

УДК 621.515, 62-97

Разработка и испытание вихревого вакуум-компрессора с применением технологии быстрого прототипирования

*Подчуфаров А.А., магистр
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный консультант: Сергеев В.Н., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
aiv@bmstu.ru*

В настоящее время на рынке существует высокий спрос на пневматическое оборудование. Вихревые вакуум-компрессоры имеют обширную область применения как в быту, так и в производстве: химических и микробиологических системах, системах водоочистки и аэрации очищаемой воды, системах откачки и фильтрации газов. Данная работа направлена на разработку отечественного оборудования с высокими технико-экономическими показателями.

Одной из областей использования пневматического оборудования является биомедицинская техника, что соответствует задачам мероприятия «Разработка технологии и организация производства системы для клинико-диагностических исследований» группы 3 «Развитие научно-технического потенциала медицинской промышленности» федеральной целевой программы «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 17.02.2011г. № 91 [4].

В области медицинской техники высокие требования предъявляются к качеству сжатого воздуха. Этим требованиям соответствуют вихревые вакуум-компрессоры (вихревые установки), основным достоинством которых является отсутствие механического трения и смазки в рабочей полости, что обеспечивает экологическую чистоту подаваемого потребителю воздуха. Также стоит отметить простоту конструкции и надежность вихревых установок.

Разработанный вакуум-компрессор – это одноступенчатая вихревая машина, проточная часть которой выполнена с двухсторонним периферийно-боковым каналом; рабочее колесо – с двухсторонними боковыми серповидными лопатками. Привод

рабочего колеса осуществляется от встроенного вентильного бесколлекторного электродвигателя, достоинством которого является возможность регулирования частоты вращения ротора. Рабочее колесо расположено консольно на валу двигателя и размещено в корпусе вакуум-компрессора, состоящего из двух частей с малыми торцевыми и радиальными зазорами.

В данной работе изготовлен действующий макет вихревого вакуум-компрессора на параметры:

$\pi_{\text{общ}} = 1,2$ – общая степень повышения давления,

$V_e = 34,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ – рабочая производительность,

$n_{\text{об}} = 6000 - 15000$ об/мин – число оборотов вала двигателя.

Разработка вихревого вакуум-компрессора осуществлена на основе интегральных коэффициентов, полученных в результате экспериментальных исследований. Для каждого типа вихревой ступени имеются характеристики в относительных параметрах [1]:

φ – коэффициент расхода ступени;

$\psi_{\text{ад}}$ – адиабатический коэффициент напора ступени;

Основные конструктивные параметры: диаметр колеса, размер проточной части, мощность привода, а также расчетные теоретические характеристики вихревой установки в вакуумном и компрессорном режимах, получены на основе теплового расчета установки по методике, разработанной на кафедре «Вакуумная и компрессорная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана [1,2].

На основе полученных параметров построена 3D-модель вихревой установки в системе САПР SolidWorks. 3D-модель вихревого вакуум-компрессора представлена на рис. 1. Корпус компрессора изготовлен методом быстрого прототипирования [3] с помощью 3D-принтера «ZPrinter 450» производства компании «Z CORPORATION». Макетный образец вихревого вакуум-компрессора представлен на рисунке 2.

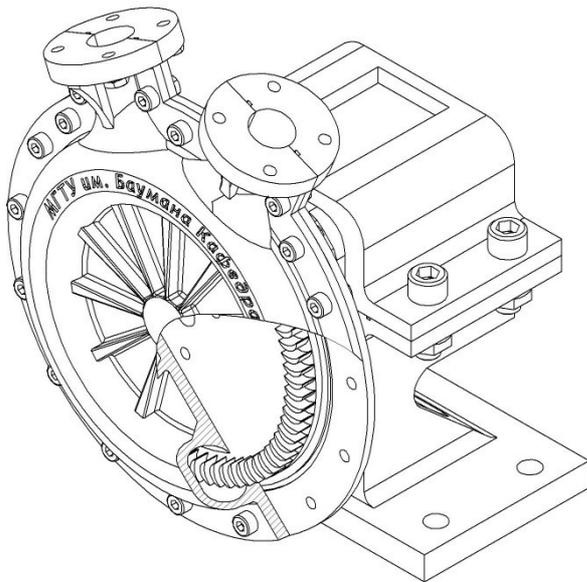


Рис. 1. 3D-модель вихревого вакуум-компрессора

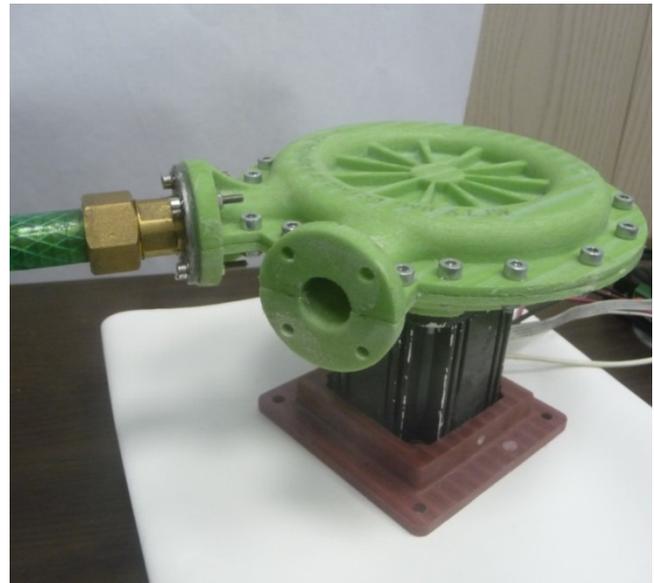


Рис. 2. Макетный образец вихревого вакуум-компрессора

Для экспериментального определения расчетных рабочих характеристик вихревой установки разработан испытательный стенд. Схема стенда для испытания вихревого вакуум-компрессора представлена на рис. 3.

Стенд состоит из вихревого вакуум-компрессора 8, нагнетательный патрубок которого подключен к измерительной магистрали 2. Измерительная магистраль представляет собой прямой участок трубопровода постоянного диаметра, в середине которого установлен цифровой расходомер FLOW-250 3. Сразу после нагнетательного патрубка подключен жидкостный дифманометр 5 для измерения давления нагнетания и температурный датчик 6 для измерения температуры нагнетания. Для определения температуры на измерительной магистрали используется цифровой измеритель-регулятор ОВЕН 2ТРМ1 7. Измерение производительности реализуется с помощью расходомера FLOW-250, который подключен к сети с напряжением 24В.

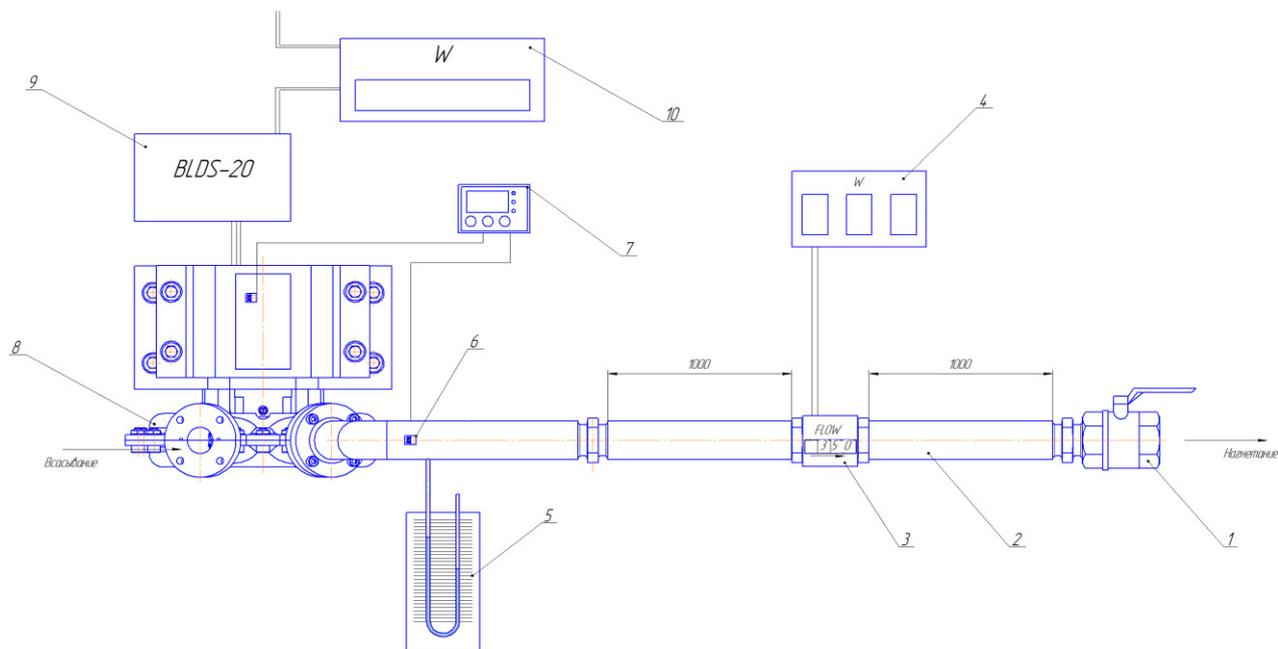


Рис. 3. Схема стенда испытания вихревого вакуум-компрессора

1-регулирующий вентиль, 2-напорная магистраль, 3-расходомер FLOW-250, 4-источник питания постоянного тока Б5-45, 5-жидкостный дифманометр, 6-датчик температуры, 7-цифровой измеритель-регулятор ОБЕН 2ТРМ1, 8-вихревой вакуум-компрессор, 9-контроллер BLDS-20, 10-блок питания RS-150-24.

При работе вакуум-компрессора воздух движется по каналам от всасывания к нагнетанию, многократно получая энергию от лопаток рабочего колеса. Необходимый режим работы достигается регулированием частоты вращения вала двигателя контроллером BLDS-20 9. Также, режим работы можно изменять, создавая определенную нагрузку со стороны напорной сети регулирующим вентилем, установленным на напорной магистрали после манометра. При регулировании этим способом регулирующий вентиль 1 перед пуском должен быть полностью открыт, в данном случае сопротивление напорной сети минимально. С помощью регулирующего вентиля 1 по манометру устанавливается требуемое значение давления нагнетания, которому соответствует определенное значение производительности. При испытании данного опытного образца вихревого вакуум-компрессора необходимый режим работы устанавливался регулирующим вентилем.

В ходе проведения испытаний вихревой установки, показания всех приборов фиксировались при различных значениях давления нагнетания.

Сравнение расчетных и экспериментальных рабочих характеристик вихревой установки в относительных параметрах в вакуумном режиме представлены на рисунке 4, в компрессорном – на рисунке 5.

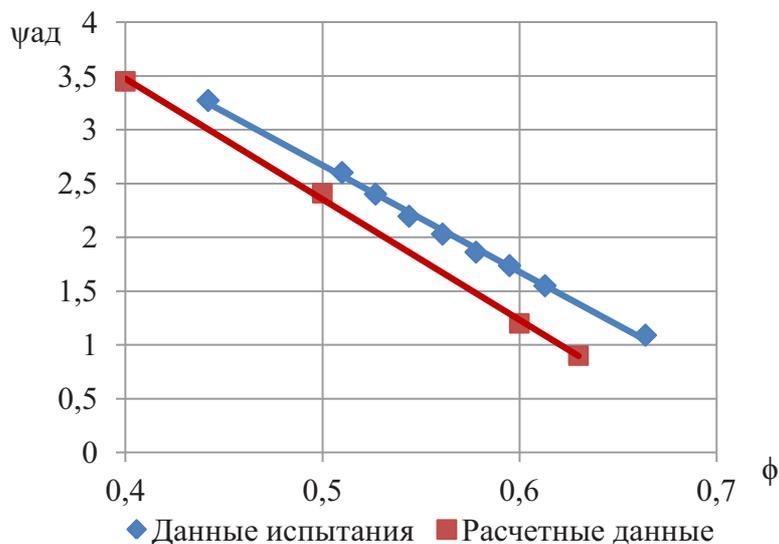


Рис. 4. Сравнение расчетных и экспериментальных рабочих характеристик вихревой установки в вакуумном режиме

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

Экспериментальное подтверждение рабочих характеристик показало работоспособность данного вихревого вакуум-компрессора. Отклонение расчетных и экспериментальных данных составило не более 10%. Данная погрешность обусловлена тем, что испытания проходили на нерасчетных числах оборотов двигателя.

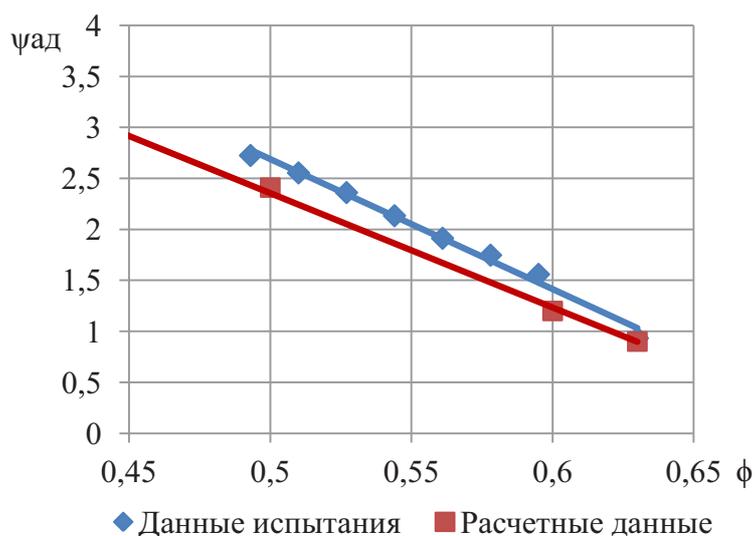


Рис. 5. Сравнение расчетных и экспериментальных рабочих характеристик вихревой установки в компрессорном режиме

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

Применение метода быстрого прототипирования с использованием 3D принтера позволяет значительно сократить продолжительность и стоимость цикла разработки установки.

Список литературы

1. 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. Серия «Машиностроение». 2011. С.110-118.
2. 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. Серия «Машиностроение». 2012. №4. С.35-40.
3. Чернышев А.В., Демихов К.Е., Насибуллин С.Р. и др. Разработка вакуумного и пневмоэлектромеханического оборудования с применением технологии быстрого прототипирования. // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Серия «Машиностроение». 2011. №3. С.3-16.
4. Федеральная целевая программа «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации в период до 2020 года и дальнейшую перспективу».