

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Поршневые компрессоры

Методические указания по выполнению практической работы
для студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация
энергооборудования организаций»

Витебск
2020

УДК 621.9(07)

Составители:

Н. В. Путеев, Р. В. Окунев

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от 27.11.2019.

Поршневые компрессоры : методические указания по выполнению практической работы / сост. Н. В. Путеев, Р. В. Окунев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 25 с.

В методических указаниях изложены содержание, методика выполнения, правила оформления отчета по практической работе по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели».

УДК 621.9 (07)

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	4
2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА.....	5
3 ОБЪЕКТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	5
4 КОНСТРУКЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ И СОСТАВ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК.....	6
5 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	16
6 РАСЧЕТ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫРАБОТКУ СЖАТОГО ВОЗДУХА.....	19
7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	21
8 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА	21
9 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ	22
10 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	23
Приложение А	24

ВВЕДЕНИЕ

Важной энергетической средой промышленного предприятия являются сжатые газы, наиболее часто это сжатый воздух. Сжатый воздух используется в технологических процессах для зажима заготовок в приспособлениях, пневмоинструментах, сушке, наддуве, покраске, мойке и многих других.

Для обеспечения пневматического оборудования сжатым воздухом используются компрессоры – поршневые, винтовые и др.

Поршневой компрессор получил в промышленности большое распространение, т. к. позволяет в широких пределах варьировать расход и давление сжатого воздуха, подбирая оптимальные значения для разных технологических процессов.

Компрессоры имеют разные конструктивные исполнения и комплектации: например системы очистки воздуха, осушения, температурной стабилизации, ресиверы, регуляторы, распределители потоков и т. д. Это позволяет вести подготовку сжатого воздуха до норм, действующих в каждой из отраслей.

Использование компрессора позволяет значительно экономить электроэнергию, механизировать труд и повысить качество работ, поэтому правильный выбор параметров компрессора, грамотная эксплуатация важны.

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью практической работы является получение знаний о параметрах сжатых газообразных сред, применении в качестве энергоносителя сжатого воздуха в разных технологических процессах, конструкциях поршневых компрессорных установок, основах эксплуатации.

В результате выполнения работы студент должен знать оборудование для получения и распределения сжатых газообразных сред, уметь подбирать компрессорную установку для конкретного технологического процесса, владеть навыками эксплуатации и проведения технического обслуживания.

Выполнение практической работы является частью подготовки студентов специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» к освоению возможностей современного энергооборудования, энергосбережению в производстве и эксплуатации, применению полученных знаний при изучении других дисциплин по специальности.

2 ЗАДАЧИ СТУДЕНТА

Задачами студента при выполнении практической работы являются:

- изучение параметров сжатой газовой среды;
- изучение применения сжатого воздуха в технологических процессах;
- изучение конструкций поршневых компрессоров;
- изучение состава и конструкций элементов компрессорных установок;
- подбор параметров компрессорной установки;
- освоение регулирования расхода и давления компрессорной установки;
- изучение правил эксплуатации компрессорной установки;
- изучение технического обслуживания компрессорной установки;
- освоение методики расчета электроэнергии на выработку сжатого воздуха;
- развитие навыков работы с компрессорной установкой;
- формирование выводов по работе;
- оформление отчета.

3 ОБЪЕКТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Объектами практической работы являются натурные образцы и техническая документация компрессоров, маркировка и параметры которых даны в таблице 1.

Таблица 1 – Маркировка и параметры компрессорных установок

№	Маркировка	Параметры компрессорных установок
1	2	3
1	СБ/4Ф-500.W95	Объем ресивера – 500 литров; Число цилиндров/ступеней сжатия – 3/2; Производительность – 1200 л/мин; Давление максимальное – 10 бар; Мощность электродвигателя – 7,5 кВт; Напряжение питания – 380 В; Масса – 320 кг; Габариты – 2000х610х1300 мм
2	СБ4/Ф-500.АВ 981	Объем ресивера – 500 литров; Число цилиндров/ступеней сжатия – 2/2; Производительность – 1000 л/мин; Давление максимальное – 10 бар; Мощность электродвигателя – 7,5 кВт; Напряжение питания – 380 В; Масса – 230 кг; габариты – 2000х610х1250 мм

Окончание таблицы 1

1	2	3
3	СБ4/С-24 J1047В	Объем ресивера – 24 литров; Число цилиндров/ступеней сжатия – 1/1; Производительность – 200 л/мин; Давление максимальное – 8 бар; Мощность электродвигателя – 1,5 кВт; Напряжение питания – 220 В; Масса – 27 кг; Габариты – 620х300х600 мм

Таким образом, выполнение практической работы позволяет решить поставленные задачи на компрессорных установках разной производительности и назначения.

4 КОНСТРУКЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ И СОСТАВ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

4.1 Принцип действия поршневого компрессора

Воздух или любой другой газ (азот, кислород, аммиак, пропан, аргон и пр.) сжимается в цилиндре, в котором движется поршень.

Поршневые компрессоры подразделяются на следующие типы:

- одностороннего действия, в которых воздух сжимается с одной стороны поршня, и двухсторонние – сжимается с обеих сторон;
- масляные (смазываемые жидким маслом) и безмасляные (в качестве смазки выступает графит, фторопласт и пр.);
- плунжерный компрессор – разновидность агрегата, использующего плунжер вместо поршня и работающий при высоких давлениях;
- одно- или многоступенчатые, последние применяются при высоких степенях сжатия. Могут использоваться как в качестве атмосферного (сжатие происходит от атмосферного давления), так и бустерного (воздух на вход подается уже под давлением).

Конструктивно (рис. 1) поршневой воздушный компрессор представляет собой корпус (поршневой блок), выполненный из чугуна, алюминия или же другого материала и оснащенный одним или несколькими цилиндрами, расположение которых может быть вертикальным, V-образным, или горизонтальным.

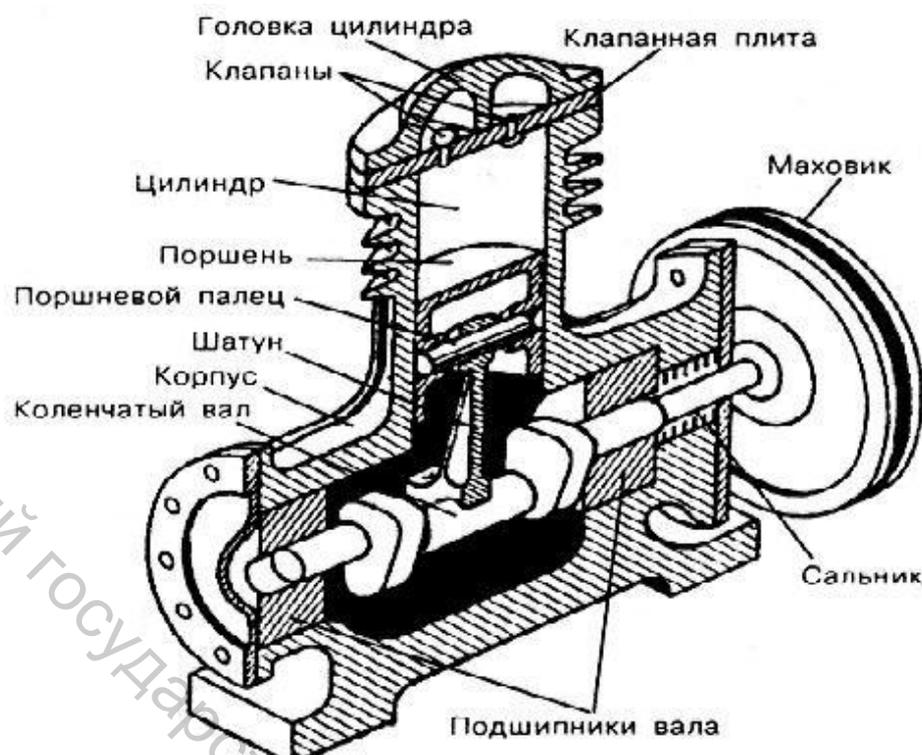


Рисунок 1 – Конструктивная схема компрессора

Основную подвижную часть компрессора воздушного составляют коленчатый вал, поршень и два клапана на каждый цилиндр, выполняющие регулирование всасывания и нагнетания.

Основу работы поршневого блока составляет движение поршня – поступательные движения вниз приводят к всасыванию воздуха в цилиндр, а при возвратном действии воздух сжимается. Данный процесс и приводит к увеличению давления. В этот момент происходит закрытие клапана всасывающего, а нагнетательный клапан открывается и в магистраль подается сжатый воздух. Такой цикл повторяется на протяжении всего периода работы компрессора.

При подборе поршневого компрессора необходимо учитывать, что сам процесс всасывания и сжатия связан с большими потерями. Разница в производительности на всасывании и на выходе может достигать до 40 %. Потери обусловлены нагревом воздуха, потерей на дросселирование, а также наличием паразитного объема в цилиндре сжатия. Для упрощения расчетов можно принять потери равные 30 %.

На рисунке 2 показана схема к пояснению потерь в компрессоре. Между дном поршня и головкой цилиндра имеется паразитный объем C , из-за которого теряется степень сжатия. Если впускной клапан открывается по разрежению, что проще конструктивно, то часть рабочего хода S поршня будет потрачена на создание необходимого разрежения без всасывания, т. е. в объеме, определяемом расстоянием R , не будет свежей порции воздуха.

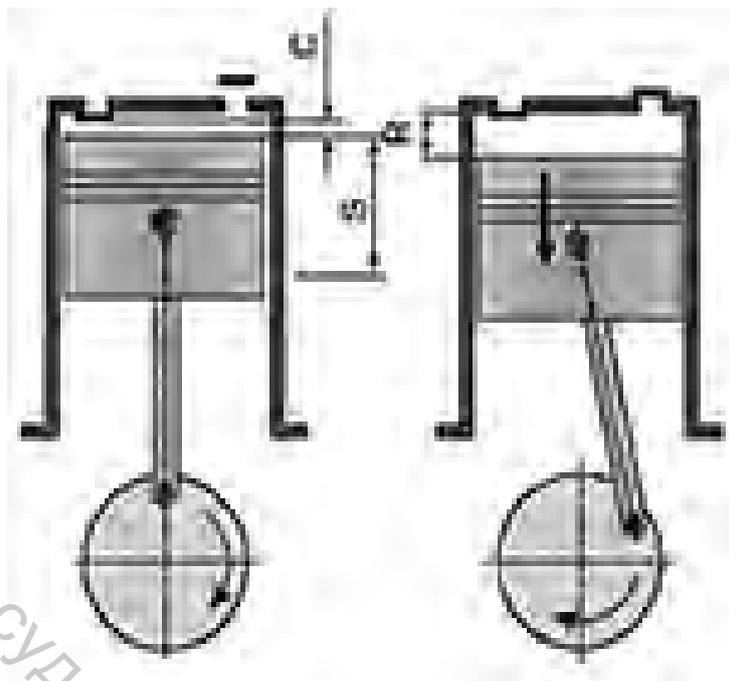


Рисунок 2 – Схема к определению потерь компрессора

Современное промышленное пневматическое оборудование с целью повышения эффективности работает с давлением большим, чем можно получить сжатием в одном цилиндре. Поэтому компрессора дополняют второй ступенью. Один из конструктивных вариантов двухступенчатого компрессора и принцип действия показан на рисунке 3.

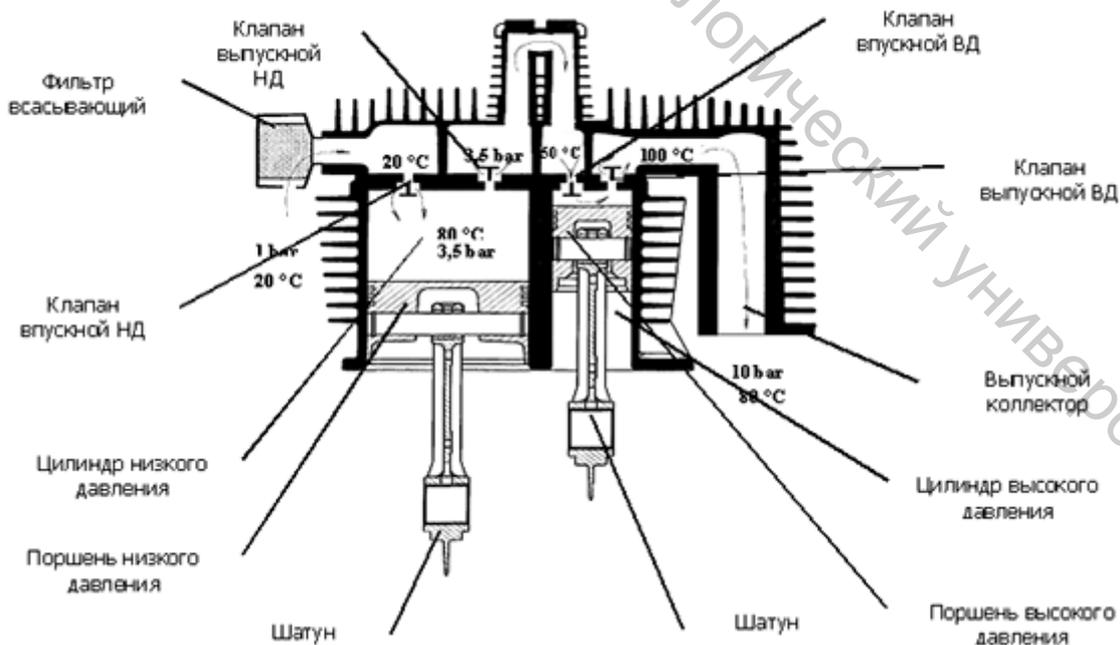


Рисунок 3 – Принцип действия двухступенчатого компрессора

На рисунке 3 представлен двухступенчатый компрессор с промежуточным охлаждением. Воздушный поток, проходя через воздушный фильтр, попадает в цилиндр низкого давления, где сжимается до 3,5–6 бар. При этом воздух нагревается до 80 °С. Промежуточный теплообменник позволяет охладить сжатый воздух до 50 °С. В цилиндре высокого давления воздух достигает необходимой величины давления (в данном случае 10 бар) и поступает в выпускной коллектор, также охлаждаясь. В одноступенчатых компрессорах иногда используют одну ступень для достижения 10 атм.

По такой схеме с двумя разновеликими поршнями в одном блоке спроектирован компрессор СБ4/Ф-500.АВ 981. Внешний вид представлен на рисунке 4.

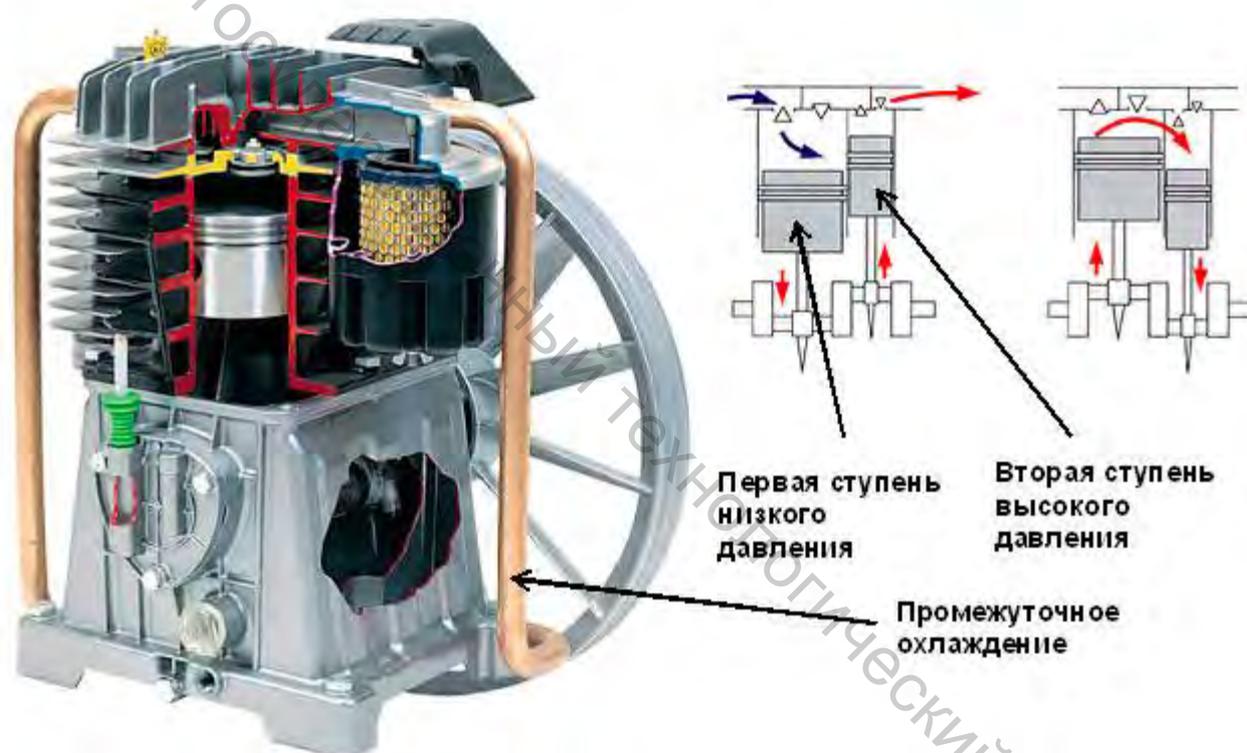


Рисунок 4 – Разрез блока цилиндров двухступенчатого компрессора СБ4/Ф-500.АВ 981

Компрессор СБ4/Ф-500.В95 также двухступенчатый, но в нем все 3 цилиндра разделены, при этом два из первой ступени закачивают воздух в третий второй ступени. Фактически реализована так называемая бустерная схема.

Компрессор СБ4/С 24 J1047В одноступенчатый с соосным приводом ступени от двигателя.

4.2 Состав компрессорной установки

Современное пневматическое оборудование предприятий предъявляет к сжатому воздуху определенные требования: наличие или отсутствие смазки в подаваемом воздухе, степень влажности, степень чистоты, точность регулирования давления и расхода, температура.

Поэтому современная компрессорная установка имеет несколько устройств, обеспечивающих требования по качеству воздуха.

Компрессор содержит несколько фильтров. На впуске фильтр очищает воздух от механических загрязнителей, на выпуске от масла и воды. Выходные фильтры часто объединяют с другими устройствами, на рисунке 5 фильтр объединен с регулятором давления на выходе.



Рисунок 5 – Регулятор давления с фильтром

4.2.1 Устройства регулирования давления

Прессостат (рис. 6) служит для обеспечения работы компрессора в автоматическом режиме, поддержания давления в ресивере в заданном диапазоне.



Рисунок 6 – Прессостат

На рисунке 6 показаны крышка 1, выключатель 2 для пуска и остановки компрессора, регулятор 3 интервала между давлением выключения и включения, регулятор 4 давления выключения, настройка теплового реле 5, штуцеры подключения дополнительных комплектующих 6, штуцер подсоединения к системе 7, разгрузочный клапан 8, стикер 9 с обозначением контактной группы, входы 10 электрокабелей.

Подача сжатого воздуха под давлением необходимого уровня потребителю обеспечивается редуктором (регулятором) давления.

4.2.2 Ресиверы

Ресивер служит для сбора сжатого воздуха, устранения пульсации давления, отделения конденсата; является корпусом, на котором монтированы узлы и детали компрессора.

Объем V_R воздушного ресивера подбирается по формуле

$$V_R = \frac{V' \cdot 60 \cdot \left[\frac{L_B}{V'} - \left(\frac{L_B}{V'} \right)^2 \right]}{Al \cdot (p_{\max} - p_{\min})} \quad (\text{м}^3),$$

где V' – эффективная производительность компрессора [$\text{м}^3/\text{мин}$]; L_B – расход сжатого воздуха [$\text{м}^3/\text{мин}$]; Al – число допустимых циклов вкл/выкл двигателя [ч^{-1}]; p_{\max} – давление выключения (разгрузки) компрессора [бар]; p_{\min} – давление включения (нагрузки) компрессора [бар].

4.2.3 Клапаны

Обратный (запорный) клапан, соединенный трубкой с прессостатом (устройство автоматического управления компрессором), сохраняет сжатый воздух в ресивере, препятствуя его обратному поступлению в поршневой блок после остановки компрессора при наборе заданного давления.

Предохранительный клапан служит для ограничения максимального давления в ресивере и отрегулирован на давление открывания, превышающее давление нагнетания не более чем на 10 %.

4.2.4 Лубрикатеры

Служат для добавления масла в сжатый воздух, что необходимо для работы некоторых исполнительных пневмоустройств, имеющих подвижные трущиеся детали. Показан на рисунке 7 в блоке с регулятором давления и влагоотделителем.



Рисунок 7 – Лубрикатор в блоке с регулятором давления

и влагоотделителем

4.2.5 Двигатели и привод компрессора

Как правило, применяются асинхронные двигатели. Возможно применение частотно-регулируемого привода.

Двигатель присоединяется коаксиально (рис. 8) или через передачу, например, ременную (рис. 9).

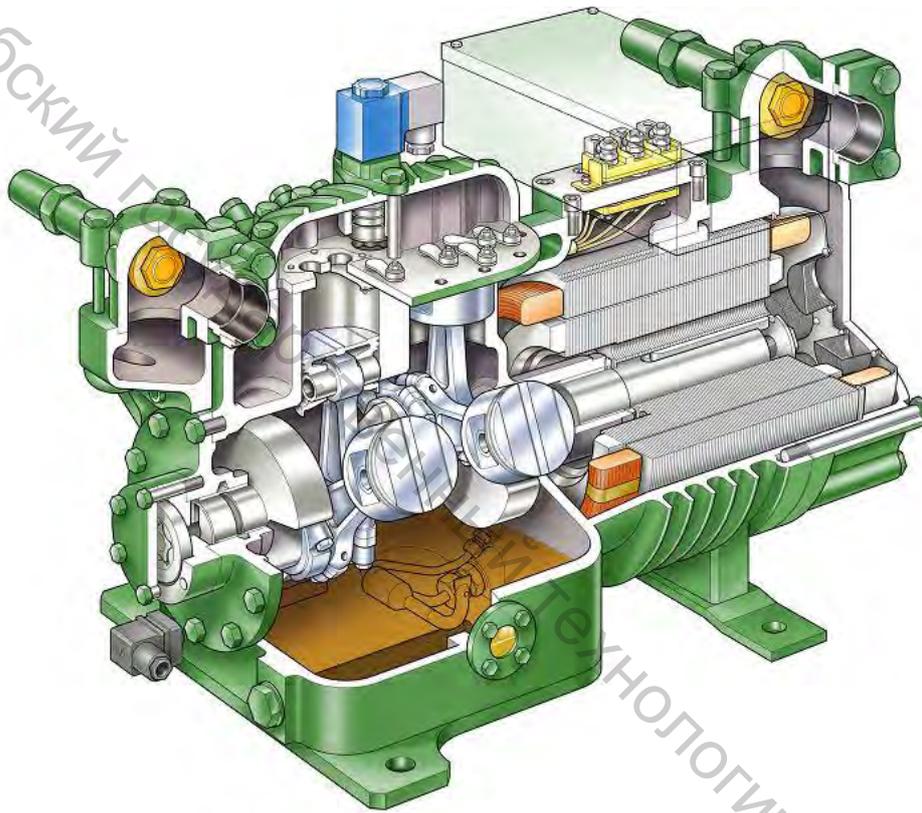


Рисунок 8 – Коаксиальный привод



Рисунок 9 – Ременной привод

4.2.6 Охладители

Для охлаждения нагретого при сжатии воздуха применяют ребрение на деталях и трубах, а также радиаторы-теплообменники.

4.2.7 Влагодделители

Влагодделители для компрессора представляют из себя колбу, в которой воздух резко закручивается, под действием центробежной силы капли конденсата отбрасываются на стенки сосуда и стекают на дно сепаратора. За принцип работы такие влагодделители получили название центробежных или циклонных. Скопившийся на дне конденсат может быть удален через ручной клапан слива (в стандартной комплектации) либо с помощью клапанов автоматического типа.

Конденсатоотводчик предназначен для удаления скопившегося в ресивере конденсата и масла.

4.2.8 Манометры

Служат для визуального контроля давления в ресивере и в регуляторе подачи воздуха потребителю.

4.3 КПД компрессора

Качество работы компрессора можно оценить с помощью его КПД.

Известно, что теоретическая работа в политропном процессе определяется из уравнения

$$L_0^{пол} = \frac{n}{n-1} \cdot R \cdot (T_2 - T), \text{ где}$$

где R – газовая постоянная, для воздуха $R = 287$ Дж/(кг·град); n – показатель политропы.

Действительная работа, израсходованная на сжатие 1 кг газа, определяется из уравнения:

$$L_0 = \frac{N_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{дв}}}{G}$$

В этой формуле

$$N_{э} = I \cdot U ,$$

где $N_{э}$ – электрическая мощность двигателя, Вт; $\eta_{дв}$ – КПД двигателя; G – средняя массовая производительность компрессора, кг/с.

$$G = \rho \cdot Q \text{ (кг/с)},$$

где Q – объёмная производительность компрессора, м³/с; ρ – плотность воздуха, определяемая по формуле

$$\rho = \rho_{20}^1 \cdot \frac{293 \cdot p_a}{B_{20}^1 \cdot T}$$

Полиτροпный или «элементарный» КПД компрессора здесь определяется как отношение теоретической работы к действительной работе

$$\eta_n = \frac{L_0^{пол}}{L_0}$$

Этот КПД учитывает гидравлические потери при прохождении воздуха через цилиндр компрессора и все механические потери в движущихся узлах компрессора.

Действительная индикаторная диаграмма одноступенчатого компрессора (рис. 10) отличается от теоретической. Это обусловлено различными причинами. Так, всасывание и нагнетание газа происходит при наличии гидравлического трения в системе клапанов, в связи с чем всасывание происходит при давлении в рабочем цилиндре, меньшем давления внешней среды, а нагнетание при давлении большем давления в нагнетательном трубопроводе. В реальном компрессоре присутствует также и механическое трение поршня о стенки цилиндра.

Кроме этого, в пространстве между головкой цилиндра и поршнем, находящимся в положении ВМТ (паразитном объеме), в процессе нагнетания остается некоторое количество газа высокого давления. При обратном ходе поршня этот газ расширяется в процессе 3–0, вследствие чего процесс всасывания новой порции газа 0–1 начинается только после расширения сжатого газа из паразитного объема. Таким образом, паразитный объем уменьшает количество всасываемого газа и тем самым уменьшает объёмную производительность компрессора.

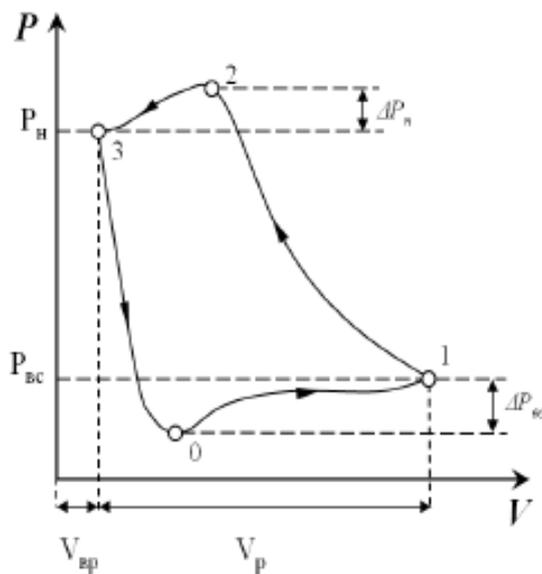


Рисунок 10 – Процессы в реальном компрессоре

Отношение объема всасывания V_{01} к объему V_p в пределах хода поршня называют объемным коэффициентом полезного действия

$$\eta_n = \frac{V_{01}}{V_p}$$

При увеличении давления нагнетания P_n процесс расширения сжатого газа из паразитного объема будет продолжаться дольше (точка 0 на рисунке 10 смещается вправо), что приводит к уменьшению объема всасывания, и при некотором предельном давлении P_n , когда линия сжатия 1–2 пересекает линию паразитного объема, объемный КПД компрессора обращается в ноль. Ещё одним отличительным моментом работы реального компрессора является изменение теплоёмкости в процессе сжатия 1–2. Поэтому данный процесс, строго говоря, не является политропным.

5 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

Всасываемый поршневым компрессором воздух не должен содержать пыли, паров любого вида, взрывоопасных и легковоспламеняющихся газов, распыленных растворителей или красителей, токсичных дымов любого типа. При температуре окружающего воздуха выше 30 °С забор воздуха на всасывание рекомендуется осуществлять не из помещения или принимать специальные меры для уменьшения температуры окружающего поршневой компрессор воздуха.

Как правило, режим работы поршневого компрессора повторно-

кратковременный, с продолжительностью включения (ПВ) до 60 %, при продолжительности одного цикла от 6 до 10 мин. Допускается непрерывная работа компрессора не более 15 мин, но не чаще одного раза в течение 2 часов.

Пуск и останов компрессора показан на примере компрессора на рисунке 11.

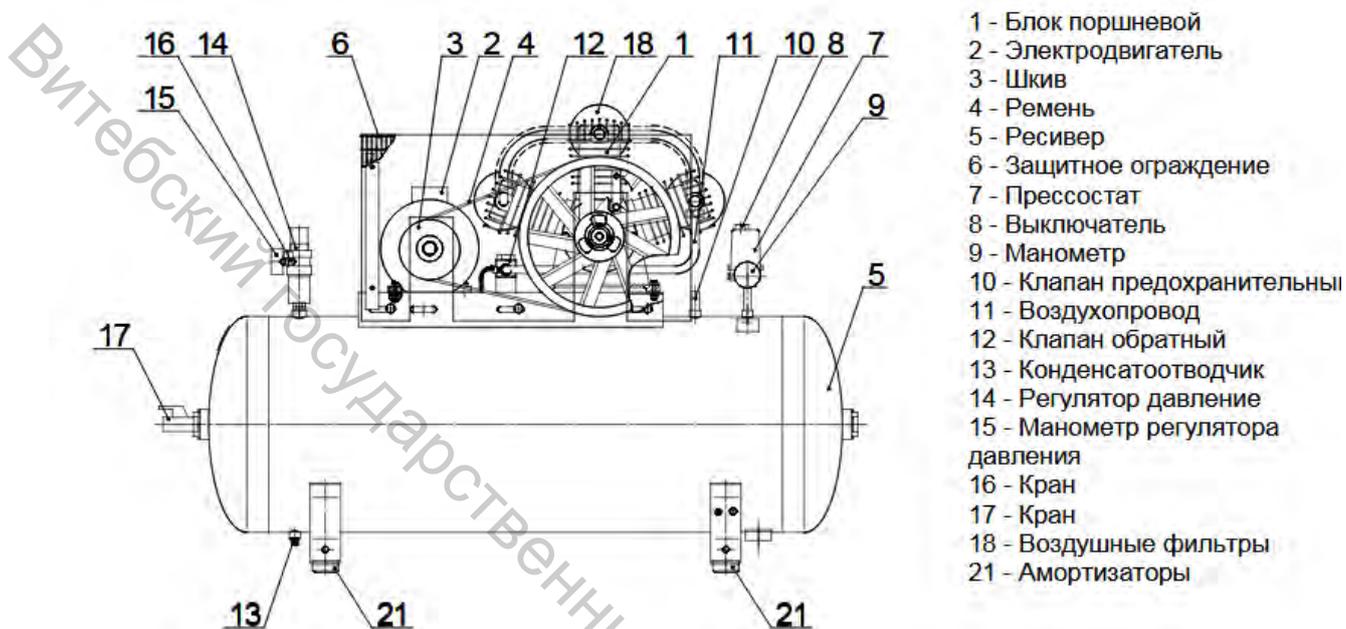


Рисунок 11 – Схема комплектации поршневого компрессора

Пуск и останов поршневых компрессоров должны производиться только выключателем на прессостате (положения AUTO и OFF). После пуска поршневого компрессора, по мере расхода воздуха потребителем, реле давления прессостата автоматически выключает и включает его, поддерживая давление сжатого воздуха в ресивере в заданных пределах – (1,0...0,8) МПа. Прессостат отрегулирован на предприятии-изготовителе, и не должен подвергаться регулировкам со стороны пользователя.

Установка давления сжатого воздуха на выходе осуществляется регулятором давления следующим образом:

- при открытом кране необходимо потянуть вверх за рукоятку регулятора давления и вращать ее по часовой стрелке для увеличения давления или против часовой стрелки, чтобы уменьшить давление;
- после проверки заданного значения давления по манометру следует нажать на рукоятку, тем самым зафиксировав выбранное значение.

Количество вырабатываемого воздуха зависит от давления в ресивере и от его расхода – при избыточном расходе манометр показывает низкие значения.

Поршневые компрессоры, как правило, оборудованы устройством тепловой защиты от перегрузок. При продолжительной работе и чрезмерном

потреблении сжатого воздуха возможно автоматическое отключение поршневого компрессора вследствие перегрева. После того, как двигатель остынет до допустимой температуры, поворотом выключателя, расположенного на корпусе прессостата, включается устройство тепловой защиты.

Во избежание выхода из строя двигателя, вмешательство в систему тепловой защиты недопустимо. По окончании работы необходимо полностью выпустить воздух из ресивера.

Техническое обслуживание обеспечивает долговечную и безопасную работу компрессоров. Необходимо выполнять следующие основные операции по его техническому обслуживанию:

- ежемесячно проверять плотность соединения воздухопроводов, уровень масла в картере, очищать поршневой компрессор от пыли и загрязнения;

- после первых 100 часов работы и далее через каждые 500 часов работы производить замену масла. Не рекомендуется смешивать разные по типам масла. При изменении цвета масла (побеление – присутствие воды, потемнение – сильный перегрев) рекомендуется немедленно заменить масло;

- в зависимости от условий эксплуатации, но не реже одного раза в месяц, очищать всасывающий воздушный фильтр, продувая сжатым воздухом патрон и фильтрующий элемент. Рекомендуется заменять патрон воздушного фильтра или фильтрующий элемент, по крайней мере, один раз в год, если поршневой компрессор работает в чистом помещении и чаще, если помещение запыленное. Снижение пропускной способности воздушного фильтра снижает срок службы поршневого компрессора, увеличивает расход электроэнергии и может привести к выходу его из строя;

- ежедневно сливать конденсат из ресивера, используя кран слива конденсата;

- после первых 48 часов эксплуатации и далее периодически необходимо проверять и регулировать натяжение ремней и очищать их от загрязнения, так как при недостаточном натяжении происходит проскальзывание ремней, перегрев и снижение КПД. Когда ремни перетянуты, то происходит чрезмерная нагрузка на подшипники с повышенным их износом, перегревом электродвигателя и блока поршневого. При правильном натяжении прогиб ремня на его середине под воздействием усилия 20 Н (2 кгс) должен быть в пределах (5–6) мм.

- периодически проверять надёжность крепления блока поршневого и двигателя к платформе, а платформы к ресиверу;

- периодически проверять целостность и надёжность крепления органов управления, приборов контроля, кабелей, воздухопроводов;

- периодически очищать все наружные поверхности поршневого компрессора и электродвигателя для улучшения охлаждения.

6 РАСЧЕТ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫРАБОТКУ СЖАТОГО ВОЗДУХА

Удельный расход электроэнергии на выработку 1000 м³ сжатого воздуха по компрессорной установке составит

$$\mathcal{E}^y = \mathcal{E}^{np} + \mathcal{E}^{oxl}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/тыс. м}^3.$$

Удельный расход электроэнергии на привод компрессора определяется

$$\mathcal{E}^{np} = 0,00272 \cdot \frac{L_{из} \cdot a_n}{\eta_{из} \cdot \eta_d \cdot \eta_{пер}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч/тыс. м}^3,$$

где $L_{из}$ – работа сжатия, кгм; a_n – поправочный коэффициент на средние значения температуры и барометрического давления воздуха во всасывающем патрубке; $\eta_{из}$ – изотермический КПД компрессора, определяемый по данным испытаний компрессора; η_d – КПД электродвигателя; $\eta_{пер}$ – КПД передачи.

Работа изотермического сжатия компрессора определяется по формуле

$$L_{из} = 23000 \cdot P_1 \cdot V_1 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ кгм},$$

где P_1 – абсолютное давление всасывания (определяется по манометру, атм); V_1 – начальный всасываемый объем воздуха, равный 1 м³; P_2 – абсолютное давление сжатия, атм.

Поправочный коэффициент a_n определяется по формуле

$$a_n = \frac{1,205}{\gamma_\delta},$$

где γ_δ – удельный вес всасываемого воздуха в действительных условиях, кг/м³.

$$\gamma_\delta = \frac{0,465 \cdot B_{cp}}{273 + t_{cp}}, \text{ кг/м}^3,$$

где B_{cp} – среднее барометрическое давление во всасывающем патрубке, мм рт. ст.; t_{cp} – средняя температура всасываемого воздуха для периода нормирования, °С.

В практических условиях на найденную исходную величину удельного расхода электроэнергии необходимо вносить ряд поправок. Эти поправки должны учитываться следующими коэффициентами:

а) коэффициентом, учитывающим износ компрессора. Для новых компрессоров он равен 1,0; для старых машин поршневого и ротационного типов – не ниже 1,1; для турбокомпрессоров – не ниже 1,05;

б) коэффициентом, учитывающим конечное давление сжатия;

в) поправочным коэффициентом, учитывающим степень загрузки компрессора, принимаемым по таблице 2.

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты, учитывающие степень загрузки компрессора

Типы компрессоров	Поправочный коэффициент при загрузке, %							
	100	90	80	70	60	50	40	30
Поршневые с регулированием путем подключения дополнительных вредных пространств	1,0	1,03	1,04	1,08	1,12	1,16	1,22	1,31
Поршневые с регулированием на холостой ход и ротационные компрессоры	1,0	1,03	1,08	1,11	1,16	1,23	1,32	–
Турбокомпрессоры с дроссельным регулированием	1,0	1,05	1,09	1,15	1,15	–	–	–

Степенью загрузки компрессора называется отношение количества воздуха подаваемого компрессором в единицу времени к его паспортной производительности за это время. Степень загрузки компрессора должна быть не ниже 90 %.

Удельный расход электроэнергии на охлаждение компрессора определяется по формуле

$$\mathcal{E}^{охл} = 0,00272 \cdot \frac{H \cdot Q_v}{\eta_n \cdot \eta_d \cdot \eta_{пер}} \text{ кВт.ч/тыс.м}^3,$$

где H – напор воды, включая и высоту всасывания, м.вод.ст.; Q_e – часовой расход воды, л/ч (количество воды, идущей на охлаждение, замеряется счетчиком). Для компрессоров производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ расход воды равен $4,5\text{--}5$ л на 1 м^3 всасываемого воздуха; для компрессоров производительностью свыше $10 \text{ м}^3/\text{мин}$ – $3,5\text{--}4,5$ л на 1 м^3 всасываемого воздуха; η_n – КПД насоса (принимается по паспортным данным); η_o – КПД электродвигателя насоса; $\eta_{пер}$ – КПД передачи от электродвигателя к насосу (см. таблицу выше).

7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Работа выполняется 6 академических часов.

Первые 2 часа:

- изучение конструкции компрессорных установок и узлов;
- изучение работы компрессорных установок и узлов;
- изучение регулировок компрессорных установок и компонентов;
- определение применимости;

Вторые 4 часа:

- получение индивидуального задания;
- выполнение регулировок параметров и технического обслуживания компрессорной установки;
- проведение расчета КПД;
- проведение расчета затрат электроэнергии;
- формирование выводов;
- написание и предоставление отчета преподавателю.

Работы по регулированию параметров компрессора выполняются студентом по методикам, изложенным производителем в документации и на сайте производителя.

При проведении работы студентом должны применяться знания из курсов математики, физики, теплотехники, термодинамики, деталей машин.

8 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по практической работе оформляется студентом в ученической тетради или на листах формата А4.

Отчет должен содержать:

- титульный лист;

- индивидуальное задание на работу;
- описание конструкции узла компрессора по заданию;
- описание процесса настройки давления компрессора;
- описание процесса техобслуживания узла компрессора по заданию;
- расчет КПД;
- расчет энергопотребления;
- выводы;
- использованные источники.

9 ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ

1. Конструкция одноступенчатого поршневого компрессора.
2. Конструкция двухступенчатого поршневого компрессора.
3. Что такое бустерный компрессор?
4. Преимущества и недостатки поршневых компрессоров.
5. Перечислите компоненты компрессорной установки.
6. Конструкция и назначение прессостата.
7. Конструкция и назначение ресивера.
8. Конструкция и назначение фильтров.
9. Конструкция и назначение лубрикатора.
10. Конструкция и назначение осушителя.
11. Конструкция и назначение обратного клапана на ресивере.
12. Конструкция и назначение предохранительных клапанов.
13. Конструкция и назначение регулятора давления.
14. Зачем в прессостате функция сброса давления?
15. КПД компрессора.
16. Манометры и шкалы давления.
17. Перечислите действия ежедневного осмотра компрессорной установки.
18. Перечислите действия при периодическом техобслуживании компрессорной установки.
19. Перечислите причины, по которым эксплуатация компрессорной установки запрещена.
20. Документация и правила ее ведения при эксплуатации компрессорной установки.
21. Правила подключения компрессорной установки к электрической сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – 554 с.
2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника : учебник для бакалавриата и магистратуры : для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям. В 2. Т. 2 : Энергетическое использование теплоты / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. – Москва : Юрайт, 2018. – 199 с.
3. Ольшанский, А. И. Теплотехника : курс лекций для студентов специальностей 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» / А. И. Ольшанский. – Витебск : УО «ВГТУ», 2009. – 246 с.
4. Гидро- и пневмопривод и гидро- и пневмоавтоматика : методические указания к лабораторным работам для студентов спец. 1-36 01 01 «Технология машиностроения» /; сост.: А. А. Угольников, А. М. Гусаров, А. Л. Климентьев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2014. – 45 с.
5. РЕМЕЗА Бел ТС [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.remeza.by/catalog/kompressoryi-porshnevyie/>. – Дата доступа: 18.12. 2019.
6. Poznauka [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://poznauka.org/s24483t1.html>. – Дата доступа: 18.12. 2019.
7. Технический каталог «Поршневые компрессоры» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://frunze.com.ua/wp-content/uploads/2018/01/sumy_npo_reciprocating-compressors_catalog_ru.pdf. – Дата доступа: 18.12. 2019.

Приложение А

Образец оформления титульного листа отчета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительного производства»

Отчет
по практической работе
по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»

«Поршневые компрессоры»

Студент _____
(подпись) (фамилия И.О.)
группа

Преподаватель _____
(подпись) (фамилия И.О.)

Витебск

20 ..

Учебное издание

Поршневые компрессоры

Методические указания по выполнению практической работы

Составители:

Путеев Николай Владимирович
Окунев Роман Владимирович

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Компьютерная верстка *О.С. Герасимова*

Подписано к печати _____. Формат _____. Усл. печ. листов _____.
Уч.-изд. листов _____. Тираж _____ экз. Заказ № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.