

ВВЕДЕНИЕ

Сжатый воздух – один из самых распространенных энергоносителей на промышленных предприятиях. Он обладает рядом достоинств, способствующих его применению: упруг, прозрачен, не имеет вредных свойств, не огнеопасен, всюду имеется в неограниченном количестве. Пневматические двигатели, использующие сжатый воздух как рабочее тело, просты по устройству, надежны и безопасны в эксплуатации.

Впервые промышленное применение сжатый воздух получил в 1856 году при проходке тоннеля Мон-Сенис длиной 13,5 км в Западных Альпах. Инициатором и руководителем работ был итальянский инженер Сомельи. Его применение сократило срок ввода в эксплуатацию тоннеля за счет механизации ручных работ на 14 лет, соединив через Альпы Италию с Францией. Энергия сжатого воздуха была применена для бурения шпуров в скальных горных породах и вывоза взорванной породы из тоннеля воздуховозами. Тоннель пробивали 13 лет (по 1 км в год) и уже в 1870 году по тоннелю прошёл первый поезд. Мощные компрессоры (воздухосжиматели) и воздуховозы были сконструированы русским профессором С.И. Барановским, энтузиастом пневматической техники. В 1857 году в Санкт-Петербургских ведомостях он опубликовал статью «Прокапывание Альпов», в которой обратил внимание на большое будущее пневматики.

В 1881 году в Париже была введена в работу центральная компрессорная станция (КС) производительностью 187,5 м³/мин, снабжающая сжатым воздухом давлением 0,7 МПа промышленные предприятия города. Но уже через год производительность КС была увеличена в несколько раз. Сжатый воздух от КС транспортировался по трубопроводу на расстояние нескольких километров и приводил в действия пневмодвигатели станков и механизмов. По конструкции эти пневмодвигатели тогда мало отличались от паровых машин. Но в сравнении с паром как рабочим телом сжатый воздух более транспортабелен ввиду меньших тепловых потерь, не имеет потерь на начальную конденсацию, что делало его применение более выгодным в сравнении с ранее применявшимся паром.

В 1899 году в Санкт-Петербурге был построен первый в Европе завод «Пневматика», который начал выпускать поршневые пневмодвигатели. И вскоре после этого пневматические машины стали производиться рядом других заводов Европы: Баденский, Демаг, Найльс, Флоттман, Премаг, Сюрц и другие.

В современный период для выработки сжатого воздуха на предприятиях, как правило, сооружаются центральные компрессорные станции, оборудованные несколькими компрессорными установками с поршневыми (ПК), центробежными (ЦК), ротационными (винтовыми (ВК) или ротационно-пластинчатыми (РПК) компрессорами. Каждая компрессорная уста-

новка (КУ) включает кроме компрессоров аппараты для охлаждения сжатого воздуха и масла (холодильники), устройства для очистки и осушки, влагомаслоотделители и воздухохраники (для ПК), предохранительные клапаны, распределительную аппаратуру и устройства управления, а также трубопроводы для подачи сжатого воздуха цехам – пневмопотребителям.

Совокупность КУ, устанавливаемых на КС и связанных с выработкой сжатого воздуха, его обработкой и распределением, является сложной энергоемкой промышленной системой, от совершенства которой и ее эксплуатации зависят все показатели технологических процессов, в которых воздух используется как энергоноситель.

Поэтому вопросы проектирования, эксплуатации и исследования КС промышленных предприятий входят в круг первоочередных задач при подготовке инженеров по специальности 1500801(10.15.00) «Вакуумная и компрессорная техника физических установок» и других смежных специальностей, для которых учебным планом предусмотрено изучение этого курса, выполнение курсовых и дипломных проектов.

При проектировании КС предприятия на первой стадии студентами должно быть выполнено задание с технико-экономическим обоснованием.

К заданию прилагается план предприятия, на котором указывается расположение цехов-потребителей сжатого воздуха, воды и количество пневмопотребителей, работающих в них.

В круг вопросов, включенных в проект, входят: выбор места расположения КС на плане предприятия; определение нагрузки на КС и ее производительности; выбор типа и количества рабочих и резервных компрессоров; выбор типа привода; выбор и расчет системы охлаждения компрессоров и устройств для охлаждения воды, системы смазки и очистки воздуха от твердых и жидких примесей; организация энергоснабжения и другие.

Кроме того, студенты, выполняющие дипломные проекты по КС предприятий, должны выполнить компоновку машинного зала (МЗ) и определить его размеры; разместить подъемно-транспортное оборудование в МЗ.

Проект должен содержать несколько вариантов; в результате технико-экономического обоснования выбирается лучший вариант, для которого выполняются чертежи. Пояснительная записка должна включить все варианты расчетов.

Цель учебного пособия – дать студентам необходимый материал при изучении курса «Компрессорные станции», оказать помощь в самостоятельном решении вышеназванных вопросов при курсовом и дипломном проектировании КС промышленных предприятий; отдельные главы учебного пособия могут быть полезны при изучении дисциплин федерального компонента «Теория, расчет и конструирование поршневых компрессо-

ров», «Теория, расчет и конструирование роторных компрессоров», «Теория, расчет и конструирование компрессорных машин динамического действия».

• При большом разнообразии и объеме научно-технической и инженерной литературы по отдельным вопросам проектирования, исследования и эксплуатации КС, учебно-методическая литература, в которой были бы изложены вопросы анализа, выбора и расчета основного и вспомогательного оборудования и КС в целом, отсутствует.

Учебные пособия и книги: Блейхер. И.Г. и Лисеев В.П. Компрессорные станции. М.: Машиностроение, 1959. 309 с.; Карабин А.Н. Сжатый воздух. М: Машиностроение, 1964. 342 с.; Вейраух А.Н., Измаилов Л.А., Фотин Б.С. Компрессорные станции. Л.: ЛПИ, 1990. 84 с. не переиздавались и стали библиографической редкостью, а в некоторых разделах нуждаются в корректировке и дополнении.

Учебное пособие составлено на основании опыта преподавания дисциплины «Компрессорные станции» студентам специальности 15.080(1015.00) в Омском государственном техническом университете. В нём нашёл отражение опыт изучения этой дисциплины в ведущих вузах страны: МГТУ им. Н.Э. Баумана, СПбГПУ, КХТУ им. С.М. Кирова и других.

Данное учебное пособие может быть полезным студентам других специальностей, например, 140401(07.02.00) «Техника и физика низких температур», 140104(10.70.00) «Промышленная теплоэнергетика», а также техническим специалистам промышленных предприятий.

В подготовке к рукописи учебного пособия принимали участие студенты старших курсов специальности 15.08.01(10.15.00) «Вакуумная и компрессорная техника физических установок», за что автор выражает им свою благодарность.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения	3
Введение	7
1. Атмосферный воздух, состав и свойства	10
1.1. Состав воздуха и его параметры	10
1.2. Свойства воздуха. Основные законы и уравнения	16
1.3. Диаграммы изменения состояния воздуха	19
2. Сжатие воздуха	23
2.1. Основные положения	23
2.2. Общая характеристика компрессорных машин для сжатия воздуха. Их основные показатели	27
2.3. Сжатие воздуха при непосредственном контакте с водой	31
3. Технология выработки сжатого воздуха на компрессорных станциях	40
3.1. Основные требования к воздухообеспечению промышленных предприятий	40
3.2. Технология выработки сжатого воздуха на КС поршневыми компрессорными установками	43
3.3. Технология выработки сжатого воздуха на КС ротационными компрессорными установками	44
3.4. Технология выработки сжатого воздуха турбокомпрессорными установками	48
3.5. Примеры составления принципиальных технологических схем КС	49
3.5.1. Основные требования при составлении технологических схем	49
3.5.2. Примеры технологических схем	50
Пример 2. Принципиальная технологическая схема КС с двумя компрессорными установками, работающими на один воздухооборник	51
Пример 3. Принципиальная технологическая схема КС из двух турбокомпрессоров и приводом от газовых турбин	51
Пример 4. Принципиальная технологическая схема КС высокого давления	54
4. Транспортирование сжатого воздуха от компрессорной станции до потребителей	55
4.1. Местоположение КС на территории предприятия	55
4.2. Общая характеристика воздухопроводной сети предприятия	58
4.3. Гидравлический расчёт сети и определение диаметра воздухопроводов	59
4.3.1. Расчёт межцеховой тупиковой пневматической сети	64
4.3.2. Расчёт внутрицеховой закольцованной пневмосети	68
4.4. Рациональное давление сжатого воздуха на выходе из КС с учётом	

передачи его энергии до потребителей по трубопроводам.....	73
4.5. Воздухоснабжение потребителей при работе на сжатом воздухе с повышенной температурой.....	77
4.6. Воздухоснабжение потребителей при работе на сжатом воздухе повышенного давления.....	86
4.7. Прокладка и испытание воздухопроводов.....	97
5. Применение сжатого воздуха на предприятиях.....	102
5.1. Область применения сжатого воздуха. Характеристика потребителей.....	102
5.2. Пневматические машины и механизмы ударного действия.....	104
5.3. Пневматические машины и механизмы вращательного действия.....	110
5.3.1. Поршневые пневмодвигатели.....	110
5.3.2. Ротационно-пластинчатые пневмодвигатели.....	126
5.3.3. Шестеренчатые пневмодвигатели.....	129
5.3.4. Турбинные пневмодвигатели.....	132
5.4. Выбор типа пневмодвигателя.....	139
5.5. Расход сжатого воздуха пневмопотребителями.....	141
5.5.1. Нагрузка на КС.....	141
5.5.2. Расчёт производительности КС. Выбор типа и числа компрессоров.....	145
5.6. Режим воздухопотребления на предприятиях.....	152
Библиографический список.....	158