

РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХРЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

С.М. Ванев, канд. техн. наук, доцент; В.Г. Гриценко;*

*В.С. Марцинковский**; В.Г. Паненко***,*

Сумский государственный университет, г. Сумы;

**Минерально-химическая компания ЕвроХим;*

***ООО «ТРИЗ», г.Сумы;*

****ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе», г.Сумы*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований регулирования вихревого компрессора сбросом газа из выходного патрубка в окружающую среду.

Ключевые слова: вихревой компрессор, экспериментальные исследования, характеристика, регулирование.

У статті наведені результати експериментальних досліджень регулювання вихревого компресора шляхом скидання газу з вихідного патрубка в навколишнє середовище.

Ключові слова: вихровий компресор, експериментальні дослідження, характеристика, регулювання.

Известно довольно много исследований в области вихревых компрессоров в бывшем СССР, СНГ и в дальнем зарубежье. Наиболее общим трудом, в котором приводится анализ теоретических гипотез рабочего процесса вихревых компрессорных машин, обобщаются и анализируются результаты известных экспериментальных исследований и дается методика расчета геометрических и режимных параметров одноступенчатого вихревого компрессора на основе регенеративной гипотезы, является литература [1].

В настоящее время вихревые компрессоры разрабатываются, исследуются и изготавливаются, в частности, в МГТУ им. Н.Э. Баумана и ООО «ЭНГА» (г. Москва), в ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» (г. Сумы), в ООО «ТРИЗ» (г. Сумы).

Некоторые результаты разработок и исследований изложены в статьях [2-6].

В этой статье приводятся результаты экспериментальных исследований вихревого компрессора ВХ2-2,5/1,15, связанные с регулированием этого компрессора. Этот компрессор предназначен для систем наддува воздуха в торцовые газодинамические уплотнения и для продувки магнитных подшипников центробежных компрессоров газоперекачивающих агрегатов. Он исследовался на стенде для испытаний и исследований вихревых компрессоров, созданном в ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе». Принципиальная схема стенда показана на рис. 1. Основными особенностями стенда являются возможности изменения частоты вращения ротора и замера расхода воздуха как во всасывающей, так и в нагнетательной линиях компрессора. В конструкции стенда предусмотрено также устройство сброса части газа из нагнетательного патрубка в атмосферу через шайбы (на рис. 1 не показано).

Типичные характеристики вихревых компрессоров показаны на рисунках 2, 3.

На рис. 2 показаны расчетные характеристики (зависимости напора (разности давлений на входе и выходе) потребляемой мощности и адиабатного КПД от производительности) для двухступенчатого вихревого

компрессора (вихревой воздуховки) производительностью 12 $\text{нм}^3/\text{мин}$. и конечным давлением 0,16 МПа, предназначенной для наддува угольной пыли в котлы сгорания на ТЭЦ.

На рис. 3 показаны экспериментальные характеристики (зависимости давления на выходе и потребляемой электрической мощности от производительности) вихревого компрессора ВХ2-2,5/1,15 производительностью 2,5 $\text{нм}^3/\text{мин}$ и конечным давлением 1,15 ата.

Из рисунков 2, 3 видно, что зависимости напора, конечного давления и потребляемой мощности от производительности близки к линейным. При этом в отличие от центробежных компрессоров потребляемая мощность уменьшается с увеличением производительности.

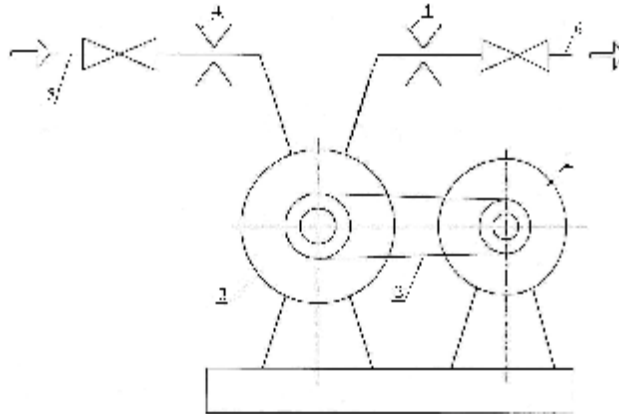


Рисунок 1 - Схема принципиальная стенда для исследований вихревых компрессоров: 1 - электродвигатель; 2 - ременная передача; 3 - вихревой компрессор; 4 - диафрагма; 5 - линия всасывания; 6 - линия нагнетания

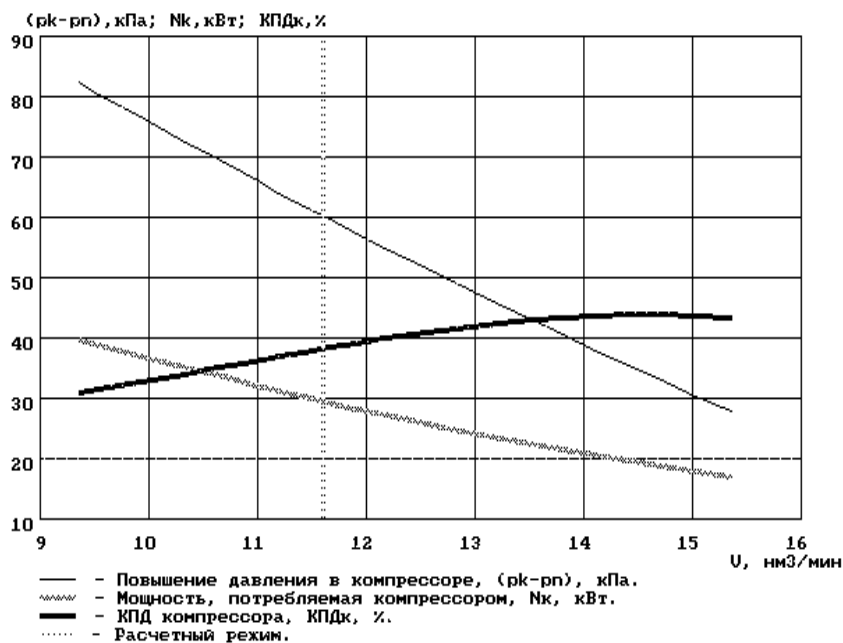


Рисунок 2 - Характеристики вихревой воздуховки ВВ 12/1-1,6 ($p_{вс}=101325 \text{ Па}$, $T_{вс}=313 \text{ К}$, $p_{наг}=161325 \text{ Па}$)

Для вихревых компрессоров могут применяться все известные методы регулирования компрессоров: дросселирование на линии нагнетания, дросселирование на линии всасывания, байпасирование (перепуск части газа из нагнетательного патрубка во всасывающий или сброс его в атмосферу), изменение частоты вращения ротора. Однако, учитывая падающий характер зависимости потребляемой мощности от производительности (см. рис. 2, 3), для вихревых компрессоров во многих случаях экономически целесообразно применять байпасирование. Кроме того, вихревые компрессоры в отличие от центробежных и осевых машин не имеют зоны неустойчивой работы (явления помпажа), поэтому их производительность может изменяться в широких пределах и достигать нулевого значения.

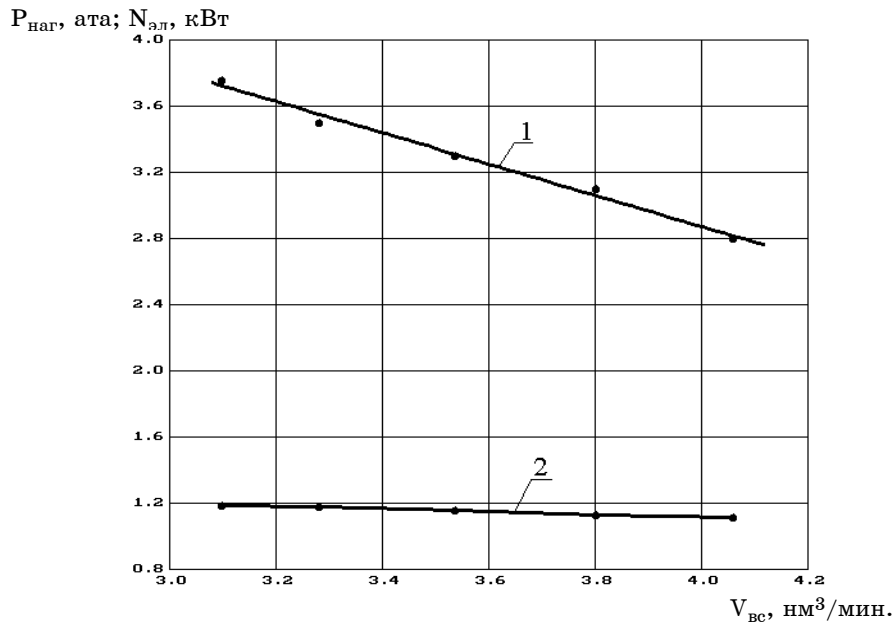


Рисунок 3 - Характеристики вихревого компрессора ВХ2-2,5/1,15:
1- потребляемая электрическая мощность; 2- давление нагнетания

На рис. 4 показана схема регулирования вихревого компрессора байпасированием.

При отборе части сжатого газа с линии нагнетания сопротивление сети уменьшается. Рабочая точка А в соответствии с характеристикой байпасного устройства смещается вправо по характеристике компрессора и занимает, например, положение В. Количество подаваемого в сеть газа уменьшается с m_A до m_C , а общий расход газа, сжимаемого в проточной части компрессора, увеличивается до значения m_B . Через байпасное устройство перепускается часть рабочей среды $m = m_B - m_C$. Конечное давление сжатия снижается до значения p_B , а потребляемая компрессором мощность уменьшается на величину N_{AB} .

Ниже представлены результаты испытаний вихревого компрессора ВХ2-2,5/1,15 при регулировании его сбросом части воздуха из нагнетательного патрубка в атмосферу через шайбы.

На рис. 5 показаны зависимости величины расхода воздуха во всасывающем патрубке и расхода, подаваемого потребителю, от диаметра шайбы. На этом рисунке также можно видеть величину утечек из проточной части компрессора в окружающую среду через лабиринтное

уплотнение при нулевом диаметре (при отсутствии) шайбы. Она равна $0,232 \text{ м}^3/\text{мин.}$, или $6,35\%$ от производительности компрессора.

На рис. 6 показаны зависимости подачи потребляемой электрической мощности и давления нагнетания от расхода воздуха на всасывании при регулировании вихревого компрессора сбросом воздуха из нагнетательного патрубка в атмосферу. Это и есть регулировочные характеристики вихревого компрессора.

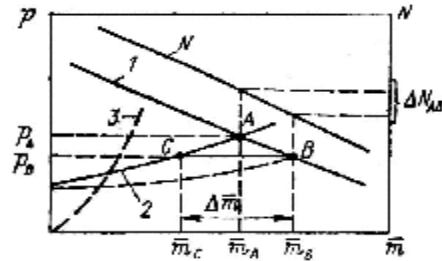


Рисунок 4 - Регулирование вихревого компрессора байпасированием или сбросом газа в атмосферу: 1 - характеристика компрессора; 2 - характеристика сети, 3 - характеристика байпасного устройства

Из полученных характеристик видно, что:

- с увеличением расхода газа во всасывающем патрубке при регулировании вихревого компрессора байпасированием уменьшаются расход и давление газа на нагнетании, но, главное, в отличие от центробежных компрессоров уменьшается потребляемая компрессором мощность;

- по сравнению с другими способами регулирования байпасирование позволяет использовать для привода компрессора двигатель меньшей мощности.

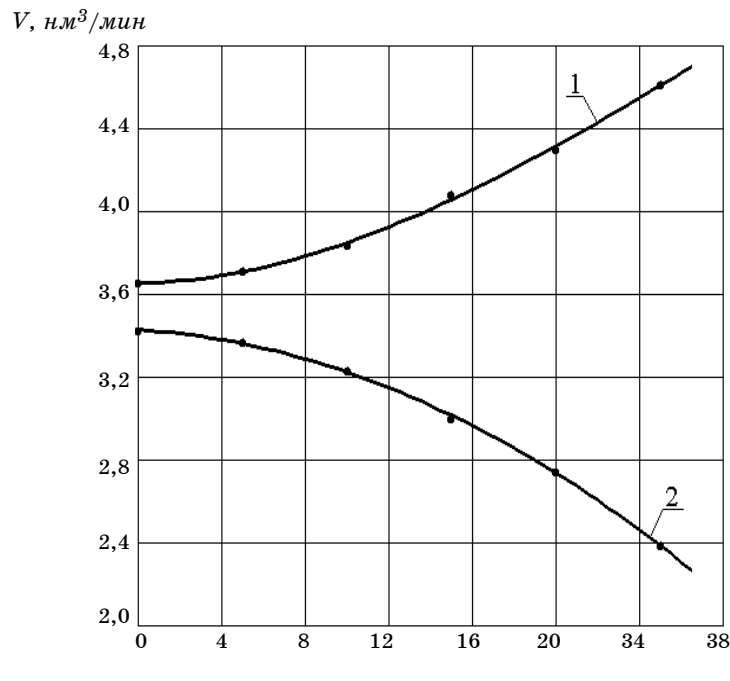


Рисунок 5 - Зависимости величины расхода воздуха во всасывающем патрубке (1) и подаваемого потребителю (2) от диаметра шайбы: 1 – расход во всасывающем патрубке; 2 – расход, подаваемый потребителю

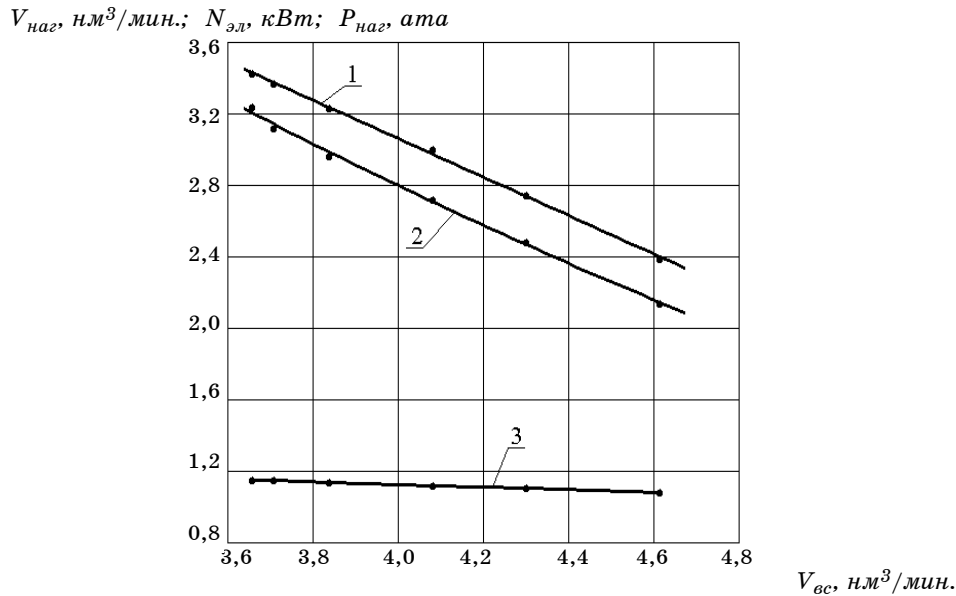


Рисунок 6 - Зависимости подачи, потребляемой электрической мощности и давления нагнетания от расхода воздуха на всасывании при регулировании вихревого компрессора сбросом воздуха из нагнетательного патрубка в атмосферу: 1- подача; 2 - потребляемая электрическая мощность; 3 – давление нагнетания

SYMMARY

ADJUSTING CHARACTERISTIC CURVES OF DRAG COMPRESSORS

This article presents the experimental results of regulation of drag compressor with faulting gas from outlet fitting to an environment.

Key words: drag compressor, experimental studies, characteristic curve, regulation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виршубский И.М. Вихревые компрессоры /И.М. Виршубский, Ф.С. Рекстин, А.Я. Шквар. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.
2. Ванеев С.М. Создание вихревых компрессорных машин / С.М. Ванеев, В.Г. Гриценко // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 1988. - № 11.
3. Ванеев С.М. Вихревые турбомашинны для сжимаемых сред / С.М. Ванеев, В.С. Марцинковский, В.Г. Гриценко // Компрессорная техника и пневматика. - 2002. - № 3. - С. 2-7.
4. Ванеев С.М. Состояние развития и области применения вихревых компрессоров / С.М. Ванеев, В.С. Марцинковский, В.П. Парафейник, В.Н. Сергеев //Компрессорная техника и пневматика в XXI веке: XIII МНТК по компрессоростроению. – 2004. - Т. 1. - С. 241-253.
5. Ванеев С.М. Проектирование системы наддува торцовых газодинамических уплотнений центробежных компрессоров / С.М. Ванеев, В.Г. Паненко, В.И. Данилейко, А.В. Данилейко, В.П. Безпалько, А.И. Шкурко // Труды XIV МНТК по компрессорной технике. - Казань: Изд-во «Слово», 2007. - С. 286-294.
6. Ванеев С.М. Вихревые компрессоры систем наддува торцовых газодинамических уплотнений компрессоров ГПА / С.М. Ванеев, В.Г. Паненко, В.И. Данилейко // Промислова гідраліка і пневматика. - 2007. - № 3. - С. 52-56.

Поступила в редакцию 29 апреля 2010 г.