16. Растворимое масло в затопленных системах

16.1. Испаритель масла

Парожидкостная смесь поступает из испарителя в сепаратор, где пар отделяется от жидкости, и, возможно, затем дополнительно осушается в туманоуловителе. Данный процесс отделяет от пара не только жидкий хладагент, но и масло.

При таком устройстве в компрессор поступает только сухой пар, а масло, фактически, улавливается в контуре испаритель - сепаратор. Если не принять специальных мер, то концентрация масла в испарителе постепенно увеличится, а в компрессоре - уменьшится.

Поэтому, во-первых, необходимо после компрессора установить эффективный маслоотделитель, см. рис. 19.

Однако этого недостаточно. Даже высокоэффективный маслоотделитель не может задержать все масло. Какая-то его часть неизбежно пройдет через маслоотделитель и, в конечном счете, сконцентрируется в контуре испаритель - сепаратор.

Вторым необходимым шагом является установка испарителя возврата масла, см. рис. 19.

В этот испаритель подается часть жидкого хладагента из контура испаритель – сепаратор. Здесь жидкий хладагент как можно полнее испаряется. Пары хладагента увлекают с собой капельки масла, содержащие хладагент, но в столь малом количестве, которое не представляет опасности гидравлического удара в компрессоре.

В качестве нагревающей среды обычно используется конденсат линии высокого давления.

Подача хладагента в испаритель возврата масла должна быть подобрана так, чтобы скорость поступления масла в сепаратор равнялась скорости его отвода. Отсюда следует, что концентрация масла в контуре испаритель - сепаратор во много раз больше, чем в поступающем сюда конденсате.

Пример. Пусть из конденсатора или жидкостного ресивера в контур испаритель - сепаратор поступает 5000 кг/час раствора R 22 - масло, причем масла поступает с этим раствором 5 кг/час, т.е. 0,1 %.

Чему будет равна концентрация масла на участке сепаратор - испаритель?

В сепаратор вводится 5000*0,001 = 5 кг/час масла. Все это масло должно уйти из сепаратора с поступающим в испаритель возврата масла раствором R 22 – масло, расход которого равен 1000 кг/час. Таким образом, концентрация масла в нем составит:

100×5/1000=0,5 %.

Из поступающей в испаритель возврата масла жидкости 99,5 % испаряется, т.е. оставшиеся 0,5 % являются маслом. Таким образом, концентрация масла в контуре испаритель - сепаратор в пять раз выше, чем в жидкости, поступающей сюда из конденсатора или жидкостного ресивера.

Испаритель возврата масла аналогичен испарителю непосредственного охлаждения в том отношении, что перед выходом хладагент должен полностью испариться. Отличие заключается в том, что концентрация масла в нем намного выше, а допустимое падение давления обычно намного меньше.

Это создает определенные трудности при проектировании испарителя, поскольку среда изменяется от почти чистого хладагента до почти чистого масла, соответственно меняются и физические свойства, особенно вязкость. Испаритель должен быть разделен по длине на несколько зон, конструкция которых отвечает физическим свойствам присутствующей в них среды. К сожалению, это очень кропотливая задача.

Однако после испарения 95 % жидкости концентрация масла увеличивается до 10 %, до этого момента повышение вязкости остается сравнительно небольшим.

Оставшаяся часть разделения, при которой концентрация масла должна повыситься от 10 до 100 %, представляет наибольшую сложность. К счастью, количество этой жидкости невелико, процесс испарения протекает на поверхности капель жидкости, взвешенных в газе, т.е. физические свойства жидкости не имеют большого значения. На практике можно спроектировать аппарат для среды со средними физическими свойствами или в расчете на чистый хладагент, но с большим запасом (20 – 50 %).

Конструкция испарителя возврата масла не критична для системы. Пусть производительность аппарата составляет 50 % от требуемой. Это означает, что концентрация масла будет равна 0,75 %, т.е. вполне допустимой для работы основного испарителя.

Итак, из 5000 кг/час смеси, поступающей в контур испаритель-сепаратор, 1000 кг/час уходит в испаритель возврата масла. Снизит ли это производительность установки?

Нет, так как теплота, необходимая для испарения хладагента, отбирается у конденсата, температура которого уменьшается, а охлаждающая способность увеличивается.

На рис.19 изображена схема установки с испарителем возврата масла. Хладагент, поступающий из сепаратора, испаряется, и масляный туман возвращается в компрессор. Таким образом, к данному испарителю предъявляются следующие основные требования:

- Максимально полное испарение раствора масла в хладагенте.
- Возврат масла в линию всасывания компрессора только в виде масляного тумана.
- Движущей силой, создающей поток через испаритель, может быть статическое давление, как в обычном термосифоне.
- Статическое давление может оказаться недостаточным для того, чтобы заставить масляный туман поступать в линию всасывания. Если линия от испарителя возврата масла входит в линию всасывания после клапана, создающего падение давления, то такое дополнительное давление должно быть подано на испаритель в качестве движущей силы.
- Вход в линию всасывания может быть выполнен как эжектор, что создаст некоторую дополнительную движущую силу.
- Входом в испаритель масла может быть нагнетательная труба насоса в схеме с принудительной подачей жидкого хладагента.
- Подача хладагента в испаритель масла регулируется по значению перегрева, но без мгновенного испарения хладагента, как это происходит в обычном ТРВ. Регулирующий вентиль просто регулирует подачу жидкости так, чтобы ее поступало в аппарат не больше, чем может испариться. Допустимое падение давления невелико, т.е. распределитель для ППТО здесь, вероятно, будет неприменим. Однако могут использоваться другие устройства, обычно применяемые в системах непосредственного охлаждения.

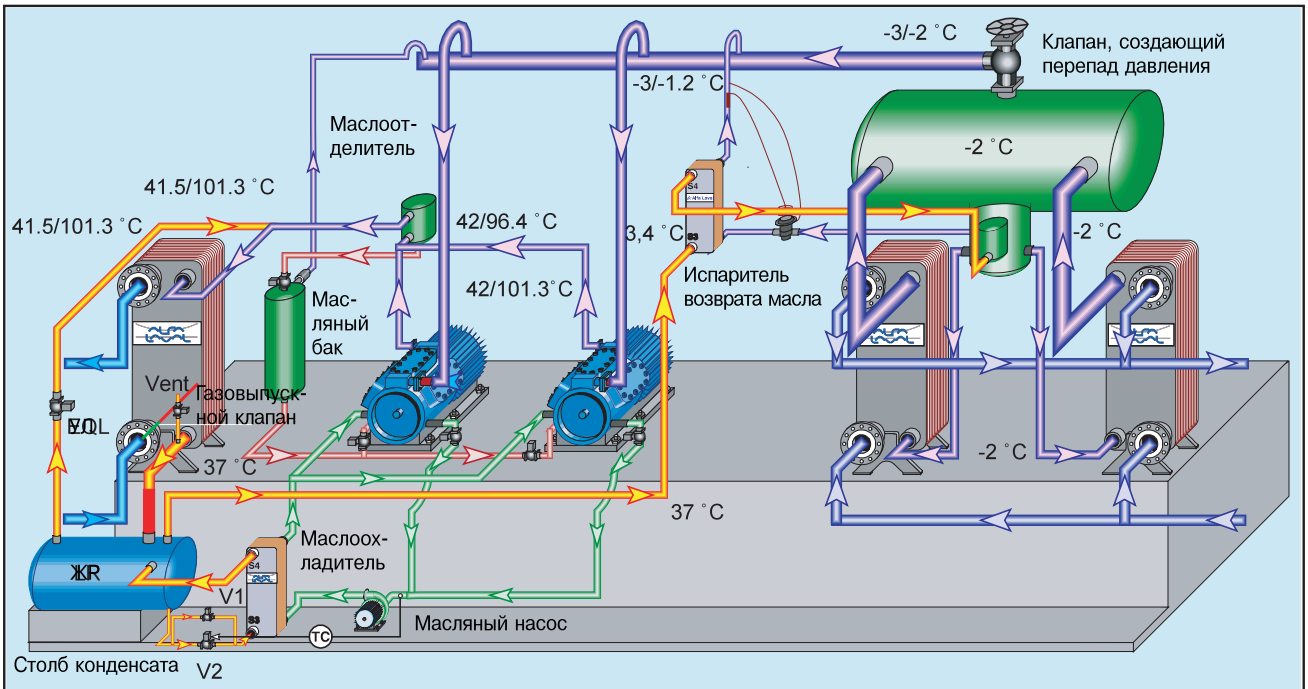

Рис. 19. Маслоохладитель и испаритель возврата масла в затопленной системе с растворимым маслом

16.2. Маслоохладитель.

Эта система одинакова для растворимого и для нерастворимого масла. Масло охлаждается за счет испарения теплого конденсата. Другие способы – охлаждение низкотемпературным хладагентом или водой - приводят к большим тепловым ударам.

После испарения пар снова конденсируется в конденсаторе. Он попадает в конденсатор одним из следующих способов:

А) через ЖР и уравнительную линию (УЛ), см. рис. 19;

Б) подается непосредственно на вход конденсатора;

В) подается обратно через конденсационную трубу на выход конденсатора и в нижнюю часть его каналов.

В случаях А) и Б) хладагент движется по замкнутому контуру. Чтобы это стало возможным в конденсаторе с довольно высоким падением давления, должны выполняться следующие условия:

- Давление в ЖР должно быть выше давления на входе конденсатора, иначе пар не пойдет обратно в конденсатор. Сделать это просто, конденсат нагревается в маслоохладителе до тех пор, пока давление не возрастет настолько, чтобы пар прошел до входа конденсатора.
- Пар не должен попадать в трубу конденсата. Для этого необходимо опустить трубу ниже минимального уровня конденсата в ЖР.
- Для преодоления гидравлического сопротивления конденсатора необходимо создать достаточный перепад высот между уровнем жидкости в ЖР и нижней частью конденсатора. Тогда образуется столб жидкости, который и создаст нужный напор.

Что происходит при пуске охладителя масла? Предположим, УЛ закрыта.

- Когда УЛ открывается, входное давление конденсатора передается на ЖР. Оно выдавливает конденсат в конденсационную трубу. Когда давление столба конденсата становится равно падению давления в конденсаторе, поток через УЛ прекращается. Давления в ЖР и на входе конденсатора равны.
- Вентиль на входе хладагента в маслоохладитель открыт. Хладагент испаряется в маслоохладителе и давление в ЖР повышается настолько, чтобы пар прошел через УЛ на вход конденсатора. Соответственно увеличивается столб жидкости в конденсационной трубе.
- В хладагенте могут присутствовать неконденсирующиеся газы, поэтому в верхней части конденсационной трубы (но не в ЖР) необходим газовыпускной клапан.

Если пар попадает в конденсатор по варианту В), то УЛ не нужна, и конденсационная труба должна находится выше уровня конденсата в ЖР. Пар движется навстречу конденсату и входит в нижнюю часть каналов конденсатора.

- **Столб жидкости, необходимый для преодоления гидравлического сопротивления каналов, образуется в самих каналах. Следовательно, часть каналов затопляется, и их поверхность не участвует в процессе конденсации.**
- **Сложно или невозможно устроить выпуск газа из конденсатора, поскольку возможная точка выпуска должна находиться внутри каналов.**

Для уменьшения опасности возникновения теплового удара поток масла должен быть непрерывным. Небольшой количество хладагента постоянно подается в охладитель по линии V1, обеспечивая минимальные потребности в охлаждении. Если тепловая нагрузка возрастет (контролируется с помощью термопары), откроется параллельно установленный клапан (V2) и пропустит количество хладагента, соответствующее максимальной потребности в охлаждении. Полное включение/отключение подачи хладагента вызвало бы большие механические напряжения в системе.