

20.1
693

177518

И. Л. ФАЙБИСОВИЧ

ЧТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ **МАШИНИСТ КОМПРЕССОРА**



ПРОБЛЕМЫ
1933

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА

1933
11364

ОНТВУ

• ВУГІЛЛЯ І РУДА.

1430

Цена 35 коп.

УГ - 10 - 2 - 5



V.N. Karazin Kharkiv National University



01094164

1

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

20.1
623

И. Л. ФАЙБИСОВИЧ

ЧТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ
МАШИНИСТ КОМПРЕССОРА

ЦЕНТРАЛЬНА НАУКОВА
БІБЛІОТЕКА



ИЗДАТЕЛЬСТВО „ВУГІЛЛЯ І РУДА“
ХАРЬКОВ 1933

Библиографическое описание этого
издания помещено в „Літописі Укра-
їнського Друку“. „Картковому
Репертуарі“ и других указателях
Украинской Книжной Палаты

УГ - 10 - 2 - 3

Типо - литография О Н Т И У
Харьков, Суздальск. ряды, 18/20
Главлит № 7485. Заказ № 513.
1¹/₄ печатн. листа. Тираж 2.700.
Бумага роял., вес 1 ст. 38 кг.
В печатном листе 62.000 знаков.

Техн. редактор — В. Ф. Волков
Отв. редактор — В. Я. Росток

ПРЕДИСЛОВИЕ

На шахте компрессор является одной из ответственных установок. От исправной работы его зависит механизированная добыча, особенно на шахтах с крутым падением, где пока еще основным орудием механизации является пневматический отбойный молоток.

Компрессорная установка требует тщательного и умелого ухода. Правильное обращение с компрессором возможно только при знакомстве с его конструкцией и правилами ухода за ним.

В настоящей памятке даны самые необходимые сведения о шахтных компрессорных установках, причем основное внимание уделено поршневым и ротационным компрессорам, с которыми на рудниках, в основном, и приходится иметь дело. О турбокомпрессорах, число которых в угольной промышленности пока еще незначительно, даны только общие сведения.

Какая энергия выгоднее для шахты — пневматическая или электрическая

Электрическая энергия в очистном пространстве шахт применяется сравнительно недавно. Раньше для механизации угледобычи применялся исключительно сжатый воздух.

С появлением взрывобезопасных электрических моторов, пусковых приспособлений, электрической аппаратуры для освещения шахт и т. д. электрическая энергия на большинстве шахт постепенно вытесняет пневматическую (т. е. воздушную), так как она значительно дешевле и более удобна для передачи, чем пневматическая. Но на шахтах с крутопадающими пластами пневматическая энергия еще долго будет являться основой механизации наряду с электрической энергией.

Дело в том, что на шахтах с крутопадающими пластами механизация выемки угля в основном в настоящее время осуществляется пневматическими отбойными молотками. Тяжелые электрические врубовые машины только начинают внедряться на этих шахтах.

В последнее время появились электрические отбойные молотки. Но первые конструкции их оказались неудовлетворительными. Хорошо разработанной конструкции электрического отбойного молотка, которая могла бы заменить пневматический отбойный молоток, пока еще не имеется.

Отсюда, естественно, вытекает, что в настоящее время необходимо стремиться к рационализации воз-

душного хозяйства, к овладению техникой пневматики, дабы уменьшить потери при пользовании пневматической энергией и самое применение ее сделать более выгодной, чем это имеет место в настоящее время.

Большим преимуществом электрической энергии по сравнению с пневматической является значительно более высокий коэффициент полезного действия. Для электрической энергии он равен 70%, а для пневматической — только 10 — 12%. Такой низкий коэффициент полезного действия объясняется большими потерями на нагревание воздуха при его сжатии и в самом воздухопроводе. На наших шахтах при плохом состоянии воздухопровода потери сжатого воздуха иногда доходят до 50%, т. е. половина всей энергии теряется в трубах по дороге от компрессора к молоткам. Это объясняется тем, что трубы, недостаточно плотно соединенные между собой, в местах стыков пропускают сжатый воздух, и недостаточным размером диаметра труб, в результате чего получаются большие потери из-за трения воздуха о стенки труб, и т. д.

При уменьшении этих излишних потерь стоимость сжатого воздуха можно значительно понизить и сделать применение его более выгодным.

Какие механизмы в шахте приводятся в действие сжатым воздухом

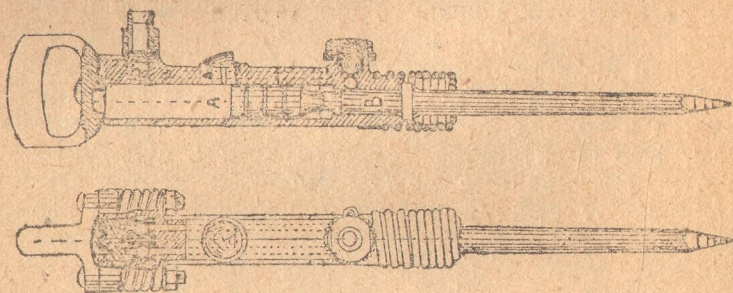
Энергия сжатого воздуха, или, как ее иначе называют, пневматическая энергия, в шахте используется для работы пневматических молотков (бурильных и отбойных), пневматических врубовых машин, пневматических лебедок, насосов, для пневматической закладки бута, для проветривания и т. д.

Отбойные молотки применяются для механизации отбойки угля и наибольшее распространение они получили на шахтах с крутым падением в Центральном

районе Донбасса (Горловка, Щербиновка, Калиновка и Рыково).

Пневматический отбойный молоток (фиг. 1) состоит из цилиндрического корпуса, в котором находится поршень *А*.

Когда в цилиндр входит сжатый воздух, он стремится расшириться и толкает поршень. Поршень действует при передвижении на боек с зубком *В*. Когда поршень отошел в крайнее положение, воздух из цилиндра выходит и боек с зубком отталкивается обратно.



Фиг. 1. Пневматический отбойный молоток

А — поршень

Пневматический бурильный молоток (фиг. 2) служит для бурения по углю или породе.

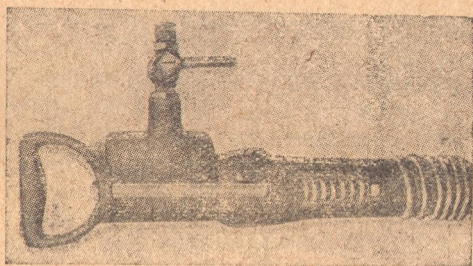
Пневматические врубные машины у нас сейчас не применяются, их везде успешно заменяют электрические врубные машины, но в Германии еще до сих пор в шахтах работает много пневматических врубных машин.

Пневматические насосы и лебедки также применяются сравнительно редко, ибо электрический мотор для лебедки и насоса выгоднее пневматического. В Германии часто применяют закладку бута сжатым воздухом. У нас также делаются опыты пневматической закладки.

Есть в шахте и другие мелкие области применения сжатого воздуха, основным же потребителем его в шахте являются отбойные и бурильные молотки.

Почему сжатый воздух производит давление

Все вещества, в том числе и газы, состоят из мельчайших частичек, называемых *молекулами*. Размеры молекул ничтожны и их нельзя рассмотреть даже в самый лучший микроскоп. Молекулы настолько малы, а количество их так велико, что если взять наперсто-



Фиг. 2. Пневматический бурильный молоток

чек и закрыть его со всех сторон, а в одной его стенке проделать крошечное отверстие и представить себе, что мы выпускаем через это отверстие каждую секунду по миллиону молекул газа, то все молекулы выйдут только через миллион лет.

Из этого примера видно, насколько ничтожны по размерам молекулы. В газах молекулы прилегают одна к другой не плотно, а находятся между собой на некотором расстоянии. По сравнению с ничтожными размерами молекул эти расстояния велики. Когда мы сжимаем газ, то тем самым уменьшаем расстояние между молекулами.

Молекулы газа находятся всегда в непрерывном и быстром движении, всегда стремятся разойтись

подальше одна от другой. Этим движением молекул объясняется способность газа расширяться.

Во время своего движения молекулы ударяются о стенки того сосуда, в котором помещен газ. Каждый такой удар очень мал, но так как молекул громадное количество и они, находясь в непрерывном движении, делают бесчисленное количество ударов, то в сумме получается постоянная сила, которая давит на стенки сосуда.

Когда мы сжимаем газ, то тем самым увеличиваем число молекул в прежнем объеме. Если мы в два раза увеличиваем давление, то в два раза большее число молекул будет ударяться о стенки сосуда. Таким образом давление газа — это бесчисленное количество ударов множества молекул газа.

Можно представить себе, что если мы в один и тот же объем сожмем вдвое большее количество воздуха, то тем самым увеличится вдвое вес, а следовательно, и сила давления воздуха.

В каких единицах измеряется давление воздуха

Воздух имеет вес. Если взвесить обыкновенный стеклянный баллон с воздухом и затем из этого же баллона выкачать воздух и снова взвесить, то окажется, что вес баллона с воздухом несколько больше, чем без воздуха; если мы, например, велосипедным насосом будем наполнять баллон сжатым воздухом, то вес баллона будет еще больше.

Опытами установлено, что один кубический метр воздуха весит 1,3 киллограмма.

В небольшой комнате, длина которой 10 метров, ширина 6 метров и высота 5 метров, содержится $10 \times 6 \times 5 = 300$ кубических метров воздуха и вес этого воздуха $300 \times 1,3 = 390$ килограмм.

Поскольку воздух имеет вес, он производит давление, в чем легко убедиться из следующего опыта.

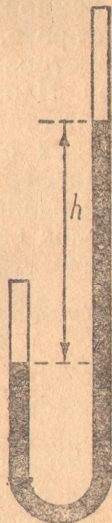
Если в какой-нибудь сосуд с водой опустить стеклянную трубку и выкачать из нее воздух, то вода

сразу же поднимется по трубке. Очевидно, какая-то сила поднимает воду. Объясняется это тем, что воздух давит силою своего веса на воду в сосуде и заставляет ее подниматься вверх по трубке. Если же в стеклянную трубку снова впустить воздух, то вода сойдет из трубки в сосуд, ибо давление веса воздуха на воду в сосуде и в трубке выравнивается.

Так как воздух атмосферы заставляет подниматься воду, то, очевидно, вес воздуха больше веса воды в трубке. Но если взять очень большую стеклянную трубку и выкачать из нее воздух, то вода поднимется не больше чем на 10,33 метра. Значит, давление атмосферного воздуха может преодолеть только вес столба воды высотой не больше 10,33 метра. Если вместо воды взять более тяжелую жидкость, например ртуть, то она подымется только на 76 сантиметров, т. е. на высоту в 13,6 раза меньшую, чем вода, так как вес ртути как раз в 13,6 раза больше чем вес воды.

Опытом можно определить величину атмосферного давления воздуха. Возьмем изогнутую трубку, с одной стороны запаянную, а с другой стороны с открытым концом, и нальем в нее ртуть, предварительно удалив из трубки над ртутью воздух (фиг. 3). Тогда на поверхности ртути в открытом конце трубки будет давить вес атмосферного воздуха, с другой же стороны трубки воздуха нет, и ртуть подымется на 76 сантиметров. Если сечение трубки 1 кв. сантиметр, то объем поднявшейся ртути составит 76 куб. сантиметров. Так как каждый кубический сантиметр ртути весит 13,6 грамма, то давление воздуха поднимает

$$76 \times 13,6 = 1033,6 \text{ грамма ртути.}$$



Фиг. 3. Высота поднятия ртути в стеклянной трубке ($h=76$ см)

Давлением мы называем силу, приходящуюся на единицу поверхности, т. е. на 1 кв. сантиметр.

Следовательно, давление атмосферы равно 1033,6 грамма на квадратный сантиметр, или округленно 1 килограмм на кв. сантиметр (1 кг/см^2).

Земной шар окружен воздушным слоем, толщина которого, по подсчетам ученых, составляет десятки километров. Этот воздушный слой называется атмосферой. Плотность воздуха неравномерна на всем протяжении толщины этого слоя; в верхних слоях атмосферы воздух очень разрежен. Если мы возьмем столбик атмосферы с основанием в 1 кв. сантиметр и высотой, равной толщине воздушного слоя, то вес такого столба воздуха и составит как раз 1033,6 грамма, или иначе—давление одной атмосферы.¹

Устройство приборов, измеряющих давление сжатого воздуха

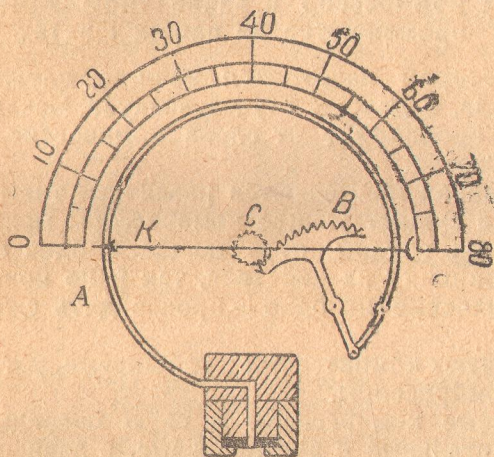
Воздух можно легко сжать. Когда мы накачиваем насосом воздух в велосипедную или автомобильную камеру, то мы сжимаем воздух. Ясно, что тогда сила, с которой воздух давит на стенки камеры, будет больше. Если слишком сильно сжать воздух в камере, то камера может не выдержать давления сжатого воздуха и лопнет.

Сжатый воздух стремится всегда расшириться и занять объем побольше, чтобы его давление равнялось давлению окружающей атмосферы.

Если мы, сжимая один кубический метр воздуха или какого-нибудь газа, уменьшим его объем вдвое, то и давление этого сжатого воздуха или газа увеличится в два раза, т. е. во сколько раз мы, сжимая воздух или газ, уменьшаем объем, занимаемый им, во столько раз увеличивается его давление (при одной и той же температуре).

¹ Компрессоры, применяемые в рудничном деле, сжимают воздух до давления 6—7 атмосфер, т. е. до давления 6—7 килограммов на 1 квадратный сантиметр.

Для того чтобы измерить величину давления, пользуются прибором, который носит название манометра. Самый простой манометр Бурдона (фиг. 4). Он состоит из согнутой в дугу металлической трубки *A*. Если в эту трубку накачивать сжатый воздух или газ, трубка будет стремиться выпрямиться. Чем сильнее



Фиг. 4. Схема манометра Бурдона

A — согнутая в дугу металлическая трубка,
B — рычаг с насаженными зубцами, *C* — зубчатое колесо, *K* — стрелка

будет давление сжатого газа, тем больше будет выпрямляться трубка. На свободном конце трубки имеется рычажок с зубцами *B*, вращающий при выпрямлении трубки зубчатое колесо *C*, на котором находится стрелка. Обычно стрелка манометра указывает на циферблате так называемое избыточное давление воздуха или любого газа, т. е. давление сжатого воздуха или газа выше одной атмосферы. Полное или

абсолютное давление сжатого воздуха или газа равняется показанию манометра плюс давление одной атмосферы ($1,0336 \text{ кг/см}^2$), которое имеет свободный несжатый воздух.

На циферблате манометра деления указаны или в атмосферах или в килограммах на квадратный сантиметр.

Что такое компрессор и какие типы компрессоров применяются на наших шахтах

Компрессором называется машина, служащая для сжатия газа, в данном случае воздуха. Название компрессора происходит от слова компрессия, что обозначает сжатие.

На рудниках применяются различные типы компрессоров. Все существующие компрессоры можно разделить на три группы, отличающиеся одна от другой как по принципу их действия, так и по конструкции, хотя назначение их одно — производить сжатый воздух.

Существуют компрессоры: поршневые, ротационные и турбокомпрессоры.

Поршневые компрессоры в свою очередь делятся на горизонтальные и вертикальные, в зависимости от направления хода поршня.

Наконец, различают поршневые и ротационные компрессоры по способу установки — передвижные и стационарные.

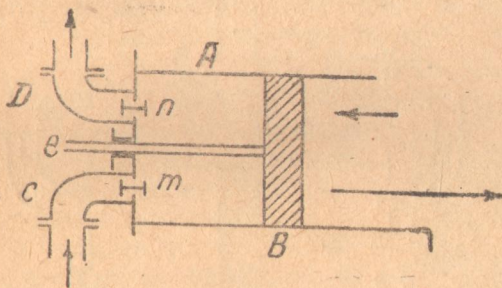
Принцип работы поршневого компрессора

Поршневой компрессор (фиг. 5) состоит из цилиндра А, в котором ходит поршень В. Цилиндр закрыт с обеих сторон крышками; в одной из них проходит шток поршня е, уплотненный сальником.

При ходе поршня слева направо в цилиндре создается разрежение, т. е. давление воздуха внутри цилиндра становится меньше атмосферного; вследствие избытка давления в наружной атмосфере, засасывается

воздух через всасывающую трубу *c* и клапан *m*. При перемене хода поршня — справа налево — всасывающий клапан *m* закрывается, и воздух в цилиндре *A* сжимается до тех пор, пока его давление не откроет нагнетательного клапана *n*. Тогда сжатый воздух выталкивается в нагнетательную трубу *D*.

Если компрессор работает по такой схеме, то он подает сжатый воздух толчками, ибо в то время когда поршень перемещается слева направо, сжатый воздух



Фиг. 5. Схема работы поршневого компрессора простого действия

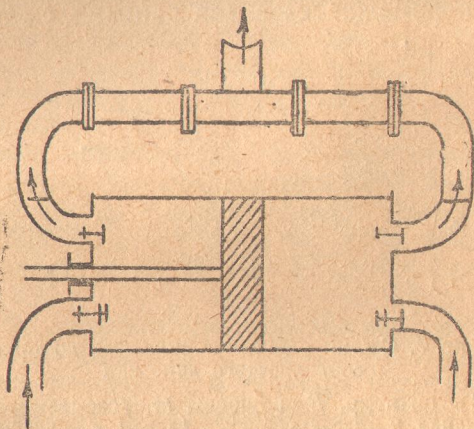
A — цилиндр, *B* — поршень, *m* — всасывающий клапан, *n* — нагнетательный клапан, *c* — всасывающая труба, *D* — нагнетательная труба

не подается, а происходит только засасывание атмосферного воздуха в цилиндр. Работающий таким образом компрессор носит название *компрессора простого действия*. Наибольшее распространение получили поршневые *компрессоры двойного действия* (фиг. 6), которые имеют два всаса с всасывающими клапанами и две нагнетательных трубы с нагнетательными клапанами, соединяющиеся далее в одну. Как видно из чертежа, здесь подача сжатого воздуха идет непрерывно, так как при ходе поршня слева направо в левую часть цилиндра засасывается воздух, а из правой выталкивается сжатый воздух. При обратном ходе поршня — справа налево — атмосферный воздух заса-

сывается в правую часть цилиндра, а сжатый воздух выталкивается из левой.

Что такое вредное пространство компрессора

Когда поршень находится в одном из своих крайних положений, то между ним и крышкой цилиндра остается все-таки небольшое пространство, ибо поршень



Фиг. 6. Схема работы поршневого компрессора двойного действия

Стрелками указано направление воздуха, всасываемого в компрессор и нагнетаемого в воздухопровод

не доходит вплотную к крышке цилиндра. Это пространство между поршнем и крышкой цилиндра называется *вредным пространством*.

Производительность компрессора определяется количеством засасываемого воздуха. Из-за наличия вредного пространства количество засасываемого воздуха уменьшается, и чем больше вредное пространство, тем больше потери в производительности компрессора. Вредное пространство увеличивается от того, что плохо

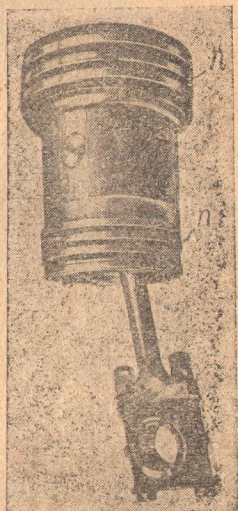
подогнан поршень, неправильно поставлены и сработались клапаны и т. д.

Уменьшение количества засасываемого воздуха по отношению ко всему объему цилиндра определяется в процентах и называется объемным коэффициентом полезного действия компрессора. Чем больше объемный коэффициент полезного действия компрессора, тем лучше он работает.

Как устроен поршень компрессора и для чего служат поршневые кольца

Поршень компрессора отливается из чугуна в виде цилиндра (фиг. 7). Диаметр поршня делается немного — на 0,5—0,6 мм — меньше внутреннего диаметра цилиндра для того, чтобы поршень мог свободно перемещаться в цилиндре.

Для того чтобы в зазоры между поршнем и стенками цилиндра не мог просасываться сжатый воздух (это уменьшило бы производительность компрессора), имеются поршневые кольца, разрезанные в одном месте. Диаметр поршневых колец немного больше диаметра поршня и, вследствие разреза, поршневые кольца пружинят и плотно прилегают к стенкам цилиндра, а частично поршневые кольца входят в кольцевые вырезы в поршне. Таких поршневых колец имеется несколько, разрезы их сделаны так, что не приходится один против другого и, благодаря им, воздух не проходит с одной стороны поршня на другую.



Фиг. 7. Уступчатый поршень двуступчатого компрессора

л — поршневые кольца

Во время работы компрессора поршень непрерывно перемещается по цилиндру вперед и назад. Места

соприкосновения поршня с цилиндром должны быть хорошо смазаны.

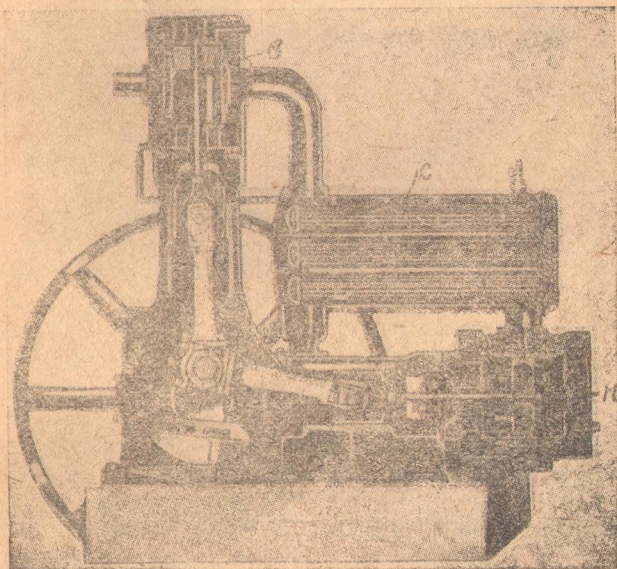
Плохая смазка приводит к тому, что поршневые кольца и стенки цилиндра срабатываются и воздух проходит за поршень. Это можно заметить по уменьшению подачи сжатого воздуха и по тому, что стрелка манометра не колеблется при каждом ходе поршня.

Проверку производительности компрессоров можно производить специальными приборами — *индикаторами*. Поршневые кольца даже при хорошей смазке раньше или позже срабатываются, и потому необходимо всегда иметь запасной комплект поршневых колец, чтобы заменить ими изношенные.

Какие компрессоры называются двуступенчатыми и в каких случаях они применяются

Мы уже указывали на то, что сжатие воздуха сопровождается его нагреванием. Если в одном цилиндре сжимать воздух для значительного давления, то температура сжатого воздуха получится очень высокой, что вызывает затруднения при его охлаждении. При высокой температуре нагрева сжатого воздуха может произойти взрыв смазочного масла и другие повреждения в компрессоре. Та энергия, которая тратится на нагревание воздуха, пропадает, ибо воздух все равно затем охлаждается и отданная воздухом через трубопровод теплота рассеивается в пространстве. Поэтому при сжатии воздуха свыше 5 атмосфер обыкновенно применяются многоступенчатые компрессоры, т.е. такие компрессоры, в которых до конечного давления воздух последовательно сжимается в двух или более отдельных ступенях. На фиг. 8а изображен двуступенчатый двухцилиндровый компрессор. Всаиваемый из атмосферы воздух поступает в цилиндр низкого давления, где он сжимается до некоторого давления. Из цилиндра низкого давления воздух поступает в цилиндр высокого давления *b*, проходя пред-

варительно через промежуточный холодильник *с*, где он охлаждается почти до температуры наружного воздуха. Из цилиндра высокого давления воздух, сжатый до конечного давления, поступает в нагнетательный воздухопровод.

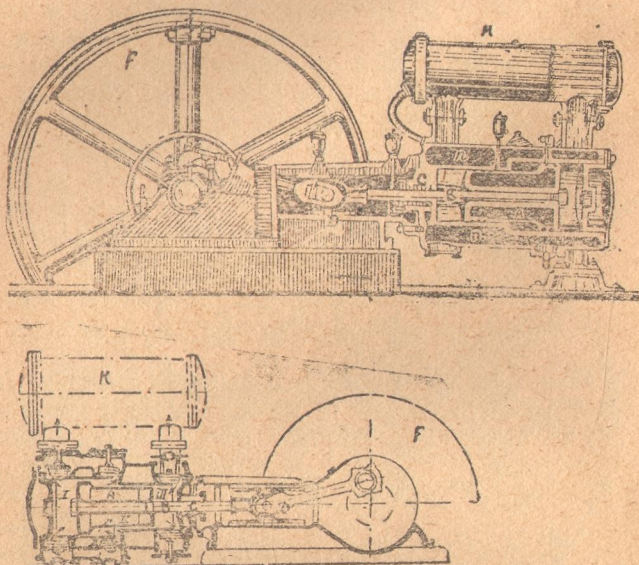


Фиг. 8а. Разрез двуступенчатого двухцилиндрового компрессора

Н — цилиндр низкого давления, *б* — цилиндр высокого, *с* — холодильник

На фиг. 8б изображен разрез двуступенчатого одноцилиндрового поршневого компрессора, в котором оба поршня сидят на общем валу и один поршень является продолжением второго. Обе ступени помещены в одном цилиндре, а поршень сделан уступчатым (фиг. 7). В ступени низкого давления, т.е. в первой ступени сжатия, работает большая площадь

поршня, во второй ступени — высокого давления — работает уменьшенная площадь поршня. Воздух из ступени низкого давления через нагнетательные клапаны поступает в холодильник *К* и затем в ступень высо-



Фиг. 86. Поршневой двухступенчатый компрессор в разрезе

А—поршень, *В*—шток, *С*—сальниковое уплотнение, *Д*—крейцкопф
Е—шків для ременной передачи, *К*—ресивер, *н*—водяная рубашка
 цилиндра компрессора для охлаждения

кого давления. В первой ступени — низкого давления — воздух сжимается приблизительно до 2,4 атмосферы, а в ступени высокого давления — до 7 атмосфер. Объем ступени высокого давления, естественно, меньше, чем ступени низкого давления, так как в ступень высокого давления поступает уже сжатый воздух, т. е. меньшего объема.

На шахтах применяются почти исключительно двуступенчатые компрессоры.

Как приводится в движение поршневой компрессор

Поршень *A* укреплен на штоке *B*, который через специальное сальниковое уплотнение *C* в крышке цилиндра выходит наружу и закрепляется в крейцкопфе *D* (фиг. 86).

Сальниковое уплотнение служит для того, чтобы сжатый воздух из цилиндра не выходил в отверстие крышки для штока поршня.

На крейцкопфе с другой стороны укреплен кривошип с шатуном, соединенный со шкивом *F* компрессора. Шкив компрессора приводится в движение ременной передачей от электрического мотора или паровой машины.

В настоящее время в Донбассе паровые машины для привода компрессоров применяются очень редко. Обычно компрессор приводится в движение электрическим мотором, чаще всего при помощи ременной передачи и реже — при непосредственном соединении муфтой.

Обычно для компрессоров применяются асинхронные моторы переменного тока с небольшим сравнительно числом оборотов — 960, 720 или 585 об./мин.

Но и такое количество оборотов асинхронного мотора велико для поршневого компрессора, ибо поршневой компрессор требует значительно меньшего количества оборотов — при прямолинейно-возвратном движении поршня компрессора большое количество оборотов дает сильные толчки.

Для того чтобы уменьшить число оборотов, на моторе ставят небольшой шкив, а на компрессоре — большой. При этом шкив компрессора делает во столько раз меньше оборотов, во сколько раз диаметр шкива больше диаметра шкива на моторе. Если, например, мотор делает в минуту 720 оборотов и имеет шкив диаметром 400 мм, а шкив компрессора имеет

диаметр в 6 раз больше, т.е. 2400 мм, то шкив компрессора делает в 6 раз меньше оборотов, чем шкив мотора, т.е. 120 оборотов в минуту.

Что нужно знать о ременной передаче компрессора

Для компрессора лучше всего применять бесконечный ремень. Если же ремень имеет сшивку, то эта сшивка должна быть сделана так, чтобы она не давала толчков при проходе места сшивки ремня через шкив.

Ремень должен быть хорошо натянут, иначе при слабой натяжке он может соскользнуть со шкива. Для натягивания ременной передачи имеются специальные натяжные болты на моторе. Мотор установлен на салазках и с помощью натяжных болтов его можно придвинуть к компрессору или отодвинуть от него.

При приемке смены машинист компрессора должен внимательно осмотреть состояние ремня и особенно сшивки его, ибо если сшивка повреждена или ремень имеет повреждения, то во время работы он может разорваться, что часто влечет за собою несчастный случай с машинистом: конец ремня может убить или поранить его.

Правила безопасности требуют ограждения ремня. Во время работы компрессора машинист должен быть очень осторожен и не подходить близко к ремню, чтобы тот не зацепил или не ударил его.

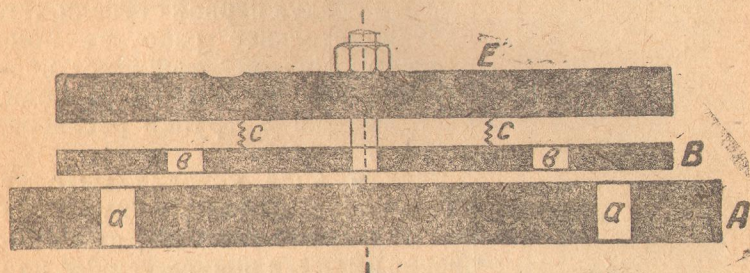
Как устроены клапаны компрессора

Есть много различных конструкций клапанов.

На фиг. 9 изображен нагнетательный клапан. Он состоит из нижней пластинки *А* и верхней *В*. На верхнюю пластинку нажимают пружинки *С*. Отверстия *б* в верхней пластинке и *а* в нижней не совпадают и потому, когда верхняя пластинка прижата вплотную к нижней, отверстия закрыты и воздух через клапан не проходит.

Когда поршень сжимает воздух в цилиндре, сжатый воздух через отверстия в нижней пластинке давит на верхнюю пластинку и поднимает ее.

На пластинку *В* с другой стороны давит сжатый воздух в нагнетательной трубе и пружинки, которые обладают известной упругостью. Поэтому клапан откроется только тогда, когда давление в цилиндре больше, чем сумма давлений в нагнетательной трубе плюс давление пружинок. Как только верхняя пластинка подымется и прижмется к упорной тарелке клапана *Е*, сжатый воздух начнет проходить через



Фиг. 9. Схема нагнетательного клапана

А, В—пластинки, *С*—пружинки, *а, б*—отверстия в пластинках, *Е*—упорная тарелка клапана

клапан в нагнетательную трубу. При обратном ходе поршня этот клапан сразу же закрывается, ибо давление в цилиндре будет значительно меньше, чем в нагнетательной трубе.

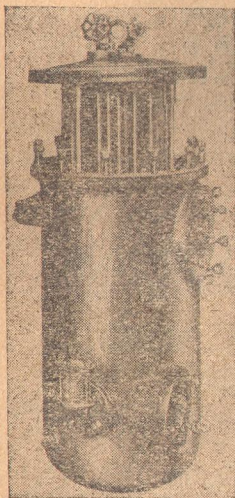
Назначение ресивера (холодильника) и его устройство

Назначение ресивера состоит в том, чтобы охлаждать сжатый воздух, выходящий из первой ступени компрессора.

Ресивер представляет собой цилиндр, в котором размещен ряд латунных или медных трубок. По этим трубкам проходит охлаждающая вода, а сжатый и нагретый во время процесса сжатия воздух проходит

между трубками навстречу воде и отдает ей свое тепло.

Промежуточный ресивер устраивается чаще всего над цилиндром компрессора, но иногда его помещают под компрессором.



Фиг. 10. Ресивер с приподнятой крышкой

Для того чтобы иметь возможность чистить ресивер, его устраивают так, что всю группу трубок можно вытащить после снятия крышки ресивера (см. рис. 10).

Чем лучше ресивер охлаждает сжатый воздух первой ступени, тем производительнее работает компрессор. Поэтому машинист обязан следить за тем, чтобы вода, поступающая в трубки ресивера, не была теплой.

Если в воде, которая выходит из ресивера, появляются пузырьки воздуха, то это означает, что в ресивере имеются поврежденные или неплотно привальцованные трубки и сжатый воздух проходит в трубки с водой. В этом случае необходимо отремонтировать ресивер.

Как устроена водяная рубашка компрессора

Нагревание воздуха при его сжатии, как мы уже указывали, невыгодно. Оно увеличивает расход энергии, вредно влияет на смазку и влечет за собою иногда повреждения компрессора.

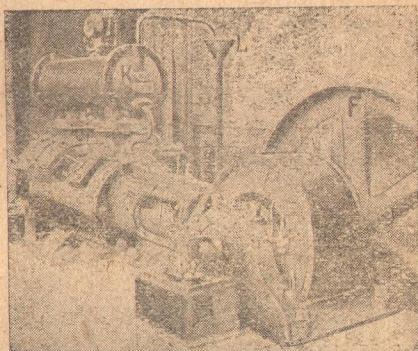
Для охлаждения нагретого воздуха и нагревающихся частей компрессора устраивают, кроме ресивера, еще водяное охлаждение цилиндра и крышек компрессора.

Для этого в корпусе цилиндра компрессора и в его крышках имеются каналы, по которым во время ра-

боты компрессора непрерывно прогоняется с помощью специального насоса охлаждающая вода.

Для правильной работы компрессора хорошее охлаждение цилиндров имеет большое значение. Если почему-либо остановится течение охлаждающей воды или температура охлаждающей воды будет высока, то компрессор должен быть немедленно остановлен, иначе через некоторое время произойдет авария.

Раньше чем пустить компрессор, машинист должен обязательно пустить насос охлаждающей воды и проверить по контрольной лейке (на фиг. 11 и 12 контрольная лейка обозначена буквой *L*) хорошо ли идет вода. Во время работы компрессора машинист должен почаще проверять рукой, не слишком ли нагрета охлаждающая вода, выходящая из компрессора. Температура воды, выходящей из водяной рубашки компрессора,



Фиг. 11. Поршневой компрессор с ременным приводом

K—ресивер, *F*—ременной шкив, *L*—лейка для проверки охлаждающей воды, *M*—масляный насос

должна быть не более 25—35° С. Если она нагрета больше, то нужно побольше открыть кран. Если и после этого температура охлаждающей воды будет очень высока, то компрессор должен быть остановлен и водяная рубашка его должна быть прочищена.

Чистку компрессора нужно совершать не реже 1—2 раз в три месяца.

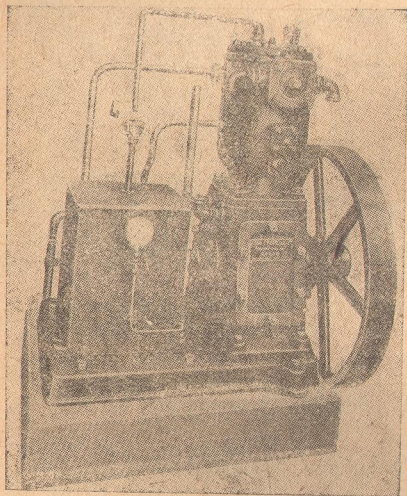
Водяная рубашка загрязняется осадками охлаждающей воды. Поэтому охлаждающая вода не должна содержать в себе посторонних примесей и перед тем

как итти в водяную рубашку должна быть пропущена через отстойник и фильтр.

В холодное время года при остановке компрессора машинист должен обязательно выпустить всю воду из водяной рубашки и из ресивера, чтобы вода там не замерзла.

Вертикальные поршневые компрессоры

На рис. 12 изображен вертикальный поршневой компрессор. Работает он на таком же принципе, как и обыкновенный горизонтальный, но поршень в нем ходит не горизонтально — вправо и влево, а вертикально — вверх и вниз.



Фиг. 12. Вертикальный поршневой компрессор

Преимущество вертикальных компрессоров по сравнению с горизонтальными заключается в том, что они занимают меньшую площадь пола и для их установки нужен меньший фундамент.

В горизонтальном компрессоре вес поршня воспринимается нижней частью цилиндра, который требует поэтому много смазки.

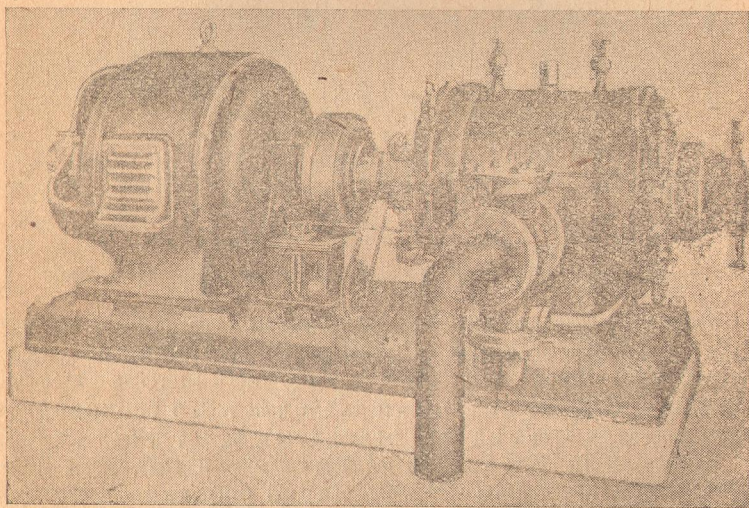
В вертикальном поршневом компрессоре вес поршня воспринимается штоком, и изнашивание стенок цилиндра в нем значительно меньше и смазки он также потребляет меньше, число же оборотов его может быть больше, чем в горизонтальном.

Для вертикального компрессора рубашка водяного охлаждения конструируется легче и охлаждение легко сделать равномерным со всех сторон цилиндра.

Поэтому в последние годы особенное распространение получают вертикальные поршневые компрессоры; на шахтах пока в громадном большинстве работают горизонтальные.

Принцип действия ротационного компрессора

Ротационный компрессор иногда называют компрессором со вращающимися поршнями. Роль поршня

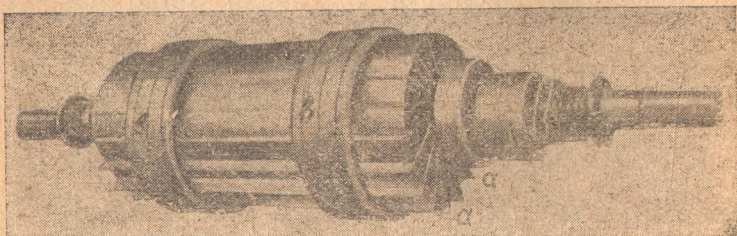


Фиг. 13. Одноступенчатый ротационный компрессор
М — масляный насос

здесь выполняют рабочие пластинки *a* (фиг. 13 и 14), которые свободно ходят в пазах (прорезах) цилиндрического чугунного ротора или бегуна компрессора.

Ротор этот помещается эксцентрически в цилиндрическом корпусе компрессора. Эксцентрическим его положение называют потому, что его горизонтальная ось находится немного ниже горизонтальной оси цилиндрического корпуса.

Когда ротор компрессора вращается, то рабочие пластинки под действием центробежной силы разбрасываются в стороны и их выступающая часть подхватывает вращающиеся смазочные кольца *b* (фиг. 14), которые прилегают плотно и скользят по внутренней поверхности цилиндрического корпуса.



Фиг. 14. Ротор ротационного компрессора

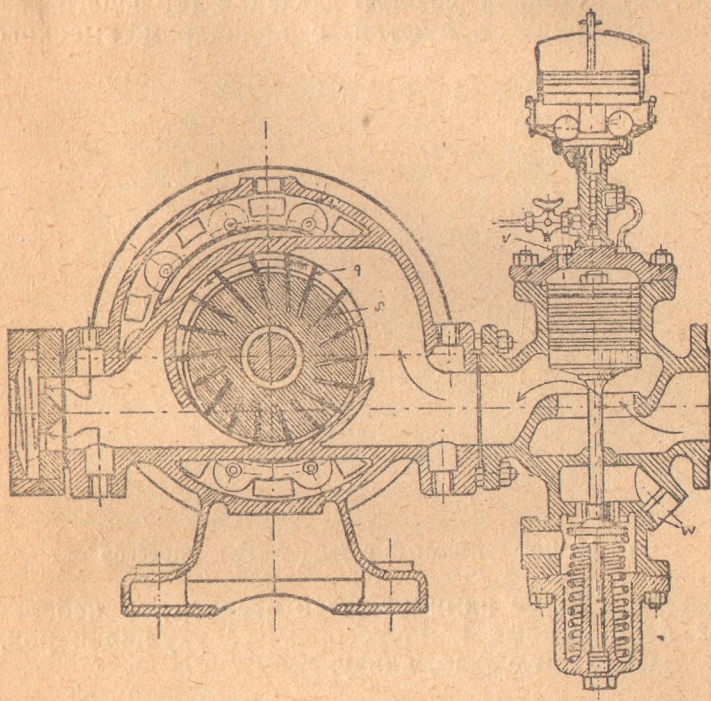
a — рабочие пластинки, *b* — вращающиеся смазочные кольца

Так как ротор расположен эксцентрически, то между ним и корпусом образуется серпообразное пространство (фиг. 15). При вращении ротора выступающие рабочие пластинки разделяют это серпообразное пространство на ряд отдельных воздушных камер.

Если мы проследим за каким-нибудь объемом воздуха, заключенным между двумя рабочими пластинками, то увидим, что при вращении ротора по стрелке (рис. 15) этот объем сначала увеличивается, пока не дойдет до верхнего положения. В это время происходит засасывание воздуха из атмосферы. И действительно, в это время воздух внутри камеры, ограниченной двумя рабочими пластинками, имеет сообщение со всасом. Пластины при вращении ротора

увлекают за собой воздух из атмосферы через всас.

При дальнейшем перемещении рабочих пластинок влево объем камеры, заключенной между ними, де-



Фиг. 15. Разрез ротационного компрессора

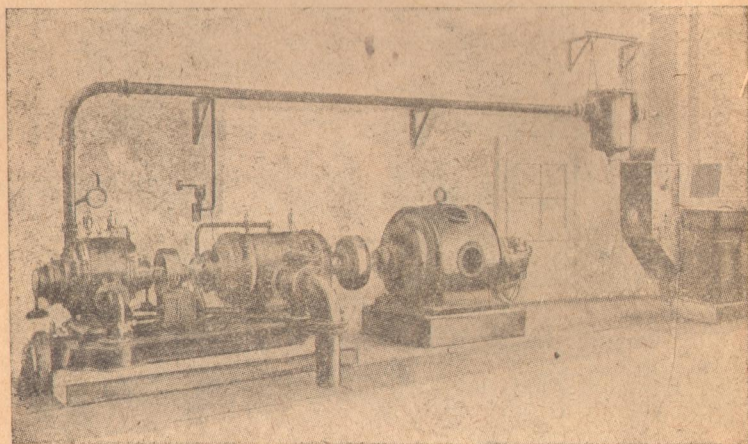
q — рабочая пластинка, s — прорез в роторе. Ротор заштрихован.
Справа — регулятор давления

ляется все меньше, вследствие чего воздух сжимается и наконец выталкивается, сжатым уже, в нагнетательный трубопровод.

Так как при вращении ротора выталкивание производится беспрерывно, здесь нет необходимости

иметь нагнетательный клапан, как в поршневом компрессоре.

Ротационный компрессор для шахты с давлением в 7—8 атмосфер делается двуступенчатым (фиг. 16). Цилиндр низкого давления (большого размера) соединяется муфтой с цилиндром высокого



Фиг. 16. Двуступенчатый ротационный компрессор

давления. Между ними включен ресивер; в небольших передвижных компрессорах—сверху цилиндров, в больших — отдельно, внизу.

Преимущества и недостатки ротационного компрессора по сравнению с поршневым

Так как в ротационном компрессоре отсутствует поступательно-возвратное движение поршня, которое здесь заменено вращательным, то компрессор этот дает большее число оборотов и, кроме того, его можно соединять муфтой непосредственно с электрическим мотором, без ременной передачи. Из-

за отсутствия толчков фундамент ротационного компрессора можно делать меньшим, чем для поршневого. Конструкция ротационного компрессора получается более легкой и компактной, он занимает значительно меньше места, чем поршневой одинаковой с ним производительности, но с ременной передачей.

Так как в ротационном компрессоре отсутствуют клапаны, ремонт его облегчается.

При установке ротационного компрессора непосредственно в шахте под землей, основное преимущество его заключается в том, что он занимает меньше места, так как устройство камеры для компрессора требует значительных средств.

Недостатки ротационного компрессора по сравнению с поршневым заключаются в том, что он не может быть построен на такую большую производительность, как поршневой. Обычно ротационные компрессоры изготавливаются производительностью: передвижные на 6,5 куб. метров воздуха в минуту, стационарные на 28,5 — 30 и на 50 куб. метров в минуту, тогда как поршневые компрессоры изготавливаются производительностью до 100 — 150 куб. метров воздуха в минуту.

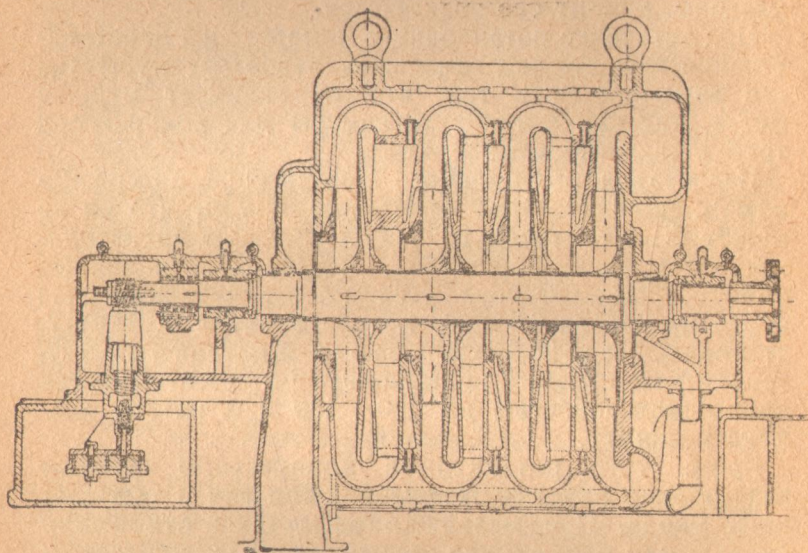
Кроме того, ротационные компрессоры требуют значительно лучшего охлаждения и смазки и тщательного ухода. При малейших дефектах в отношении смазки или охлаждения ротационные компрессоры выходят из строя.

Коэффициент полезного действия ротационного компрессора немного меньше, чем поршневого, и на каждый кубометр воздуха требуется большая мощность мотора, чем для поршневого.

Несмотря на все эти недостатки, описанные выше преимущества ротационных компрессоров заставляют при установках средней мощности (в 30 — 50 куб. метров), отдать им предпочтение, как более легким и компактным.

Принцип работы турбокомпрессора

Турбокомпрессор имеет ряд колес с лопастями (фиг. 17). Лопастные колеса насажены на вал и помещены внутри кожуха, закрывающего их. Быстро вращаясь, они сжимают воздух и прогоняют его в нагнетательный трубопровод. Лопастных колес в турбокомпрессоре несколько; число их зависит от того, до ка-



Фиг. 17. Турбокомпрессор в разрезе

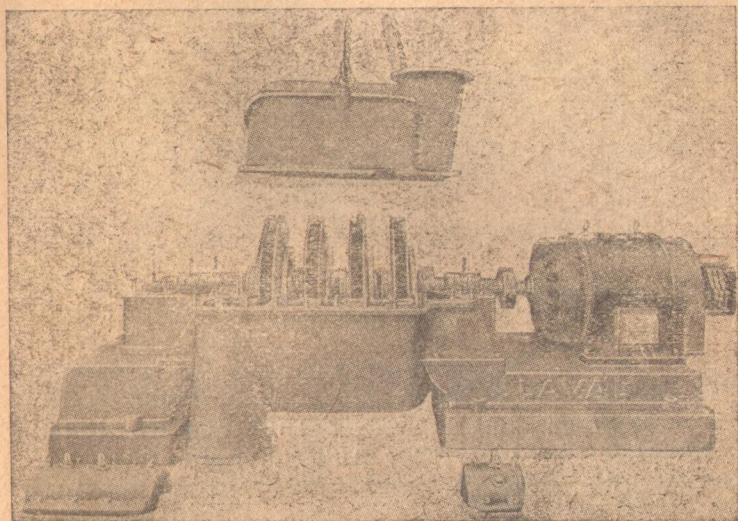
кого давления необходимо сжать воздух. Воздух, сжатый в одном лопастном колесе, поступает затем в следующие, где еще больше сжимается.

На фиг. 17 изображен турбокомпрессор с четырьмя лопастными колесами в разрезе. Всасывающая труба видна внизу слева.

На фиг. 18 изображен турбокомпрессор со снятой крышкой с четырьмя лопастными колесами. Справа

находится мотор, приводящий турбокомпрессор во вращательное движение.

Турбокомпрессор делает большое число оборотов — от 3000 об./мин. при непосредственном соединении с мотором или турбиной при помощи муфты и до 8000 об./мин. при соединении зубчатой шевронной передачей.

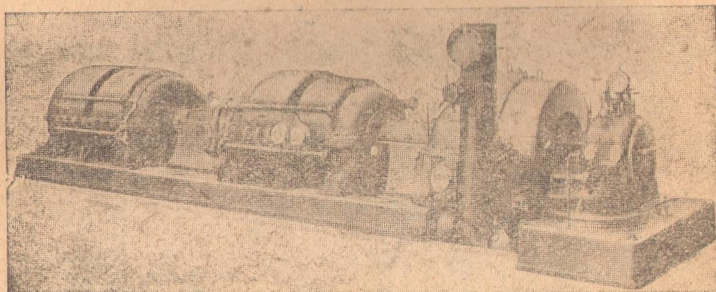


Фиг. 18. Турбокомпрессор со снятой крышкой

Турбокомпрессор также должен хорошо охлаждаться, и для этого корпус его имеет водяную рубашку. В виду того, что число оборотов его очень велико, смазка и охлаждение для турбокомпрессора приобретают громадное значение. Охлаждение обыкновенно осуществляется дистиллированной водой, смазка вся автоматическая.

На фиг. 19 изображен большой двуступенчатый турбокомпрессор с приводом от паровой турбины.

Турбокомпрессор отличается простотой конструкции и легкостью обслуживания. Он может быть непосредственно соединен с мотором или паровой турбиной, занимает гораздо меньше места, чем поршневые компрессоры одинаковой производительности. Турбокомпрессор может быть построен для боль-



Фиг. 19. Турбокомпрессор производительностью 187 м³/мин. с паровым приводом

шей производительности, чем поршневой. Турбокомпрессоры небольшой производительности работают менее экономично, чем поршневые; поэтому все свои преимущества турбокомпрессор приобретает тогда, когда необходимо большое количество сжатого воздуха.

Когда выгодно устанавливать турбокомпрессор

Турбокомпрессоры в настоящее время строятся на очень большую производительность. Если две-три шахты находятся недалеко одна от другой или имеется шахта с большим потреблением сжатого воздуха, то целесообразно построить центральную компрессорную станцию, оборудовав ее крупными турбокомпрессорами. Особенно выгодно это тогда, когда можно установить турбокомпрессоры мощностью по 150—200 куб. метров воздуха в минуту с приводом не от электрического мотора, а от паровой турбины,

работающей на смеси острого и отработанного пара от подъемных паровых машин, если таковые имеются на руднике.

Недостаток турбокомпрессора, заключающийся в том, что он имеет больший коэффициент полезного действия, чем поршневой компрессор, покрывается экономией, получаемой от централизации компрессорного хозяйства за счет уменьшения обслуживающего персонала (машинистов, смазчиков), облегчения надзора и ухода и т. д.

Таким образом турбокомпрессоры выгодно устанавливать тогда, когда имеется большой расход сжатого воздуха, сосредоточенный на одной шахте или двух-трех, близко лежащих одна от другой.

Как устроен регулятор давления

Регулятор давления необходим для того, чтобы работа компрессора соответствовала потреблению сжатого воздуха.

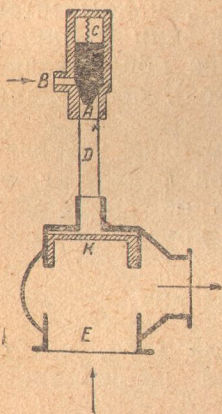
Если сжатого воздуха расходуется меньше, то в воздухопроводе начинает повышаться давление, ибо компрессор дает больше воздуха, чем его расходуется.

В этом случае регулятор давления под действием повышенного давления воздуха в воздухопроводе автоматически переводит компрессор на холостой ход. Когда давление в воздухопроводе уменьшается, регулятор давления также автоматически переводит компрессор на работу на нагрузку.

На фиг. 20 дана схема действия регулятора давления, применяемого на компрессорах немецкой фирмы Покорный и Виттекинд (Франкфуртское машиностроительное общество).

Сжатый воздух из воздушной сети через трубку В давит на поршенок А с пружиной С. Если давление в воздушной сети нормально, то давление сжатого воздуха уравнивается действием пружины. Если же давление сжатого воздуха в воздушной сети больше

нормального, то поршень *A* приподнимается и сжатый воздух проходит по трубке *D* и давит на поршень *K*, который опускается и при этом несколько закрывает проход для засасываемого компрессором



Фиг. 20. Схема регулятора давления
A — поршень, *B* и *K* — трубки, соединяющиеся с воздушной сетью *C* — пружинка, *D* — трубка, *E* — всасывающая труба. Стрелками показан путь воздуха, поступающего в компрессор

воздуха из атмосферы через трубку *E*. Благодаря уменьшению количества засасываемого компрессором воздуха, давление в воздушной сети уменьшается, поршень *A* под действием пружины *C* становится на место и компрессор начинает работать нормально.

Существует много различных систем регуляторов давления; поэтому машинист, работая на компрессоре, должен сам ознакомиться с устройством регулятора давления, чтобы иметь возможность следить за исправностью работы. На фиг. 15 показан регулятор давления фирмы Демаг для ротационного компрессора.

Если регулятор давления слишком часто действует, то нужно на некоторое время остановить компрессор, чтобы он не работал вхолостую.

Правила пуска компрессора

1. Прежде всего проверить, залиты ли подшипники смазкой и хорошо ли подают смазку все масленки.

Если при компрессорной установке имеется автоматический масляный насос (лубрикатор) (фиг. 11 и 16 — *M*), то необходимо поворотом ручки его проверить, как он подает масло, и немного смазать компрессор лубрикатором вручную.

Если в масленках, в подшипниках или резервуаре лубрикатора недостаточно масла, необходимо его долить.

Во время работы машинист должен также тщательно следить за смазкой. Для смазки должно применяться только компрессорное масло или в крайнем случае масло „Автол“.

2. Открыть запорный вентиль на трубопроводе между компрессором и воздухохранилищем.

3. Из промежуточного холодильника (ресивера) выпустить при помощи спускных краников сконденсировавшиеся там воду и масло.

4. Проверить, не осталось ли на компрессоре каких-либо посторонних вещей, хорошо ли натянут ремень при ременной передаче. При непосредственном соединении ротационного компрессора с мотором попробовать рукою, легко ли вращается ротор.

5. Пустить насос, подающий охлаждающую воду. Это обязательно нужно делать до пуска компрессора. Если компрессор пущен в ход без подачи охлаждающей воды, то в работающий уже нагретый компрессор ни в коем случае нельзя впускать холодную воду. Нужно предварительно остановить компрессор, чтобы дать ему остыть.

6. Установить компрессор на холостую работу, чтобы в момент пуска сжатый воздух выходил в атмосферу, а не в воздухопровод, пока мотор не получит полного числа оборотов. При ротационном компрессоре для этого нужно приподнять поршень регулятора давления.

7. Включить распределительный ящик мотора компрессора и вывести сопротивление реостата, затем замкнуть ротор накоротко, приподняв щетки. Перед включением распределительного ящика машинист должен одеть резиновые перчатки и галоши и осмотреть, в порядке ли заземление и опущены ли щетки мотора на контактные кольца.

8. Когда мотор разовьет полное число оборотов, переключить компрессор с холостой работы на воздухопровод и, замкнув накоротко ротор мотора, ввести сопротивление.

Что должен делать машинист во время работы компрессора

1. Следить за правильностью смазки компрессора и мотора, проверять, не нагреваются ли подшипники, цилиндр и т. д. Не допускать нагревания из-за недостаточной смазки, не допускать также и излишней смазки.

2. Несколько раз в смену проверять, не слишком ли нагревается охлаждающая вода, пробуя ее рукой у лейки.

3. Прислушиваться к работе мотора и компрессора. Если слышны ненормальный гул, шум или стуки, остановить компрессор и вызвать механика. Точно также при всех неисправностях мотора или компрессора останавливать установку и сообщать об этом механику или монтеру.

4. Следить за показаниями приборов (манометра и амперметра) и каждый час записывать их в книгу. Если амперметр показывает перегрузку — это означает, что установка работает ненормально и надо остановить ее.

Если манометр показывает давление меньше нормального — это значит, что в компрессоре имеются неисправности или же имеется слишком большое количество потребителей сжатого воздуха.

5. В книге вести записи всех неисправностей, ремонтов, чисток, осмотров и т. д.

6. Спускать два-три раза в смену конденсат из ресивера.

7. В помещение компрессора не пускать посторонних людей и следить за чистотой.

Как остановить компрессор

1. Опустить щетки на контактные кольца и выключить мотор.

2. Закрывать сразу же вентиль, соединяющий компрессор с воздухопроводом.

3. Остановить насос охлаждающей воды. Если компрессор останавливается ненадолго (на 15—30 минут) для охлаждения, то насоса не останавливать.

4. При продолжительной остановке компрессора, особенно в холодное время, из водяной рубашки его и из ресивера выпускать всю воду.

5. Накрывать масленки, чтобы в компрессор не уходила лишняя смазка.

6. Вытирать компрессор от пыли, грязи, убирать лишнюю смазку, приводить в порядок помещение.

Что нужно знать о смазке компрессора

Выше уже указывалось, что для правильной работы компрессора необходима хорошая смазка. Так как при сжатии воздуха температура значительно повышается, то смазка плохого качества может разложиться и образующиеся газы могут взорваться. Поэтому смазка должна быть специальная, компрессорная, наилучшего качества, и перед употреблением нового масла пробу его нужно послать в химическую лабораторию для анализа.

Для поршневого компрессора применяется компрессорное масло удельного веса 0,86, с температурой вспышки не ниже 160° и с вязкостью по Энглеру в 2,7 градуса. В масле не должно быть никаких посторонних примесей и перед употреблением его лучше всего профильтровать.

Для ротационного компрессора применяется компрессорное масло удельного веса 0,9—0,98, светлое, с температурой вспышки не ниже 200° и с вязкостью по Эндлеру в 6—7 градусов. Масло должно быть безводное и без всяких примесей.

При чистке компрессора особое внимание необходимо обращать на канавки, каналы и отверстия для смазки. Во время чистки его нужно продуть все маслопроводные трубки.

Отработанное масло должно собираться в специальные баки и затем очищаться (фильтроваться) с помощью специальных устройств (фильтров).

Для каждого места смазки должно быть установлено необходимое количество масла, а также нормы расхода смазки для всего компрессора, ибо излишняя смазка вредна.

Что должен делать машинист в случае пожара от электрического тока

При перегрузке мотора, при попадании какого-нибудь предмета между статором и ротором мотора, а также когда подшипники его срабатываются, ротор цепляется за статор, и обмотка мотора начинает дымиться и может загореться.

Конечно, машинист должен следить за исправной работой всей установки и не допускать, чтобы задымилась или загорелась обмотка мотора. Если же обмотка мотора начала дымить, то нужна немедленно выключить мотор и не пускать его в работу до осмотра электромехаником или монтером.

Если обмотка горит, то после выключения мотора нужно засыпать ее сухим песком. Загоревшуюся обмотку мотора, так же как и горящий кабель, водой тушить нельзя.

Если горит кабель, то нужно выключить мотор и передать по телефону подстанции, чтобы немедленно выключили кабель.

В обязанность машиниста вменяется следить за тем, чтобы в компрессорном помещении всегда находился исправный ящик с сухим песком.

Литература о компрессорах

В настоящей памятке даны только общие указания о конструкциях компрессоров и уходе за ними. Но каждый компрессор имеет свои особенности, конструкции различных компрессоров отличаются одна от дру-

гой, и машинист должен тщательно изучить конструкцию того компрессора, у которого он работает.

В этом деле ему поможет приведенная ниже литература о компрессорах.

1. *Остертаг*. Компрессоры и воздухоудувки, ч. I и II.

2. *Бурдаков*. Поршневые компрессоры.

3. *Бурдаков*. Толокові компресори (то же на украинском языке).

Эти книги предназначены для инженеров, техников и студентов. Из них первая книга — проф. Остертага — является наиболее полной. В ней подробно даются теория работы компрессоров и описания различных конструкций.

Для неподготовленного читателя рекомендуется литература :

1. *Н. М. Гіршберг*. Будова компресорів і порання коло них.

Популярно и хорошо написанная брошюра, в которой главным образом описаны поршневые компрессоры.

2. Инж. *Аронов*. Ротационные компрессоры. Машстройиздат.

Книга в основном является переводом инструкции немецкой фирмы Демаг о стационарных ротационных компрессорах. В книге допущена грубая ошибка, заключающаяся в том, что под названием „Обслуживание компрессора 1-ДР-62 Горловского завода“ приводятся исключительно данные о стационарном компрессоре фирмы Демаг тогда как компрессор Горловского завода передвижной. Пользуясь этой книгой, нужно помнить об этом.

3. *І. Л. Файбісовіч*. Ротаційний компресор.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Какая энергия выгоднее для шахты — пневматическая или электрическая	4
Какие механизмы в шахте приводятся в действие сжатым воздухом	5
Почему сжатый воздух производит давление	7
В каких единицах измеряется давление воздуха	8
Устройство приборов, измеряющих давление сжатого воздуха	10
Что такое компрессор и какие типы компрессоров применяются на наших шахтах	12
Принцип работы поршневого компрессора	12
Что такое вредное пространство компрессора	14
Как устроен поршень компрессора и для чего служат поршневые кольца	15
Какие компрессоры называются двухступенчатыми и в каких случаях они применяются	16
Как приводится в движение поршневый компрессор	19
Что нужно знать о ременной передаче компрессора	20
Как устроены клапаны компрессора	20
Назначение ресивера (холодильника) и его устройство	21
Как устроена водяная рубашка компрессора	22
Вертикальные поршневые компрессоры	24
Принцип действия ротационного компрессора	25
Преимущества и недостатки ротационного компрессора по сравнению с поршневым	28
Принцип работы турбокомпрессора	30
Когда выгодно устанавливать турбокомпрессор	32
Как устроен регулятор давления	33
Правила пуска компрессора	34
Что должен делать машинист во время работы компрессора	36
Как остановить компрессор	36
Что нужно знать о смазке компрессора	37
Что должен делать машинист в случае пожара от электрического тока	38
Литература о компрессорах	38

