

Д. М. Гагаркина, А. М. Карчевский, В. Н. Налимов,
И. Г. Хисамеев

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКНА НАГНЕТАНИЯ ВИНТОВОГО КОМПРЕССОРА НА ЕГО ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Ключевые слова: винтовой компрессор, пульсации расхода, виброакустические характеристики, геометрические параметры окна нагнетания, рабочий процесс, геометрическая степень сжатия.

Расчетным путем получены значения пульсаций расхода газа на нагнетании винтового маслозаполненного компрессора и его энергетические характеристики для различных конфигураций окна нагнетания. Рекомендованы геометрические параметры окна нагнетания, обеспечивающие снижение пульсации расхода в окне без существенного снижения изотермического КПД.

Key words: screw compressor, flow fluctuations, vibro-acoustic characteristics, discharge port geometrical parameters, operation, geometrical compression ratio.

Values of gas flow pulses at the discharge of oil-flooded screw compressor and power indices of the above mentioned compressor for various configurations of discharge port have been obtained calculation. Discharge port geometrical parameters have been recommended helping to reduce the flow fluctuations in the port without considerable decrease of isothermal efficiency.

Винтовые компрессоры имеют ряд преимуществ перед другими компрессорами объемного принципа действия, в частности, поршневыми. Одно из преимуществ – низкий уровень пульсаций расхода газа на нагнетании [1]. Однако при работе компрессора, особенно на режимах с высоким конечным давлением в окне нагнетания наблюдаются пульсации газа, которые приводят к возникновению вибрации и шума. Параметрами, влияющими на пульсации расхода газа через окно нагнетания, являются: разность давлений в полости сжатия в момент соединения ее с окном нагнетания и камере нагнетания, а также форма окна нагнетания.

Профилирование окна нагнетания обычно осуществляется исходя из энергетических соображений, его геометрические параметры обеспечивают максимальное проходное сечение для любого положения роторов [2]. При таком подходе, в начале процесса нагнетания, когда разность давлений максимальна, скорость приращения площади проходного сечения окна нагнетания является наибольшей.

Задачей исследований был поиск геометрических параметров окна нагнетания, которые позволят снизить пульсации расхода на нагнетании компрессора, не ухудшая при этом энергетических показателей (изотермический КПД $\eta_{из}$).

Настоящие исследования были начаты совместно с Институтом Акустики Машин при Самарском Государственном Аэрокосмическом Университете. В ходе исследований расчетным путем получены значения пульсаций расхода газа на нагнетании винтового маслозаполненного компрессора и его энергетические характеристики для различных конфигураций окна нагнетания.

Для оценки пульсационного состояния потока газа применен безразмерный показатель

пульсационности потока коэффициент
неравномерности подачи

$$\delta G = \frac{G_{\max} - G_{\min}}{G_d}, \quad (1)$$

где $G_{\max}$ – максимальное значение мгновенного расхода газа через окно нагнетания; $G_{\min}$ – минимальное значение мгновенного расхода газа через окно нагнетания; G_d – среднее значение расхода газа через окно нагнетания. Эффективность профилирования модифицированных окон нагнетания оценивалась по изменению коэффициента δG .

В ходе исследований были получены картины пульсации расхода через окна нагнетания [3], обеспечивающие различную геометрическую степень сжатия ϵ_r (рис. 1).

Как следует из рисунка 1, с увеличением геометрической степени сжатия снижаются пульсации потока газа через окно нагнетания, это объясняется тем, что давление внутреннего сжатия с увеличением геометрической степени сжатия растет, и разность между давлением в рабочей полости и камере нагнетания в конце процесса сжатия уменьшается. Скорость истечения газа через окно нагнетания выравнивается. Вторым фактором, влияющим на мгновенный расход газа через окно, является снижение скорости открытия окна с увеличением геометрической степени сжатия ϵ_r .

Наиболее выгодные энергетические показатели на режиме работы при отношении давлений $\pi = 9$ показало окно нагнетания, обеспечивающее геометрическую степень сжатия $\epsilon_r = 4,5$. Дальнейшие модификации были построены на базе этого окна.

Для исследований выбраны следующие модификации окна нагнетания:

- со скошенными передними кромками (рис. 2);

- с рассогласованными передними кромками (рис. 3).

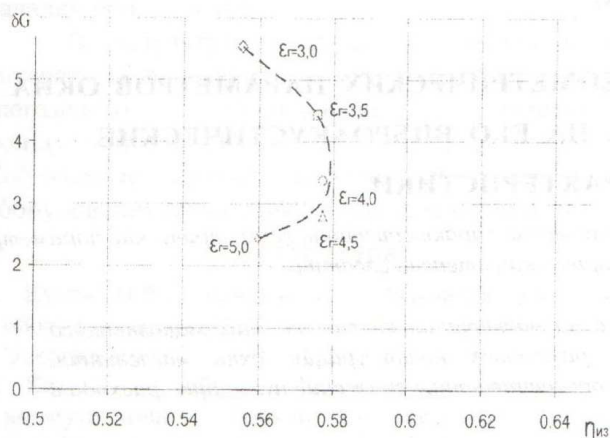


Рис. 1 – Объединенный график зависимости коэффициентов неравномерности подачи и изотермического КПД от геометрической степени сжатия при отношении давлений $\pi = 9$

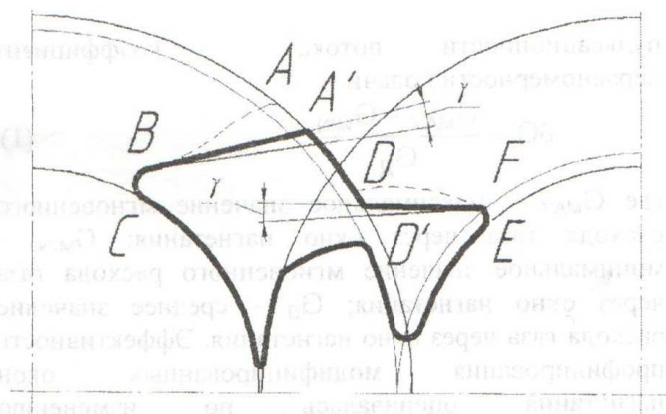


Рис. 2 – Схема окна нагнетания со скошенными передними кромками

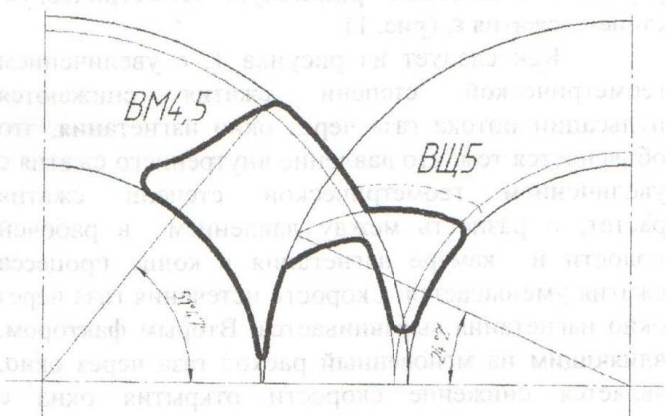


Рис. 3 – Схема окна нагнетания с рассогласованными передними кромками

Для модификации окна со скошенными передними кромками часть кромки окна нагнетания, на участках AB и DF была заменена отрезком A'B и D'F соответственно, оставшиеся части начальных кромок BC и FE сохранились (базовая модификация).

Модификация с рассогласованными передними кромками представляет собой окно, одна

из передних кромок которого, по ведущему или ведомому ротору, перемещена и совпадает с кромками окна, обеспечивающим большую геометрическую степень сжатия.

Данные модификации позволяют сохранить геометрическую степень сжатия, обеспечивая медленное приращение площади проходного сечения окна нагнетания в начале процесса нагнетания. Такое изменение площади окна вызывает некоторое снижение энергетических показателей. Эффект вносимый данными модификациями сравним с эффектом перехода к окну рассчитанному на большую геометрическую степень сжатия, однако имеет место некоторое преимущество модифицированных окон по значению изотермического КПД (рис. 4).

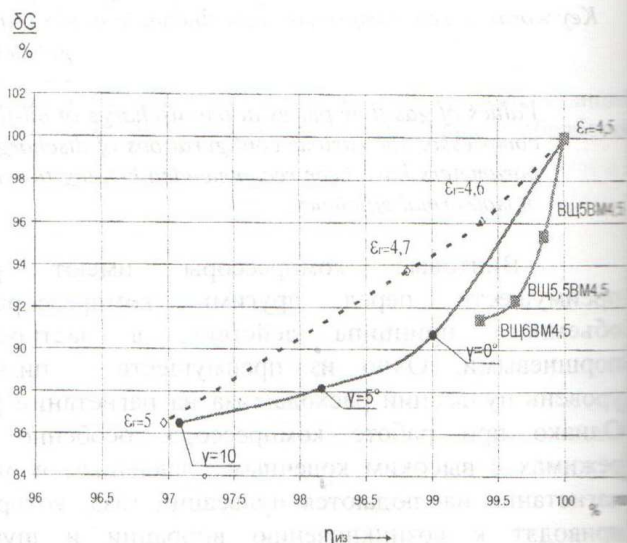


Рис. 4 – Сравнение зависимости коэффициентов неравномерности подачи и изотермического КПД от ϵ_r для модификации со скошенными передними кромками, с рассогласованными передними кромками и с окнами, обеспечивающими различную ϵ_r

Из рисунка 4 видно, что предложенные модификации в той или иной степени позволяют снизить пульсации расхода газа через окно нагнетания, однако при этом наблюдается некоторое падение изотермического КПД. С этой точки зрения наиболее оптимальной признана модификация окна нагнетания с рассогласованными передними кромками.

Проведенные теоретические исследования требуют экспериментальных подтверждений, в настоящее время идет разработка стенда для проведения испытаний винтового маслозаполненного компрессора с различными окнами нагнетания.

Литература

1. Хисамеев, И.Г. Создание винтовых компрессорных установок нового поколения/ И.Г. Хисамеев, М.Г. Абдреев, Ю.А. Паранин, М.Т. Садыков, Р.Р. Якупов//Вестник Казан.технол.ун-та. – 2011. - №17. – С. 199-203.

2. Mujik, E. A Kovacevic, N Stosic, I K Smith. The influence of port shape on gas pulsations in a screw compressor discharge chamber// E. Mujik, A Kovacevic, N Stosic, I K Smith IMechE London. – 2008. – P.211 - 223.
3. РД РТМ 26-12-18-77. Компрессоры винтовые. Конфигурация и размеры окон всасывания и нагнетания/ СКБК-Казань, 1977. – С. 20-23.

4. Хисамеев, И.Г. Анализ направлений в разработке профилей винтовых компрессоров / И. Г. Хисамеев, Р. Р. Якупов, В. Н. Налимов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2011. – № 16. – С. 200-249.

© Д. М. Гагаркина – инж. по расчетам и режимам III категории отделения винтовых компрессоров ЗАО «НИИтурбокомпрессор», meridiana@yandex.ru; А. М. Карчевский – нач. бюро расчетов отделения винтовых компрессоров ЗАО «НИИтурбокомпрессор»; В. Н. Налимов – нач. отдела расчетов и испытаний отделения винтовых компрессоров ЗАО «НИИтурбокомпрессор»; И. Г. Хисамеев – д-р техн. наук, проф., зав. каф. холодильной техники и технологии КНИТУ, firsovay@mail.ru.