

01, январь 2016

УДК 621.515

Поле параметров одноступенчатого неохлаждаемого вихревого компрессора с двусторонним периферийно-боковым каналом

Власова Е.А., студент

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»*

*Научный руководитель: Сергеев В.Н., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Вакуумная и компрессорная техника»*

nkn@bmstu.ru

Введение

Вихревой компрессор относится к классу машин динамического действия. Принцип работы такого компрессора заключается в следующем. Через всасывающий патрубок рабочая среда поступает на участок всасывания рабочего канала, а затем в межлопаточные каналы рабочего колеса. В них парциально осуществляется подсос газа в осевом направлении (преимущественно). Также тут происходит преобразование механической энергии двигателя в энергию потока рабочей среды. В результате под действием центробежных сил частицы газа выбрасываются преимущественно в радиальном направлении в канал вихревой машины, где происходит преобразование кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления. [2]

Особенности вихревых машин заключаются в следующем. За счет особой конструкции вихревого компрессора частицы рабочей среды движутся по сложной спиралеобразной траектории, неоднократно взаимодействуя с лопатками рабочего колеса, тем самым обеспечивая больший напор, по сравнению с центробежными машинами. Нечувствительны к помпажным режимам за счет изменения количества спиралей потока. Также вихревые компрессоры обладают устойчивой работой во всем диапазоне изменения характеристик, минимальной потребляемой мощностью при максимальной производительности, «сухой» проточной частью, простотой конструкции и отсутствием в ней трущихся частей. [1,4,5,6,7,9]

В данной работе исследуется одноступенчатый вихревой компрессор с двусторонним периферийно-боковым каналом, боковыми серповидными лопатками с покрывным диском (рис. 1).

Общий вид вихревого компрессора

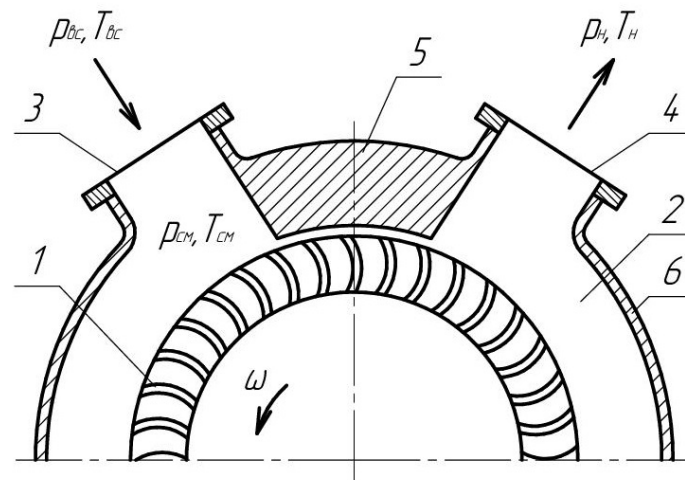


Рис. 1. Схема вихревой ступени с двусторонним периферийно-боковым каналом, боковыми серповидными лопатками с покрывным диском:

1 – лопатки; 2 – рабочий канал; 3 – всасывающий патрубок; 4 – нагнетательный патрубок; 5 – отсекаТЕЛЬ; 6 – корпус

Схема меридионального сечения проточной части

Выбор периферийно-бокового канала с покрывным диском обусловлен его высокой эффективностью и большим значением коэффициента напора, по сравнению с другими проточными частями.[8]

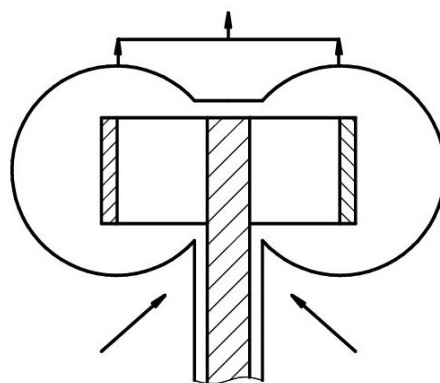


Рис. 2. Вихревая ступень с двусторонним периферийно-боковым каналом, боковыми серповидными лопатками с покрывным диском

Цель данной работы – рассмотрение возможностей вихревого компрессора с периферийно-боковым каналом в широком диапазоне окружных скоростей и диаметров.

Расчеты произведены на основе экспериментальных данных, полученных с вихревых машин, разработанных и произведенных на кафедре Э-5 МГТУ им. Н. Э. Баумана. [3]

Ограничения по параметрам в расчете:

$$\pi_{max} = 1,8; u_{kmax} = 102..105 (110) \frac{м}{с}; n_{max} = 5000 \frac{об}{мин}; N_{max} = 45 \text{ кВт};$$

$$\varphi = 0,4..0,6; D_k = 0,65; 0,6; 0,44; 0,3 \text{ м.}$$

Ограничение по степени повышения давления вызвано ограничением максимальной температуры в одной ступени ($T=453K$). Ограничения по числу оборотов и мощности обусловлены конструктивными особенностями вихревых компрессоров. Ряд диаметров выбран в соответствии с габаритами выпускаемых машин. Принятая зона коэффициента расхода соответствует значению КПД близкому к максимальному. Максимальная окружная скорость ограничена в соответствии с числом Маха.

Характеристики в безразмерных параметрах

В таблице 1 представлены данные для вихревой машины ВВК-300/600, которая имеет грушевидное меридиональное сечение и заслонку на нагнетании.

$$\bar{d}_H = 0,1227 \text{ м}; K_f = 0,762.$$

Таблица 1

Безразмерные характеристики ВВК-300/600.

φ	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$\psi_{ад}$	7,0	5,8	4,4	3,2	2,2
$\eta_{ад}$	0,17	0,25	0,34	0,38	0,415

φ – коэффициент расхода; $\psi_{ад}$ – адиабатический коэффициент напора;

$\eta_{ад}$ – адиабатический КПД.

В таблице 2 представлены данные для вихревой машины ВВК-4, которая имеет меридиональное сечение с параллельными стенками корпуса.

$$\bar{d}_H = 0,12 \text{ м}; K_f = 0,754$$

Безразмерные характеристики ВВК-4

φ	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$\Psi_{ад}$	6,25	5,0	3,8	2,55	1,4
$\eta_{ад}$	0,175	0,235	0,28	0,29	0,24

φ – коэффициент расхода; $\Psi_{ад}$ – адиабатический коэффициент напора;

$\eta_{ад}$ – адиабатический КПД.

По данным безразмерным характеристикам был произведен расчет одноступенчатого неохлаждаемого вихревого компрессора с двусторонним периферийно-боковым каналом боковыми серповидными лопатками с покрывным диском в САПР Mathcad 15. Расчет сделан по методике, разработанной на кафедре «Вакуумная и компрессорная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В результате расчета получено поле параметров при различных диаметрах и поле параметров при постоянной мощности одноступенчатого неохлаждаемого вихревого компрессора с двусторонним периферийно-боковым каналом боковыми серповидными лопатками с покрывным диском (рис. 3,4).

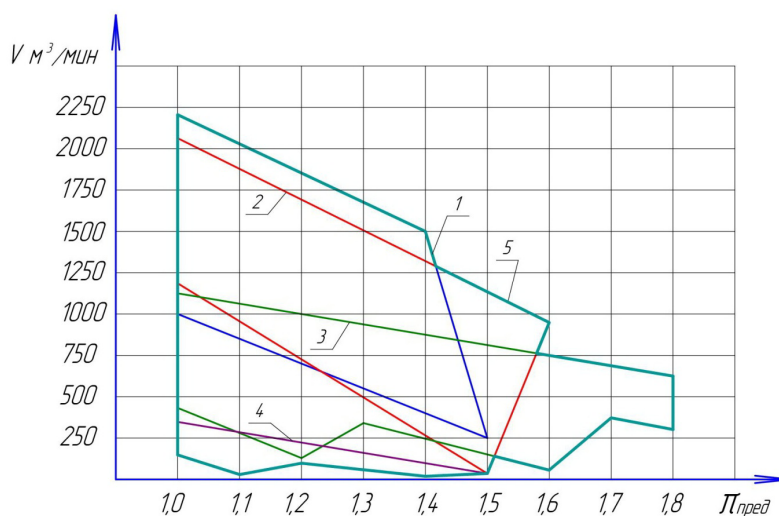


Рис. 3. Поле параметров одноступенчатого неохлаждаемого вихревого компрессора с двусторонним периферийно-боковым каналом, боковыми серповидными лопатками с покрывным диском: 1 – $D_k = 0,65$ м; 2 – $D_k = 0,6$ м; 3 – $D_k = 0,44$ м; 4 – $D_k = 0,3$ м; 5 – общий диапазон расхода одноступенчатого вихревого компрессора

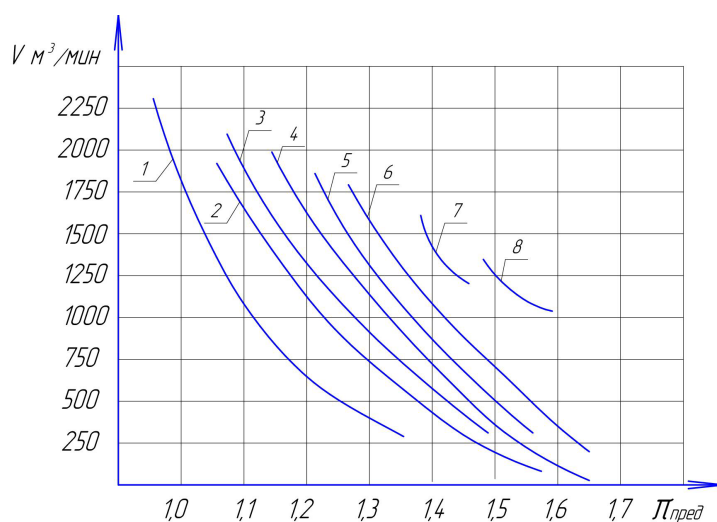


Рис. 4. Поле параметров при постоянной мощности одноступенчатого неохлаждаемого вихревого компрессора с двусторонним периферийно-боковым каналом, боковыми серповидными лопатками с покрывным диском: 1 – $N = 10$ кВт; 5 – $N = 27$ кВт;

$$2 - N = 15 \text{ кВт}; \quad 6 - N = 30 \text{ кВт};$$

$$3 - N = 17,5 \text{ кВт}; \quad 7 - N = 37 \text{ кВт};$$

$$4 - N = 22 \text{ кВт}; \quad 8 - N = 45 \text{ кВт}.$$

Таким образом, не проводя уточненного расчета, используя данные (см. рис. 3,4), можно ориентировочно оценить габариты и мощность привода вихревой ступени в соответствии с техническим заданием. Тем самым потребитель имеет основные параметры компрессора, что позволяет ему оценить рациональность выбора данной конструкции.

Выводы

1. Проведен расчет вихревой ступени на основе пакета характеристик для машин ВВК 300/600 и ВВК-4.
2. Получено поле параметров в зависимости $\pi_{\text{пред}}(V)$.
3. Проведена оценка мощности вихревой ступени в зависимости от расхода.
4. Полученные данные позволяют потребителю ориентировочно определить габариты машины и мощность привода вихревой машины при интересующей его производительности и степени повышения давления.

Список литературы

- [1] Хмара В.Н. Теория и расчет вихревых вакуумных компрессоров: учеб. пособие по курсу «Динамические машины» / под ред. П.И. Пластинина. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. 44 с.
- [2] Виршубский И.М., Рекстин Ф.С., Шквар А.Я. Вихревые компрессоры. Л.: Машиностроение, 1988. 271 с.
- [3] Белотелова Л.Н., Волошин П.А., Оськин С.А., Радугин М.А., Сергеев В.Н., Хмара В.Н. Исследование влияния аэродинамической схемы проточной части вихревой ступени на ее эффективность // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Машиностроение. 2012. № 4. С. 35–40.
- [4] Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1981. 351 с.
- [5] Селезнев К.П., Галеркин Ю.Б. Центробежные компрессоры. Л.: Машиностроение, 1982. 271 с.
- [6] Галеркин Ю.Б., Рекстин Ф.С. Методы исследования центробежных компрессорных машин. Л.: Машиностроение, 1969. 303 с.
- [7] Шнепп В.Б. Конструкция и расчет центробежных компрессорных машин. М.: Машиностроение, 1995. 240 с.
- [8] Сергеев В.Н., Хмара В.Н., Белотелова Л.Н., Радугин М.А., Волошин П.А., Оськин С.А. Исследование ступени вихревого нагнетателя с периферийно-боковым каналом и серповидными лопатками рабочего колеса // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. Машиностроение. 2011. С. 110–118.
- [9] Ванияшов А.Д., Кустиков Г.Г. Расчет и конструирование центробежных компрессорных машин: учеб. пособие для курсового проектирования. Омск: ОмГТУ, 2005. 208 с.

