НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ МГТУ ИМ. Н. Э. БАУМАНА

НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ

Эл № ФС77 - 48211. Государственная регистрация №0421200025. ISSN 1994-0408

электронный научно-технический журнал

Регулирование производительности винтовых компрессоров

09, сентябрь 2013

DOI: 10.7463/0913.0596092

Филиппов И. В.

УДК 621.514

Россия, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

fiv61@yandex.ru

Введение

Непостоянство расхода сжатого воздуха потребителями пневматической энергии приводит к необходимости регулирования производительности винтовых компрессоров (далее – ВК). В настоящее время наиболее часто применяются следующие способы регулирования [1-4]:

– изменение частоты вращения вала приводного двигателя;

– перевод ВК в режим холостого хода;

– дросселирование во всасывающем трубопроводе.

Единого мнения о предпочтительности применения одного из этих способов нет. Некоторые авторы [3] отдают предпочтение переводу ВК в режим холостого хода (иногда применяют термин «глубокое» дросселирование). Другие [4] оспаривают этот выбор и видят решение проблемы в частотном регулировании привода ВК. Однако выбор способа авторами базируется, в основном, на экономических показателях и не учитывает особенности ВК – соотношение расхода и подачи сжатого воздуха для ВК в отличии от других типов компрессоров определяет ещё и режим работы компрессора: основной или анормальный. Автор позиционирует себя как сторонника регулирования производительности ВК «неглубоким» дросселированием на всасе, так как при этом способе регулирования можно обеспечить работу компрессора в основном режиме и нормализовать его работу [5-7].

В работе рассмотрены вопросы влияния способа регулирования на режимы работы ВК двух типов: сухого сжатия (далее – ВКС) и маслозаполненных (далее – ВКМ).

1. Постановка задачи

При сравнительном анализе способов регулирования более объективную оценку можно получить при использовании массовой производительности компрессора. В пользу этого решения можно привести следующие аргументы:

– объём одной порции воздуха, заключённого в парных полостях сжатия, если не учитывать протечки и перетечки, остаётся неизменным при любом способе регулирования, а с другой стороны, масса порции нагнетаемого воздуха будет изменятся при регулировании во всех случаях;

– использование массовой производительности позволит учесть влияние сезонных колебаний параметров атмосферного воздуха, а также специфику эксплуатации ВК в высокогорных условиях, например типа UR-8 фирмы «Atlas Copco», расположенных на руднике «Молибден» на высоте 2025 м и 2325 м над уровнем моря.

Изменение величины массового расхода и последовавшие за этим процессы, могут быть представлены графически, как это показано на рисунке 1. Для упрощения расходные характеристики пневмосети и рабочие характеристики ВК изображаются в виде прямых линий, что вполне допустимо и приемлемо для получения качественной оценки процессов, происходящих в пневмосистеме. При помощи данного графического представления были составлены алгоритмы, описывающие причинно - следственные отношения, возникающие между ВК и потребителями сжатого воздуха.

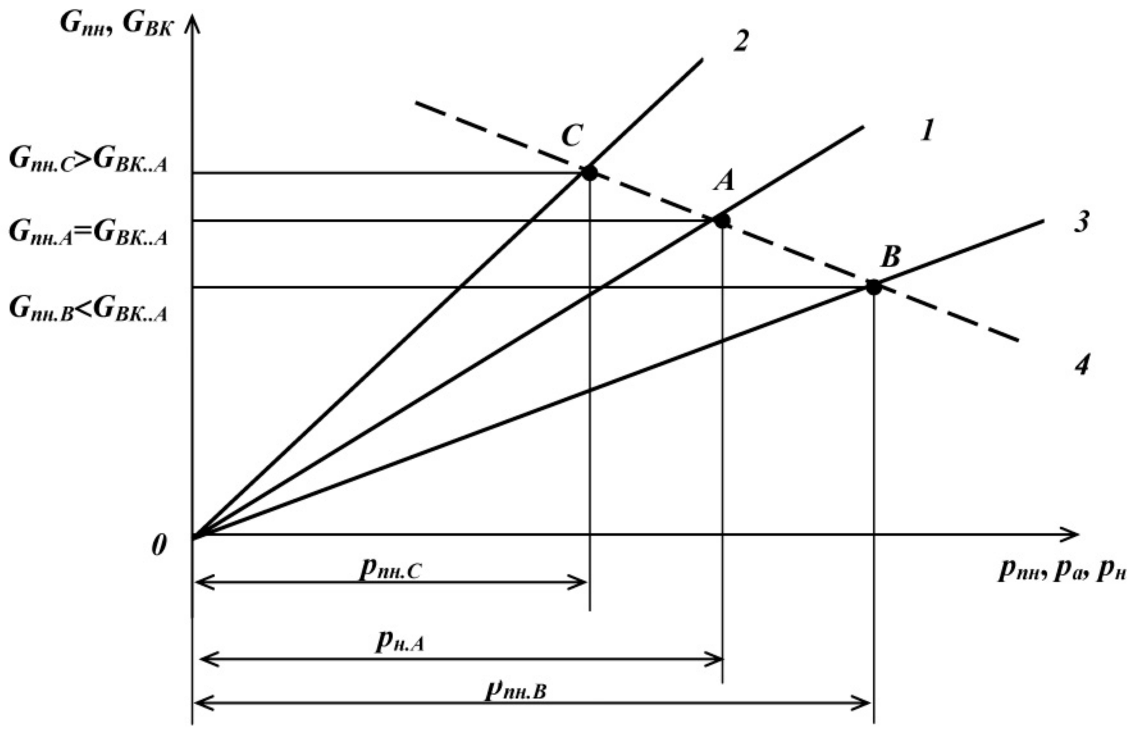

Рис. 1. Расходные характеристики пневмосети (линии **1**, **2** и **3**) и рабочая характеристика ВК линия (**4**)

1.1. Режим работы «А»

Этому режиму соответствует точка ***A*** на пересечении расходной характеристики ***1*** и рабочей характеристикой ВК ***4***. В этом случае, расход сжатого воздуха $G_{пн.A}$ потребителями и массовая производительность компрессора $G_{ВК..A}$ равны между собой и, как следствие, давление внутреннего сжатия ВК $p_{a.A}$ соответствует сложившемуся давлению в начале пневмосети $p_{пн.A}$. Данный режим является основным (оптимальным) для ВК и не требует вмешательства системы автоматического регулирования производительности (далее – САРП).

1.2. Режим работы «С» - режим адиабатного расширения

Режим работы пневмосистемы «С» представлен на рисунке 1 точкой С и для ВК является анормальным [5]. Данный режим имеет место в том случае, когда расход сжатого воздуха превышает массовую производительность ВК $G_{пн.C} > G_{ВК..A}$. и как следствие – несоответствие давления внутреннего сжатия $p_{пн.A}$ и давления в начале пневмосети $p_{пн.C}$. Предлагается алгоритм причинно - следственных отношений, представленный на рисунке 2.

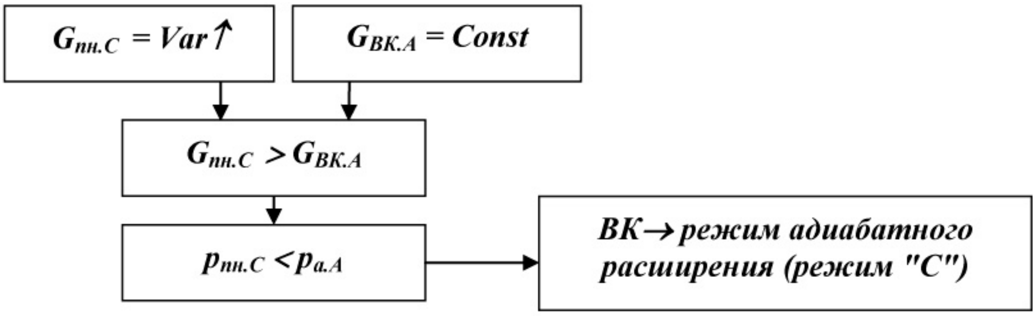

Рис. 2. Алгоритм причинно - следственных отношений для режима «С»

1.3. Режим работы «В» - режим адиабатного (ВКС) или политропного (ВКМ) внегеометрического дожатия

Режим работы пневмосистемы «В» представлен на рисунке 1 точкой ***B*** и для ВК является анормальным [5]. Такой режим имеет место в случае, когда расход сжатого воздуха потребителями меньше, чем обеспечиваемая ВК массовая производительность $G_{пн.B} < G_{ВК..A}$. Вследствие этого давление внутреннего сжатия $p_{пн.A}$ становится меньше давления в начале пневмосети $p_{пн.B}$.. Причинно - следственные отношения, возникающие в этом случае, представлены на рисунке 3.

Рассмотрев таким образом процессы, происходящие в пневматической системе при изменении расхода сжатого воздуха, можно перейти непосредственно к исследованию конкретных способов регулирования производительности ВК.

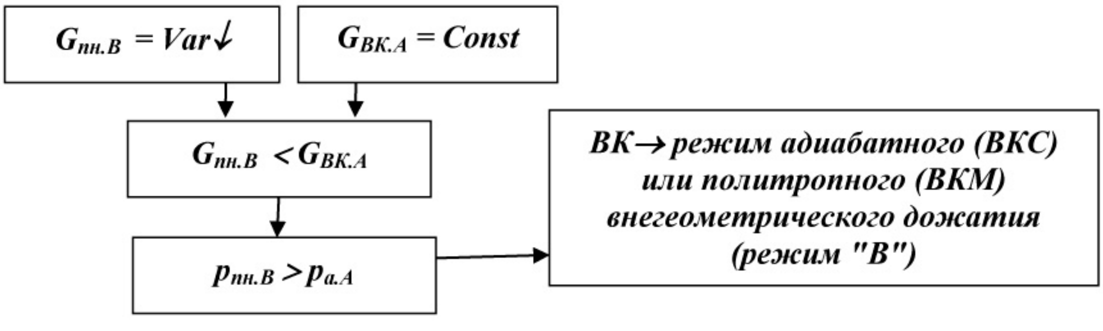

Рис. 3. Алгоритм причинно - следственных отношений для режима «В»

2. Изменение частоты вращения вала приводного двигателя

Регулирование производительности за счёт изменения частоты вращения вала приводного двигателя, по мнению специалистов [4], 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 [1, 2]

$$
\begin{aligned}
V_m &= K_u W_{n.n} z_i n_i\,, \\
V_m &= K_u W_{n.n} z_1 u_1 / (\pi D_1), \\
V_m &= K_u n_1 z_1 l_в \left(f_{1n} + f_{2n} \right),
\end{aligned}
\tag{1}
$$

где $\boldsymbol{K_u}$ – коэффициент использования объёма парной полости компрессора $\boldsymbol{K_u = W_в / W_{n.n}}$; $\boldsymbol{W_{n.n} = l_в (f_{1.n} + f_{2.n})}$ – полный объём парной полости, м^3; $\boldsymbol{l_в}$ – длина винта, м; $\boldsymbol{f_{1.n}}$ и $\boldsymbol{f_{2.n}}$ – площади впадин между зубьями в торцевой полости соответственно ведущего и ведомого винтов, м^2; $\boldsymbol{W_в}$ – объём парной полости в момент начала фазы внутреннего сжатия, м^3; $\boldsymbol{n_i}$ и $\boldsymbol{z_i}$ – соответственно, частота вращения и число зубьев винта (с индексом «***1***» - ведущего, с индексом «***2***» - ведомого винтов), с$^{-1}$; $\boldsymbol{u_1}$ – окружная скорость на внешней окружности ведущего винта, м/с; $\boldsymbol{D_1}$ – диаметр ведущего винта, м.

Дополнив выражения (1) плотностью воздуха на всасе $\boldsymbol{\rho_в = p_в/(RT_в)}$, можно получить уравнения для расчёта теоретической массовой производительности ВК, например вида:

$$
G_m = \frac{p_в}{RT_в} K_u W_{n.n} z_i n_i\,,
\tag{2}
$$

где $\boldsymbol{p_в}$ и $\boldsymbol{T_в}$ – 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.

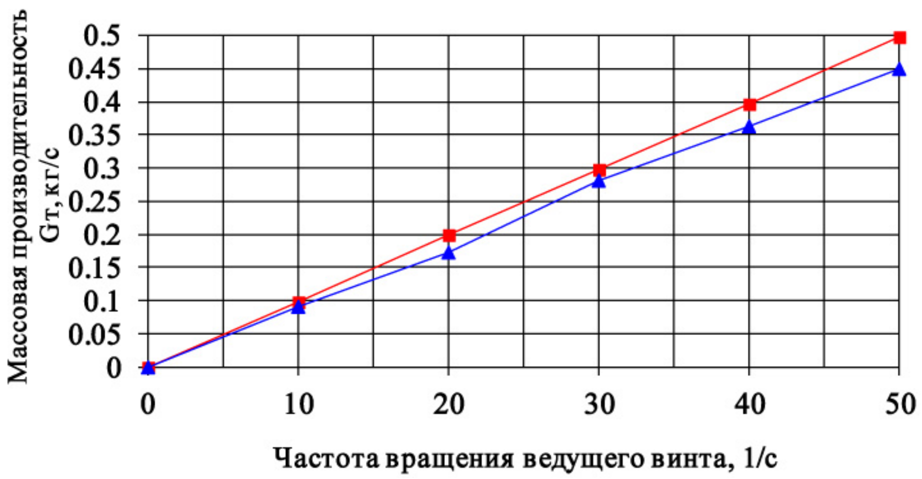

Рис. 4. Зависимости массовой производительности от частоты вращения ведущего винта для компрессора 6ВКМ-25/8: ■ – расчетная, ▲ – экспериментальная

Если строгая зависимость производительности от частоты вращения винтов не вызывает сомнений, то наличие зависимости давления внутреннего сжатия $\boldsymbol{p_a}$ от частоты вращения винтов $\boldsymbol{n_i}$ и характер этой зависимости – вопрос на сегодняшний день нерешённый. По всей видимости, корреляционная связь между частотой вращения винтов и давлением внутреннего сжатия существует и, вероятно, эта связь достаточно тесная, но является ли она детерминистической или случайной – ответить на этот вопрос без специальных исследований, в том числе и экспериментальных, достаточно сложно. Не сомневаясь в наличии такой связи, автор считает, что в рассматриваемом случае вполне достаточным будет знание качественной взаимосвязи между $\boldsymbol{n_i}$ и $\boldsymbol{p_a}$.

Численное значения давления внутреннего сжатия в ВК определяется многими факторами, одним из которых является количество и качество перетечек воздуха между полостями и утечек в камеры нагнетания и всасывания. Изменение частоты вращения винтов приводит, в частности, и к некоторому изменению величины перетечек и утечек [2], а это значит и к изменению величины давления внутреннего сжатия. Количественно выразить эту зависимость можно, но для этого необходимо проводить достаточно сложные экспериментальные исследования. В то же время, полученная зависимость будет справедлива только для исследуемого типа ВК и для конкретных условий проведения эксперимента. Качественно же отразить связь между $\boldsymbol{n_i}$ и $\boldsymbol{p_a}$ можно следующим образом:

– повышение частоты вращения $\boldsymbol{n_i}$ → уменьшение количества перетечек и утечек → повышение давления внутреннего сжатия $\boldsymbol{p_a}$.

10.7463/0913.0596092

Будет ли эта связь линейной или нет – ответить сложно, но, по всей видимости, с уменьшением скорости вращения винтов влияние перетечек и утечек на величину $\boldsymbol{p_a}$ будет возрастать.

Для наглядности сделанных выводов, можно схематично изобразить семейство рабочих характеристик ВК при изменении частоты вращения винтов, как это показано на рисунке 5.

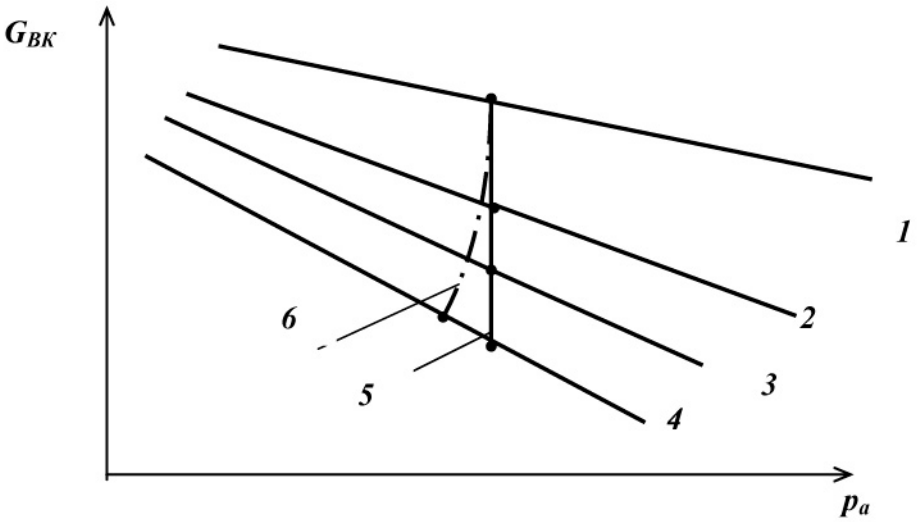

Рис. 5. ***1, 2, 3, 4*** – рабочие характеристики ВК, соответственно, при $\boldsymbol{n_1 > n_2 > n_3 > n_4}$; ***5*** – изменение давления внутреннего сжатия в зависимости от частоты вращения винтов без учёта перетечек и утечек; ***6*** – то же самое, но с учётом перетечек и утечек

Помимо рабочих характеристик на рисунке 5 представлены линии предполагаемого изменения давления внутреннего сжатия в ВК в зависимости от частоты вращения винтов.

Базируясь на приведённых выше соображениях, можно выполнить теоретические исследования процессов, происходящих в пневмосистеме при регулировании производительности ВК изменением частоты вращения винтов.

2.1. Режим работы «В»

Графически, происходящие процессы представлены на рисунке 6. В этом случае работа ВК характеризуется точкой ***A1*** ($\boldsymbol{p_{BK.A1}}$; $\boldsymbol{G_{BK.A1}}$), а работа пневмосети (с потребителями) – точкой ***B*** ($\boldsymbol{p_{пн.B}}$; $\boldsymbol{G_{пн.B}}$), причём $\boldsymbol{G_{пн.B} < G_{BK..A1}}$ и $\boldsymbol{p_{пн.B} > p_{BK.A1}}$. Для изменения создавшегося положения следует уменьшить подачу сжатого воздуха в пневмосеть, снизив частоту вращения винтов с $\boldsymbol{n_1}$ (линия ***1***) до $\boldsymbol{n_2}$ (линия ***2***).

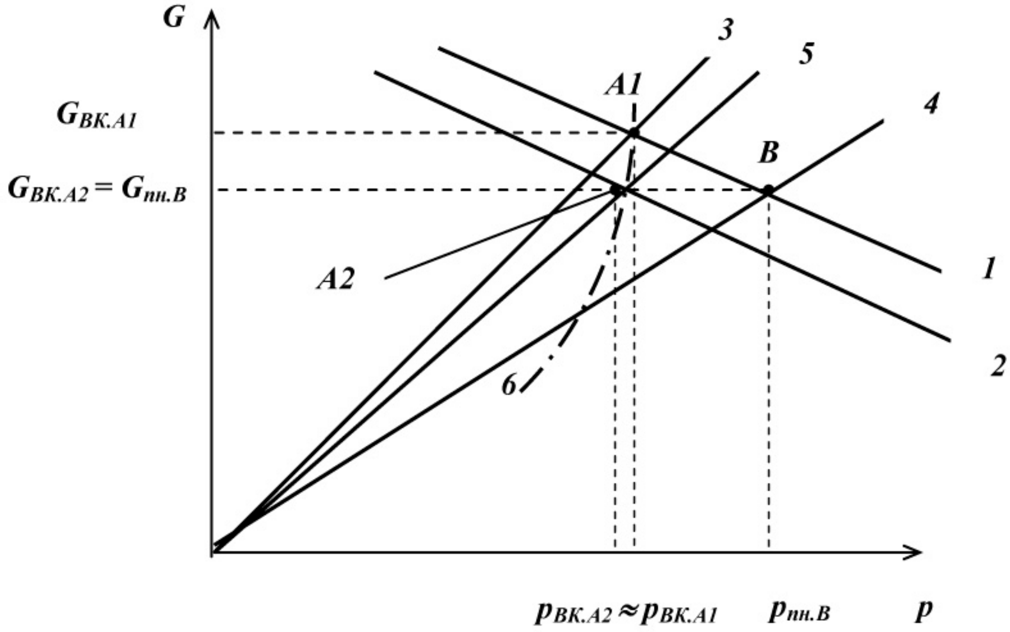

Рис. 6. Регулирование производительности ВК изменением частоты вращения винтов при работе в режиме «В»: ***1***- характеристика ВК при $\boldsymbol{n_1}$; ***2*** - характеристика ВК при $\boldsymbol{n_2 < n_1}$; ***3, 4, 5*** – расходные характеристики пневмосети; ***6*** - изменение давления внутреннего сжатия в зависимости от частоты вращения винтов с учётом перетечек и утечек

После выполненной регулировки компрессор переходит в другой режим работы (точка ***А2***), характеризующийся массовой производительностью $\boldsymbol{G_{ВК.А2} = G_{пн.В}}$ и давлением $\boldsymbol{p_{ВК.А2} \approx p_{ВК.А1} < p_{пн.В}}$. Этот режим будет переходным, так как через некоторое время (определяемое аккумулирующими способностями пневмосети) давление воздуха в пневмосети $\boldsymbol{p_{пн}}$ станет равным $\boldsymbol{p_{ВК.А2}}$ и расходная характеристика пневмосети займёт новое положение, показанное на рисунке 6 линией ***5***. Таким образом, компрессор лишь на время, несколько большее, чем продолжительность процесса непосредственного регулирования, оказывается в режиме внегеометрического дожатия. Отстроив должным образом САРП, можно свести к минимуму время работы компрессора в таком режиме.

2.2. Режим «С»

Графически, происходящие процессы, представлены на рисунке 7. В этом случае работа ВК характеризуется точкой ***А1*** ($\boldsymbol{p_{ВК.А1}}$; $\boldsymbol{G_{ВК.А1}}$), а работа пневмосети (с потребителями) – точкой ***С*** ($\boldsymbol{p_{пн.С}}$; $\boldsymbol{G_{пн.С}}$), причём $\boldsymbol{G_{пн.С} > G_{ВК..А1}}$ и $\boldsymbol{p_{пн.С} < p_{ВК.А1}}$. Для изменения создавшегося положения необходимо увеличить массовую производительность ВК, повысив частоту вращения его винтов с n_1 (линия ***1***) до n_3 (линия ***2***) (предполагается, что приводной двигатель имеет такую возможность).

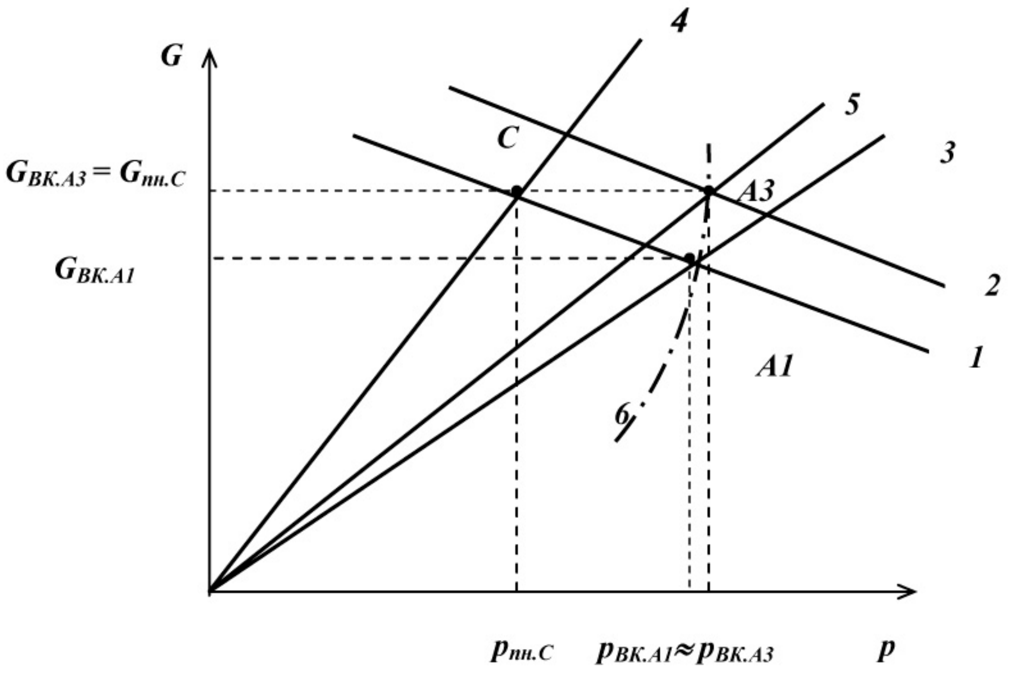

Рис. 7. Регулирование производительности ВК изменением частоты вращения винтов при работе в режиме «С»: ***1***- характеристика ВК при n_1; ***2*** - характеристика ВК при $n_3 > n_1$; ***3, 4, 5*** – расходные характеристики пневмосети; ***6*** - изменение давления внутреннего сжатия в зависимости от частоты вращения винтов с учётом перетечек и утечек

После выполненной регулировки компрессор переходит в другой режим работы (точка ***А3***), характеризующийся массовой производительностью $G_{ВК.А3} = G_{пн.С}$ и давлением $p_{ВК.А3} \approx p_{ВК.А1} < p_{пн.С}$. Также, как и первом случае, такой режим будет переходным и через некоторое время давление воздуха в пневмосети $p_{пн}$ станет равным $p_{ВК.А3}$ и расходная характеристика пневмосети займёт новое положение, показанное на рисунке 7 линией ***5***. Вследствие произошедших изменений, компрессор лишь на некоторое время остаётся в режиме адиабатного расширения. Соответствующая настройка САРП, позволит минимизировать время работы компрессора в режиме «С».

2.3. Эксергетический анализ работы ВК при изменении частоты вращения вала

Рассмотрим теперь изменение частоты вращения винтов, как способ регулирования производительности с точки зрения экономичности. Для чего проведём эксергетический анализ работы ВК. Если принять в качестве критерия экономичности работы эксергетический к.п.д., который позволяет количественно оценить степень термодинамического совершенства ВК, можно отметить следующее

– Для ВКС регулирование производительности за счёт изменения частоты вращения винтов фактически никак не отражается на величине эксергетического к.п.д.

– Для ВКМ изменение скорости вращения винтов оказывает достаточно сложное влияние на эксергетический к.п.д.: с одной стороны – непосредственно, через производительность компрессора, с другой стороны – через величину мощности, затрачиваемой на преодоление гидравлических потерь при вращении винтов в масловоздушной среде, и мощности, затрачиваемой на подачу масла. Расчёты, показали, что численные значения упомянутых мощностей незначительны и ими можно пренебречь. Таким образом, и в случае с ВКМ можно считать, что изменение частоты вращения винтов не оказывает заметного влияния на экономические показатели работы компрессора.

3. Дросселирование воздуха во всасывающем трубопроводе

Дросселирование – это достаточно часто используемый на практике способ регулирования производительности ВК [1, 2]. При этом, в случае уменьшения расхода сжатого воздуха потребителями, повышается давление в нагнетательном трубопроводе и происходит перекрытие всасывающего трубопровода с помощью специального устройства (дросселя, дроссельного клапана). В результате действия дросселя снижается давление воздуха во всасывающем трубопроводе, следовательно, уменьшается массовая производительность. Практически все авторы [1, 2, 5, 6] отмечают, что при данном способе регулирования удельная работа увеличивается, растёт внутренняя степень повышения давления (далее – с.п.д.), повышается конечная температура внутреннего сжатия, а в двухступенчатых ВК происходит перераспределение общей с.п.д. между ступенями.

Рассмотрим процессы, происходящие в пневмосистеме «ВК - пневмосеть», в случае применения дросселирования на всасе в качестве способа регулирования производительности ВК.

Начать, по всей видимости, следует с установления характера зависимостей: массовая производительность от давления воздуха на всасе; давление внутреннего сжатия от давления воздуха на всасе; массовая производительность компрессора и давлением внутреннего сжатия.

Названные зависимости предлагается получить следующим образом: $G_m = f_1(p_в)$ – аналитическим способом с использованием выражения (2); $p_a = f_2(p_в)$ – аналитическим способом по имеющимся методикам [5, 6]; $G_m = f_3(p_a)$ - графическим способом. Алгоритм построения третьей зависимости представлен на рисунке 8.

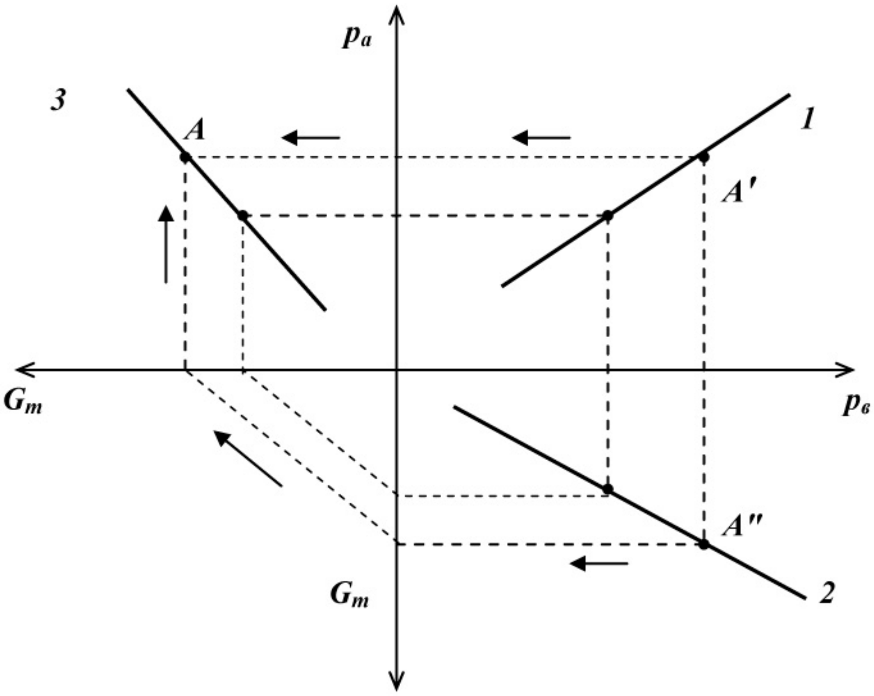

Рис. 8. Построение зависимости $G_m = f_3(p_a)$ (**3**) с помощью зависимостей $p_a = f_2(p_в)$ (**1**) и $G_m = f_1(p_в)$ (**2**)

Из рисунка 8 видно, что изменение давления во всасывающем трубопроводе приводит к адекватному изменению как массовой производительности, так и давления внутреннего сжатия в ВК.

3.1. Режим работы «В»

В этом случае (см. рис 9), уменьшение массового расхода сжатого воздуха потребителями приводит к повышению давления в нагнетательном трубопроводе (переход рабочей точки из ***A1*** в ***B***). Для выхода из этого режима необходимо понизить давление во всасывающем трубопроводе, что, в свою очередь, повлечёт за собой изменение массовой производительности и давления внутреннего сжатия. Насколько необходимо понизить давление во всасывающем трубопроводе, чтобы вновь вернуть компрессор в режим «А» (т.е. нормализовать работу ВК) - этот вопрос предлагается решать графически, как это показано на рисунке 9.

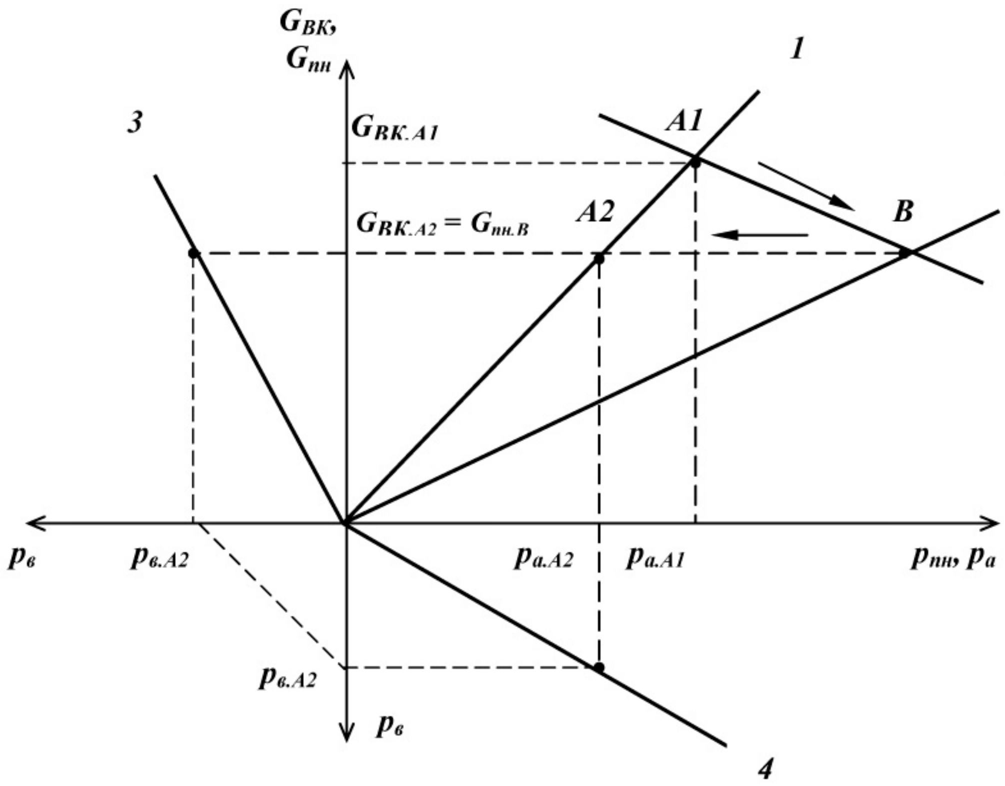

Рис. 9. Регулирование производительности ВК дросселированием во всасывающем трубопроводе: ***1, 2*** – расходные характеристики пневмосети; ***3*** – зависимость массовой производительности ВК от давления всасывания; ***4*** – зависимость давления внутреннего сжатия от давления всасывания

Алгоритм нормализации работы ВК:

– с помощью зависимости ***3*** по величине вновь сложившегося расхода $G_{пн.B}$ устанавливается соответствующее давление во всасывающем трубопроводе $p_{в.A2}$;

– снижение давления во всасывающем трубопроводе приводит к уменьшению массовой производительности $G_{ВК.A2}$; одновременно с этим, произойдёт уменьшение давления внутреннего сжатия до величины $p_{a.A2}$;

– приведение в соответствие производительности ВК фактическому расходу сжатого воздуха $G_{ВК.A2} = G_{пн.B}$ возвращает компрессор в режим работы "А" (рабочая точка перемещается из ***B*** в ***A2***).

3.2. Режим «С»

Сущность и принцип регулирования ВК дросселированием на всасе при переходе в режим "С" аналогичны рассмотренным для режима "В". В отличие от режима "В", когда при регулировании давление $\boldsymbol{p_в}$ необходимо понижать, в режиме "С" – это давление должно повышаться, а это не всегда возможно. Если не применять специальных способов (наддув и т.п.), то в давление $\boldsymbol{p_в}$ может быть не более атмосферного.

3.3. Эксергетический анализ работы ВК при дросселировании воздуха во всасывающем трубопроводе

По аналогии с регулированием производительности изменением частоты вращения винтов произведём оценку экономичности дросселирования на всасе по результатами эксергетического анализа работы ВК. Так же, как и в первом случае, воспользуемся эксергетическим к.п.д., который позволяет количественно оценить степень термодинамического совершенства рабочих процессов ВК.

Эксергетический анализ работы первой и второй ступеней ВКС типа UR-8 дал результаты, графически представленные на рисунке 10.

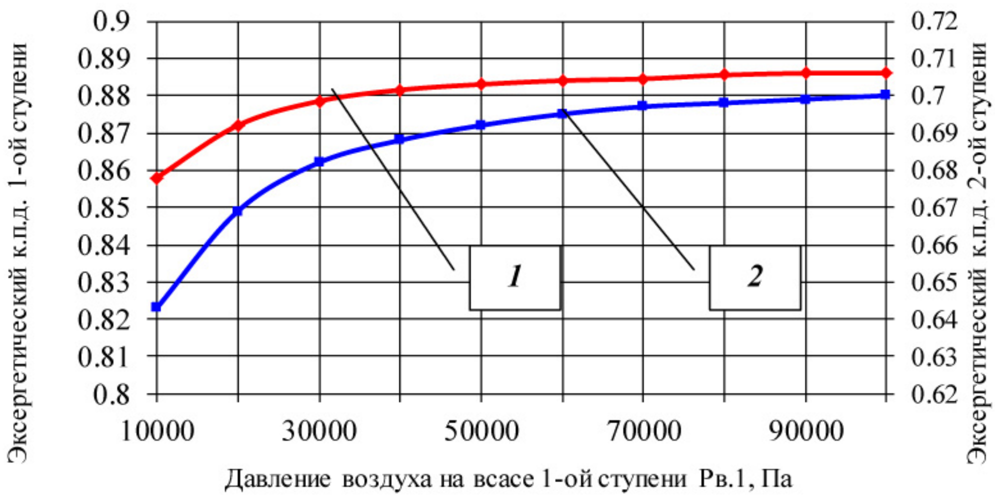

Рис. 10. Изменение эксергетического к.п.д. ступеней ВКС UR-8 при дросселировании во всасывающем трубопроводе 1-ой ступени: ***1*** – 1-ой ступени; ***2*** - 2-ой ступени

Как видно из представленных данных, "глубокое" дросселирование оказывает негативное влияние на экономические показатели работы ступеней: при снижении давления во всасывающем трубопроводе до 30…40% от номинального, начинается относительно резкое падение эксергетического к.п.д. как первой, так и второй ступени.

Для ВКМ дросселирование на всасе оказывает достаточно сложное влияние на эксергетический к.п.д., так как теоретическая производительность компрессора, непосредственно определяемая давлением $p_в$, в названные выражения входит в различных сочетаниях.

Результаты, приводимые ниже, получены так же как и в случае с ВКС из условия достаточно быстрой нормализации работы ВКМ. На рисунке 11 представлена такого рода зависимость для 6ВКМ-25/8.

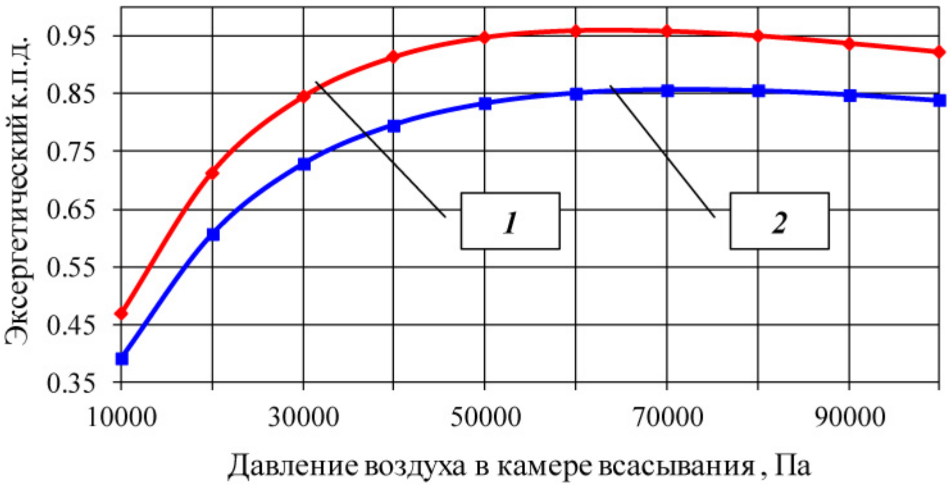

Рис. 11. Изменение эксергетического к.п.д. компрессора 6ВКМ-25/8 при дросселировании во всасывающем трубопроводе: ***1*** – при $T_в$ ***= 293 К***; ***2*** – при $T_в$ ***= 283 К***

Анализируя представленные на рисунке 11 данные, можно сделать заключение, что "глубокое" дросселирование отрицательно сказывается на экономических показателях работы ВКМ: при уменьшении давления во всасывающем трубопроводе ниже 50% от номинального, начинается резкое падение величины эксергетического к.п.д.

Кроме неэкономичности "глубокое" дросселирование в ряде случаев может послужить причиной аварийных ситуаций, обусловленных работой ВК в анормальном режиме «В» [6-8].

Заключение

Подводя итог проведённым исследованиям, можно сделать следующие выводы

- Изменение частоты вращения винтов, следует рассматривать, как достаточно экономичный способ регулирования, позволяющий при определённых условиях оптимизировать работу ВК за счёт уменьшения продолжительности нахождения компрессора в анормальных режимах. Одной из главных задач, которую необходимо решить для реализации данного способа регулирования (равно, как и других), является оперативное определение объективных значений параметров внутреннего сжатия ВК, используя которые САРП и будет выполнять свои функции.

- Реализация на практике дросселирования на всасе в большинстве случаев не требует внесения существенных изменений в конструкцию компрессора.

- Дросселирования на всасе позволяет оптимизировать работу ВК за счёт уменьшения продолжительности нахождения компрессора в анормальных режимах.

- Дросселирование воздуха во всасывающем трубопроводе, следует рассматривать как достаточно экономичный при определённых условиях (отсутствие во время работы режимов "глубокого" дросселирования) способ регулирования.

Список литературы

1. Сакун И.А. Винтовые компрессоры. Л.: Машиностроение, 1970. 400 с.
2. Цейтлин Ю.А., Мурзин В.А. Пневматические установки шахт. М.: Недра, 1985. 352 с.
3. Бондаренко Г.А. Регулирование винтовых компрессоров переводом на холостой ход // Компрессорная техника и пневматика. 2004. № 2. С. 13-15.
4. Зараев В.И., Устюшенкова О.Ю., Хрусталёв Б.С. Частотно-регулируемый электропривод – современный путь к совершенствованию установок с объёмными компрессорами // Компрессорная техника и пневматика. 2005. № 5. С. 24-25.
5. Филиппов И.В. Работа винтовых компрессоров при переменных параметрах газа во всасывающем и нагнетательном трубопроводах // Изв. ВУЗов. Горный журнал. 1989. № 2. С. 109-112.
6. Филиппов И.В. Работа винтовых компрессоров при изменении параметров воздуха на всасывании и нагнетании: дис. … канд. техн. наук. Владикавказ, 1990. 152 с.

7. Филиппов И.В. Нормализация работы винтовых компрессоров // Изв. ВУЗов. Машиностроение. 1996. № 10-12. С. 45-50.
8. Филиппов И.В. Ударные волны в винтовых маслозаполненных компрессорах // Изв. ВУЗов. Машиностроение. 1995. № 1-3. С. 26-32.

SCIENTIFIC PERIODICAL OF THE BAUMAN MSTU

SCIENCE and EDUCATION

EL № FS77 - 48211. №0421200025. ISSN 1994-0408

electronic scientific and technical journal

Capacity regulation of screw compressors

 # 09, September 2013

DOI: 10.7463/0913.0596092

Filippov I.V.

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Russian Federation

fiv61@yandex.ru

Nowadays various methods of capacity regulation are or may be applied to screw compressors (SC). This paper presents research results of two methods: changing rotation frequency of the driving engine's shaft and restriction of air in the suction passage. Comparative analysis of the research results allows to select the most suitable method for any particular case. Exergy efficiency coefficient was chosen as an economical operation criterion; this coefficient allows to estimate the degree of thermodynamic perfection of the screw compressor quantitively, when using various regulation methods.

Publications with keywords: screw compressor, capacity control, exergy

Publications with words: screw compressor, capacity control, exergy

References

1. Sakun I.A. *Vintovye kompressory* [Screw compressors]. Leningrad, Mashinostroenie, 1970. 400 p.

2. Tseytlin Yu.A., Murzin V.A. *Pnevmaticheskie ustanovki shakht* [Pneumatic installation of mines]. Moscow, Nedra, 1985. 352 p.

3. Bondarenko G.A. Regulirovanie vintovykh kompressorov perevodom na kholostoy khod [Regulation of screw compressors by switching to idling]. *Kompressornaya tekhnika i pnevmatika*, 2004, no. 2, pp. 13-15.

4. Zaraev V.I., Ustyushenkova O.Yu., Khrustalev B.S. Chastotno-reguliruemyy elektroprivod – sovremennyy put' k sovershenstvovaniyu ustanovok s ob"emnymi kompressorami [Variable frequency electric drive is a modern way to improve installations with displacement compressors]. *Kompressornaya tekhnika i pnevmatika*, 2005, no. 5, pp. 24-25.

5. Filippov I.V. Rabota vintovykh kompressorov pri peremennykh parametrakh gaza vo vsasyvayushchem i nagnetatel'nom truboprovodakh [Work screw compressors at variable

parameters of the gas in the suction and discharge piping]. I*zv. VUZov. Ser. Gornyy zhurna*l, 1989, no. 2, pp. 109-112.

6. Filippov I.V. *Rabota vintovykh kompressorov pri izmenenii parametrov vozdukha na vsasyvanii i nagnetanii. Kand. diss.* [Work of screw compressors when you change the parameters of air on suction and discharge. Cand. diss.]. Vladikavkaz, 1990. 152 p.

7. Filippov I.V. Normalizatsiya raboty vintovykh kompressorov [Normalization of operation of screw compressors]. *Izv. VUZov. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 1996, no. 10-12, pp. 45-50.

8. Filippov I.V. Udarnye volny v vintovykh maslozapolnennykh kompressorakh [Shock waves in the oil filled screw compressors]. *Izv. VUZov. Mashinostroenie* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building], 1995, no. 1-3, pp. 26-32.