

УДК 621.515; 621.43.031.3

Вихревые ступени с периферийным каналом

А.М. Любимова

*Студент, кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Белотелова Л.Н., ассистент кафедры «Вакуумная и
компрессорная техника», МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

annalubimova@rambler.ru

Введение

В последнее время вихревые машины широко применяются в качестве машин общего назначения. Это объясняется такими преимуществами вихревых машин, как надежность и долговечность (отсутствие трущихся частей), "сухая" проточная часть, минимум проблем в эксплуатации (не требует водо- и маслоснабжения и специального обслуживания), машина компактна, легко транспортируется, экологически чистая, также имеет высокий коэффициент удельной работы (напора) и, следовательно, возможность получения сравнительно больших напоров при малых окружных скоростях; устойчивая работа во всем диапазоне изменения характеристики; нечувствительность к помпажным режимам; минимальная потребляемая мощность в режиме максимальной производительности.

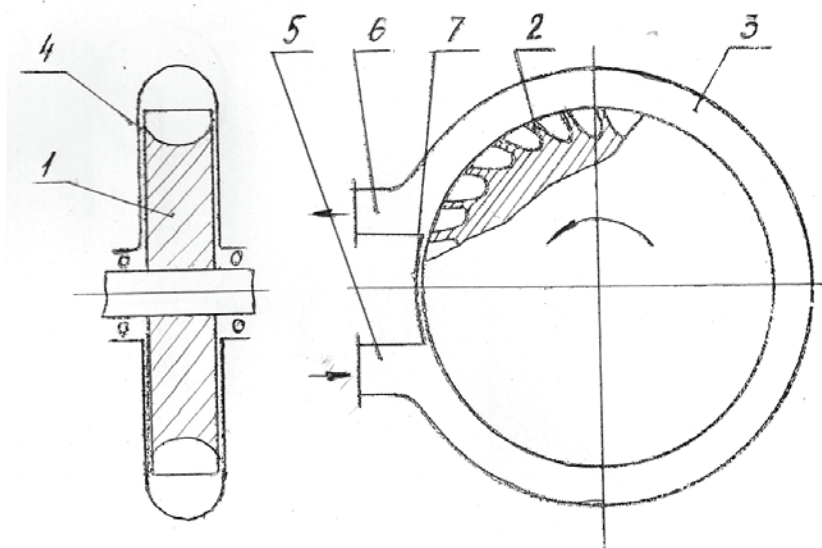
Как известно, вихревые ступени отличаются большим разнообразием форм меридионального сечения [1].

В ряде случаев требуется создать машину относительно небольшой производительности с небольшим перепадом давления, но при достаточно высоком значении начального давления. Например, нагнетатель для циркуляции гелий-ксеноновой смеси в петлевом контуре ($P_{\text{наг}}=3,5\text{МПа}$; $\Delta P=0,4\text{МПа}$), нагнетатель для блока осушки природного газа ($P_{\text{наг}}=1,2\text{МПа}$; $\Delta P=0,5\text{МПа}$). При этом требуется полное отсутствие паров

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/562088.html>

На кафедре Э-5 МГТУ им. Н.Э.Баумана проведен ряд работ по определению оптимальных значений основных геометрических параметров вихревой ступени с периферийным каналом [2].

В литературе практически отсутствуют теоретические и экспериментальные данные о работе вихревой ступени с периферийным каналом (рис.1). Исследовались в основном ступени с периферийно-боковым и боковым каналом [3].



Перспективы применения вихревой ступени с периферийным каналом в конструкциях многопоточных и многоканальных вихревых компрессоров определили целесообразность проведения ее исследований в МВТУ им. Н.Э.Баумана. Проведенные

предварительные исследования такой ступени позволили предложить принципиально новое рабочее колесо с лопатками, имеющими угол наклона V_l и угол установки V_y .

Влияние отсекаателя

В вихревой ступени перетекание и перенос газа со стороны нагнетания на сторону всасывания через отсекаатель составляют значительную величину, достигающую до 50% производительности. Этим, в основном, определяется ее низкий КПД. Кроме того, поток газа высокого давления, прошедший отсекаатель, вырывается из межлопаточного канала колеса на сторону всасывания с меньшим давлением, расширяется и препятствует поступлению газа из всасывающего окна в проточную часть ступени.

Большое значение имеет организация меридионального течения непосредственно у всасывающего окна проточной части вихревой ступени с целью повышения коэффициента напора. Этого можно добиться путем соответствующего профилирования формы отсекаателя со стороны всасывания.

Поэтому экспериментальные исследования формы отсекаателя проведены с целью повышения эффективности работы вихревой ступени - снижения перетеканий газа через отсекаатель, уменьшения влияния перетекавшего газа на процесс всасывания и организацию меридионального течения непосредственно у всасывающего окна проточной части.

Фигурный отсекаатель

В ступенях с фигурными отсекаателями обеспечиваются наилучшие условия всасывания в ступень и определенным образом организуется закрутка потока в меридиональном сечении непосредственно на начальном участке канала.

В фигурном отсекаателе сделано окно, через которое основной поток газа из всасывающего патрубка проходит непосредственно в межлопаточные каналы рабочего колеса.

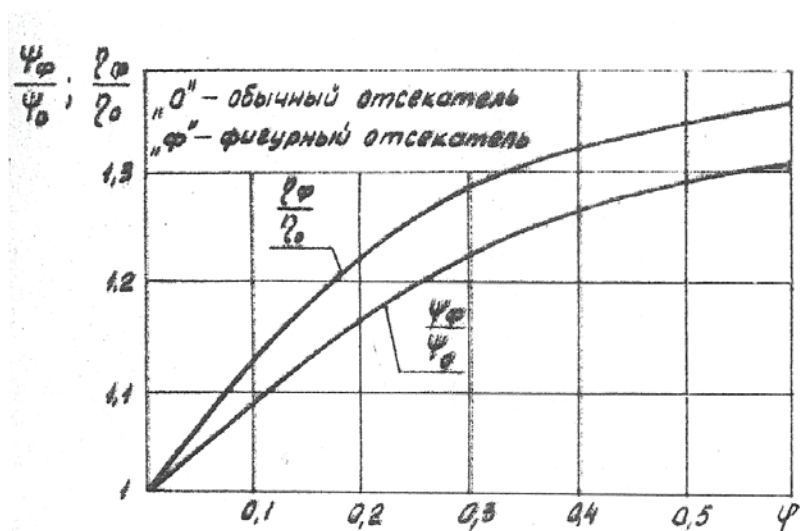


Рис.2. Влияние фигурного отсекателя на $\eta_{ад}$ и $\psi_{фд}$

$\psi_{ф}$ – коэффициент расхода ступени, $\psi_{ад}$ – адиабатический коэффициент напора ступени,
 $\eta_{ад}$ – адиабатический КПД ступени

"Балластный" поток газа, перетекающий с нагнетания на всасывание, минует всасывающее окно по обводному каналу. Смешение основного и "балластного" потоков происходит сразу после отсекателя, причем форма отсекателя обеспечивает их смешение в направлении вращения меридионального течения. Даже при ослаблении интенсивности меридионального течения с увеличением коэффициента расхода фигурный отсекаТЕЛЬ организует в начале проточной части довольно сильную закрутку потоков. Этим объясняются более высокие коэффициенты напора при больших коэффициентах расхода. КПД у фигурного отсекателя выше, за счет более организованного процесса всасывания в ступень, так как "балластный" поток газа практически не оказывает влияние на основной поток во всасывающем тракте вихревой ступени.

Наиболее эффективная в работе- вихревая ступень с фигурным отсекателем (рис.2)

Влияние угла установки лопаток рабочего колеса

При угле установка лопаток рабочего колеса $B_u=0$ вращение меридионального течения в проточной части как в одну, так и в другую стороны равновероятно. При $B_u \neq 0$ вращение меридионального течения в проточной части возможно только в одну сторону в зависимости от того, в какую сторону повернуты лопатки рабочего колеса (рис.3). В случае $B_u \neq 0$ назовем одну половину кромки лопатки, находящейся впереди по ходу вращения рабочего колеса - "лидирующей", а вторую половину - "отстающей".



Рис.3. Лопатки рабочего колеса вихревых ступеней. β_y - угол установки лопаток

В результате исследования работы вихревой ступени с периферийным каналом и фигурными отсекателями еще раз подтверждено существование циркуляционного течения в проточной части и его направление (поток выходит из межлопаточных каналов рабочего колеса со стороны "отстающих" кромок и входит в них со стороны "лидирующих").

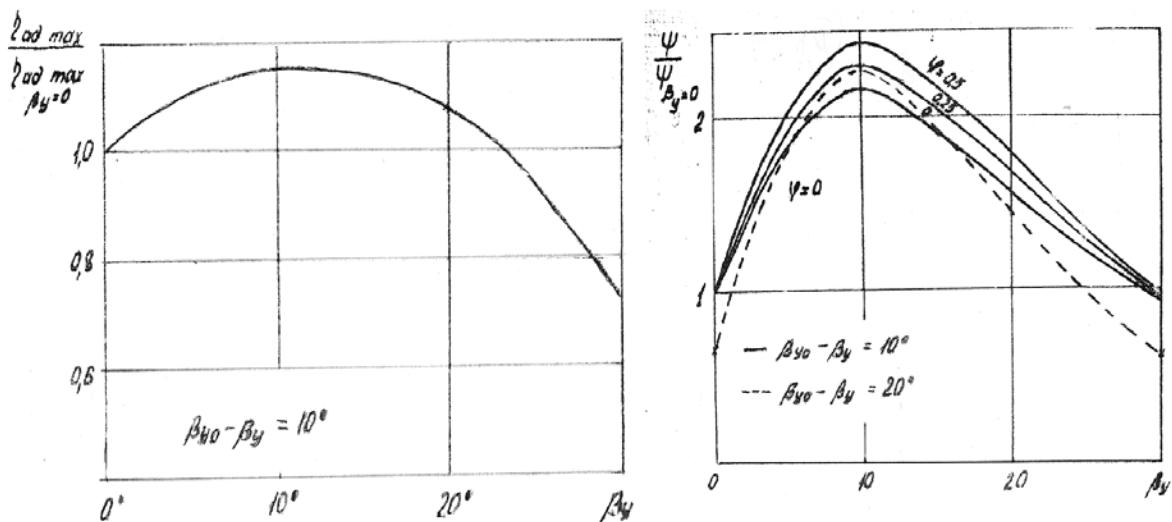


Рис.4 . Влияние угла установки лопаток на $\eta_{ад}$ и $\psi_{ад}$

Зная направление вращения меридионального течения в проточной части, можно за счет соответствующего подбора углов установки отсекателя как со стороны всасывания, так и со стороны нагнетания ($\beta_{уовс}$, $\beta_{уон}$) для данного угла установки лопаток β_y рабочего колеса обеспечить уменьшение перетекания газа со стороны нагнетания на сторону всасывания, а также уменьшить потери на стороне всасывания, возникающие вследствие неорганизованного перемешивания основного потока и "балластного" потока. Применение отсекателей с углами $\beta_{уовс}$, $\beta_{уон}$, а также фигурного отсекателя в конструкции вихревой ступени с периферийным каналом позволяет значительно увеличить эффективность ее работы. (рис 4). Таким образом, меридиональное течение играет важную роль в рабочем процессе вихревой ступени с периферийным каналом.

Сравнение типов проточной части

В результате исследования работы вихревой ступени с периферийным каналом получены результаты одноступенчатой и двухступенчатой схемы при одноканальном и двухканальном выполнении проточной части.

В случае одноступенчатой однопоточной схемы возрастают радиальные усилия, что негативно сказывается на параметрах работы. Когда используется 2 ступени, а число потоков равно 1 возникает изгибающий момент от газовых сил. Мы можем уменьшить эти недостатки, выбрав третью схему с двухканальной проточной частью.

Ниже приведены результаты расчета вихревой ступени с одноступенчатой схемой и двухканальной проточной частью для нагнетателя для блока осушки природного газа [4].

Техническое задание:

Давление всасывания $P_{вс}=1,2\text{МПа}$, давление нагнетания $P_{наг}=1,25\text{МПа}$, температура всасывания $T_{вс}=288\text{К}$, температура нагнетания $T_{наг}=313\text{К}$, объемный расход $V=170\text{м}^3/\text{час}$.

Получена зависимость диаметра колеса вихревой машины D_k (м) и окружной скорости на периферии рабочего колеса (м/сек) от частоты вращения приводного вала n (об/мин), (рис.5).

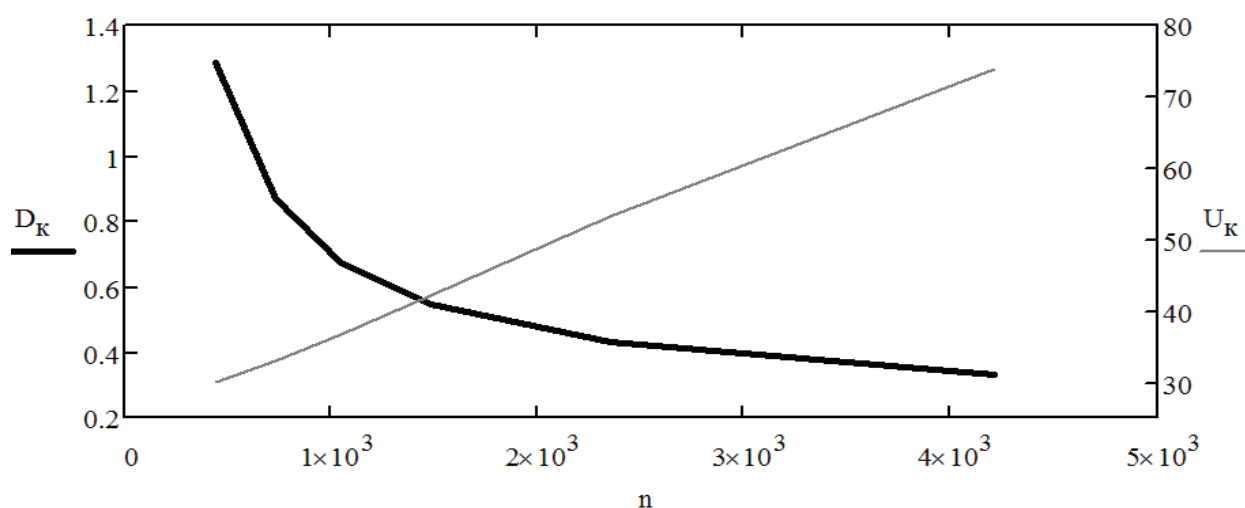


Рис.5. Зависимость диаметра колеса вихревой машины D_k (м) и окружной скорости на периферии рабочего колеса (м/сек) от частоты вращения приводного вала n (об/мин)

Зависимость мощности на валу компрессора N (Вт) от частоты вращения приводного вала n (об/мин), (рис.6).

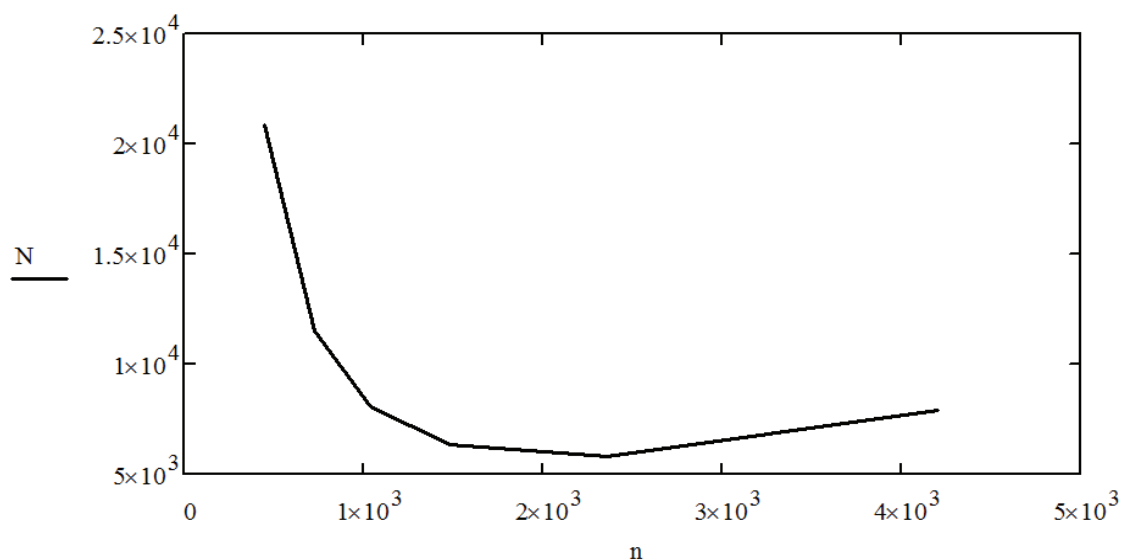


Рис.6. Зависимость мощности на валу компрессора N (Вт) от частоты вращения приводного вала n (об/мин)

Выводы

1. Использование вихревых машин характеризующихся "сухой" проточной частью дает возможность отказаться от применения в общей установке маслобака, водо- и маслоотделителя, что сокращает занимаемую площадь и упрощает эксплуатацию.

2. Выбор оптимальных параметров меридионального сечения вихревой ступени с периферийным каналом дает возможность повысить максимальный КПД на 40 % и соответствующее значение коэффициента напора на 68% в относительном выражении.

3. Применение многоканальной схемы вихревой ступени с периферийным каналом обеспечивает уравнивание радиальных и осевых газовых сил и моментов при работе машины.

Список литературы

1. Хмара В.Н. Теория и расчет вихревых вакуумных компрессоров. Москва, 1988
2. Труды МВТУ № 179. Компрессорные и вакуумные машины и пневмоагрегаты. Выпуск 3. Москва, 1975.
2. Виршубский И.М. Вихревые компрессоры. Ленинград, 1988
3. Ваняшов А.Д., Кустиков Г.Г. Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин. Омск, 2005.С.63