



Проблема возврата масла

Продолжаем публикацию глав из четвертого, переработанного и дополненного издания книги **Патрика Котзаогланиана** «Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования» (перевод с французского и редакция д-ра техн. наук, проф. **В.Б.Сапожникова**).

Масло, применяемое для смазки холодильных компрессоров, очень хорошо смешивается с обычными хладагентами.

Это является причиной многочисленных и, как правило, малоизученных проблем, которые могут вызывать *механические* (разрушение клапанов, заклинивание компрессора и др.), *электрические* (перегорание двигателя) и *термодинамические* (недостаток холодопроизводительности, нежелательные срабатывания предохранительных систем и т.д.) неисправности и поломки.

Предметом настоящего раздела является получение ответов на многочисленные вопросы, встающие перед большинством ремонтников.

А) Почему масло увлекается хладагентом?

Все подвижные части поршневого компрессора (кривошпы, шатуны, цапфы, поршни) требуют постоянной смазки, в противном случае их тепловое расширение и трение могут вызвать полное заклинивание.

В частности, в смазке нуждаются трущиеся между собой поршни и цилиндры (точнее, поршневые кольца и цилиндры). Напомним, что при частоте вращения электродвигателя 1450 об/мин поршни совершают более 24 возвратно-поступательных движений в 1 с. При этом внутри цилиндров вместе с хладагентом обязательно должно находиться масло.

В процессе нормальной работы, даже если компрессор новый или имеет безупречное механическое состояние, это неизбежно приводит к тому, что каждый раз вместе со сжатыми парами из цилиндра в виде масляного тумана, состоящего из мельчайших капелек, уходит какое-то очень небольшое количество масла в виде масляного тумана, состоящего из мельчайших капелек (рис. 1)*.

Дополнительно к этому во время остановок компрессора масло, находящееся в его картере, неизбежно поглощает какое-то количество хладагента,

* Унос масла в компрессорах объемного действия составляет примерно от 3 до 5 % массового расхода хладагента через компрессор. (Прим. ред.)

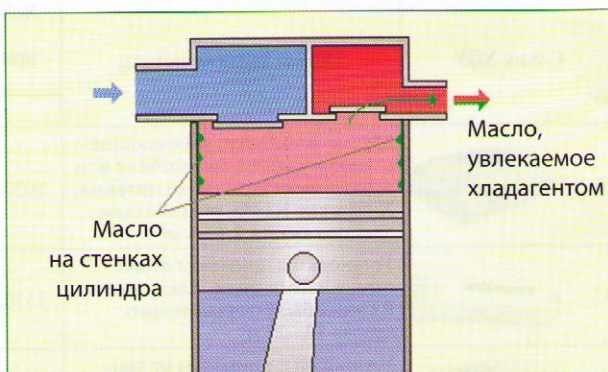


Рис. 1

зависящее от температуры масла и процедуры остановки компрессора.

Когда компрессор вновь запускается, резкое падение давления в картере вызывает быстрое вскипание хладагента, растворенного в масле, и образование газомасляной эмульсии (так называемое «вспенивание»).

Такая эмульсия всасывается в цилиндр и нагнетается в линию, ведущую в конденсатор. В результате в момент запуска из компрессора в контур уходит самое большое количество масла.

Б) Какие проблемы возникают из-за увлечения масла хладагентом?

Прежде всего, поскольку масло предназначено для смазки подвижных узлов компрессора, оно должно находиться не в контуре, а в картере.

И Однако из-за хорошей смешиваемости масла и хладагента невозможно воспрепятствовать тому, что какое-то количество масла регулярно проходит в нагнетающий патрубок компрессора.

Таким образом, с одной стороны, необходимо по возможности максимально ограничить выброс масла из компрессора, а с другой — обеспечить, чтобы масло, которое ушло из компрессора, могло беспрепятственно возвратиться в картер для выполнения своих функций смазывающего вещества.

В самом деле, если количество вышедшего через нагнетательный патрубок масла будет превышать количество масла, вернувшегося через всасывающий патрубок, т.е. если масло будет задерживаться в неудачно спроектированном контуре, то через какое-то время уровень масла в картере понизится до *опасного предела*, за которым нормальная смазка компрессора станет невозможной.

С другой стороны, если вместе с маслом в картер будет возвращаться аномально большое количество хладагента, то хладагента, растворенного в масле, может стать очень много.

При запуске бурная дегазация масла, обусловленная резким падением давления в картере, приведет к образованию большого количества газомасляной эмульсии, что может вызвать срыв подпитки масляного насоса.

Кроме того, образование большого количества эмульсии может привести к такому интенсивному выходу масла из компрессора, что к концу пускового режима картер окажется совершенно «пустым» и в течение более или менее продолжительного периода компрессор будет оставаться без нормальной смазки (характерное «вспенивание», которое сопровождается образованием эмульсии, легко наблюдать через стекло указателя уровня масла).

✗ Поэтому настройка ТРВ на небольшой перегрев угрожает не только возможностью появления периодических гидроударов (самых легких), но и опасностью аномальных выбросов масла в контур.

Работа компрессора с повышенной частотой включений и выключений (либо в результате срабатывания предохранительных систем, либо по командам от системы регулирования) также создает угрозу опасного понижения уровня масла, поскольку при запусках оно выносится в контур наиболее интенсивно, а короткий период работы не дает ему возможности нормального возврата в компрессор.

Заметим, что в этом случае положение не спасет даже предохранительное реле контроля давления масла, которое может быть установлено в компрессоре, поскольку оно очень медленно реагирует на изменение давления (собственное время его инерционности составляет около 2 мин), и повреждения, обусловленные плохой смазкой, при каждом очередном запуске могут накапливаться, приводя через более или менее длительный промежуток времени к непоправимым механическим разрушениям подвижных деталей компрессора.

Другая проблема возникает при неудачной конструкции или прокладке трубопроводов (главным образом всасывания). Действительно, вместо того чтобы регулярно возвращаться в картер компрессора, масло может накапливаться в застойных зонах или участках с отрицательным уклоном.

При опорожнении застойных зон масляная пробка может резко всосаться компрессором, что приводит к

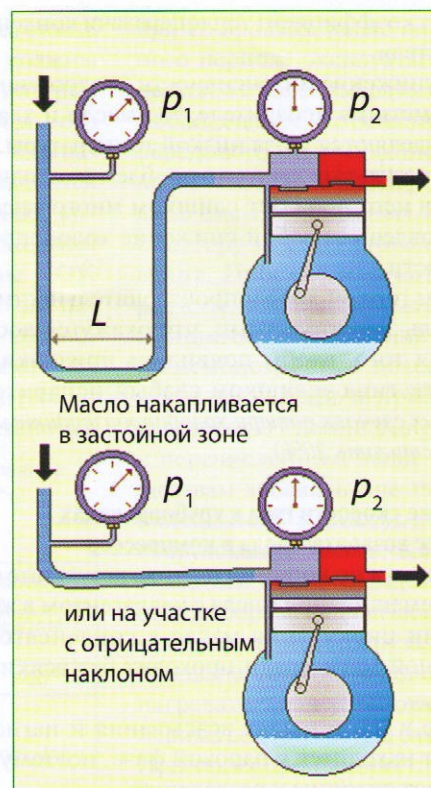


Рис. 2

сильному гидроудару, порождающему те же повреждения, что и обычный гидроудар.

Так, например, на рис. 2 сверху показано, что слишком большая длина L застойной зоны, в основном на всасывающей магистрали, приводит к тому, что в ней обязательно будет накапливаться значительное количество масла.

По мере накопления масла в застойной зоне его уровень в трубе повышается, приводя к уменьшению проходного сечения для газа и, следовательно, повышению потерь давления ($p_1 > p_2$).

Давление p_2 будет падать до тех пор, пока разность давлений p_1 и p_2 не окажется достаточной для того, чтобы протолкнуть масляную пробку во всасывающую полость головки цилиндра.

В этот момент во всасывающую полость резко поступит большое количество масла, что создает опасность возникновения сильного гидроудара, последствия которого идентичны последствиям обычного гидроудара.

Очевидно, точно такие же проблемы могут возникнуть, если масло накапливается на участке трубопровода всасывания с отрицательным уклоном (рис. 2, внизу).

Заметим, однако, что опасность возникновения перечисленных проблем снижается, если трубопровод оборудован эффективным устройством демпфирования гидроударов (отделителем жидкости).

Наконец, присутствие масла внутри трубопроводов создает на их внутренней поверхности тонкую изолирующую масляную пленку, что препятствует нормальному теплообмену между воздухом и хладагентом

и снижает коэффициент теплопередачи конденсатора и испарителя.

Такое снижение интенсивности теплообмена особенно заметно в испарителе, где масло и хладагент легко разделяются из-за низкой температуры.

Если в результате каких-то проблем в холодильном контуре в него попадает слишком много масла, это может повлечь за собой снижение холодопроизводительности.

Причем потери холодопроизводительности могут быть столь значительными, что окажутся достаточными для того, чтобы появились признаки неисправности типа «слишком слабый испаритель» (в некоторых случаях потери холодопроизводительности могут достигать 20%).

В) Влияние скорости газа в трубопроводах на процесс возврата масла в компрессор

Вначале нужно напомнить, что в результате отличного перемешивания масла с хладагентом в жидком состоянии циркуляция масла в конденсаторе и в жидкостной магистрали проходит без всяких проблем.

Однако в магистралях всасывания и нагнетания хладагент находится в паровой фазе, поэтому масло и хладагент склонны к разделению.

Следовательно, в этих магистралях могут возникнуть серьезные проблемы с перемещением масла, так как для его возврата в картер компрессора необходимо добиться свободного перемещения масла по холодильному контуру.

Проблема возврата масла имеет различную остроту в зависимости от расположения участков трубопроводов.

На горизонтальных участках (рис. 3) основная часть масла течет естественным образом в направлении наклона (если он существует). В отсутствие наклона, если скорость газа в трубопроводе низкая, масло стремится под действием силы тяжести осесть на дно трубы и застаивается там.

Точно так же, как скорость ветра порождает волны на поверхности моря, скорость хладагента над слоем масла порождает возникновение маленьких волн, которые перемещаются в направлении движения

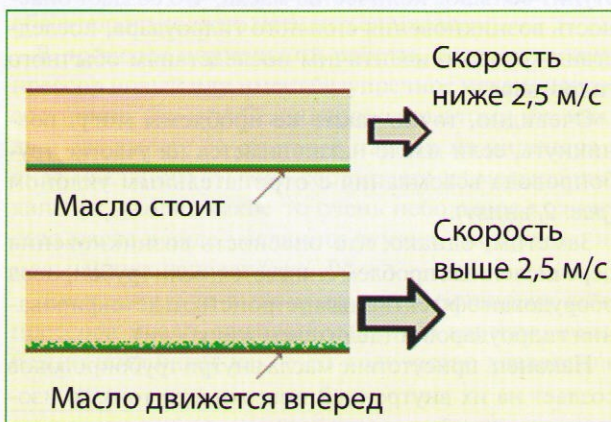


Рис. 3

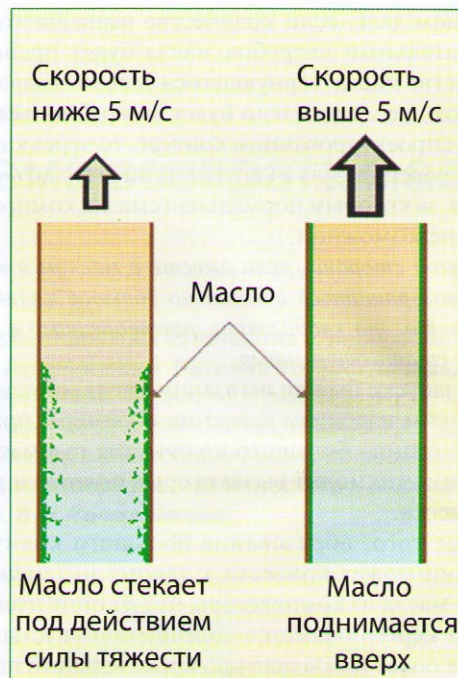


Рис. 4

хладагента даже в отсутствие наклона, если скорость газа превышает 2,5 м/с. На вертикальных участках (рис. 4) проблема возврата масла немного осложняется действием силы тяжести, которая заставляет масляную пленку двигаться вниз.

Логично предположить, что на вертикальных участках трубопроводов для преодоления силы тяжести и подъема масла в трубопроводе механическое воздействие газа на масло должно быть гораздо более значительным, чем на горизонтальных.

Действительно, эксперименты показывают, что масло легко поднимается в вертикальных трубопроводах как всасывания, так и нагнетания, если скорость газа в них превышает примерно 5 м/с.

С другой стороны, если в какой-то момент скорость газа в вертикальной трубе падает ниже 5 м/с, масло очень быстро остановится и начнет стекать вниз под действием силы тяжести.

ВНИМАНИЕ! Если диаметр вертикальной трубы больше 2 дюймов или если температура кипения ниже -10°C , минимальная скорость газа, необходимая для подъема масла во всасывающих трубопроводах, расположенных вертикально, становится равной 8...9 м/с.

Заметим также, что для всех горизонтальных трубопроводов рекомендуется минимальный наклон 12 мм/м в направлении движения потока.

Кроме того, в общем случае считается, что скорость газа в трубопроводах не должна превышать 20 м/с, чтобы сохранить в разумных пределах потери давления и уровень шума.

Итак, чтобы обеспечить бесперебойный возврат масла, необходимо для любых условий работы постоянно поддерживать минимальную скорость газового потока в горизонтальных трубопроводах не ниже 2,5 м/с, а в вертикальных — не ниже 5 м/с.



Проблема возврата масла*

Продолжаем публикацию главы о проблемах возврата масла в компрессор из четвертого, переработанного и дополненного издания книги **Патрика Котзоглиани** «Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования воздуха» (перевод с французского и редакция д-ра техн. наук, проф. **В.Б. Сапожникова**).

Г) Влияние разности уровней на возврат масла

Первая проблема возникает, если конденсатор расположен над компрессором с разностью уровней более 3 м.

При каждой остановке компрессора движение газа в магистралях прекращается и масло, находящееся в вертикальном участке, под действием силы тяжести стекает вниз, создавая опасность его накопления в нагнетательной полости головки блока цилиндров.

Если высота конденсатора над компрессором превышает 3 м (рис. 5)**, количество масла, которое может скопиться в этой полости, становится весьма значительным. Дополнительно к этому из-за того, что окружающая температура по сравнению с температурой нагнетания относительно невысока, при остановке компрессора может сконденсироваться достаточное количество находящегося в магистрали нагнетания паров хладагента и образовавшаяся жидкость также может стечь в полость нагнетания головки блока цилиндров компрессора.

Скопление там жидкого хладагента и масла создает опасность того, что при очередном запуске компрессора произойдет сильный гидроудар.

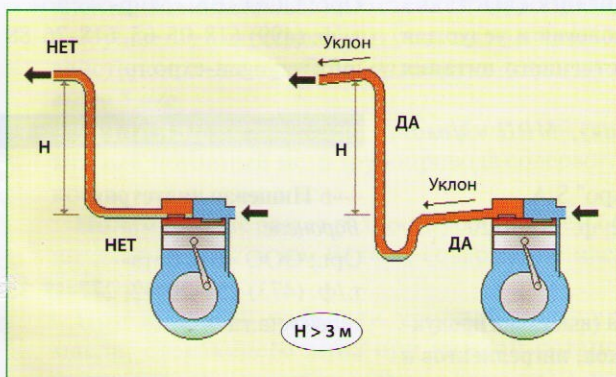


Рис. 5

* Продолжение. Начало см. «Холодильная техника» № 5/2013.

** Нумерация рисунков сквозная по всей главе.

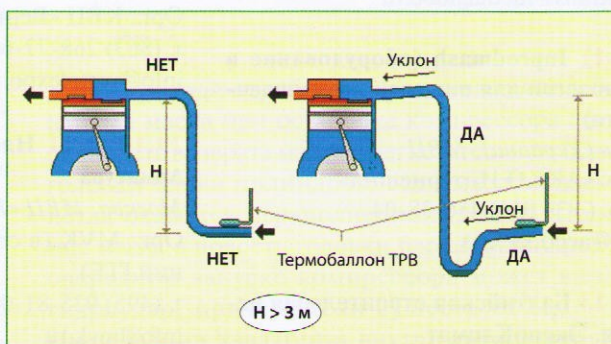


Рис. 6

Точно такая же проблема возникает, если испаритель расположен ниже компрессора, поскольку при остановках последнего масло, находящееся в восходящем трубопроводе, также стекает в нижнюю часть (рис. 6). Как и в случае нагнетательного трубопровода, количество накапливающегося внизу масла становится значительным, если высота H трубопровода превышает 3 м.

Ситуация может еще более ухудшиться, если в застойную зону в нижней части восходящего трубопровода будет стекать масло, выходящее из испарителя, что в целом приведет к накоплению там значительного количества жидкости.

При запуске компрессора образовавшаяся в застойной зоне масляная пробка может попасть во всасывающую полость головки блока цилиндров и спровоцировать возникновение сильного гидроудара.



Во избежание подобных гидроударов, являющихся причиной многочисленных поломок клапанов, в тех случаях, когда разность уровней превышает 3 м, необходимо в нижней части каждой восходящей трубы устанавливать маслоподъемную петлю, а горизонтальные участки прокладывать с наклоном в направлении движения потока.

На выходе из испарителя может возникнуть еще одна проблема, если жидкость, находящаяся в застойной зоне, представляет собой смесь масла с

хладагентом (для получения такой смеси достаточно совсем немного жидкого хладагента, вытекающего из испарителя в застойную зону при остановках компрессора).

В момент запуска резкое падение давления во всасывающей магистрали вызывает очень бурное вскипание смеси в результате испарения хладагента, растворенного в масле.

При кипении хладагент поглощает тепло!

Это тепло в значительной степени отбирается от трубопровода, что приводит к резкому падению его температуры. Иногда такое заметное охлаждение трубопровода может дойти до термобаллона ТРВ (см. рис. 6).

Тогда в момент запуска термобаллон может среагировать на резкое падение температуры, что вызовет резкое закрытие ТРВ в особенно критический момент (в момент запуска давление конденсации понижено так же, как и производительность ТРВ, а для того, чтобы как можно лучше запитать испаритель, необходимо, *напротив*, полное открытие ТРВ).

Таким образом, ТРВ аномально закрывается, пропуская ничтожно малое количество жидкости, и отключение компрессора предохранительным реле НД обеспечено (неисправность легко обнаружить, дотронувшись до всасывающего трубопровода в месте установки термобаллона ТРВ).

✗ Чтобы избежать таких проблем, настоятельно рекомендуется внизу любой восходящей магистрали всасывания, высота которой превышает 3 м, устанавливать жидкостную ловушку (маслоподъемную петлю) и быть очень внимательным при прокладке трубопроводов, на которых будет установлен термобаллон, особенно тщательно соблюдая уклоны.

Мы уже видели, что для обеспечения подъема масла по вертикальным участкам трубопроводов скорость газа в них постоянно должна быть выше 5 м/с, какими бы ни были условия работы. Однако, если разность уровней (высота Н на рис. 7) превышает примерно 7,5 м, проблема усложняется еще больше.

Начиная с этой высоты, как на магистралях всасывания, так и на магистралях нагнетания, масляная пленка, поднимающаяся по стенкам трубопроводов, разрушается и отрывается от стенок, падая вниз под действием силы тяжести, даже если скорость газа выше 5 м/с.

Дополнительно к этому при нормальной работе каждый погонный метр трубопровода содержит какое-то количество масла.

Но чем больше растет разность уровней, тем больше длина трубы и тем больше содержание масла в этой трубе.

При большой разности уровней количество масла, стекающего вниз при каждой остановке компрессора, может оказаться настолько значительным, что полностью зальет маслоподъемную петлю, расположенную в нижней части восходящей трубы.

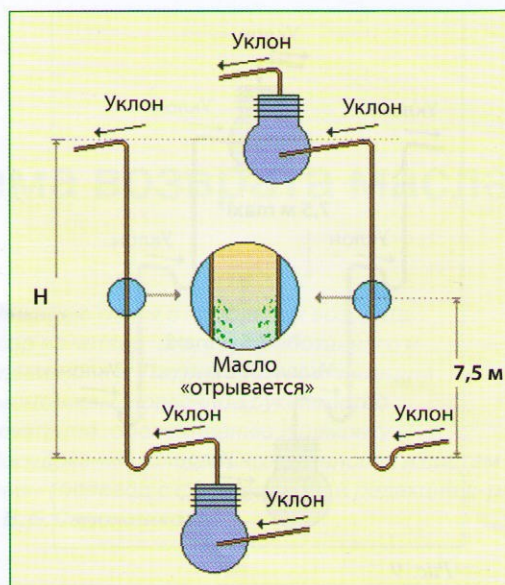


Рис. 7

На восходящем трубопроводе нагнетания подобный наплыв масла при остановке компрессора создает опасность возврата масла в нагнетательную полость головки блока цилиндров, если маслоподъемная петля окажется переполненной (рис. 8). Попадание масла в полость головки блока цилиндров при очередном запуске компрессора может вызвать гидроудар, причем, если существует опасность конденсации хладагента внутри трубопровода во время остановки компрессора, ситуация еще более ухудшается.

В восходящих трубопроводах всасывания, имеющих большую высоту, значительное количество масла, скапливающееся в маслоподъемной петле при остановке компрессора, во время очередного запуска может быть засосано в компрессор в виде масляной пробки и тоже привести к возникновению сильного гидроудара, смертельно опасного для клапанов (ситуация также может ухудшиться из-за натекания в маслоподъемную петлю хладагента, выходящего из испарителя).

Во избежание перечисленных неприятностей, способных спровоцировать серьезные механические повреждения компрессора, в том случае, когда разность уровней очень большая, маслоподъемные петли

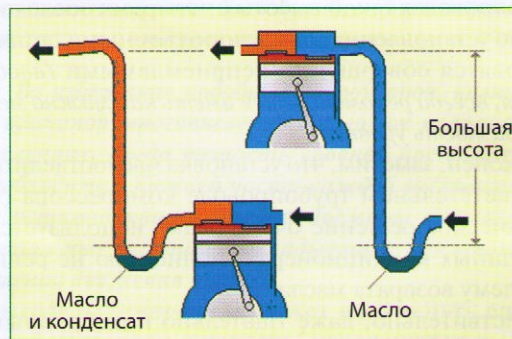


Рис. 8

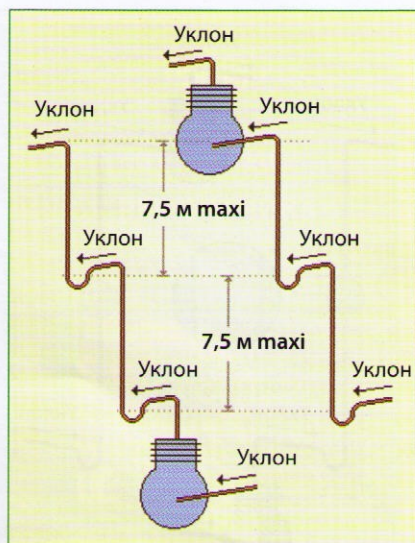


Рис. 9

необходимо устанавливать не более чем через каждые 7,5 м восходящих трубопроводов как на всасывающей, так и на нагнетательной магистралях (рис. 9).

Такая конструкция позволяет маслу *при работе установки* подниматься от петли к петле и *исключает* возможность возврата масла из верхней маслоподъемной петли в нижнюю.

Во время остановки в каждой маслоподъемной петле масло накапливается в разумных пределах, не переполняя ее.

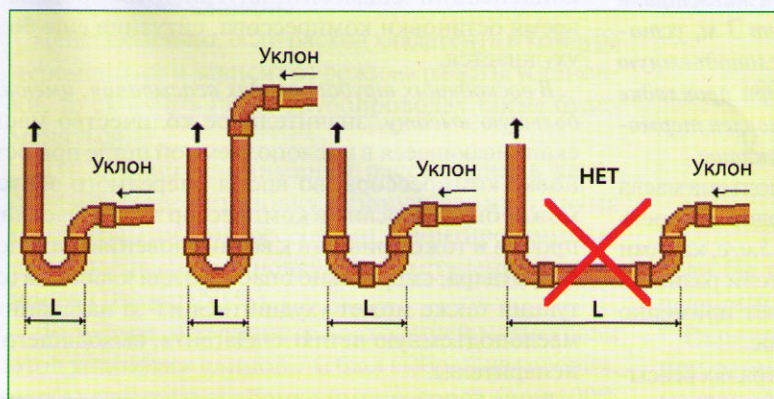


Рис. 10

Заметим, что разность уровней более 30 м совершенно не рекомендуется, так как потери давления в трубопроводах такой высоты с четырьмя последовательно установленными маслоподъемными петлями становятся совершенно неприемлемыми (вообще говоря, всегда рекомендуется иметь как можно меньшую разность уровней).

Наконец, заметим, что установка маслоотделителя в нагнетательном трубопроводе компрессора (это техническое решение очень редко используется в воздушных кондиционерах) полностью не решает проблему возврата масла.

Действительно, даже тщательно подобранный и смонтированный маслоотделитель, несмотря ни на

что, будет пропускать от 1 до 2% масла, выходящего из нагнетательной полости компрессора.

Следовательно, все равно нужно обеспечить возврат этого масла в компрессор, и описанные выше требования к подбору и прокладке трубопроводов остаются в силе и для установок, оснащенных маслоотделителями!

Д) Как изготовить маслоподъемную петлю?

Напомним, что маслоподъемная петля, обеспечивая улучшение процесса циркуляции масла в холодильном контуре, служит для удержания жидкости (масла или сконденсированного хладагента) в нижней части всех вертикальных трубопроводов, по которым хладагент циркулирует снизу вверх и длина которых превышает 3 м.

Маслоподъемная петля не является емкостью для хранения жидкости и *очень важно, что ее размеры должны быть как можно меньше* с тем, чтобы уменьшить количество удерживаемой жидкости (место масла не в петле, а в картере компрессора) и избежать появления в контуре значительных масляных пробок, которые будут по нему перемещаться (особенно во всасывающей магистрали компрессора).

Чтобы изготовить маслоподъемную петлю, лучше всего использовать покупной U-образный патрубок, если это возможно (радиус закругления очень небольшой), или два 90-градусных угольника, но в любом случае сторона L должна быть как можно меньше (рис. 10).

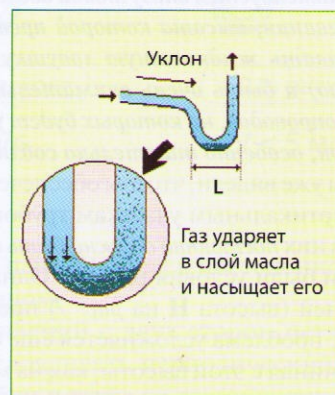


Рис. 11

Необходимо также всегда пунктуально соблюдать направление уклона (не менее 12 мм/м).

По мере накопления масла в маслоподъемной петле его уровень поднимается, снижая проходное сечение для газа, что вызывает плавное повышение скорости газа.

Увеличение скорости газа способствует разрушению поверхности слоя масла (рис. 11) с образованием очень мелких капелек и увлечению масла в вертикальный трубопровод в виде масляного тумана и масляной пленки, которая продвигается вдоль стенок трубопровода в результате механического воздействия на нее проходящего газа (если его скорость не ниже 5 м/с).

Окончание следует.



Проблема возврата масла*

Продолжаем публикацию главы о проблемах возврата масла в компрессор из четвертого, переработанного и дополненного издания книги **Патрика Котзоогланиана** «Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования» (перевод с французского и редакция д-ра техн. наук, проф. **В.Б. Сапожникова**).

Е) Проблема установок с переменной холодопроизводительностью

Эта проблема относится к установкам, в которых в процессе эксплуатации расход хладагента в контуре может меняться, например, когда имеется несколько параллельно работающих компрессоров или когда может меняться частота вращения вала компрессора, или если регулирование производительности осуществляется путем исключения из работы отдельных цилиндров воздействием на всасывающие клапаны.

Действительно, если расход хладагента в контуре переменный и зависит от режима работы установки, то скорость газа в трубопроводах также будет меняться.

Для лучшего понимания рассмотрим в качестве примера установку, оборудованную двумя одинаковыми компрессорами, смонтированными в параллель, т.е. установку с двумя ступенями мощности (100 или 50 %).

Допустим, что диаметр восходящей магистрали этой установки длиной 7 м был выбран из условия, чтобы при работе обоих компрессоров (при 100% расхода хладагента) скорость газового потока в магистрали была равна 6 м/с (рис. 12**).

При полной мощности скорость газа выше 5 м/с и масло поднимается вполне нормально.

Однако, когда один из двух компрессоров остановлен, расход хладагента уменьшается примерно до 50% полного.

Поскольку диаметр трубы остался прежним, скорость газа в вертикальной трубе упадет примерно до 3 м/с, что не позволит маслу подниматься надлежащим образом.

Масло начнет накапливаться в маслоподъемной петле, закупоривая проходное сечение так, как

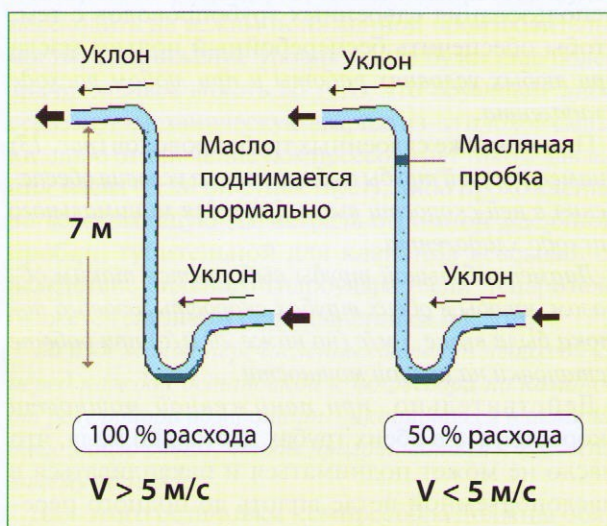


Рис. 12

если бы труба перекрывалась постепенно закрывающимся краном.

Разность давлений с двух сторон петли будет при этом обуславливать периодический подъем масляной пробки в трубе со всеми вытекающими из этого нежелательными последствиями, главным образом, если речь идет о всасывающей магистрали компрессора (опасность гидроудара, особенно при запуске).



Когда установка имеет несколько ступеней производительности, что обуславливает изменение расхода, диаметр трубопроводов, в которых хладагент циркулирует снизу вверх, должен подбираться таким образом, чтобы обеспечить минимальную скорость газа не ниже 5 м/с при наименьшем расходе хладагента.

Однако в дальнейшем потребуются обеспечить более высокий расход, когда установка начнет работать на полной мощности. При этом нужно обеспечить следующие условия:

* Окончание. Начало см. «Холодильная техника» № 5 и 6/2013.

** Нумерация рисунков сквозная по всей главе.

✓ Полные потери давления в трубопроводах (по длине вертикальных участков + по длине горизонтальных участков + местные сопротивления) не должны быть слишком высокими, т.е. не выше перепада давлений, эквивалентного падению температуры примерно на 1 К (для магистралей как всасывания, так и нагнетания).

✓ Скорость газа никогда не должна превышать 20 м/с, так как это создает опасность возникновения в трубопроводах очень сильного шума.

Если диаметр трубопровода, выбранный исходя из условия обеспечения минимальной скорости газового потока не ниже 5 м/с при наименьшей мощности, становится слишком малым и приводит к значительным потерям давления при работе на полной мощности, возникает необходимость использования сдвоенных трубопроводов с тем, чтобы обеспечить бесперебойный подъем масла при любых условиях работы и при любом расходе хладагента.

При монтаже сдвоенных трубопроводов (рис. 13) диаметр малой трубы выбирается из условия обеспечения в ней скорости выше 5 м/с для минимального расхода хладагента.

Диаметр большой трубы выбирается таким образом, чтобы в обеих трубах скорость газового потока была выше 5 м/с (но ниже 20 м/с) при работе установки на полной мощности.

Действительно, при пониженной мощности скорость газа в обеих трубах настолько мала, что масло не может подниматься и накапливаться в маслоподъемной петле вплоть до полного перекрытия большой трубы.

С этого момента газ начинает проходить через малую трубу со скоростью, достаточной для нормального подъема масла.

Обратная петля в верхней части трубопровода (поз. 1 на рис. 13) предотвращает проход масла, поднявшегося по малой трубе, в большую трубу.

Когда мощность установки возрастет, повы-

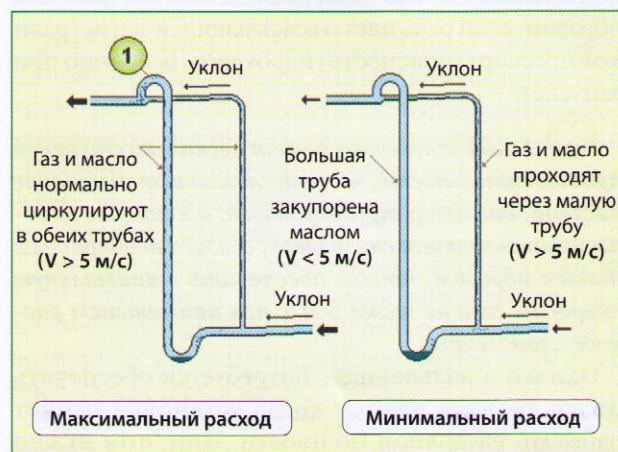


Рис. 13

шение расхода хладагента протолкнет масло, собравшееся в ловушке, и газ вновь начнет циркулировать по обеим трубам.

Еще раз напомним, что емкость маслоподъемной петли должна быть как можно меньше, чтобы избежать прохождения больших масляных пробок в момент, когда петля опорожняется, особенно на всасывающей магистрали компрессора.

! Когда разность уровней большая, нужно устанавливать сдвоенные трубопроводы на каждом участке длиной не более 7,5 м, тщательно соблюдая изложенные выше требования и направления уклонов.

Тем не менее можно столкнуться с проблемой понижения уровня масла в картере компрессора установок с переменным расходом хладагента, даже если выбор диаметров и прокладка трубопроводов произведены по всем правилам. Чтобы понять причину этого явления, рассмотрим в качестве примера 6-цилиндровый компрессор, который расположен над испарителем, с тремя ступенями регулирования производительности (100, 66 и 33 %), обеспечиваемого изменением числа работающих цилиндров.

Допустим, что при максимальной мощности (100 %, задействовано 6 цилиндров) через нагнетательную магистраль компрессора вместе с хладагентом выходит 1,5 л/ч масла. Поскольку конструкция установки и ее монтаж выполнены по всем правилам, вместе с хладагентом в компрессор возвращается такое же количество масла (т.е. 1,5 л/ч) и уровень масла по указателю уровня (рис. 14) находится в норме.

В какой-то момент температура в охлаждаемом объеме падает и система регулирования снижает производительность компрессора до 66% от номинала, исключая из работы 2 цилиндра (блок 3). Всасываемое компрессором количество хладагента уменьшается и расход через компрессор падает до 66%.

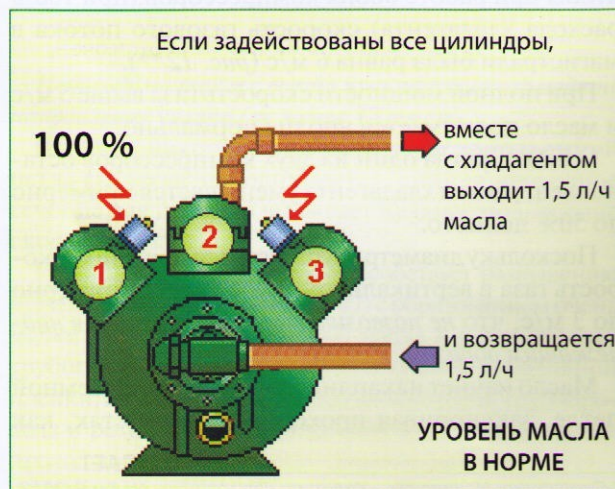


Рис. 14

Но каждый килограмм приходящего в компрессор хладагента может содержать только строго определенное количество масла, следовательно, приход масла тоже упадет пропорционально падению расхода, т.е. до 66 %, или примерно до 1 л/ч (так же, как и расход масла из компрессора).

Следовательно, через всасывающую магистраль в компрессор будет поступать с этого момента только 1 л/ч масла, в то время как перед этим через магистраль нагнетания уходило 1,5 л/ч. Это значит, что все масло, эквивалентное расходу 0,5 л/ч, остается в контуре!

Если компрессор расположен над испарителем, масло не может возвратиться в картер под действием силы тяжести.

Следовательно, количество масла, эквивалентное расходу 0,5 л/ч, остается в контуре, главным образом, в испарителе, где падение температуры приводит к разделению масла и хладагента, и уровень масла в компрессоре падает (рис. 15).

Если же система регулирования переводит компрессор на уровень 33 % производительности, повторится точно такая же картина, поскольку расход хладагента еще снизится и масла из компрессора будет уходить еще меньше, однако и поступление масла во всасывающий патрубок тоже уменьшится.

В результате в контуре опять останется количество масла, эквивалентное его расходу 0,5 л/ч, и уровень масла в картере вновь понизится (рис. 16).

Таким образом, если компрессор будет работать с мощностью 33 % от номинала, количество масла, оставшегося в испарителе, окажется достаточным, чтобы уровень масла в картере заметно понизился.

В этот момент, если задающий термостат отключит компрессор, ничто больше не позволит маслу, находящемуся в испарителе, возвратиться в картер.

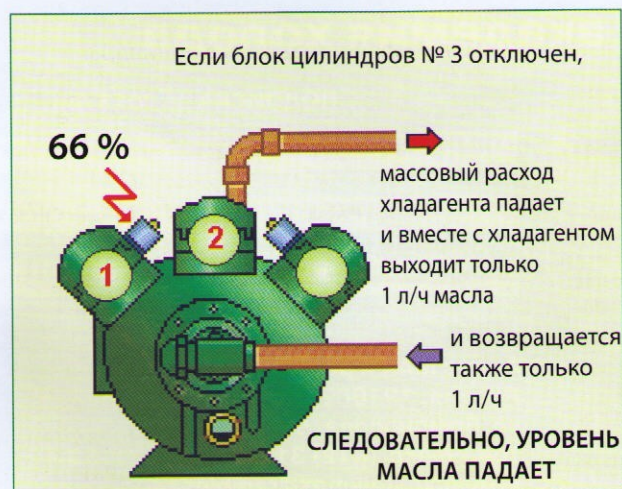


Рис. 15

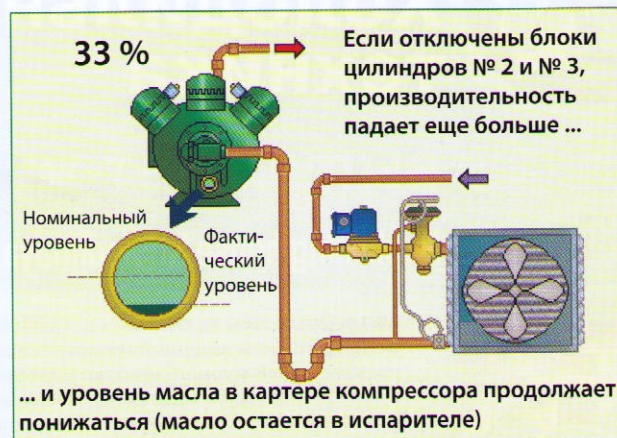


Рис. 16

При последующем запуске та же картина будет повторяться всякий раз, когда компрессор будет переходить на режим пониженной производительности, а понижение уровня масла будет еще более значительным вплоть до того, что обусловит либо серьезную механическую аварию из-за плохой смазки, либо отключение компрессора датчиком давления масла (если он существует), либо прохождение во всасывающую магистраль огромной масляной пробки, губительной для клапанов всасывания вследствие сильного гидроудара (если испаритель окажется слишком переполненным маслом).

Во избежание перечисленных явлений необходимо перед каждой остановкой компрессора по команде от регулятора возвращать накопившееся в испарителе масло с тем, чтобы приготовиться к последующему запуску.

Для этого остановки компрессора должны обязательно производиться с использованием метода предварительного вакуумирования.

Замечание. В каждой маслоподъемной петле всегда остается более или менее значительное количество масла. Поэтому при первом запуске вновь собранной установки с большим числом петель считается допустимым понижение уровня масла в компрессоре.

Следовательно, необходимо будет очень внимательно следить за положением уровня масла и при необходимости долить масла в картер.

Можно также перед запуском установки предварительно заполнить маслоподъемные петли тем же маслом, что используется для смазки компрессоров.



ВНИМАНИЕ. Постепенное исключение из обращения хлорфторуглеродов ХФУ или CFC (R12, R502...) и появление новых хладагентов серии фторуглеродов ГФУ или HFC (R134a, R404A, R407C, R410A...) с эфирными маслами вместо минеральных приводит к возникновению новых проблем в вопросах возврата масла.