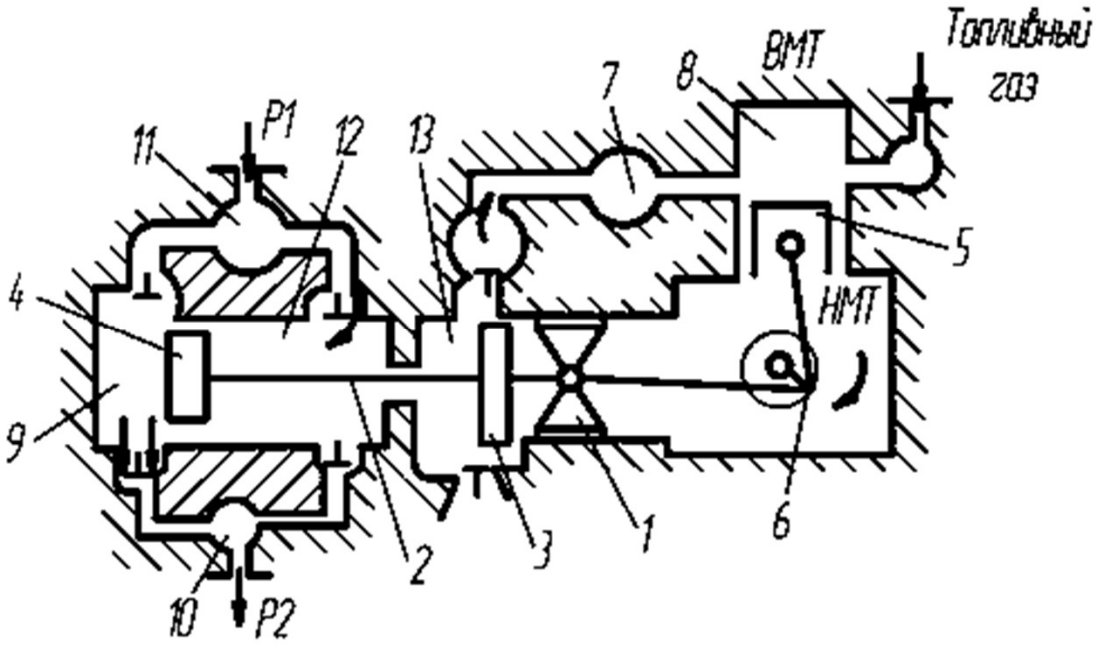
ГМК представляет собой агрегат, состоящий из газового двигателя внутреннего сгорания и компрессорных цилиндров, соединенных между собой общим коленчатым валом и рамой.

Цилиндры двигателя могут располагаться вертикально или V-образно.

Компрессор изготавливается одноступенчатым двойного действия или многоступенчатым.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

При движении поршня 5 двигателя к НМТ поршни продувочного насоса 3 и компрессора 4 движутся влево. Происходит нагнетание воздуха из цилиндра продувочного насоса в коллектор 7 и продувка цилиндра 8. Одновременно происходит сжатие газа в передней полости цилиндра 9 компрессора и нагнетание его в коллектор 10, а так же всасывание газа из коллектора 11 в заднюю полость цилиндра 12. При движении поршня 5 к ВМТ происходит всасывание .



Газомотокомпрессор предназначенн для:

-закачки газа в подземные хранилища газа;

-сжатия и перекачивания природных газов на магистральных газопроводах;

-интенсификации добычи нефти путём закачки попутного газа в нефтяные пласты;

-использования в технологических процессах газо- и нефтеперерабатывающих заводах;

-добычи газового конденсата «сайклинг — процесс» (извлечение газового конденсата из пласта способом циркуляции газа, осушенного от тяжелых углеводородов методом вымораживания в специальном оборудовании);

-использования в технологических процессах по сжижению природных газов.

Преимущества:

Большая степень сжатия, высокий КПД

Недостатки:

Малая единичная мощность, сложность конструкции, малый межремонтный ресурс

Привод от ДВС

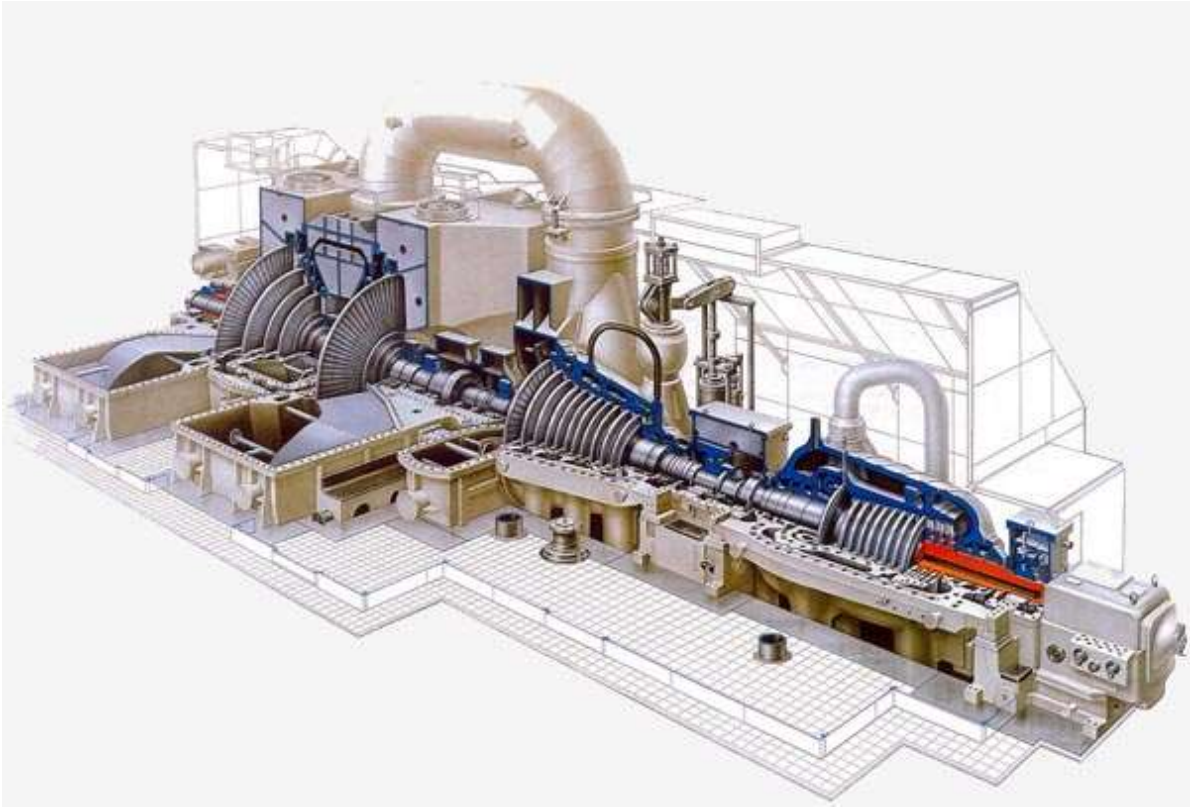
На передвижных КС используют ДВС и редко на стационарных КС, так как работают на высокоценном жидком топливе и требуют устройства склада жидкого топлива и масел.

Преимущества:

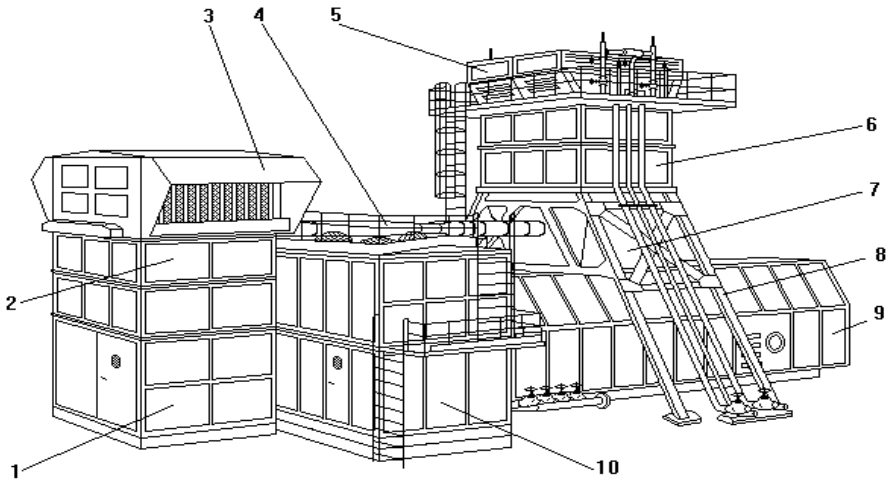
Компактны, имеют высокий КПД, быстро включаются в работу и останавливаются, не нуждаются в большом обслуживающем персонале, позволяют регулировать частоту вращения в широких пределах. Удобны при периодической работы компрессора.

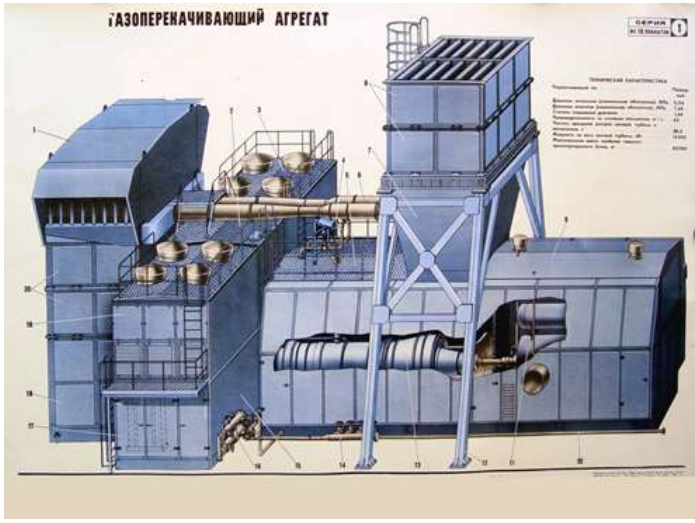
Привод от паровой турбины

Паровые турбины также позволяют регулировать частоту вращения. Их целесообразно применять при наличии на предприятии дешевого пара, например собственной ТЭЦ



Пример системы всасывания для ГПА с газотурбинным двигателем





Камера всасывания 1 служит для направления очищенного в ВОУ атмосферного воздуха к осевому компрессору двигателя. Всасывающая камера состоит из двух основных частей: камеры и рамы, собираемых при монтаже.

Шумоглушитель 2

Воздухоочистительное устройство 3 предназначено для очистки от пыли и других механических включений циклового воздуха

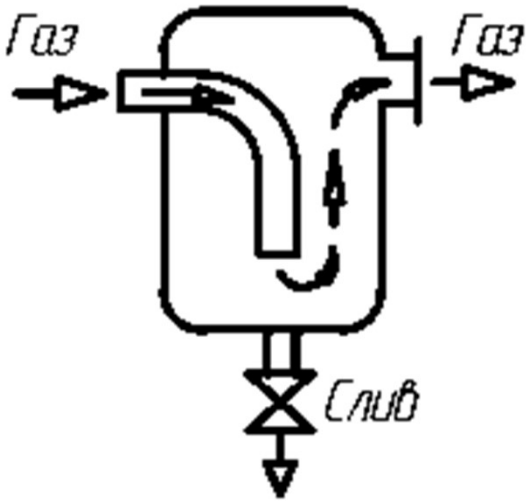
Масловлагоотделители

Газ, выходящий из цилиндра поршневого компрессора, содержит пары масла и воды. Пары воды конденсируются в газоохладителе, а масло отлагается на стенках всего газового тракта. Накопление воды в газе может привести к гидравлическому удару, а разложения масла ухудшают работу компрессора. Для очистки газа от масла и воды после газоохладителей устанавливают МВО.

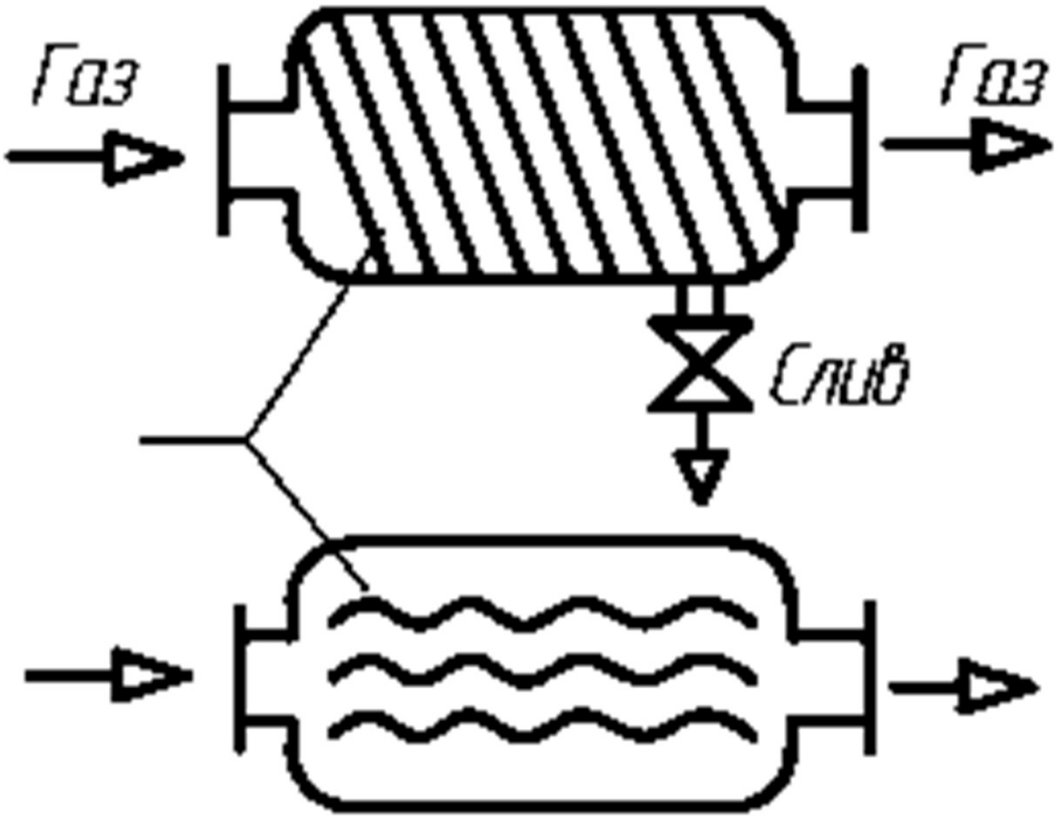
Действие МВО основано на сепарировании под действием инерционных сил. Отделение влаги и масла осуществляется следующим образом:

- резким поворотом потока
- отражением потока от стенки
- под действием центробежных сил

Резкий поворот потока, при котором капельки масла и влаги, как более тяжелые, падают на дно аппарата, а очищенный газ выходит из верхней части МВО

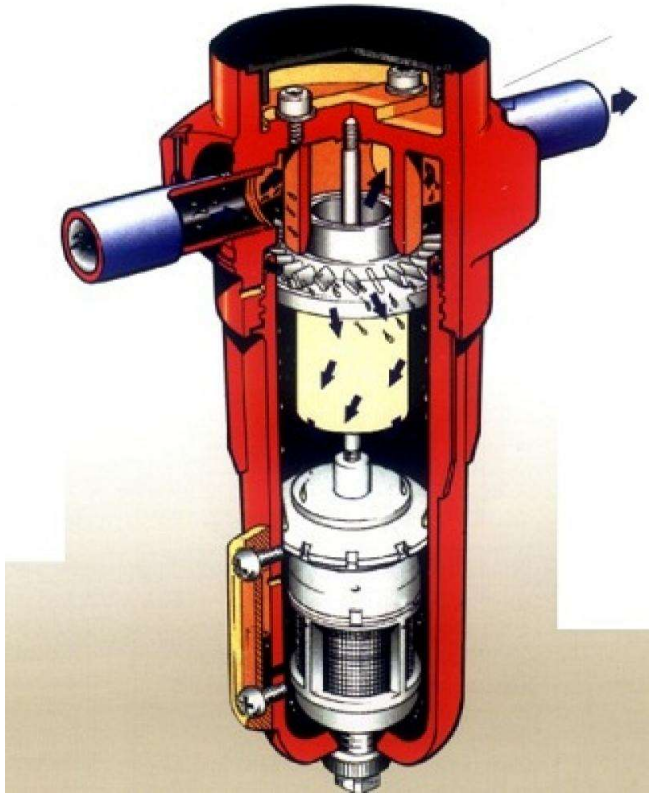


МВО с отражением потока от стенки. Газ ударяется в гофрированные пластины, капельки жидкости остаются на них и стекают вниз



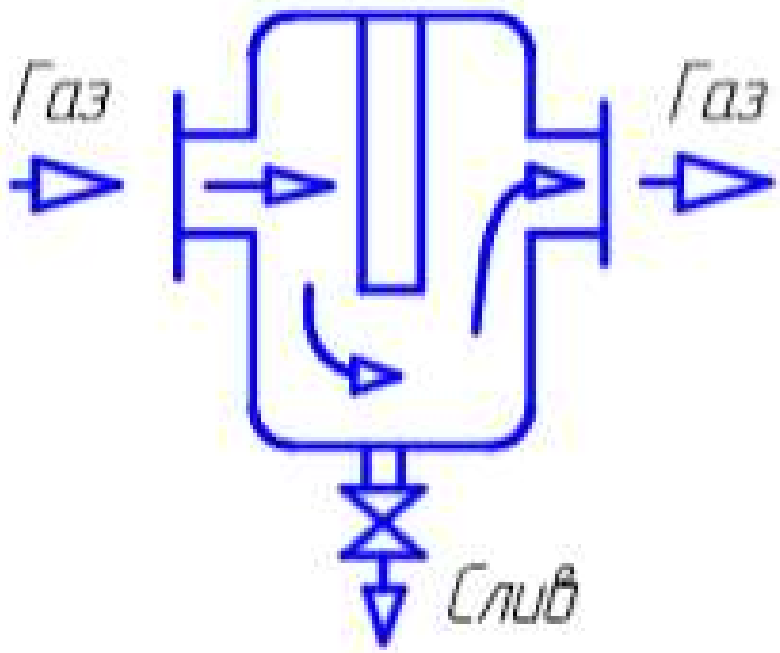
МВО с использованием центробежной силы

При высоком давлении из-за большой плотности газа затруднено выделение капель жидкости. В этом случае целесообразно использовать применять МВО центробежного типа.



МВО смешанного типа

Так же существует МВО, принцип которого основан на использовании первого и второго способов. Удаление влаги происходит под давлением газа, находящегося в МВО, и называется продувкой.



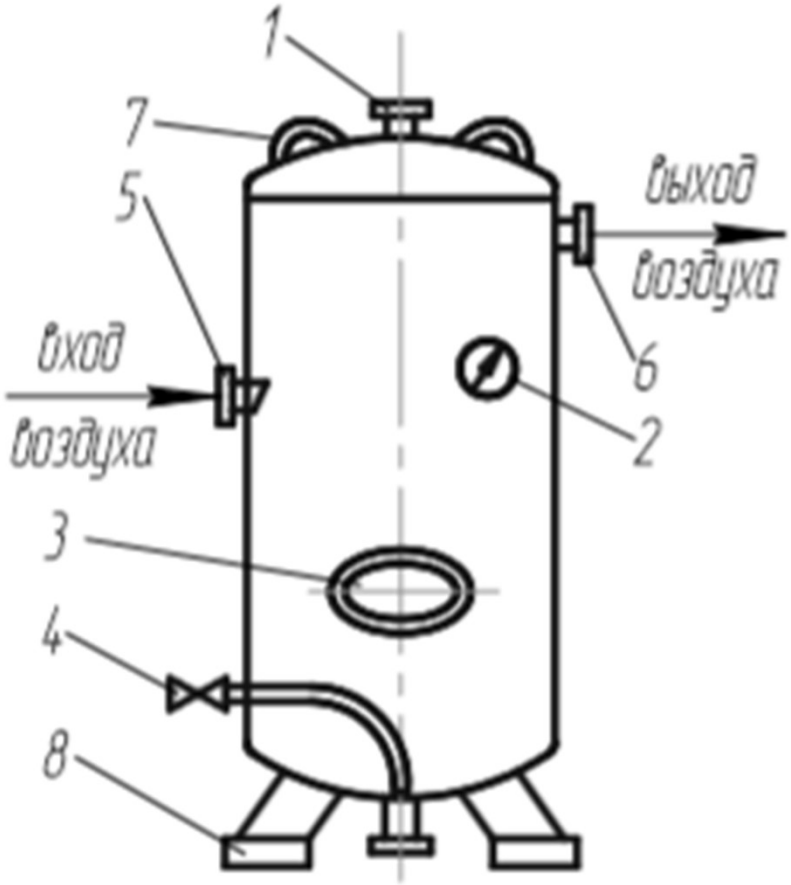
Воздухосборник служит для уменьшения пульсации давления в сети и для аккумуляции, т.е. накопления сжатого воздуха. В ВС улавливается дополнительно вода и масло.

В зависимости от давления воздуха ВС выполняется в виде больших цилиндрических сосудов или баллонов, соединяемых в группы.

Конструкция воздухосборника представляет собой герметичный сосуд цилиндрической формы. Отношение высоты сосуда к его диаметру оставляет 2…2,7. ВС сваривают из стальных листов.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

Воздухосборник имеет предохранительный клапан 1, манометр 2, люк 3 для очистки внутренней поверхности, вентиль 4 для спуска конденсата, штуцера 5, 6 для подвода и отвода воздуха, скобы 7 для подъема, лапы-опоры 8 для установки на фундамент.



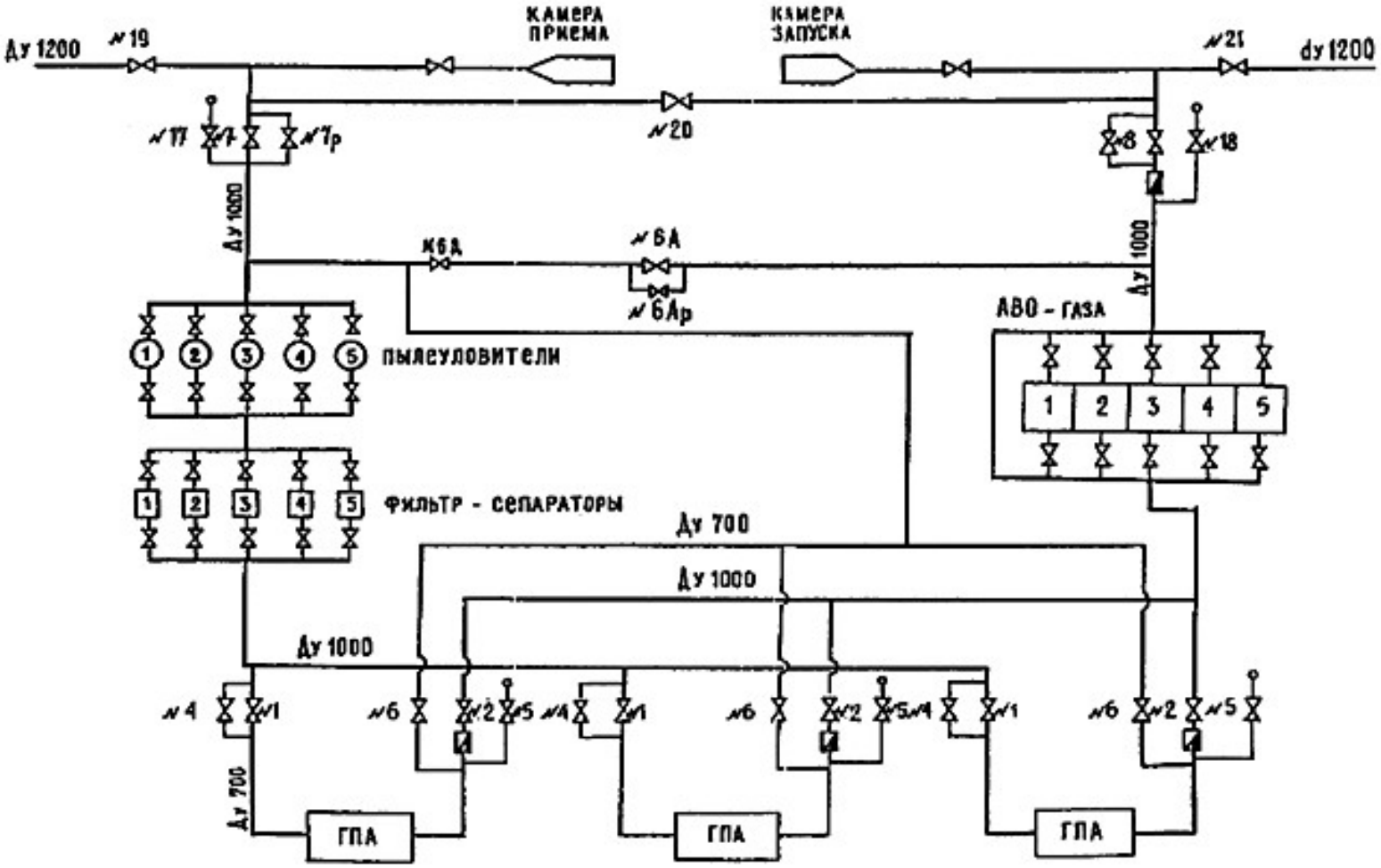
Емкость воздухосборника с достаточной точностью определяют по эмпирической формуле:

$$V = 1{,}6\sqrt{Q_k}, \text{м}^3$$

Где Qk – максимальная подача воздуха в воздухосборник, $\frac{\text{м}^3}{\text{мин}}$.

@KVIHT

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Принципиальная технологическая схема КС с параллельной обвязкой ГПА

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

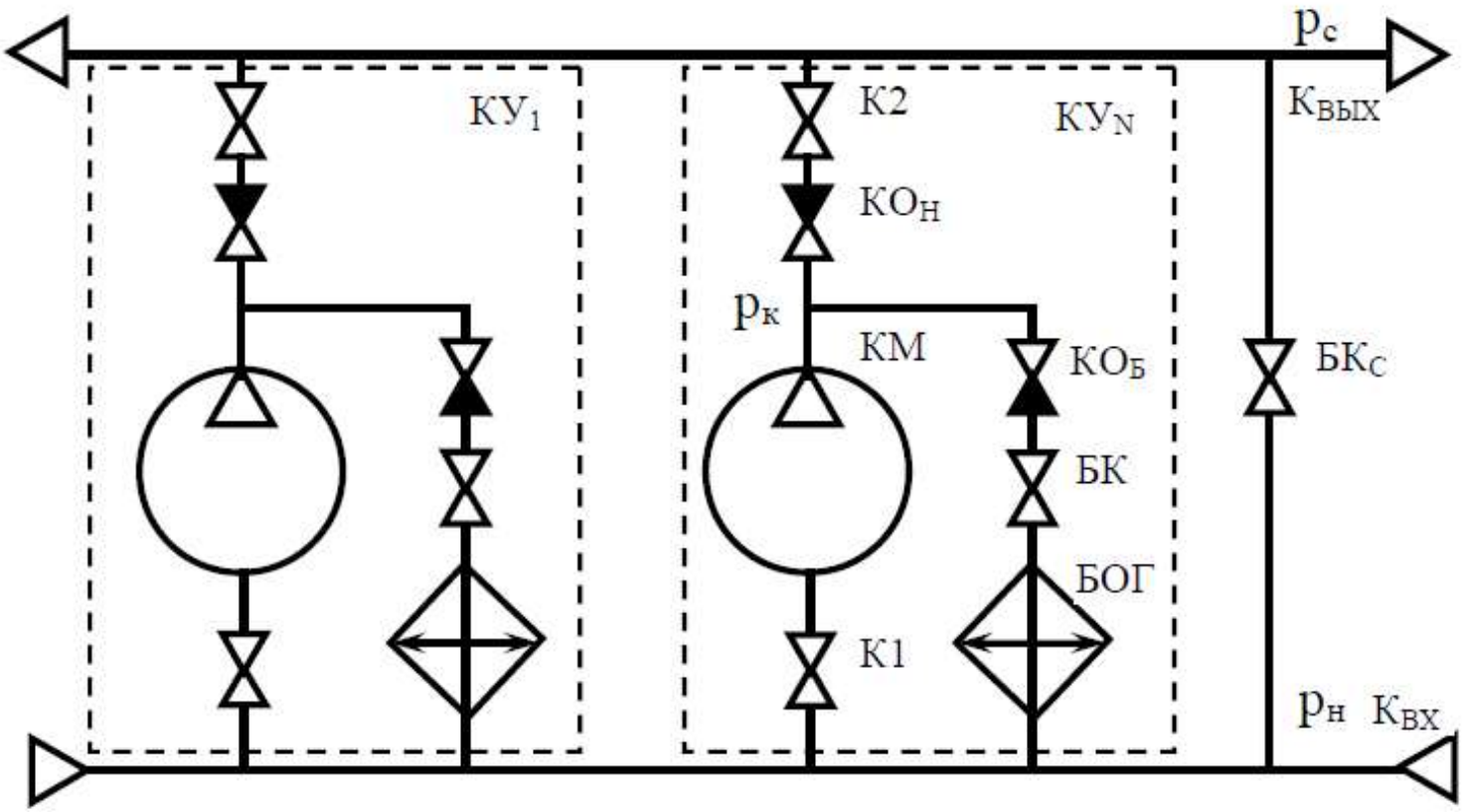
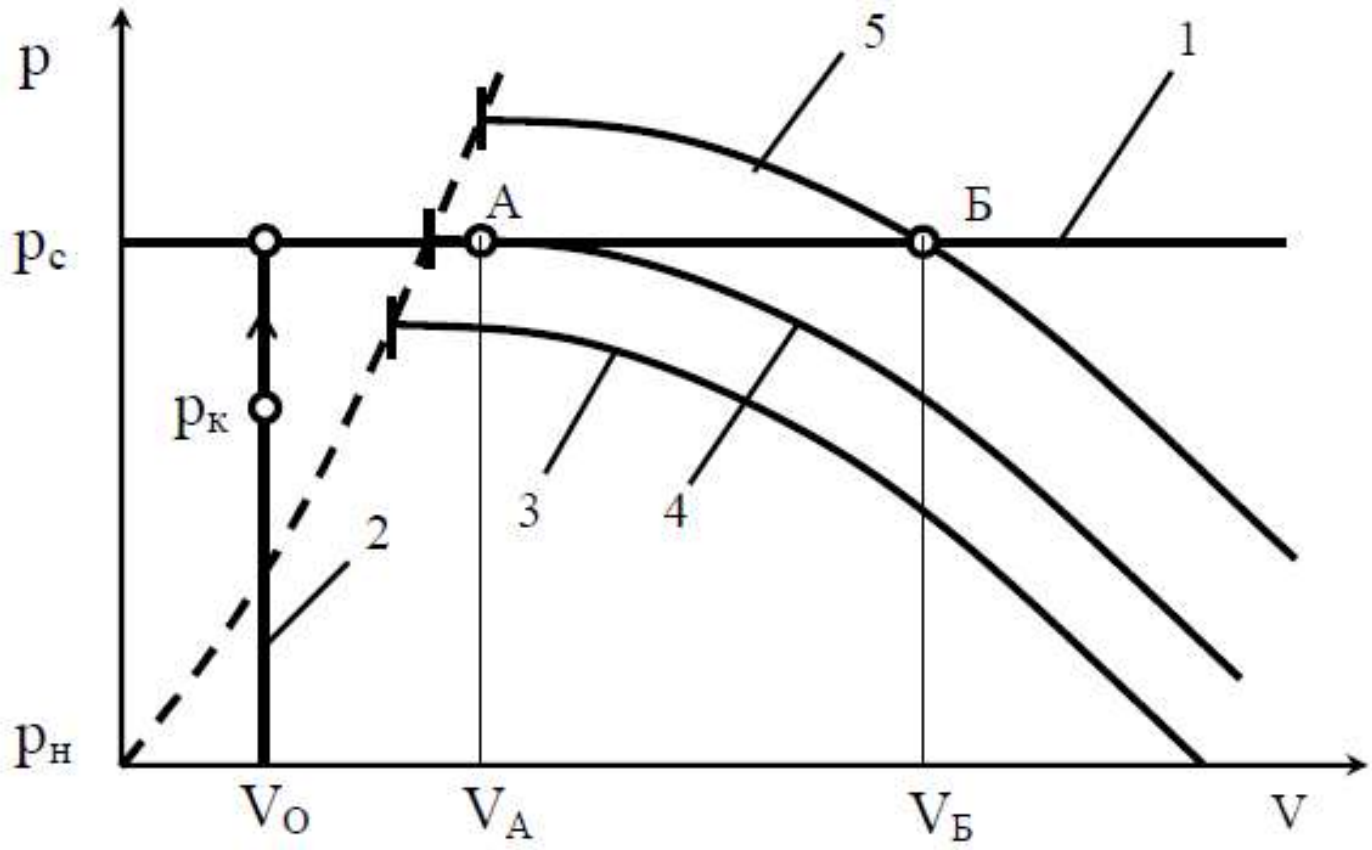


Схема параллельного подключения компрессора к сети

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Режимы работы компрессора в сеть (1) большой мощности. Характеристика компрессора: объемного действия (2), динамического действия при пуске (3), подключении в сеть (4) и установке нагрузки (5)

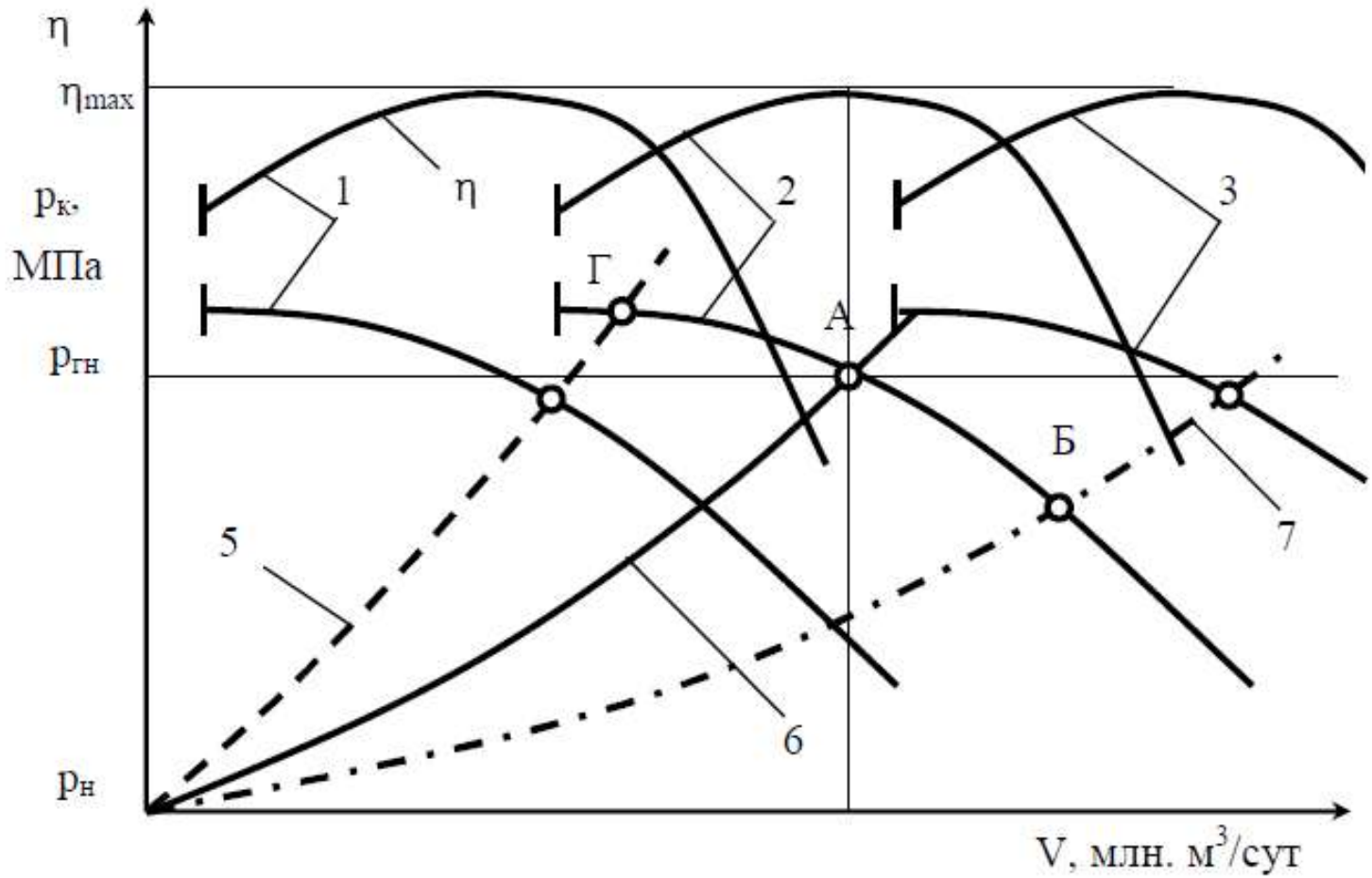
@KVIHT

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

Параллельная работа компрессоров

Совместный стационарный рабочий режим газопровода и КУ устанавливается в месте пересечения их характеристик в точке А. Обеспечение заданных параметров газа на выходе КУ осуществляется путем изменения её характеристики. Газодинамическая характеристика КС представляет собой суммарную характеристику работающих КУ. При параллельной работе одинаковых агрегатов на равных частотах вращения роторов характеристику станции можно получить смещением характеристики одного агрегата 1 в сторону увеличения производительности 2, 3, пропорционально кратности параллельно включаемых КУ.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Характеристики: 1, 2, 3 – станции при параллельной работе одного, двух, трех одинаковых ГПА; 5, 6, 7 – газопровода при малом, номинальном и большом потреблении газа

При уменьшении внешнего сопротивления, например, увеличении проходного сечения газопровода, происходит снижение давления на выходе центробежного компрессора,
связанное падением давления на его внутренних элементах-
сопротивлениях. Поэтому характеристика компрессора имеет падающий вид. Наоборот, при постоянном сечении и
увеличении расхода газа через газопровод его сопротивление возрастает. Следовательно, характеристика 6 газопровода- сети является возрастающей, причем зависимость давления от расхода близка к квадратичной параболе.

Последовательное соединение компрессоров

Последовательное включение КУ обычно применяют для повышения давления. Оно находит применение, например, в КС магистральных газопроводов. Использование в них одноступенчатого компрессора, как правило, обеспечивает не
достаточное для условий КС повышение давления газа. Такие одноступенчатые ЦК иногда называют неполнонапорными. В этом случае для обеспечения необходимого конечного давления используется последовательное соединение двух компрессоров.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

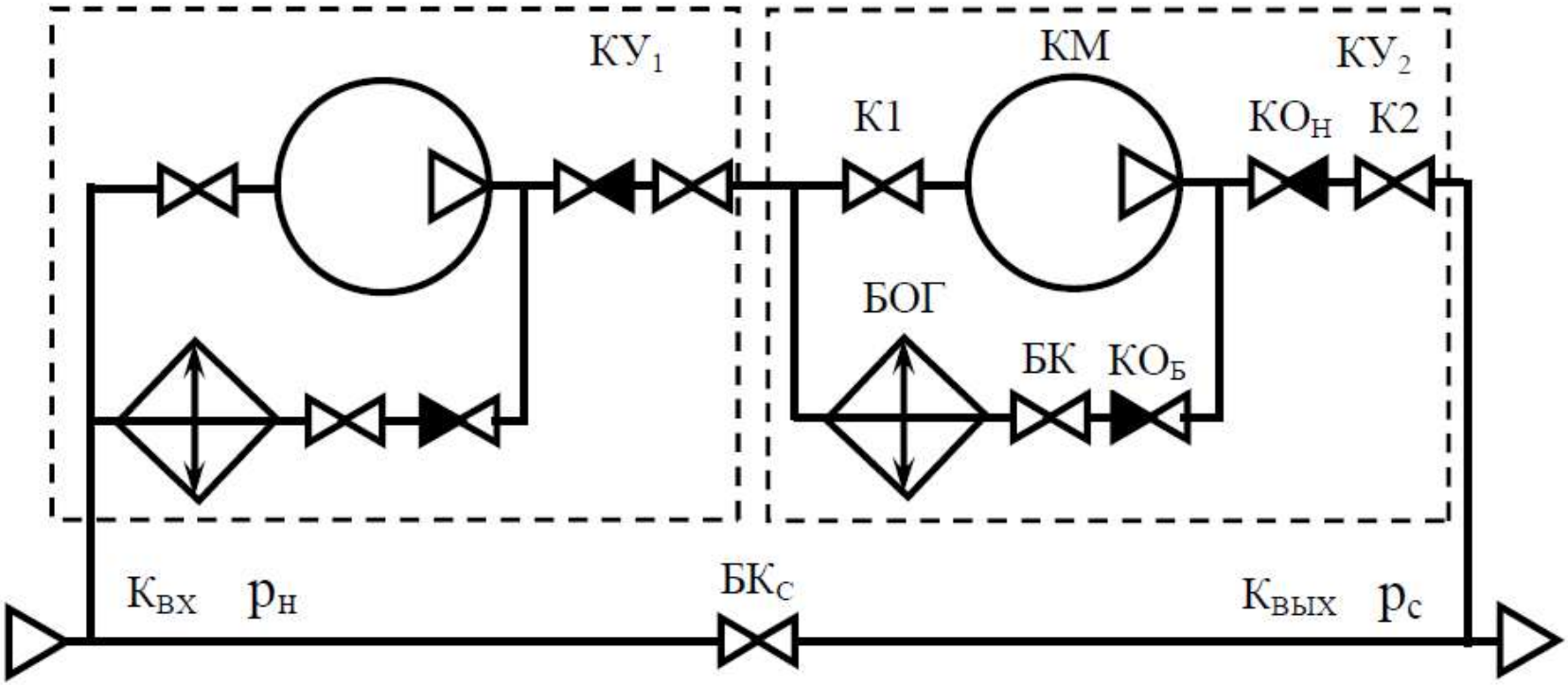
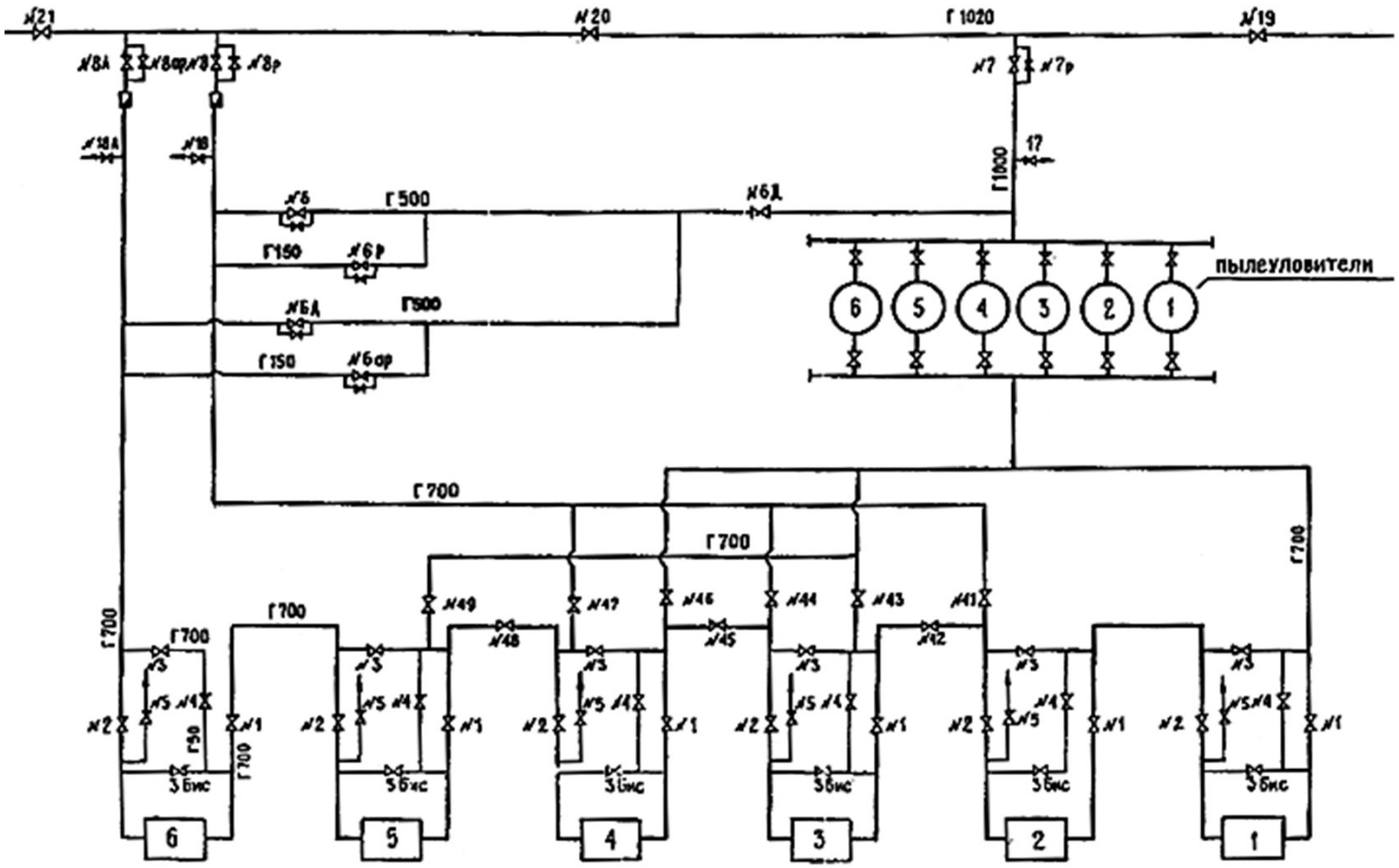


Схема последовательного подключения компрессоров к сети

@KVIHT

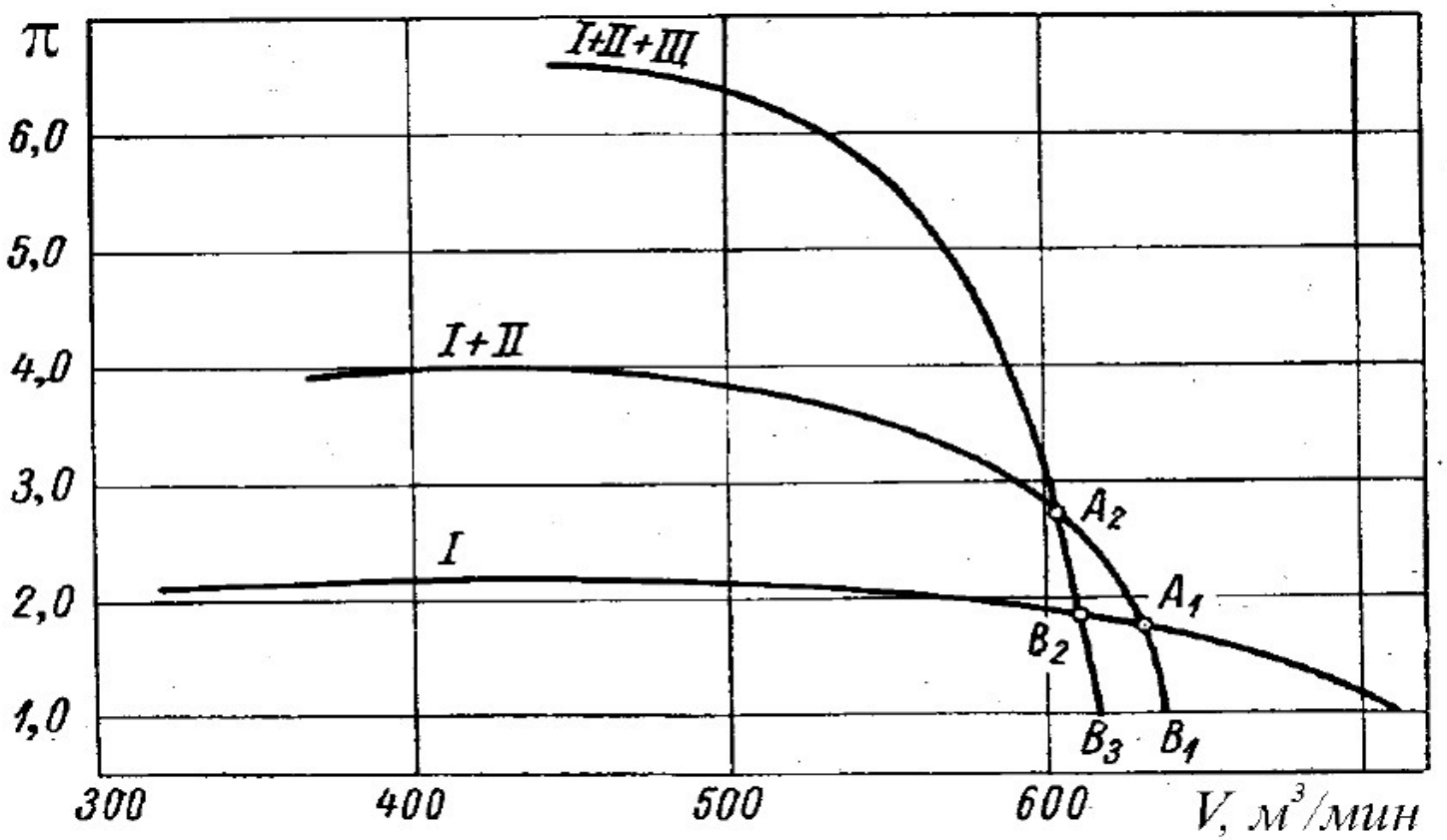
Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Принципиальная технологическая схема КС с последовательной обвязкой ГПА

Характеристику двух последовательно работающих компрессоров можно рассматривать как результат наложения характеристик отдельных компрессоров. Эти компрессоры связаны с одинаковостью массовых производительностей. Изложение последовательной работы двух компрессоров ведется аналогично последовательной работы двух ступеней секции. При последовательной работе двух компрессоров (с одинаковыми или различными безразмерными характеристиками) работа второго из них определяется условиями объемного расхода, температуры и давления при выходе из первого компрессора.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Характеристики компрессора (I+II+III) в сопоставлении с характеристикой первых двух секций (I+II) и первой секции (I): A1B1 – секция II в режиме торможения; A2B3 - секция III в режиме торможения; B2B3 - секция III и II в режиме торможения

1) при последовательной работе компрессоров сужается диапазон их работы по производительности, причем, чем больше компрессоров, тем уже диапазон;

2) промежуточные охлаждения между компрессорами значительно увеличивает трудности согласования характеристик отдельных компрессоров;

3) при отсутствии промежуточного охлаждения и использовании одинаковых компрессоров, например, в КС магистральных газопроводов, отношение давлений в последующих компрессорах после первого уменьшается из-за увеличения температуры перед ними;

4) для расширения рабочей зоны производительности последовательно работающих компрессоров необходимо соответствующим образом подобрать характеристики отдельных компрессоров;

5) расширение рабочей зоны производительности последовательно работающих компрессоров можно осуществить путем введения регулирования, например, изменения частоты вращения роторов, поворотом входного направляющего аппарата, открытием байпасного клапана на каждом компрессоров отдельности.

Управление работой КУ путем включения байпасных линий

Управление работой байпасных линий осуществляется путем частичного или полного открытия байпасных клапанов БК. Регулирование производительности байпасным перепуском сжатого газа с линии нагнетания на линию всасывания является хотя и достаточно простым, но крайне неэффективным способом, ведущим к значительному перерасходу энергии. Однако байпасная линия, кроме решения задач регулирования, позволяет вывести центробежный компрессор из зоны помпажа, произвести пуск и остановку компрессора при частичной или полной разгрузке. Поэтому все компрессорные установки оснащаются байпасными линиями. Работа компрессора с включенной байпасной линией имеет свои особенности, например, при отсутствии байпасного охладителя газа БОГ может привести к недопустимому перегреву газа на выходе из компрессора.

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

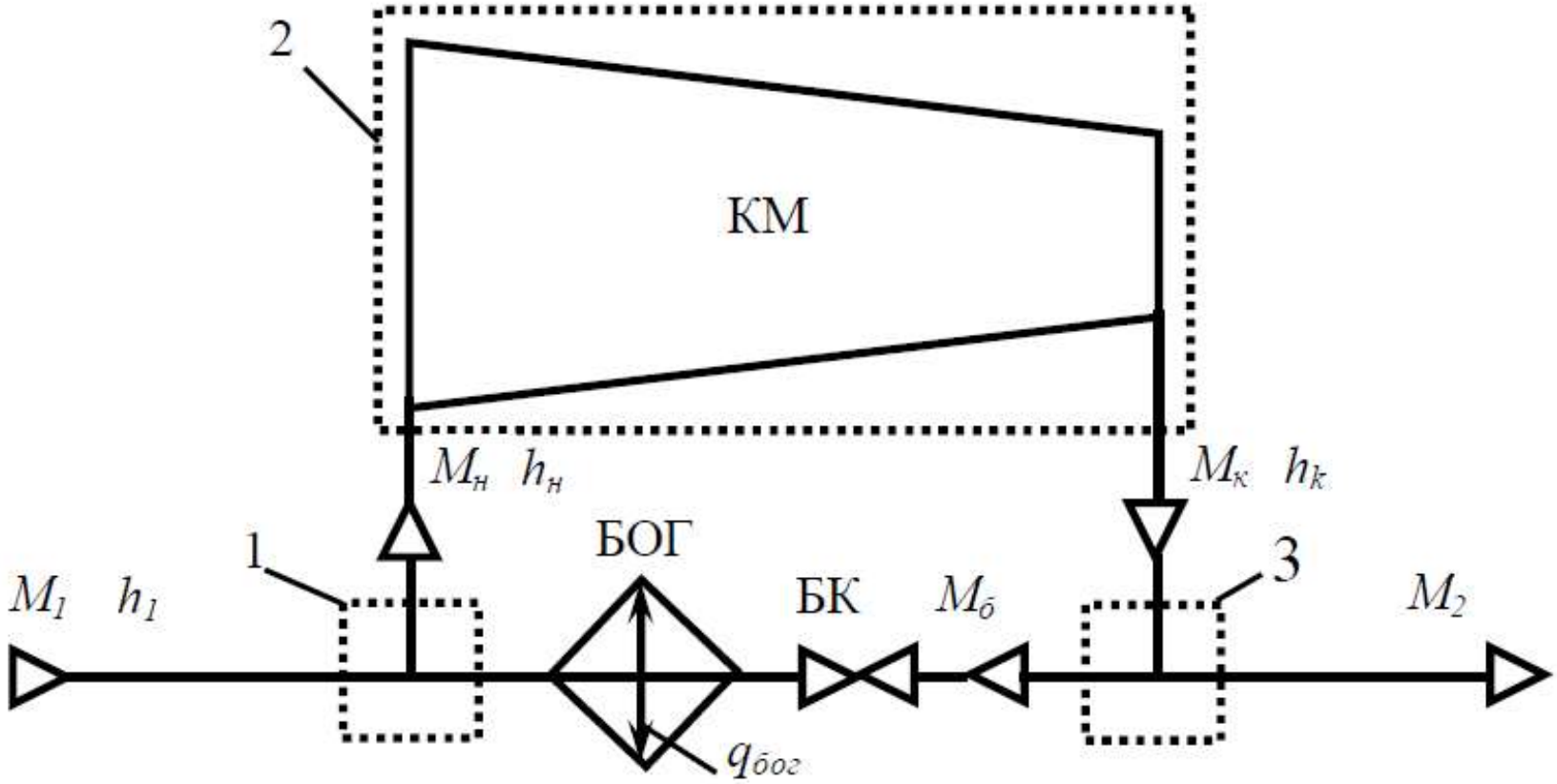


Схема компрессора КМ при работе с включенной байпасной линией

@KVIHT

Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

Спасибо за внимание