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

@KVIHT

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

Лекция

Различные способы регулирования поршневых, центробежных и винтовых 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

Наиболее распространенные способы регулирования поршневых компрессоров:

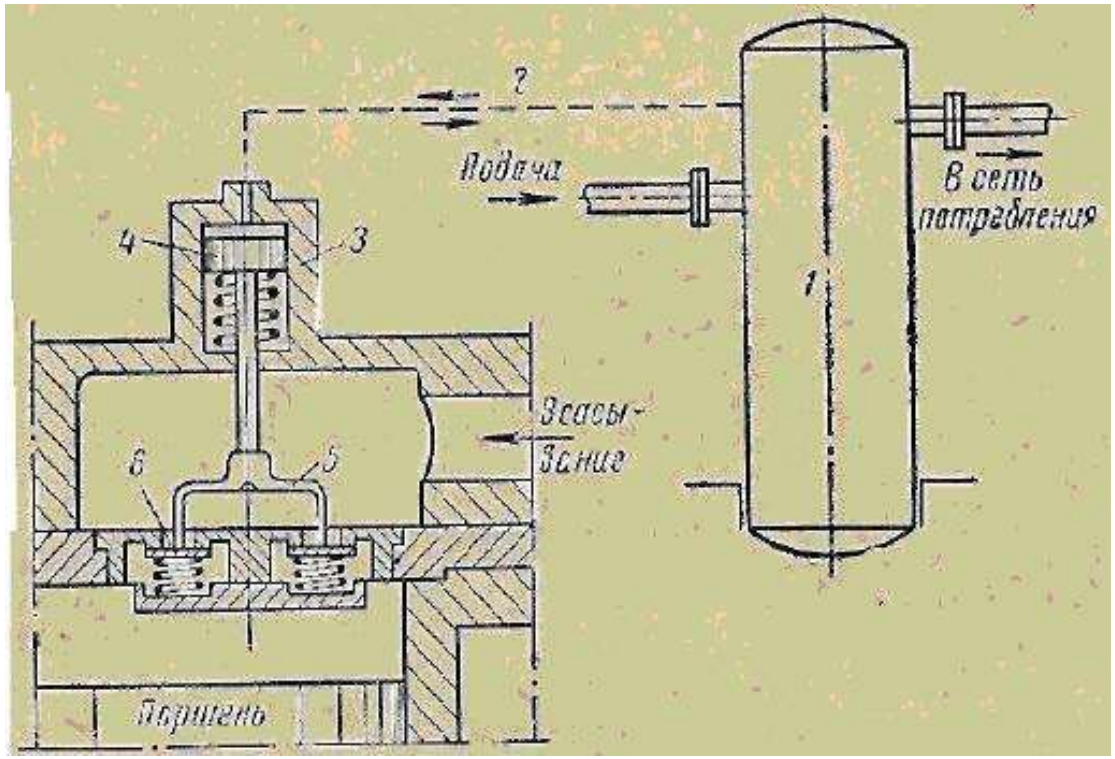
1) временная остановка двигателя или отключение от него компрессора;
2) изменение частоты вращения вала компрессора;
3) отжим всасывающих клапанов;
4) изменение объема «мертвого» пространства;
5) дросселирование во всасывающей линии;
6) перепуск газа во всасывающую линию.

Остановка одного или нескольких компрессоров для ступенчатого изменения производительности компрессорной станции — целесообразный способ регулирования. Отключение компрессора от двигателя, производимое посредством пневматических или электромагнитных муфт, менее экономично, чем остановка двигателя, но более удобно.

Изменение частоты вращения вала компрессора — наиболее выгодный способ регулирования при условии, что двигатель допускает экономичное изменение частоты вращения. К сожалению, этой способностью не обладают ни электродвигатель переменного тока, ни в должной мере двигатель внутреннего сгорания, которые в основном используются для привода компрессоров. Регулировать производительность компрессоров можно при помощи коробок передач; однако их применение усложняет установку.

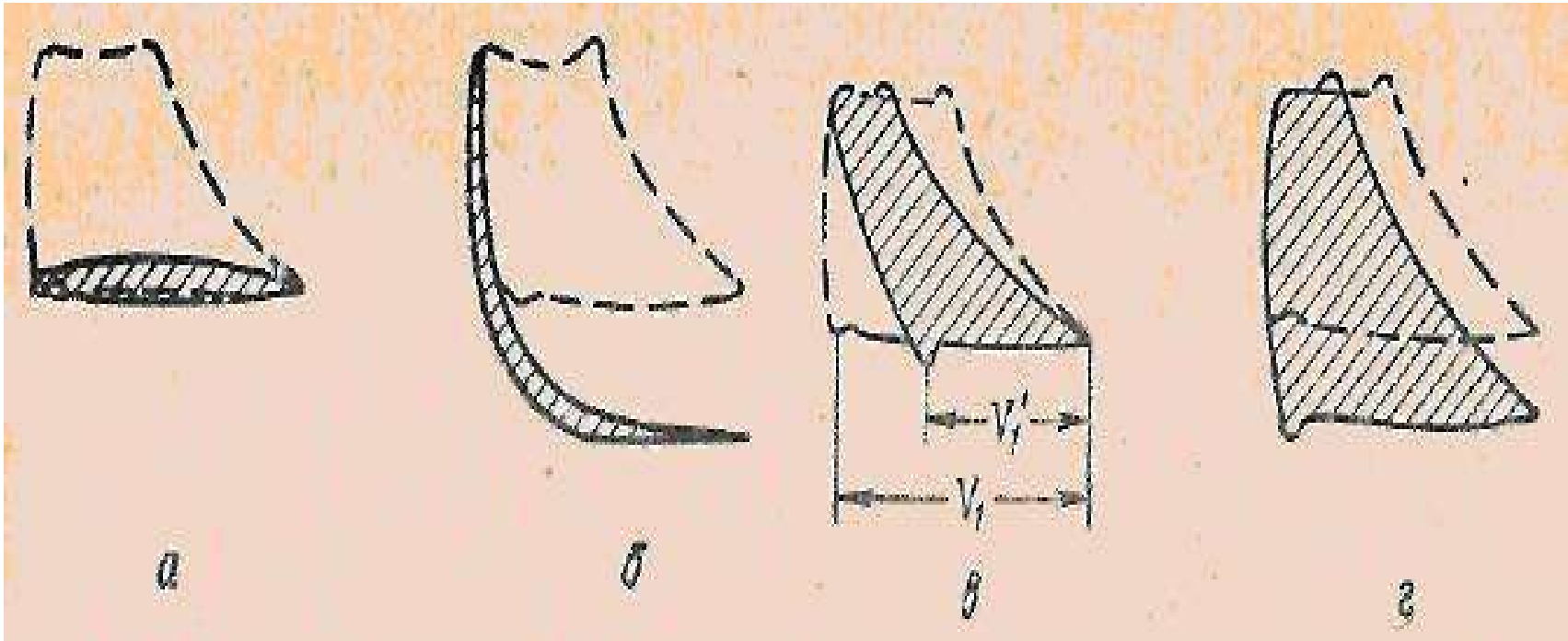
Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64

Отжимание всасывающих клапанов происходит при помощи вилки 5, передающей усилие на пластину *6.* Вилка соединяется с поршнем *4,* передвигающимся в цилиндре *3* и поджатым пружиной.



К цилиндру по трубке *2* поступает воздух из полости нагнетания. Поршень перемещается вниз, вилка ложится на пластину всасывающего клапана и держит его открытым до того момента, пока достигнутое давление в воздухосборнике *1*компрессора не понизится до заданного значения. В рассматриваемой схеме показано регулирование прерывистым способом. Существуют также схемы с плавным (непрерывистым) регулированием, производящим открывание клапана на частичном моменте хода. По рациональности такой способ регулирования уступает выше рассмотренным способам, так как для отжатия клапана в цилиндре происходят определенные затраты мощности.

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



Индикаторные диаграммы при регулировании.
а — отжатием всасывающего клапана; б — перекрытием всасывающей линии; в — включением дополнительных "мертвых" пространств; г — дросселированием во всасывающей линии.

Изменение объема "мертвого" пространства осуществляется подключением дополнительных полостей и, следовательно, уменьшением объемного коэффициента. Производительность компрессора при наименьшем объеме «мертвого» пространства пропорциональна объему V_1 , а при включении "кармана" объему V_1', который меньше объема V_1. Дополнительные полости выполняют постоянного или переменного объема и располагают в крышке цилиндра или в отдельных баллонах. Экономичность этого способа высокая. При снижении производительности на 30% повышение удельного расхода энергии не превышает 2% полной индикаторной мощности.

Дросселирование воздуха во всасывающей линии путем частичного перекрытия приводит к падению давления на приеме компрессора, что равноценно увеличению гидравлического сопротивления всасывающего клапана, вызывающему уменьшение λ_0 и λ_p . Дросселирование — неэкономичный способ регулирования, так как приводит к увеличению удельного расхода энергии. Кроме того, следует иметь в виду, что дросселирование во всасывающей линии вызывает опасное возрастание конечной температуры воздуха (из-за повышения отношения давлений).

@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

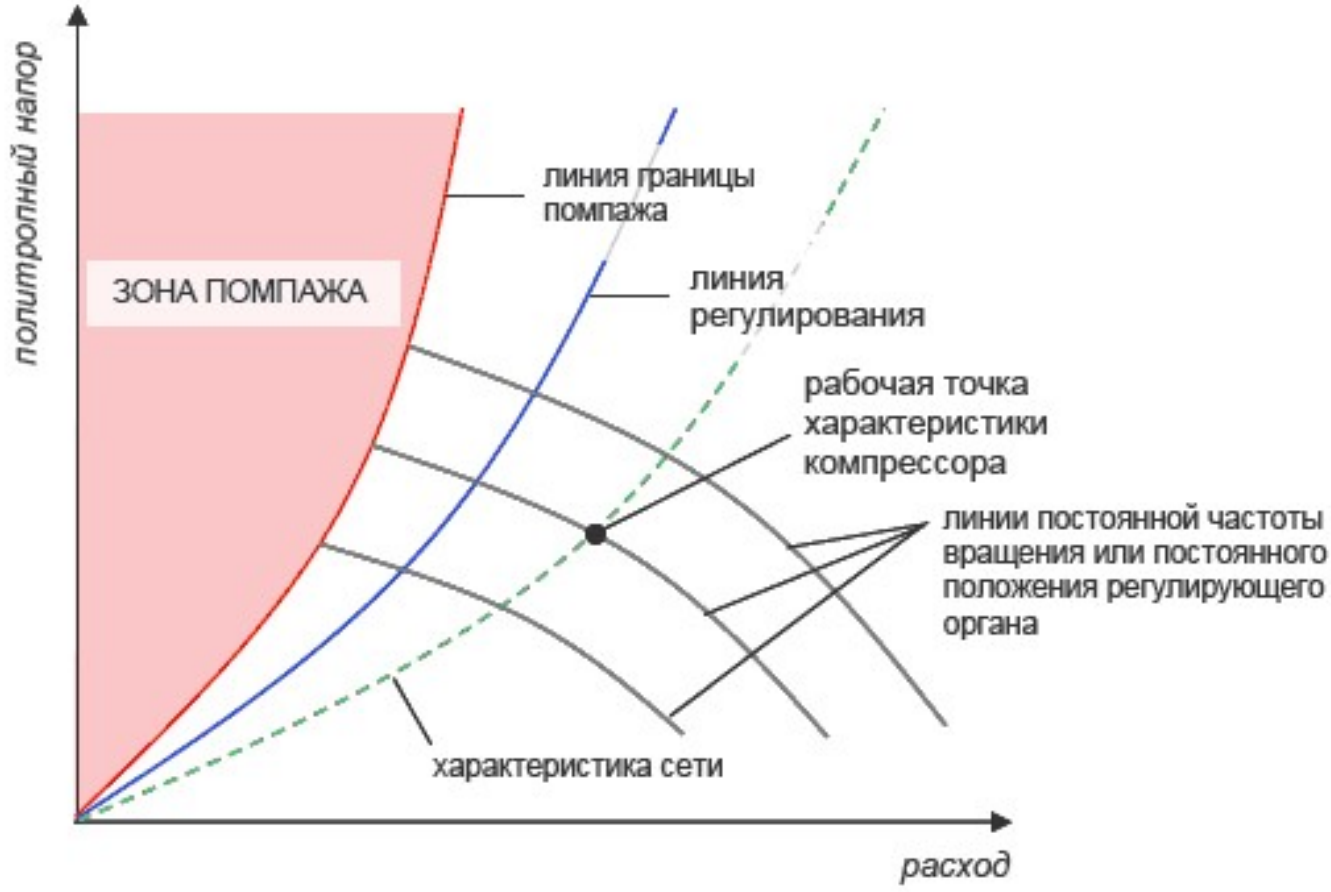


Рис 1. Политропный напор – характеристика расхода

Регулирование винтовых компрессоров

Изменение частоты вращения

Регулирование производительности за счёт изменения частоты вращения вала приводного двигателя, по мнению специалистов , следует рассматривать как один из наиболее экономичных и перспективных способов. В основу данного способа регулирования положены хорошо известные из теории винтовых компрессорных машин выражения для теоретической объёмной производительности, которая может быть определена по одному из выражений:

$$V_m = K_u W_{n.n} z_i n_i,$$

$$V_m = K_u W_{n.n} z_1 u_1 / (\pi D_1),$$

$$V_m = K_u n_1 z_1 l_в (f_{1n} + f_{2n}),$$

@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

$$V_m = K_u W_{п.п} z_i n_i,$$
$$V_m = K_u W_{п.п} z_1 u_1 / (\pi D_1), \qquad (1)$$
$$V_m = K_u n_1 z_1 l_в (f_{1п} + f_{2п}),$$

где Ки – коэффициент использования объёма парной полости компрессора Ки = Wв /Wп.п; Wп.п = lв (f1.п + f2.п) – полный объём парной полости, м3 ; lв – длина винта, м; f1.п и f2.п – площади впадин между зубьями в торцевой полости соответственно ведущего и ведомого винтов, м2 ; Wв – объём парной полости в момент начала фазы внутреннего сжатия, м3 ; ni и zi – соответственно, частота вращения и число зубьев винта (с индексом «1» - ведущего, с индексом «2» - ведомого винтов), с-1 ; u1 – окружная скорость на внешней окружности ведущего винта, м/с; D1 – диаметр ведущего винта, м.

Дополнив выражения (1) плотностью воздуха на входе ρв = рв/(RTв), можно получить уравнения для расчёта теоретической массовой производительности ВК, например вида:

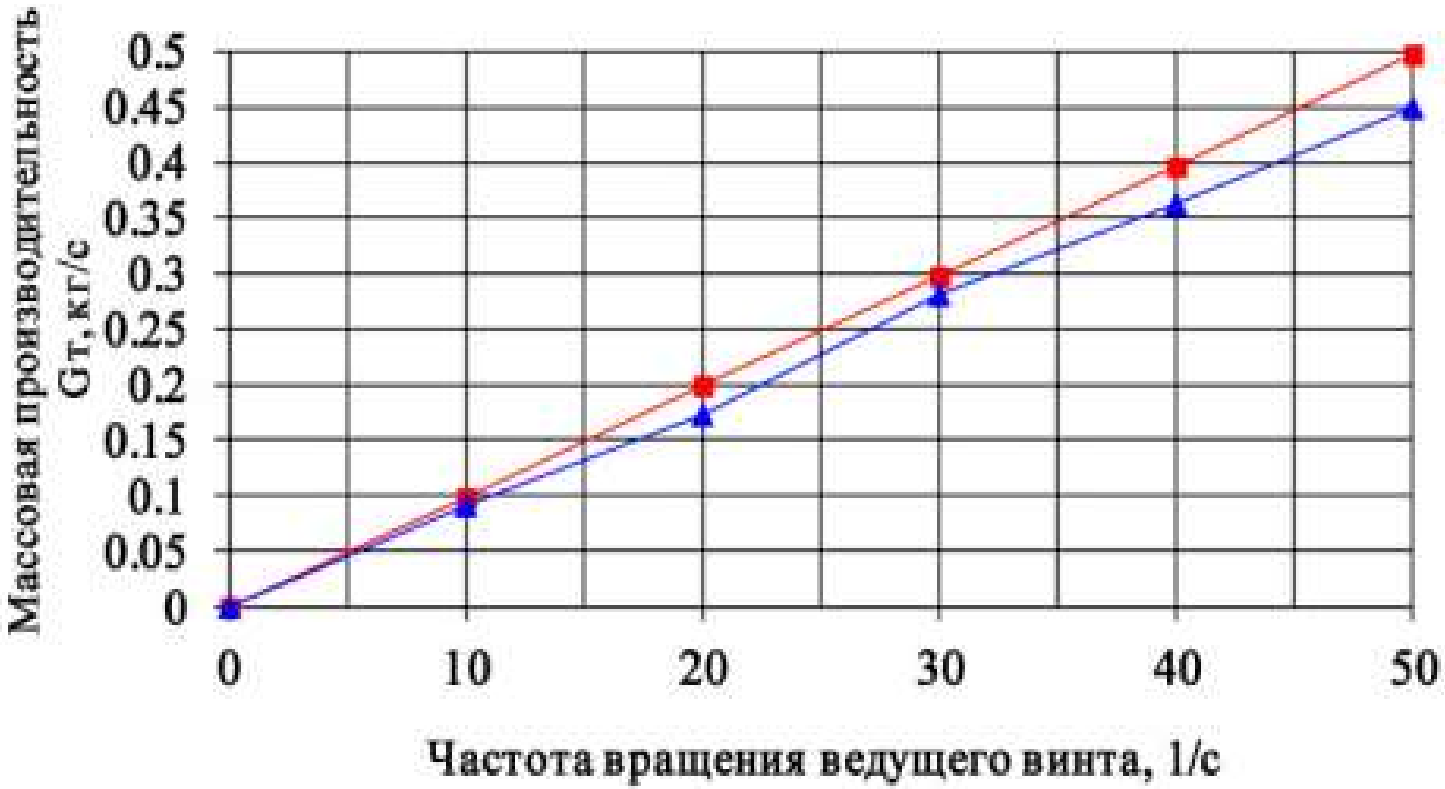
$$G_m = \frac{P_в}{RT_в} K_и W_{п.п} z_i n_i , \qquad (2)$$

где рв и Тв – давление и температура воздуха во всасывающем трубопроводе, Па и К.

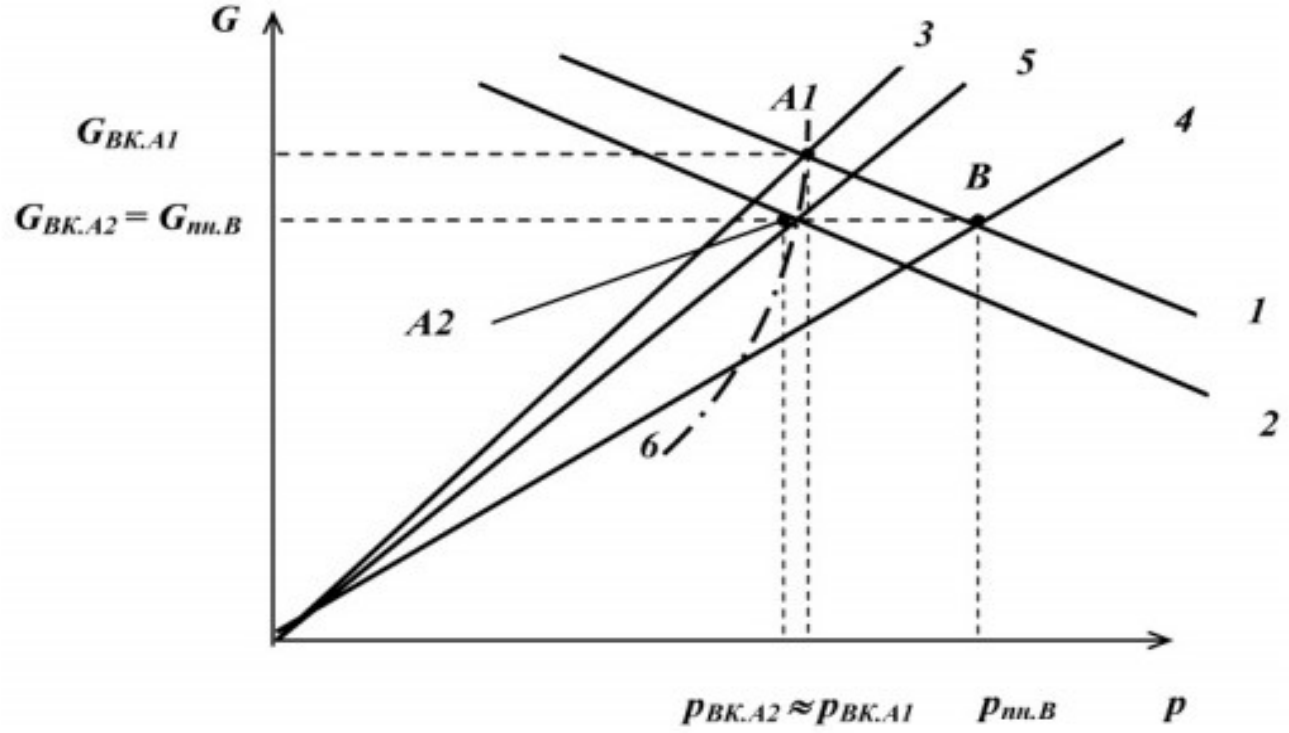
Как следует из этих формул, и объёмная, и массовая производительности ВК прямо пропорциональны частоте вращения винтов, а это означает, что изменение частоты вращения винтов может быть использовано для регулирования подачи ВК. На рисунке 4 представлены в графическом виде зависимости массовой производительности от частоты вращения ведущего винта, рассчитанная для компрессора 6ВКМ-25/8, и полученная экспериментально.

@KVIHT

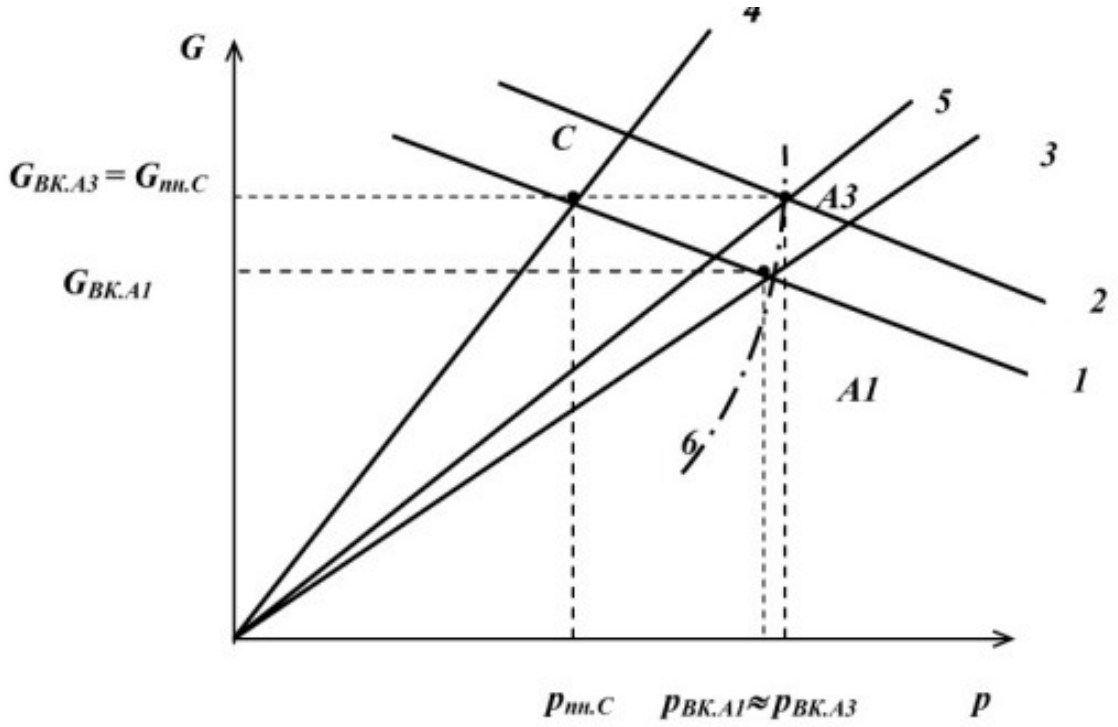
Больше информации о компрессорной технике на сайте научно-инжиниринговой группы
«Компрессорная, вакуумная, холодильная техника и системы транспорта и переработки газа»
www.kviht.ru тел. +7(812) 715-41-64



Зависимости массовой производительности от частоты вращения ведущего винта для компрессора 6ВКМ-25/8: ■ – расчетная, ▲ – экспериментальная



Регулирование производительности ВК изменением частоты вращения винтов при работе в режиме «В»: 1- характеристика ВК при n1; 2 - характеристика ВК при n2 < n1; 3, 4, 5 – расходные характеристики пневмосети; 6 - изменение давления внутреннего сжатия в зависимости от частоты вращения винтов с учётом перетечек и утечек



Регулирование производительности ВК изменением частоты вращения винтов при работе в режиме «С»: 1- характеристика ВК при n1; 2 - характеристика ВК при n3 > n1; 3, 4, 5 – расходные характеристики пневмосети; 6 - изменение давления внутреннего сжатия в зависимости от частоты вращения винтов с учётом перетечек и утечек.

Дросселирование на всасывании с одновременным перепуском с нагнетания.

Путем уменьшения проходного сечения входящего в компрессор трубопровода, создается разряжение на всасывании в компрессор. Таким образом уменьшается массовая производительность. Такой способ, несмотря на видимую простоту, имеет один существенный недостаток - изменяется термодинамическая кривая, по которой происходит сжатие газа, что снижает КПД компрессора.

Байпассирование

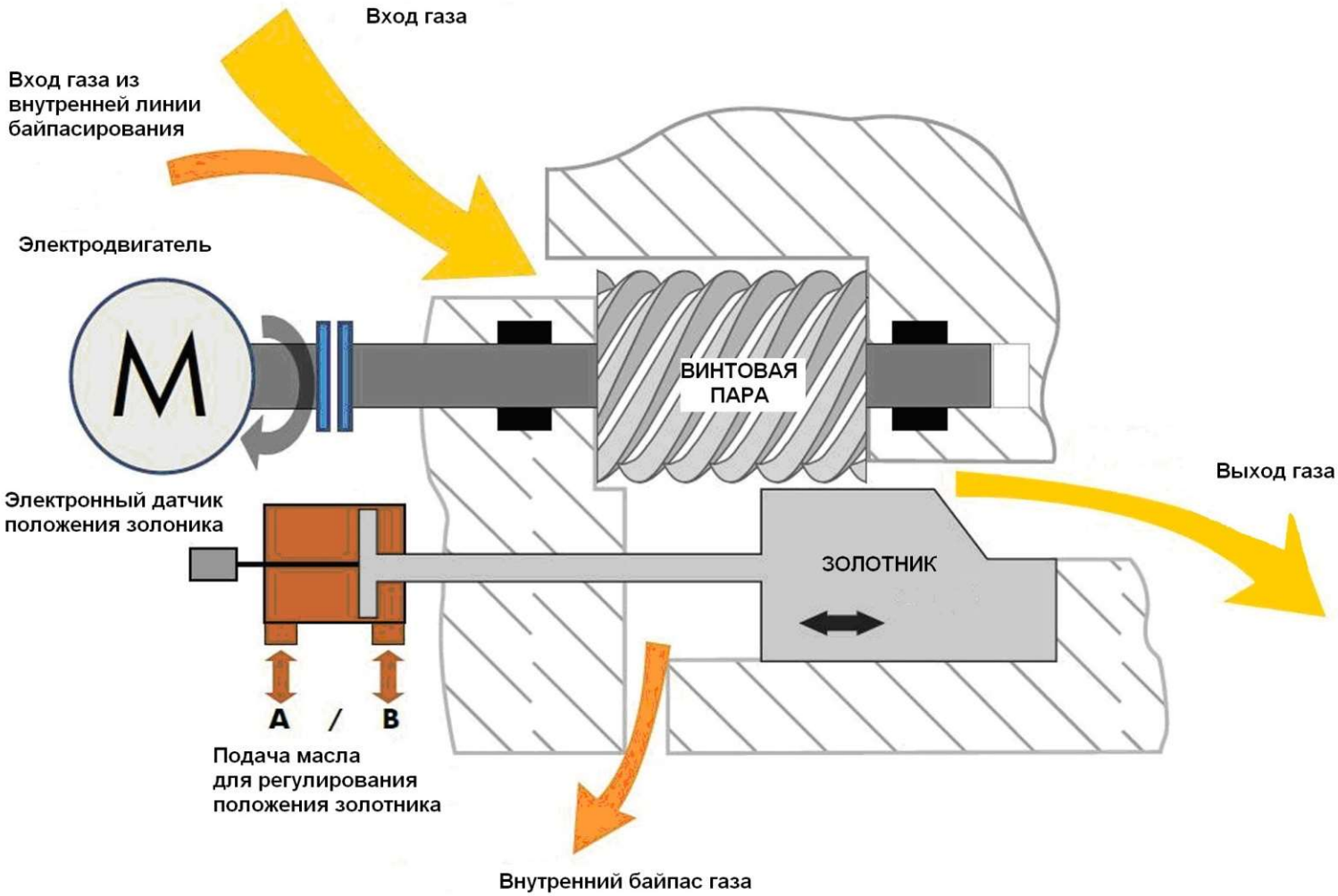
Байпас - это обводной пневмопровод. Зачастую- это обводная труба вокруг компрессора или, в частном случае с компрессорами Atlas Copco GA, в обход компрессорного элемента. Если давление в сети начинает расти, то подача газа в сеть перекрывается и открывается байпасный канал - газ ходит по замкнутому кольцу со стороны нагнетания на сторону всасывания. Этот способ более экономичен, чем простой сброс газа в атмосферу. Тем не менее во время байпасирования (в частном случае именуемом "режимом холостого хода") двигатель компрессора продолжает работать, потребляя до 40% (в зависимости от производителя компрессора) от номинальной мощности.

Золотниковое регулирование

Золотниковый клапан – это общепринятое устройство для регулирования производительности **винтовых компрессоров**. Золотниковый клапан с гидравлическим приводом (масло) перепускает часть газа на линии всасывания мимо компрессора. С помощью золотникового клапана производительность компрессора можно плавно и непрерывно **изменять** от 100 до 10% от номинальной величины. КПД агрегата при частичной тепловой нагрузке на систему при этом заметно уменьшается.

@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



В крупных винтовых компрессорах обычно применяются регулирующие золотники, расположенные параллельно осям роторов и обеспечивающие как ступенчатое, так и плавное регулирование. В современных компрессорах золотник устанавливают непосредственно между ведущим и ведомым роторами, при этом он точно адаптирован к контуру корпуса. Это решение обеспечивает самую высокую эффективность при частичной нагрузке, а также делает возможным изменение внутренней степени сжатия (Pi) в соответствии с потребностями.

@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

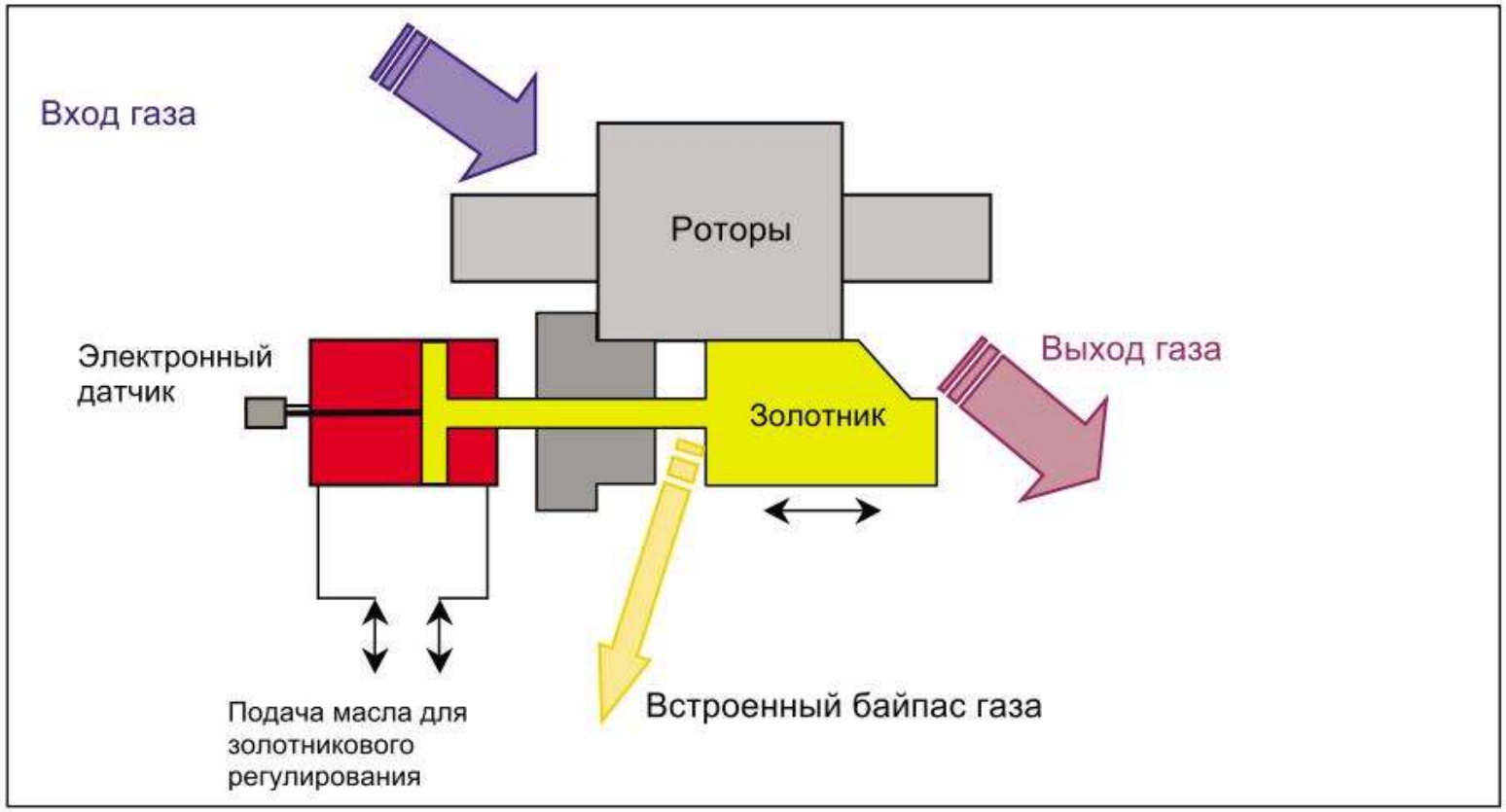
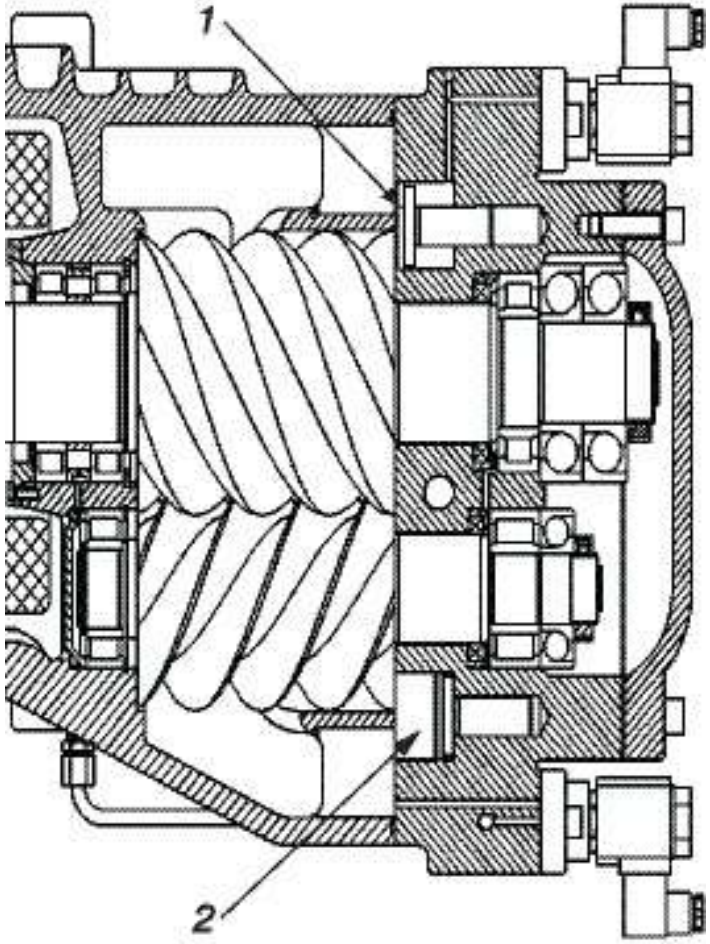


Рис. 3. Принципиальная схема золотникового регулирования

Регулирование винтовых компрессоров с помощью регулирующих поршней (разработка Bitzer): 1 – поршень выполнен заподлицо с фланцем и контуром ротора; 2 – каналы большого поперечного сечения, обеспечивающие малые потери и высокую эффективность.



@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

@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

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ