30. ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВКЛЮЧЕНИЯ КОМПРЕССОРОВ

А) Почему возникают частые включения ?

Повышенная частота циклов «запуск-останов» может быть обусловлена как нарушениями в работе холодильного контура, и, следовательно, соответствующими командами от различных предохраняющих устройств (например, предохранительных прессостатов НД или ВД), так и *командами от системы регулирования* исправного контура в случае, если компрессор *переразмерен* по отношению к потребностям в холодопроизводительности

Действительно, *все* холодильные компрессоры могут становиться переразмеренными по мере того, как падает потребность в холоде, если, например, наружная температура или солнечный нагрев уменьшаются.

Чтобы лучше понять это, рассмотрим в качестве примера небольшой кондиционер, способный поглотить тепловую мощность **10 кВт** при наружной температуре 35°C, в котором установлен компрессор соответствующей единичной мощности, то есть **10 кВт.**

В разгаре лета при наружной температуре 35°C потребная холодопроизводительность составляет 10 кВт и система регулирования, чтобы поддерживать желаемую температуру в кондиционируемом помещении, заставляет компрессор работать непрерывно, то есть 60 *минут в час* (см. рис. 30.1).

Зимой, когда потребность в холоде отсутствует, регулятор выключает компрессор и он перестает работать совсем (0 *мин/час).*

Если в данный момент потребность в холоде составляет 5 кВт, компрессор будет работать только 30 мин/час. По этим трем точкам мы проводим прямую, которая указывает полную продолжительность работы компрессора (мин/час) в зависимости от потребности в холоде (кВт).

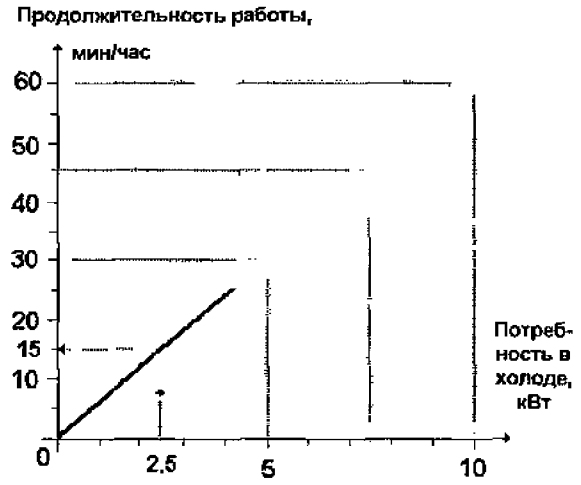


Рис.30.1

Итак, если в данный момент потребность в холоде составляет 2,5 кВт (то есть 1/4 номинальной мощности), задающий термостат будет включать компрессор *только на 15 минут в час.*

Однако это не означает, что компрессор будет непрерывно работать 15 минут и стоять 45 минут, это означает только, что суммарное время работы компрессора в течение 1 часа будет равно 15 минутам!

Продолжительность времен работы и стоянки зависит от множества факторов, связанных с конструкцией установки и внешними условиями (таких как номинальная холодопроизводительность, потери или приток тепла в данный момент...), на которые ремонтник не может влиять.

С другой стороны, частота запусков зависит в значительной степени от диапазона температур задающего термостата (разности между температурой запуска и останова), управляющего компрессором.

Представим себе, что в установке, упомянутой в начале данного раздела, на задающем термостате установлен диапазон в 2°C и при потребности в холоде 2,5 кВт термостат запускает компрессор 6 раз в час (Рис. 30.2).

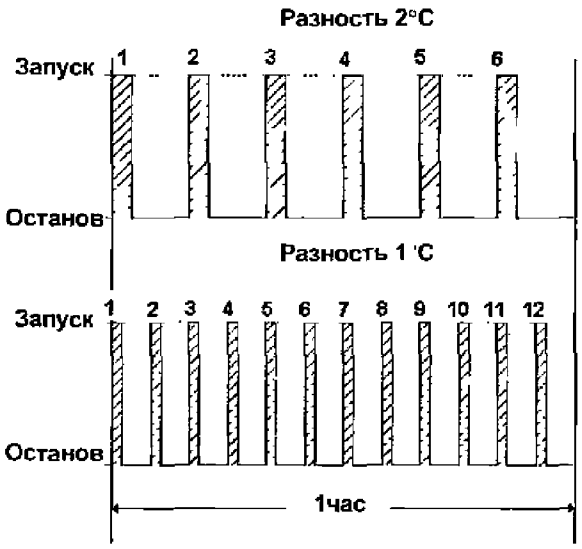


Рис.30.2

При той же потребности в холоде 2,5 кВт, если на термостате установлен *вдвое меньше* диапазон, то есть 1°C, компрессор будет запускаться в 2 *раза чаще,* то есть 12 раз в час.

В самом деле, чтобы снизить температуру в кондиционируемом помещении на 2°C, компрессор должен работать примерно в два раза дольше по сравнению со снижением на 1°C.

С другой стороны, после остановки компрессора окружающая температура поднимается на 1°C примерно в 2 раза быстрее, чем на 2°C.

Тем не менее, какой бы ни был диапазон регулирования, сумма времен работы компрессора (заштрихованные области на рис. 30.2) остается в обоих случаях неизменной и составляет 15 мин/час, что соответствует средней холодопроизводитель-ности, равной 2,5 кВт и отвечающей потребностям в холоде в данный момент.

Таким образом, чем больше уменьшается заданный регулирующим термостатом диапазон поддержания температуры, тем больше возрастает частота запусков компрессора и тем больше повышается частота циклов «пуск-остановка», обусловленная регулированием температуры при низких тепловых нагрузках.

В) Почему нужно избегать повышенной частоты циклов «пуск-остановка» компрессоров ?

При каждой остановке масло, которое служит для смазки подвижных деталей компрессора, стремится под *действием силы тяжести стечь* в картер.

Более того, в момент запуска происходит *сильный механический удар,* обусловленный быстрым нарастанием числа оборотов от нуля до номинального значения (например, 1450 или 2800 об/мин).

Ситуация ухудшается еще и тем, что смазывающее масло не может *мгновенно* попасть к смазываемым деталям. Действительно, масляному насосу требуется *какое-то время,* чтобы начать подкачку масла и только в конце пускового периода он обеспечивает номинальный расход, когда компрессор вращается уже с полной скоростью

Напомним также, что падение давления в момент запуска вызывает бурную дегазацию масла, если в картере компрессора имеются хотя бы малейшие следы хладагента.

При этом смесь хладагента и масла начинает вспениваться, что приводит к значительному оттоку масла и совершенно не способствует работе масляного насоса, увеличивая продолжительность работы компрессора «всухую».

Следовательно, момент запуска компрессора сопровождается, с одной стороны, значительными механическими ударами, а с другой стороны ухудшается смазка.

Объединение этих неблагоприятных факторов вызывает преждевременный механический износ деталей компрессора *(считается, что около 80% механического износа происходит в момент запуска).*

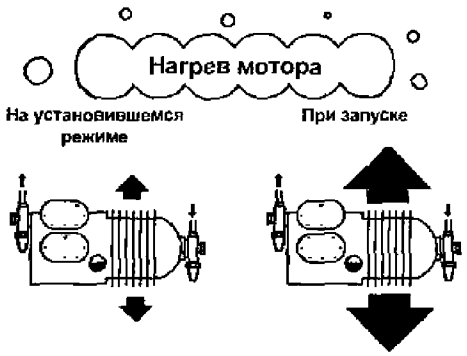


Рис.30.3

Вдобавок к механическим проблемам, которые мы смогли изучить выше, в компрессорах с встроенным электродвигателем при запуске возникают и электрические проблемы.

Действительно, при работе электродвигателей выделяется тепло, величина которого рассчитывается по хорошо известному закону: $W=R \cdot I^2 \cdot T$

то есть пропорционально квадрату силы тока, потребляемого двигателем.

Но в момент запуска сила тока может примерно в 8 *раз превышать номинальное значение.*

Это означает, что в период запуска двигатель компрессора может нагреваться в 8x8=64 раза сильнее, чем при работе на номинальном режиме (см рис. 30.3).

При запуске холодного двигателя этот значительный нагрев не создает заметных проблем, так как тепло поглощается металлом двигателя.

Однако при большой частоте циклов «пуск/останов» мотор не успевает охлаждаться за короткое время между двумя пусками и запускается уже будучи подогретым, в результате чего обмотка испытывает нежелательный перегрев.

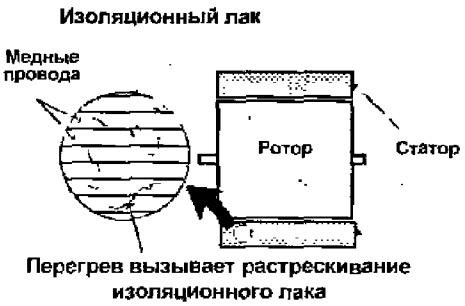


Рис.30.4

Когда этот перегрев становится угрожающим, о*стается только надеяться на* то, что встроенная защита компрессора сможет вовремя среагировать и отключить мотор до *того, как станет слишком поздно.* Итак, когда компрессор со встроенным двигателем работает с большой частотой циклов «пуск-останов», повышенные значения пусковых токов, потребляемых мотором, *приводят к заметному перегреву обмоток. С* течением времени этот постоянный перегрев приводит к возникновению *трещин в* изоляционном лаке, покрывающем медные провода, из которых выполнена обмотка статора двигателя (см. рис.30.4).

Появление таких трещин может спровоцировать короткое замыкание между двумя соседними витками обмотки статора и перегорание электромотора со всеми вытекающими из этого неприятностями.

Заметим, что большинство встроенных электродвигателей компрессоров сгорают в момент запуска, когда пусковой ток наиболее значителен.

C) Как избежать слишком частых запусков ?

Один из наиболее часто применяемых способов заключается в использовании вместо одного *нескольких компрессоров,* с суммарной мощностью, отвечающей максимальной потребности в холоде. В качестве примера рассмотрим описанную выше установку (потребность в холоде равна 10 кВт), в которой вместо о*дного компрессора* производительностью 10 кВт установлены *два компрессора* мощностью по 5 кВт каждый (см. рис. 30.5).

Когда потребность в холоде ниже 5 кВт, будет работать только компрессор №1. Компрессор №2 остается выключенным и будет задействован, только если потребность в холоде превысит 5кВт.

При потребностях в холоде 2,5 кВт компрессор №1 будет работать следовательно 30 минут в час, а компрессор №2 будет стоять (в тех же условиях компрессор с единичной мощностью 10 кВт будет работать только 15 минут в час).

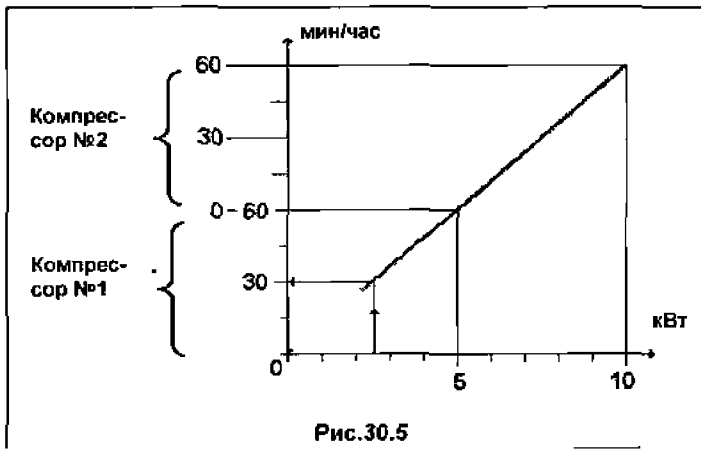


Рис.30.5

При потребностях в холоде 5 кВт компрессор №1 будет работать 60 минут в час (при стоящем втором компрессоре), что заметно понижает частоту циклов «запуск-останов».

Предположив, что потребность в холоде составляет 2,5 кВт, а установка оборудована 4 компрессорами с мощностью 2,5 кВт каждый, работать будет только один компрессор, причем продолжительность работы составит 60 минут в час, в то время как три остальных будут стоять. Таким образом циклы «пуск-останов» будут совершенно исключены, однако если потребность в холоде понизится до 0,5 кВт, например, проблема возникнет вновь, так как при трех стоящих компрессорах четвертый будет работать 12 минут в час (что тем не менее лучше, если бы мы имели компрессор с единичной мощностью 10 кВт, который в этом случае работал бы 3 минуты в час.).

Итак, мы видим, что при одной и той же максимальной потребной холодопроизводительности чем большее число компрессоров ее *обеспечивает (или чем больше число ступеней холодопроизводительности),* тем сильнее понижается частота циклов «пуск-останов».

30.1. УПРАЖНЕНИЕ 1

Чтобы обеспечит равномерность работы компрессоров, система автоматики часто оборудуется ручным или автоматическим переключателем, обеспечивающим переход с одного компрессора на другой.

Предложите принципиальную электрическую схему, позволяющую вручную переходить с одного компрессора на другой для системы из 2 компрессоров с двухступенчатым задающим термостатом (используйте биполярный переключатель с двумя перебрасывающимися контактами).

Ответ:

Такая схема представлена на рис.30.6.

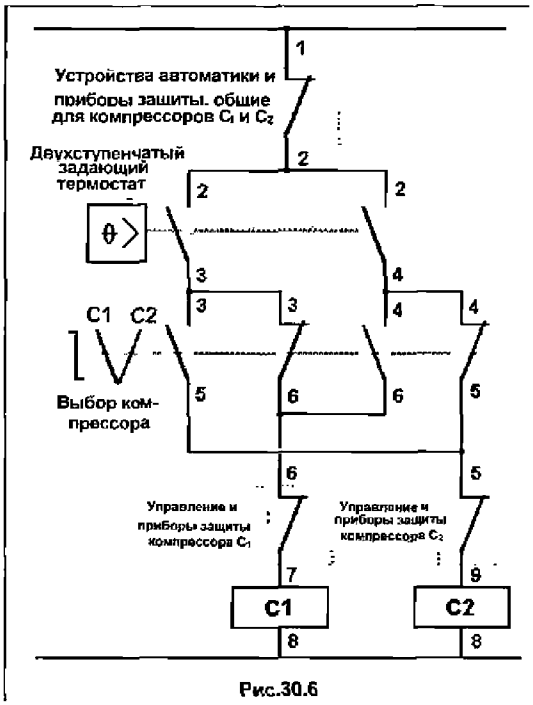


Рис.30.6

В верхней части схемы находятся соединенные последовательно общие для компрессоров **C1 и C2** устройства автоматики и предохранители (контакты 1-2),

Когда переключатель находится в положении **C1,** первая ступень термостата (контакты 2-3) подключает компрессор C1 через контакты (3-6) переключателя. Если в охлаждаемом объеме температура растет, вторая ступень термостата (контакты 2-4) замыкается и через контакты (4-5) переключателя подключает компрессор C2.

Когда переключатель находится в положении **C2,** первая ступень термостата подключает через контакты (3-5) компрессор C2, а вторая ступень подключает компрессор **C1** через контакты (4-6) переключателя.

Таким образом, первая ступень термостата всегда работает только на основной компрессор (которым может быть как C1, так и C2) и вручную или по сигналу от приборов защиты останавливается только тот компрессор, на который подается соответствующая команда.

Мы смогли убедиться, что дробление холодопроизводительности повышает длительность работы компрессора в цикле, что значительно снижает число запусков в час и позволяет повысить надежность и продлить срок службы компрессоров.

Вместе с тем, чтобы еще больше о*граничить* число запусков в единицу времени часто используют *устройство для предотвращения высокой частоты циклов «пуск-останов»,* в качестве которого применяют реле времени или часовой механизм. Эти механизмы предназначены для установления *минимальной паузы* между двумя последующими запусками, чтобы ограничить число циклов «пуск-останов» для работающих компрессоров (главным образом со встроенными электромоторами). После остановки компрессора, оборудованного таким устройством, его включение невозможно до тех пор, пока не пройдет определенный промежуток времени (например, 6 минут, если мы хотим, чтобы в час было не более 10 запусков), достаточный для охлаждения встроенного мотора. На рис. 30.7 показано применение такого устройства, в качестве которого используется реле времени, в схеме управления работой компрессора, останавливаемого с выполнением одномоментного вакуумирования.

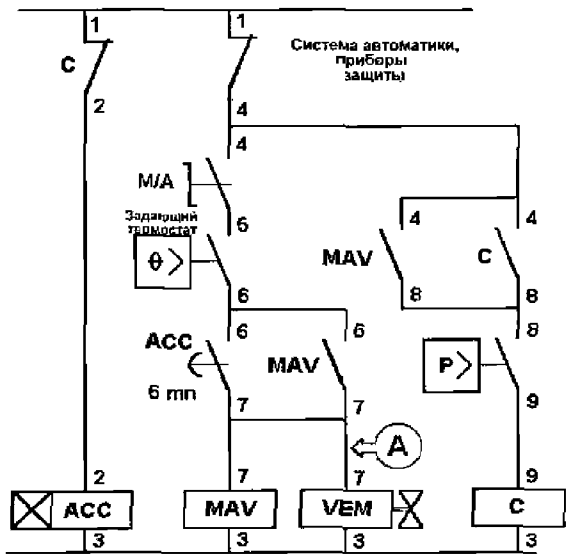


Рис. 30.7

Когда замыкаются контакты **(5-6)** задающего термостата, клапан VEM и реле вакууми-рования **MAV(7-3)** будут запитаны только в том случае, если замкнут контакт **(6-7)** реле времени **ACC,** то есть только если реле времени **ACC (2-3)** *находится под напряжением* более 6 минут. Так как реле **ACC** управляется через контакты контактора компрессора **C(1-2),** *это означает, что после остановки компрессора* ***по любой причине*** *запуска не произойдет до тех пор, пока не пройдет 6 минут после остановки.*

Таким образом, остановка компрессора системой автоматики или приборами защиты **(1-4),** или ручным выключателем «пуск-останов-» **(4-5),** или задающим термостатом **(5-6),** или задающим/предохранительным прессостатам НД **(8-9)** каждый раз приводит к задействованию реле времени **ACC,** что гарантирует не более 10 запусков компрессора в час (при временной задержке 6 минут).

По поводу схемы рис. 30.7 заметим также, что как только компрессор запускается, контакт **C(1-2)** размыкается, снимая питание с реле **ACC(2-3),** что приводит к немедленному размыканию контакта **ACC(6-7).** Следовательно, контакт **MAV(6-7)** необходим для самозапитывания реле MAV и клапана **VEM** после размыкания контакта **ACC(6-7),** в противном случае компрессор начинает вакуумирование сразу после своего запуска, затем через 6 минут запускается опять и снова начинает вакуумирование (и так далее).

Однако в схеме рис. 30.7 присутствует небольшая ошибка (перед тем, как продолжить чтение, попытайтесь найти ее, имея в виду, что она находится в месте, обозначенном литерой А).

По истечении 6 минут после остановки компрессора контакт **ACC(6-7)** замыкается, но компрессор сможет запуститься только тогда, когда замкнут контакт задающего термостата (5-6), что в общем-то правильно.

Однако представим себе, что в обмотке реле **MAV** возникла неисправность (оборван провод или отсутствует контакт). *Как вы думаете, что произойдет в этом случае при замыкании контактов задающего термостата?*

Когда контакт (5-6) термостата замкнется, реле MAV не будет запитано, а клапан **VEM** останется под напряжением, пропуская жидкость в испаритель в то время, как компрессор С не сможет запуститься!

Чтобы избежать такой опасности, рекомендуется (для полной гарантии) установить нормально разомкнутый контакт реле MAV в цепи клапана VEM **(поз.** А).

30.2. УПРАЖНЕНИЕ 2

Представьте, что вы осуществляете первый запуск холодильной установки, в которой предусмотрена остановка компрессора с минимальной защитой, а сама установка подключена по схеме, представленной на рис. 30.9.

- Проанализируйте работу этой схемы. Что Вы о ней думаете?
- Какие изменения нужно внести в схему для ее нормальной работы с соблюдением принципов ограничения частоты циклов «запуск-останов», которые мы только что рассмотрели?

Ответ:

Принимаем, что компрессор стоит больше 6 минут, то есть контакт ACC(3-4) замкнут.

Когда контакты (2-3) задающего термостата замкнутся, компрессор С запускается, размыкая контакты С(1-6) и снимая тем самым питание с реле ACC(6-5).

Поскольку реле **ACC** больше не запитано, его контакт **ACC(3-4)** сразу же размыкается, что приводит к *немедленной* остановке компрессора, который, следовательно, получает очень короткий электрический импульс. *Заметим, что клапан **VEM** все время остается под напряжением.*

Спустя 6 минут контакты **ACC (3-4)** замыкаются и компрессор С вновь *получает короткий электрический импульс на запуск и немедленно останавливается* (и так далее...). То есть компрессор не может запуститься никогда!

Чтобы исключить этот режим, необходимо параллельно с контактом реле времени **ACC** ввести в схему самоудерживающий **контакт С(3-4),** как показано на рис. 30.10.

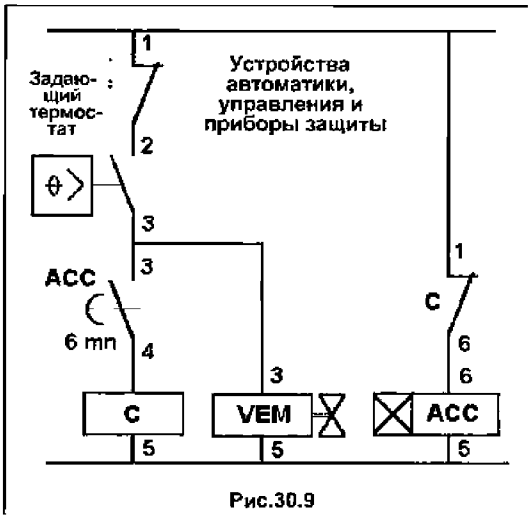


Рис.30.9

Более того, при неисправностях (обрыв обмотки...) в обмотке **С(4-5)** клапан VEM остается постоянно под напряжением (контакты **ACC(3-4)** остаются замкнутыми), тогда как компрессор не может запуститься. Контакты **С(4-6)** позволяют исключить такое явление.

Наконец, представим, что компрессор был остановлен более 6 минут. В этот момент, если задающий термостат (или прибор защиты...) замыкает свой контакт, необходимо обеспечить *немедленный запуск компрессора,* потому что имеется потребность в холоде и длительность предшествующей остановки достаточно велика.

Для этого нужно клемму 1 контакта **С(1-7)** подключить к сети до задающего термостата **(2-3)** и цепи «устройства автоматики, управления и приборы защиты» **(1-2)** *и ни в коем случае не после них,* иначе нужно будет ждать еще 6 минут дополнительно перед каждым запуском.

Электрические устройства, предотвращающие повышение частоты циклов «пуск-останов», которые мы только что рассмотрели, хотя и увеличивают срок службы компрессоров, тем не менее не исключают другой проблемы, особенно критичной для воздушных кондиционеров, а именно изменений поддерживаемой температуры, и *особенно температуры воздушной струи на выходе из испарителя в компрессорах, склонных к пульсирующему режиму работы под действием органов регулирования.*

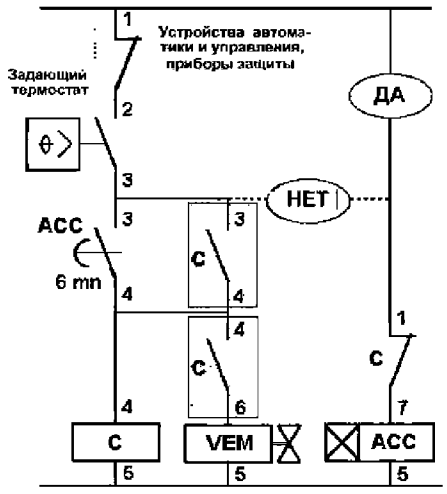


Рис. 30.10

Рассмотрим, например, одиночный компрессор, управляемый задающим термостатом, который включает компрессор при температуре в охлаждаемом объеме 22°С и выключает при температуре 21 °С.

Когда температура в охлаждаемом объеме достигает 22 °С (см. **точку 1** на рис. 30.11), контакт термостата замыкается и компрессор запускается **(точка** 2). Испаритель очень быстро начнет охлаждать проходящий через него воздух и температура воздушной струи, которая была равна примерно 22°С **(точка** 3), очень быстро упадет.

Поскольку компрессор переразмерен по отношению к потребностям в холоде в данный момент, температура в охлаждаемом объеме также очень быстро упадет и при 21 °С **(точка** 4) термостат остановит компрессор **(точка** 5).

Так как испаритель больше не охлаждает, температура воздушной струи на выходе из него, которая была равна 16°С **(точка** 6), вновь быстро поднимется (и так далее...).

Следовательно, температура воздушной струи будет ***постоянно*** меняться от 22° С до 16°С, а ***потом*** от 16°С до 22°С (причем это будет происходить тем быстрее, чем больше переразмеренность компрессора), вызывая значительные ощущения дискомфорта у людей, при-1 сутствующих в кондиционируемом помещении, и ***многочисленные жалобы.***

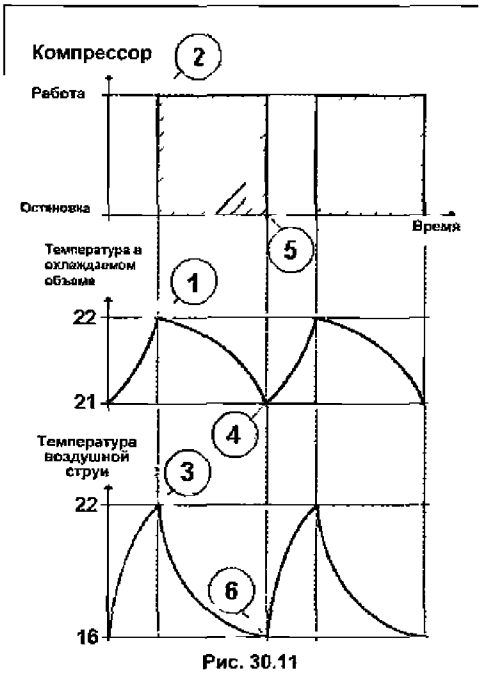


Рис. 30.11

Чтобы решить эту проблему, следует добиться соответствия между мощностью компрессора и потребностями в холоде в данный момент.

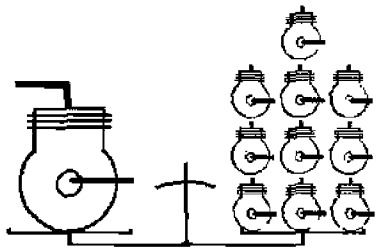
Таким образом, постоянно работающий компрессор (или по крайней мере работающий гораздо большее время) с переменной холодопроизводительностью не будет подвержен частым включениям и выключениям и избавит от больших и быстрых перепадов температуры воздушной струи на выходе из испарителя.

Ниже эта проблема будет рассмотрена более детально...

31. РЕГУЛЯТОР ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

31.1. СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ

Если компрессор имеет явно повышенную холодопроизводительность по отношению к потребностям в холоде в данный момент, мы только что убедились, что в этом случае температура в охлаждаемом объеме быстро падает и переразмеренность компрессора приводит к его частым запускам и остановкам. Вдобавок к преждевременному механическому износу компрессора, частые пуски и остановки, обусловленные работой регулятора температуры, вызывают очень быстрые изменения температуры воздушной струи на выходе из испарителя, что является недопустимым, особенно в кондиционируемых помещениях, так как порождает многочисленные жалобы со стороны находящихся там людей.



10кВт=10×1кВт.
Слишком мелкое дробление нецелесообразно.

Рис. 31.1

Решение проблемы состоит в исключении частого повторения циклов «запуск-останов» за счет максимально возможного дробления полной холодопроизводительности. Так, вместо того, чтобы иметь один компрессор с мощностью 10 кВт, предпочтительнее установить 2 компрессора по 5 кВт каждый. Еще лучше будет иметь 10 компрессоров по 1кВт каждый (см. рис. 31.1) или даже 20 компрессоров по 0,5 кВт каждый.

Конечно, по соображениям трудностей реализации и чрезвычайно высокой стоимости слишком мелкое дробление мощностей нельзя считать целесообразно.

Следовательно, решение будет заключаться в определении максимально допустимого числа компрессоров и их оборудовании системой автоматического регулирования мощности, что позволит, *снижая холодопроизводительность по мере падения потребностей в холоде,* увеличить время работы компрессоров и уменьшить частоту циклов «пуск-останов».

Существует много систем регулирования холодопроизводительности, но мы будем наиболее подробно изучать *регулятор производительности,* представляющий собой автоматический клапан, широко используемый в установках малой и средней мощности. Работа такого регулятора основана на том, чтобы поддерживать почти постоянным полный перепад температур на испарителе, то есть увеличивать давление испарения, когда температура воздуха на входе в испаритель уменьшается *(см. так же раздел 3.1. Испаритель с прямым циклом расширения. Нормальная работа.)*.

На вход в регулятор подается высокое давление (ВД) из магистрали нагнетания, выход соединяется со всасывающей магистралью низкого давления (НД). Конструкция полости ВД такова, что площади поверхностей сильфона и седла клапана одинаковы. Поэтому ВД действует с *одинаковой силой* как на сильфон (вверх), так и на клапан (вниз), в результате положение штока клапана не меняется при любой величине ВД (см. рис. 31.2).

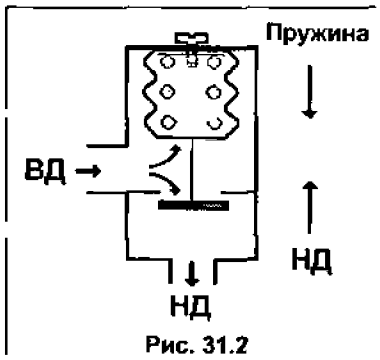


Рис. 31.2

Следовательно, остаются только две противодействующие силы: сила пружины, открывающая клапан, и сила НД, закрывающая его.

Если НД начинает падать, это указывает, что температура понижается и, следовательно, компрессор становится переразмеренным. В этот момент сила пружины начинает преобладать над силой НД и регулятор производительности открывается, *осуществляя постоянный перепуск* хладагента из высоконапорной части контура в низконапорную, что снижает расход хладагента через испаритель.

Снижение расхода хладагента уменьшает холодопроизводительность и одновременно замедляет падение окружающей температуры, что нам и требовалось осуществить.

Подключение регулятора производительности можно выполнить двумя различными способами. Рассмотри преимущества и недостатки каждого из этих способов.

A) Регулятор производительности с перепуском во всасывающую магистраль

При таком способе регулятор производительности **(поз.1** на рис. 31.3) устанавливается непосредственно между патрубками нагнетания и всасывания компрессора.

Когда температура воздуха на входе в испаритель высокая **(поз.2),** давление испарения **(поз.3)** также достаточно высокое, чтобы удерживать регулятор в закрытом положении: компрессор работает на полную мощность.

При уменьшении температуры воздуха на входе в испаритель давление испарения начинает падать. Отслеживая это падение, регулятор постепенно открывается, перепуская перегретые пары из патрубка нагнетания во всасывающий патрубок, что сразу же ограничивает падение давления испарения.

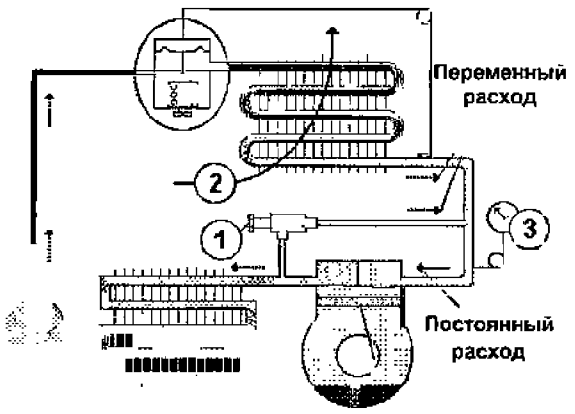


Рис. 31.3

Заметим, что расход хладагента через компрессор остается практически *неизменным,* каким бы ни было положение клапана регулятора, а расход через конденсатор, жидкостную магистраль и испаритель *меняется в* зависимости от того, насколько открыт регулятор.

Когда регулятор открыт, перепуск горячего газа во всасывающий патрубок приводит к снижению холодопроизводительности испарителя благодаря двум основным факторам:

- во-первых, *расход хладагента через испаритель* падает (часть хладагента перепускается минуя испаритель во всасывающий патрубок), тем самым снижая холодопроизво-дительность;
- во-вторых, при повышении температуры испарения *уменьшается температурный перепад между хладагентом и поступающим на вход в испаритель воздухом,* что также снижает холодопроизводительность, поскольку ухудшается интенсивность теплообмена (в пределе, если хладагент имеет ту же температуру, что и воздух, теплообмен отсутствует и холодопроизводительность становится нулевой, см. рис. 31.4).

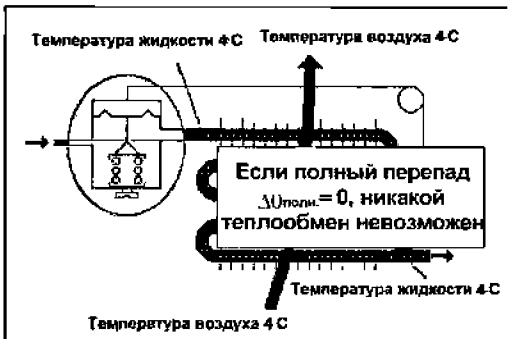


Рис. 31.4

Когда уменьшаются потребности в холоде, регулятор производительности пропорционально снижает холодопроизводительность испарителя, *время, которое необходимо для достижения температуры отключения компрессора, увеличивается и компрессор будет работать дольше, что уменьшает возможность возникновения пульсирующего режима работы компрессора под действием задающего термостата.*

B) Проблемы, связанные с перепуском горячего газа во всасывающую магистраль

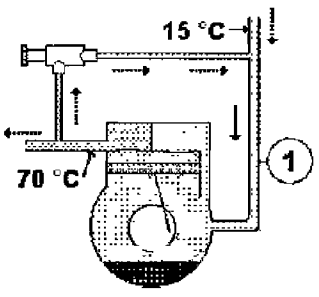


Рис. 31.5

Монтаж регулятора производительности с перепуском горячего газа непосредственно во всасывающий патрубок имеет некоторые недостатки, хотя и представляется исключительно безупречным.

На рисунке 31.5 показана ситуация, когда потребности в холоде достаточно высоки. При этом регулятор производительности закрыт и компрессор всасывает газ, приходящий из испарителя, например, при температуре 15°C и нагнетает его в конденсатор при температуре 70° C (то есть перепад температур в компрессоре, обусловленный его работой, равен 55°C).

Как только давление испарения начнет падать, регулятор станет открываться и перепускать во всасывающий патрубок пары хладагента, перегретые до 70°C, что приведет к подъему температуры в точке 1 (например, до 25°C).

Но так как работа сжатия не меняется (поскольку расход хладагента через компрессор остается постоянным), температурный перепад на компрессоре также не меняется и температура нагнетания достигнет 25+55=80°C.

Поскольку температура нагнетания повышается, пары, впрыскиваемые во всасывающий патрубок, становятся еще горячее, что вновь поднимает температуру в точке 1 (и так далее...).

Следовательно, температура всасываемых паров будет повышаться очень быстро и тем больше, чем больше будет открыт регулятор производительности.

Таким образом, непосредственный впрыск горячих паров во всасывающую магистраль следует считать неприемлемым, особенно для компрессоров со встроенным электродвигателем, охлаждение которого производится за счет всасываемых паров.

В этом случае приходится охлаждать всасываемые пары, используя для этого специальный ТРВ, называемый ТРВ впрыска (см. рис. 31.6).

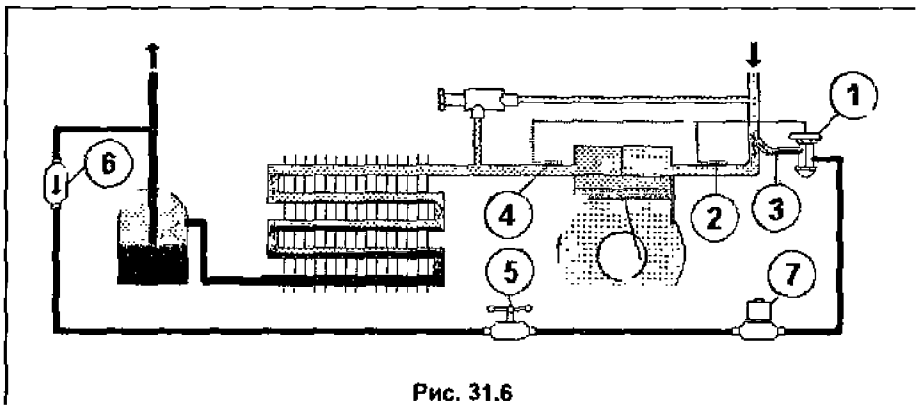


Рис. 31.6

ТРВ впрыска **(поз.1)** контролирует температуру всасываемых паров с помощью своего термобаллона (поз.2) и впрыскивает прошедшую через дроссельное отверстие ТРВ жидкость против потока во всасывающую магистраль **(поз.3)** с тем, чтобы по возможности наиболее эффективно охладить газ, всасываемый компрессором.

Таким образом, когда давление испарения уменьшается, что приводит к открытию регулятора производительности, термобаллон ТРВ впрыска реагирует на повышение температуры, и тотчас же открывается ТРВ впрыска, чтобы с помощью переохлажденного хладагента поддержать температуру всасываемых паров в разумных пределах, *позволяющих обеспечить нормальное охлаждение двигателя компрессора.*

Заметим, что в зависимости от модификаций термобаллон ТРВ впрыска может устанавливаться как на всасывающей магистрали **(поз.2),** так и на магистрали нагнетания **(поз.4).**

Ручной вентиль **(поз.5)** позволяет регулировать максимальный расход жидкого хладагента, впрыскиваемого во всасывающий патрубок, таким образом, чтобы *исключить любую возможность* гидроударов в компрессоре, даже если ТРВ впрыска открыт полностью.

Фильтр **(поз.6)** часто устанавливается на жидкостной линии, чтобы защитить магистраль от возможных загрязнений, а электроклапан **(поз.7)** позволяет избежать вредных последствий впрыска жидкости во всасывающую магистраль при остановках компрессора.

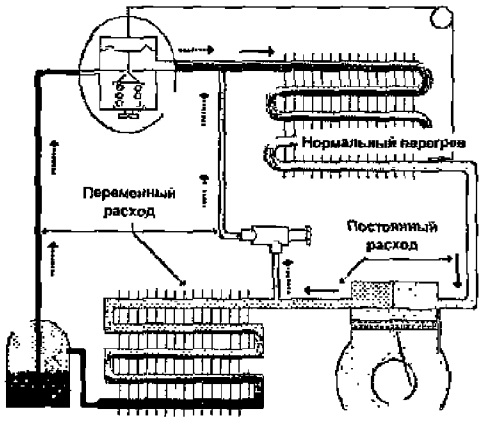


Рис. 31.7

C) Регулятор производительности с перепуском на вход в испаритель

При таком способе регулятор производительности соединяется не со всасывающим патрубком компрессора, а с *выходом ТРВ* (см. рис. 31.7).

Принцип работы при таком способе подключения регулятора абсолютно идентичен описанному выше, однако перепуск горячих газов в этом случае осуществляется не во всасывающую магистраль, а на вход в испаритель.

Огромное преимущество такого монтажа заключается в том, что ТРВ продолжает поддерживать расход хладагента через себя в зависимости от температуры своего термобаллона и, следовательно, *обеспечивает постоянство перегрева паров, выходящих из испарителя.*

В результате газы, выходящие из испарителя, имеют абсолютно нормальную температуру, что позволяет без проблем обеспечивать охлаждение двигателя компрессора.

При таком способе, в отличие от описанного выше перепуска газа на вход в компрессор, *установка ТРВ впрыска становится совершенно излишней.*

Заметим, наконец, что расход хладагента, проходящего через испаритель и компрессор остается практически постоянным независимо от положения, в котором находится клапан регулятора производительности.

С другой стороны, также как и в предыдущем варианте, где впрыск производится во всасывающий патрубок компрессора, в конденсаторе и жидкостной магистрали расход переменный.

D) Проблемы, связанные с перепуском газа на вход в испаритель

Большинство испарителей с прямым циклом расширения, мощность которых превышает несколько сотен ватт представляют собой набор множества секций, соединенных в параллель и запитываемых при помощи специального распределительного устройства, называемого распределителем жидкости.

Поэтому при перепуске горячего газа на вход в испаритель магистраль впрыска газа должна соединяться с магистралью подачи хладагента в испаритель только между выходом из ТРВ и входом в распределитель жидкости.

Однако в некоторых случаях такое подключение чревато возможностью срабатывания предохранительного прессостата НД, если расход горячего газа становится слишком большим, а подключение магистрали впрыске выполнено с помощью обычного тройника.

Такое явление возникает главным образом тогда, когда производительность регулятора превышает 40% полной производительности.

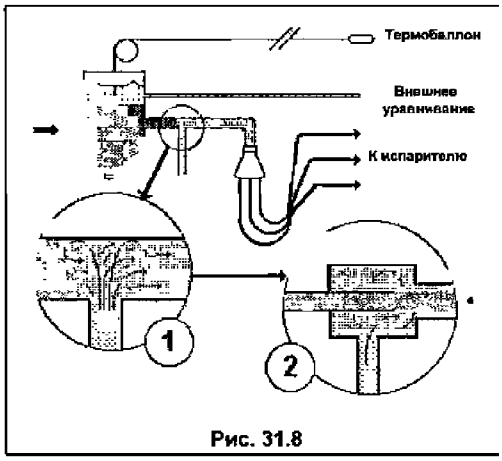


Рис. 31.8

Действительно, когда количество впрыскиваемого горячего газа становится большим, *поток этого газа в тройнике **(поз.1** на рис. 31.8) порождает турбулентность, достаточную для того, чтобы воспрепятствовать прохождению жидкости, поступающей из ТРВ.*

Если вихри горячего газа в тройнике слишком интенсивные, жидкость с огромным трудом проходит через них, и ее подача в испаритель ухудшается. Поскольку компрессор при этом продолжает всасывать с прежней силой, в испарителе с плохой подпиткой начинает падать давление испарения.

Падение давления испарения приводит к увеличению расхода перепускаемого газа, что еще больше усиливает вихреобразование и еще сильнее препятствует прохождению жидкости в испаритель (и так далее, пока не сработает предохранительный прессостат НД...).

Во избежание такого явления рекомендуется использовать специальный тройник, называемый газожидкостным смесителем (см. **поз.2** на рис. 31.8), который обеспечивает получение равномерной смеси газа и жидкости на входе в распределитель жидкости.

Заметим также, что диаметр трубок, выходящих из распределителя жидкости, выбирался исходя из того, что каждая трубка должна пропускать определенный расход жидкости. Однако мы знаем, что при равной массе пары занимают гораздо больший объем, чем жидкость (см. *раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов.)*.

Таким образом, если расход горячего газа становится слишком большим, диаметр трубок питания может оказаться недостаточным для пропуска такого количества газа, перемешанного с жидкостью, и в этих трубках резко возрастут потери давления. В таком случае может возникнуть необходимость замены распределителя жидкости *(всякий, кто имеет уже установленный и запаянный распределитель жидкости, поймет, что проще ограничить расход газа и не трогать распределитель жидкости)*.

Наконец, обратим ваше внимание на то, что при таком способе перепуска предпочтительнее использовать распределитель жидкости на основе трубок Вентури, которые обладают низкими потерями давления, чем распределители жидкости диафрагменного типа, потери давления в которых гораздо более значительны.

31.2. УПРАЖНЕНИЕ

Априори представляется более заманчивым перепускную магистраль регулятора производительности подсоединять между ТРВ и питателем, чем к магистрали всасывания компрессора, поскольку это позволяет избежать использования (довольно сложного) ТРВ впрыска.

Однако встречаются установки, с полным основанием оборудованные регуляторами с перепуском во всасывающую магистраль.

Итак, в каких случаях впрыск после ТРВ невозможен?

Ответ

Ответ очень простой: впрыск после ТРВ невозможен, если установка состоит из нескольких испарителей, то есть если один компрессор обслуживает несколько испарителей.

Рассмотрим простой пример установки, оснащенной одним компрессором и несколькими испарителями, работающими при одной и той же температуре, но находящимися в разных помещениях (см. рис. 31.9).

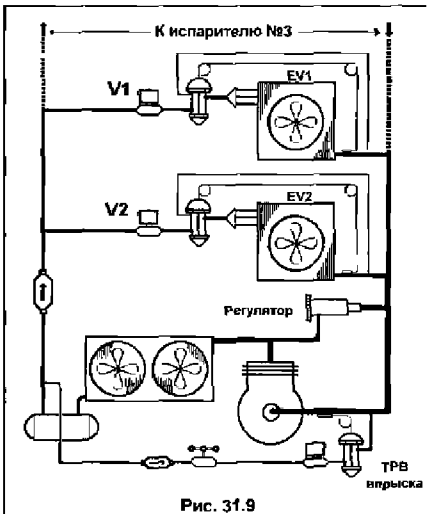


Рис. 31.9

Если температура в помещении, охлаждаемом испарителем EV1 становится приемлемой, регулятор отключает его при помощи электроклапана V1, в то время как другие испарители продолжают работать.

Испаритель EV1 больше не производит паров, а компрессор продолжает работать и давление испарения начинает падать.

Куда в этот момент следует производить впрыск горячих газов? В EV2?? В EVз? (причем делать это надо автоматически, а сети могут быть и гораздо более сложными).

Наиболее простым и экономичным решением в данном случае является впрыск во всасывающий патрубок компрессора, что требует обязательного использования ТРВ впрыска.
Заметим также, что применение впрыска во всасывающую магистраль компрессора может иногда оказаться целесообразным, если испаритель находится слишком далеко от компрессора и требуется сократить длину перепускной магистрали.

Е) Общие проблемы, возникающие при использовании регуляторов производительности

При изменении расхода (а следовательно и скорости) хладагента всегда возникают проблемы с обеспечением нормальной циркуляции масла в холодильном контуре и его возвратом в компрессор *(см. раздел 37. Проблемы возврата масла.)*.

Однако, если регулятор производительности перепускает горячий газ на вход в компрессор ***(поз.1*** на рис.31.10), то расход хладагента через испаритель становится переменным.

Поэтому диаметр и расположение всасывающих трубопроводов должны определяться гораздо более тщательно, особенно если испаритель расположен относительно далеко от компрессора или ниже него.

С другой стороны, если перепуск осуществляется в точку между ТРВ и испарителем **(поз.2** на рис. 31.10), расход хладагента через испаритель остается практически постоянным и опасность возникновения проблем с возвратом масла при этом снижается.

Однако *куда бы ни производился перепуск,* расход хладагента (и скорость) в магистрали нагнетания, конденсаторе и жидкостной линии всегда будет переменным.

Если изменения скорости хладагента в жидкостной магистрали не создают серьезных проблем, то к значениям скорости в нагнетающей магистрали, особенно при наличии разности в уровнях, нужно относится чрезвычайно внимательно из-за опасности столкнуться с большими неприятностями, обусловленными плохим возвратом масла.

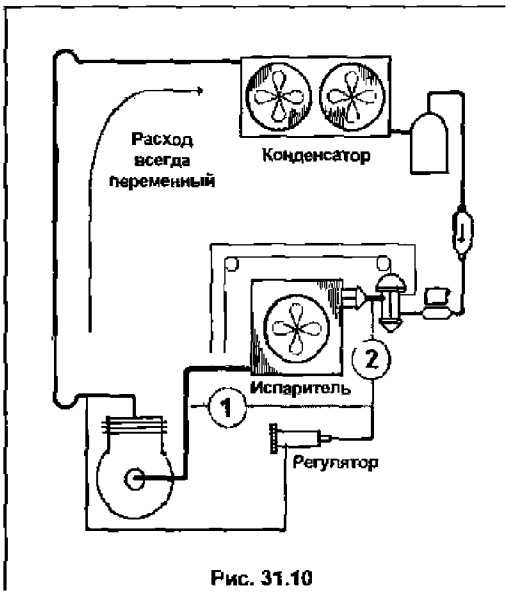


Рис. 31.10

Заметим также, что независимо от способа перепуска переменным будет и расход хладагента через ТРВ.

Итак, если регулятор производительности полностью открыт и перепускает максимальное количество хладагента, расход последнего через ТРВ может упасть настолько, что появится опасность переразмеренности ТРВ (см. *раздел 8.2. Замечания по поводу пульсаций ТРВ).*

Чтобы избежать такой опасности, рекомендуется выбирать регулятор производительности исходя из условия, по которому его пропускная способность не превышала бы 40% полной производительности компрессора.

Использование регуляторов производительности для изменения холодопроизводительности связано и с другим типом проблем, возникающих в вопросах потребления электроэнергии.

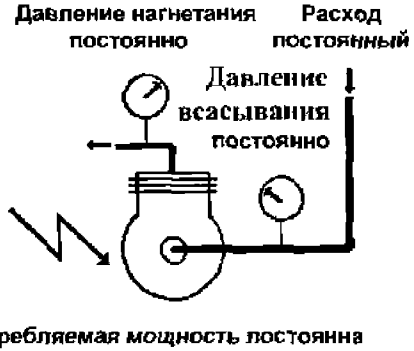
Попробуйте понять, что это за проблемы, до того, как продолжите чтение.

При любом способе перепуска хладагента его расход через компрессор остается практически постоянным, также как и рабочие значения давлений всасывания и нагнетания.

Следовательно, потребляемая компрессором мощность также остается постоянной (см. рис. 31.11).

Поскольку с падением холодопроизводительности потребляемая электрическая мощность не снижается, с энергетической точки зрения такой способ регулирования *является совершенно неэкономичным.*

Этот недостаток ограничивает использование регулятора производительности установками, мощность которых относительно небольшая. Поэтому для установок с поршневыми компрессорами повышенной мощности более распространен способ регулирования производительности, заключающийся в изменении числа работающих цилиндров и снижении за счет этого расхода хладагента, что приводит одновременно к снижению потребляемой электрической мощности.



Потребляемая мощность постоянна

Рис 31.11

F) Настройка регулятора производительности

В качестве примера рассмотрим одиночный компрессор, задающий термостат которого настроен так, что запуск компрессора происходит при 23°C, а останов при 21 °C (обычный кондиционер).

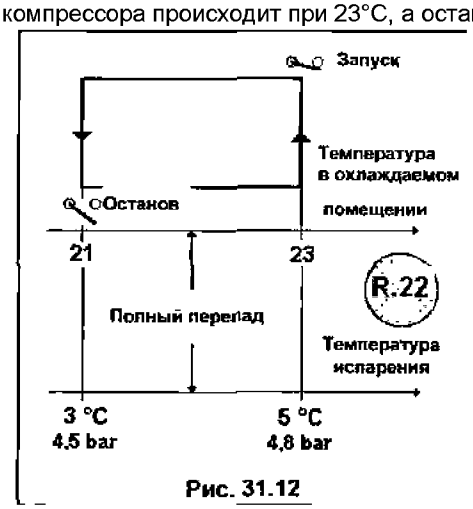


Рис. 31.12

Мы знаем, что полный перепад температур ΔΘполн. на испарителе остается практически неизменным (см. *раздел 7. Влияние температуры охлаждаемого воздуха)*. Принимая, что в нашем испарителе полный перепад температуры равен 18°C, получим в момент запуска температуру испарения 23°-18°=5°C (то есть давление испарения равно 4,8 бара для R22), которая при остановке компрессора понизится до 21-18=3°C (то есть 4,5 бара, см. рис. 31.12).

Если регулятор производительности настроен таким образом, чтобы начинать открываться при давлении испарения ниже 4,5 бар, он будет постоянно закрытым при нормальной работе и компрессор будет включаться и выключаться, постоянно сохраняя 100% полной производительности.

При этом из-за неправильной настройки регулятора никаких преимуществ его использования вы не получите.

Если регулятор производительности настроен, например, на 4 бара (то есть 0°C), он будет служить только для ограничения падения температуры испарения в случае аномальных значений давления испарения (недостаток хладагента, слишком слабый ТРВ...), препятствуя обледенению испарителя.

С другой стороны, если регулятор производительности (допустим, что его мощность составляет 40% от полной мощности) настроен так, чтобы полностью открываться, когда замыкаются контакты термостата температуры в охлаждаемом помещении, компрессор будет запускаться, обеспечивая 60% полной производительности вместо предыдущих 100%.

При такой настройке, *когда потребности в холоде будут ниже 60%,* время, необходимое для достижения температуры отключения станет гораздо большим, чем если бы компрессор давал 100% холодопроизводительности, то есть желаемая цепь будет достигнута.

С другой стороны, *когда потребности в холоде окажутся выше 60%,* холодопроизводительность компрессора будет при запуске недостаточной и температура в охлаждаемом помещении начнет расти, одновременно повышая температуру испарения и вызывая, следовательно, постепенное закрытие регулятора до тех пор, пока не наступит равновесие между потребностью в холоде и холодопроизводительностью компрессора

В этом случае рост температуры в охлаждаемом помещении будет тем слабее, чем меньше перепад давления ΔP, установленный на регуляторе, и компрессор будет работать непрерывно в течение часа. Заметим, что перепад давления на регуляторе ΔP, называемый также *зоной линейности,* представляет собой разность между давлением, при котором регулятор *полностью открывается,* и давлением, при котором регулятор *полностью закрывается.*

Легко понять, что настройку такого типа будет очень сложно осуществить. Поэтому регуляторы производительности, управляемые непосредственно давлением испарения на практике наиболее часто настраиваются так, чтобы служить ограничителями давления испарения или предохраняющими антиобледенителями (в кондиционерах).

Чтобы обеспечить хорошую регулировку производительности с простой настройкой, превосходным решением является использование электромагнитного клапана перепуска, который управляется не давлением испарения, а значением температуры в кондиционируемом помещении, как это показано на схеме рис. 31.13.

В этой схеме датчик температуры S постоянно измеряет температуру в охлаждаемом помещении и выдает сигнал на электронный регулятор R.

Регулятор R управляет запуском и остановом **компрессора C** и определяет степень открытия перепускного **клапана V** *в зависимости от разницы между температурой, измеренной* **датчиком S** *и температурой, заданной потребителем.*

Главным преимуществом этого регулирующего устройства является постоянная возможность большой гибкости регулировки, так как температура в охлаждаемом помещении и есть тот самый параметр, который определяет положение клапана и работу компрессора.

В качестве примера рассмотрим представленный на графике рис. 31.14 процесс регулирования с использованием электронного регулятора, управляющего компрессором и перепускным клапаном. Когда температура в охлаждаемом помещении достигает 22° С, компрессор запускается при частично открытом перепускном клапане V (следовательно, компрессор запускается с пониженной производительностью).

В этот момент, если производительность компрессора *выше* потребностей в холоде, температура в охлаждаемом помещении начнет падать.

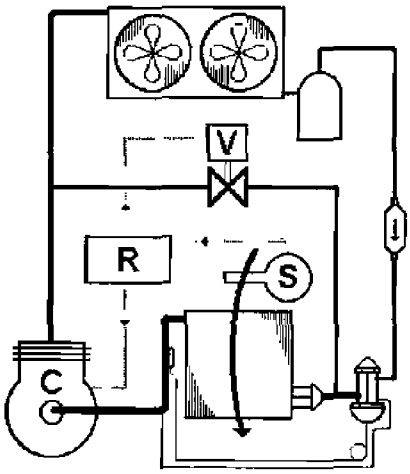


Рис. 31.13

По мере того, как снижается температура в охлаждаемом помещении, клапан V открывается, уменьшая холодопроизводительность, *что замедляет падение температуры, повышая тем самым продолжительность работы компрессора.*

Для понижения температуры в охлаждаемом помещении с21,5°С до 21 °С компрессор продолжает работать с *пониженной производительностью* при полностью открытом клапане V. Когда температура достигает 21 °С, компрессор останавливается

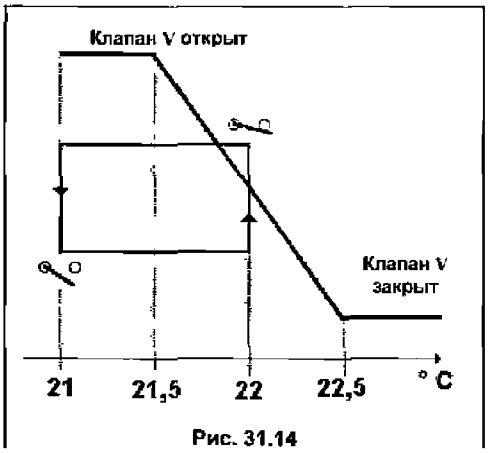


Рис. 31.14

С другой стороны, если производительность компрессора при запуске *ниже,* чем потребность в холоде, температура в охлаждаемом помещении будет продолжать расти.

В этом случае клапан V закрывается, что повышает производительность компрессора до тех пор, *пока она не станет равной потребностям в холоде.* Компрессор при этом постоянно работает и в нашем примере достигает полной производительности при температуре в охлаждаемом помещении 22,5°С.

Этот способ регулирования и настройки полностью закрывает все вопросы проблемы повышенной частоты циклов «пуск-останов», которые рассматривались в предыдущем разделе. Правда при этом величина давления испарения не влияет на положение перепускного клапана, а антиобледенительная безопасность испарителя кондиционеров не обеспечивается (с другой стороны вряд ли это входит в задачу регуляторов производительности).

G) Другие проблемы, связанные с использованием регуляторов производительности

Когда остановка компрессора производится с вакуумированием *(см. раздел 29. Остановка холодильных компрессоров),* электроклапан устанавливается на жидкостной магистрали ***(поз.1*** на рис. 31.15) как можно ближе к ТРВ.

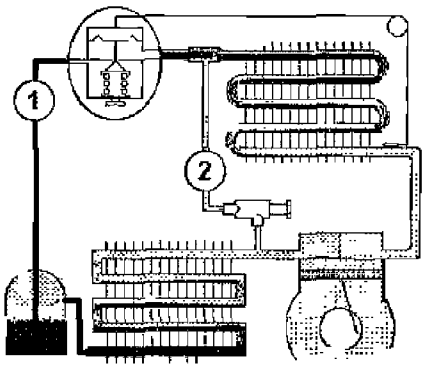


Рис. 31.15

Но если для вакуумирования задающий термостат выключает этот клапан, *вполне нормальное падение давления испарения* может вызвать одновременное открытие регулятора производительности и затруднить нормальное вакуумирование.

Что вы предложили бы, чтобы избежать этого?

Когда компрессор останавливается с вакуумированием, обязательно на перепускной магистрали должен устанавливаться еще один электроклапан ***(поз.2*** на рис.

31.15), который необходимо отключать одновременно с отключением клапана на жидкостной магистрали, чтобы обеспечить нормальное вакуумирование установки.

Дополнительно к этому, *независимо от места подачи перепускаемого хладагента,* на магистрали перепуска рекомендуется устанавливать ручной вентиль, чтобы упростить операции по обслуживанию установки (см. рис. 31.16).

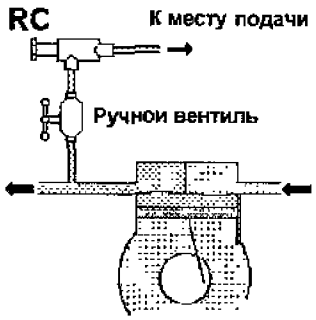


Рис. 31.16

Например, при проверках или ремонте, если ремонтник захочет отвакуумировать испаритель и всасывающую магистраль, закрыв вентиль на жидкостной магистрали, вакуумирование будет невозможным из-за того, что регулятор производительности *открывается, как только упадет давление испарения.*

Благодаря ручному вентилю можно перекрыть перепускную магистраль и осуществить вакуумирование испарителя без *перенастройки регулятора производительности.*

Если вентиль установлен *перед* регулятором (как на схеме рис. 31.16), это дополнительно позволяет снять (в случае проблем) регулятор без потерь хладагента, находящегося в конденсаторе и ресивере. Заметим также, что, частично перекрывая ручной вентиль, *можно ограничить расход перепускаемого хладагента,* если регулятор производительности слишком сильно переразмерен и случаются проблемы.

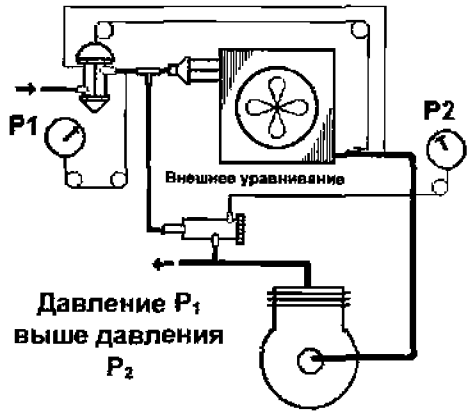


Рис. 31.17

Отметим, наконец, что некоторые типы регуляторов производительности, используемые главным образом для перепуска хладагента на выход из ТРВ, оснащены трубкой отбора давления (называемой внешним уравниванием), *которая предназначена для соединения* со *всасывающей магистралью компрессора.*

Действительно, вместо поддержания давления испарения, устанавливающегося между ТРВ и распределителем жидкости, внешнее уравнивание позволяет контролировать *фактическое значение давления испарения* на входе в компрессор, что обеспечивает учет потерь давления в питателе, испарителе и, при необходимости, в магистрали всасывания (см. рис. 31.17).

Внешнее уравнивание ***всегда*** должно быть подключено к всасывающей магистрали, иначе регулятор не сможет нормально работать.

Однако будьте внимательны и не путайте патрубки отбора давления внешнего уравнивания с манометрическим патрубком отбора давления, которым оборудуются некоторые типы регуляторов давления (например, регулятор давления испарения, часто используемый в торговом холодильном оборудовании)

32. ПОЧЕМУ НУЖНО РЕГУЛИРОВАТЬ КОНДЕНСАТОРЫ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Ранее мы смогли увидеть, что в холодильных установках, оснащенных конденсаторами с воздушным охлаждением, полный перепад температуры (то есть разность между температурой конденсации и температурой воздуха на входе в конденсатор) остается практически постоянной при изменении наружной температуры *(см. раздел 2.1. Конденсаторы с воздушным охлаждением. Нормальная работа.}.*

Рассмотрим в качестве примера конденсатор, выбранный изначально для работы при наружной температуре летом 30°C. С наступлением зимы такой конденсатор по мере снижения наружной температуры становится переразмеренным и хладагент в нем конденсируется все лучше и лучше.

Переразмеренность конденсатора, тем большая, чем ниже наружная температура, приводит к заметному падению давления конденсации.

Если установка предназначена для работы круглый год, *даже при относительно низких наружных температурах* (холодильные камеры, кондиционеры машинных залов ЭВМ...), ее работа сопровождается определенными проблемами. В примере на рис. 32.1 при наружной температуре 30°C температура конденсации равна 45°C (то есть 16,3 бара для R22).
Поскольку полный перепад температуры остается практически постоянным, то при уменьшении наружной температуры, например, до 13°C, то есть на 17°C, температура конденсации понизится также на 17°, то есть с 45° C до 28°C, что соответствует давлению конденсации, равному 10,3 бара для R22.

Такое падение давления конденсации при уменьшении наружной температуры является *вполне нормальным,* однако оно способно существенно повлиять на нормальную работу установки.

Перед тем, как читать дальше, немного поразмышляйте о возможных последствиях такого падения давления конденсации для работы ТРВ.

При падении давления подачи жидкости *один и тот же полностью открытый ТРВ* станет пропускать гораздо меньшее ее количество. То есть количество жидкости, поступающее в испаритель, очень сильно уменьшится (см. рис. 32.2). Уменьшенное количество жидкости испаряется очень быстро, зона перегрева становится весьма значительной, а количество произведенных паров будет недостаточным.

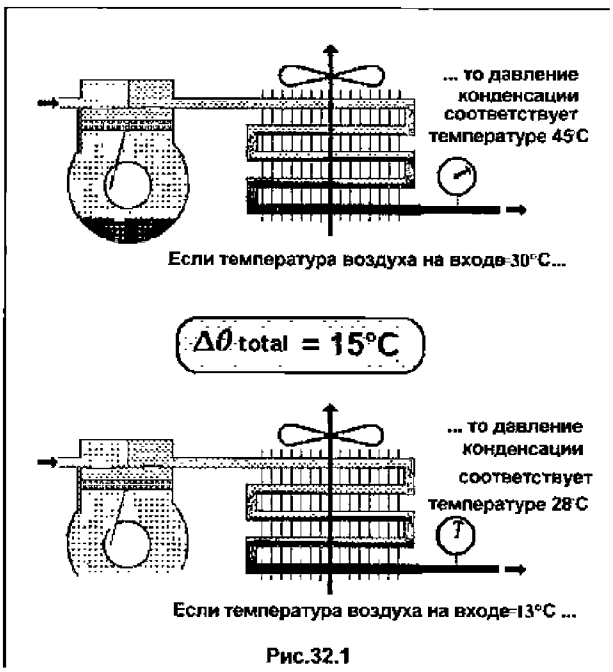


Рис.32.1

Компрессор становится способным поглотить гораздо больше паров, чем производит теперь испаритель, и давление испарения падает пропорционально падению давления на входе в ТРВ.

В пределе падение давления испарения может стать столь значительным, что приведет к отключению компрессора предохранительным прессостатом НД. Даже если это отключение не происходит, все равно снижение холодопроизводительности приведет к подъему температуры в охлаждаемом помещении (несмотря на низкую наружную температуру, потребность в холоде остается, поскольку его требует термостат!).

Если установка должна производить холод даже при низких наружных температурах, она должна быть оборудована системой регулирования давления конденсации, способной сохранять достаточное давление подачи хладагента в ТРВ независимо от внешних условий

Заметим, что при недостатке жидкости в испарителе, в конденсаторе образуется ее избыток. Поскольку конденсатор сильно переразмерен, в нем создается превосходное переохлаждение. Итак, давление испарения слишком низкое, переохлаждение хорошее *(Вам это ничего не напоминает^}*.

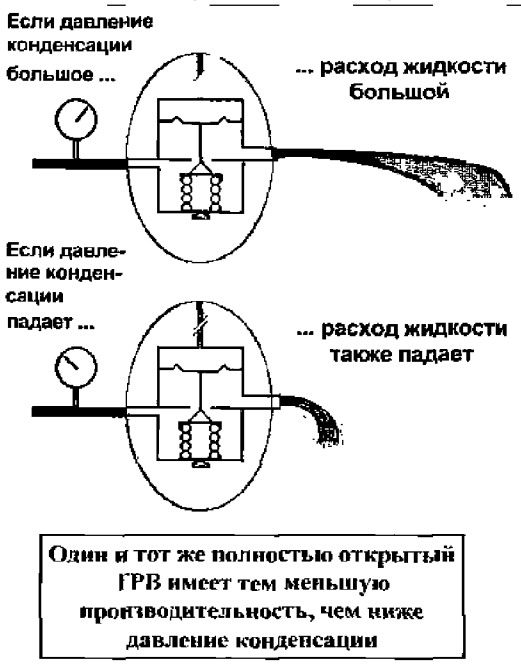


Рис.32.2

Неопытный ремонтник, констатируя отсутствие температурного перепада на жидкостной магистрали, может необдуманно заключить, что ТРВ слишком слабый.

<u>Внимание! Никогда не ошибайтесь.</u> *Даже если ТРВ подобран совершенно правильно,* признаки, обусловленные падением давления конденсации, в *точности* соответствуют неисправности типа «слишком слабый ТРВ».

33. ПРОБЛЕМА ЗАПУСКА КОМПРЕССОРОВ ПРИ НИЗКИХ НАРУЖНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Мы увидели, что в холодильных установках, оборудованных конденсаторами с воздушным охлаждением, при низких наружных температурах давление конденсации необходимо сохранить на уровне, достаточном для того, чтобы поддерживать давление на входе в ТРВ, обеспечивающее такой расход хладагента, который исключал бы нежелательное падение давления испарения.

Если установка оборудована системой регулирования давления конденсации, которая позволяет решить эту первую задачу, *то в момент запуска компрессора* существует опасность столкнуться с новой проблемой. Чтобы лучше понять ее сущность, рассмотрим следующий пример (см. рис. 33.1).

Представим себе, что при наружной температуре 6°C *конденсатор холодильной установки,* размещенный снаружи, не работал так долго, что температура находящегося в нем хладагента стала равна 6°C.

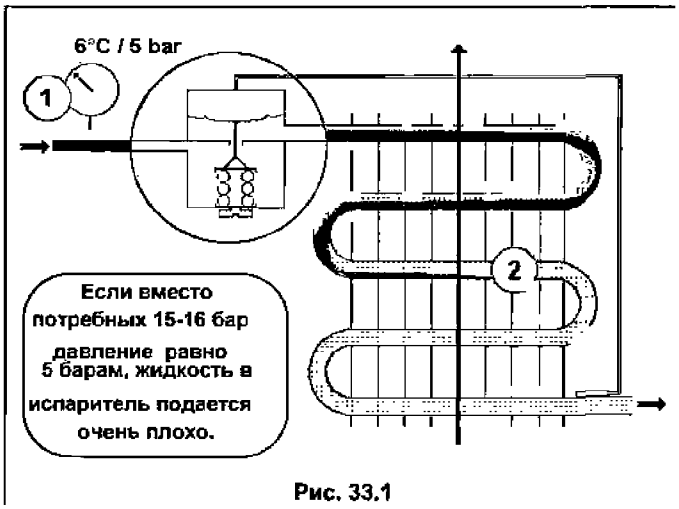


Рис. 33.1

Соотношение между температурой и давлением для R22 показывает нам, что при 6° С давление, установившееся во всей высоконапорной части контура, будет равно 5 барам, а это значит, что в момент запуска компрессора давление на входе в ТРВ *вместо потребных 15-16 бар будет равно 5 барам* **(точка** 1).

Если изначально производительность ТРВ была выбрана, например, в расчете на перепад давления на нем ΔР, равный 10,6 бар (т.е. Ркон∂=15,8 бар, либо 44°С, а Рисп=5,2 бар, либо 7 °С), то для обеспечения полной производительности ТРВ и нормального питания испарителя при Ркон∂=5 барам низкое давление должно составлять 5-10,6=-5,6 **бар** *(такого давления достичь невозможно, потому что абсолютный вакуум соответствует относительному давлению, равному-1 бар).*

Следовательно через ТРВ будет проходить очень мало жидкости, *хотя он откроется полностью,* и последняя капля жидкости испарится слишком рано **(точка** 2), обусловливая очень *высокий перегрев* и очень низкую холодопроизводительность.

Из-за того, что испаритель будет содержать о*чень мало* жидкости, в нем будет образовываться о*чень мало паров, а* поскольку компрессор работает вполне нормально, низкое давление стремительно упадет (даже при абсолютном вакууме производительность ТРВ останется крайне низкой), что *приведет к отключению компрессора предохранительным прессостатом НД.*

Чтобы обеспечить запуск без проблем, радикальное решение состоит в размещении конденсатора таким образом, чтобы сохранить давление конденсации на достаточном уровне, то есть в помещении, где температура не может опускаться слишком низко (например, в подземном гараже), однако это не всегда можно сделать.

Одним из часто используемых компромиссных решений является размещение конденсатора *снаружи,* а жидкостного ресивера *внутри* помещения.

Например, если установка рис. 33.2 долго не работала, а наружная температура равна 6°С, то давление жидкости в конденсаторе для R22 составит 5 бар.

Однако жидкостной ресивер находится внутри помещения, температура в котором равна 21 °С, что соответствует давлению жидкости в ресивере 8,4 бара.

Внимание! С учетом того, что хладагент всегда будет конденсироваться в наиболее холодной точке, между конденсатором и ресивером необходимо установить обратный клапан (точка 1), чтобы воспрепятствовать перетеканию жидкости из ресивера в конденсатор при неработающем компрессоре, в противном случае в момент запуска ресивер окажется пустым, что приведет к срабатыванию предохранительного прессостата НД и отключению компрессора.

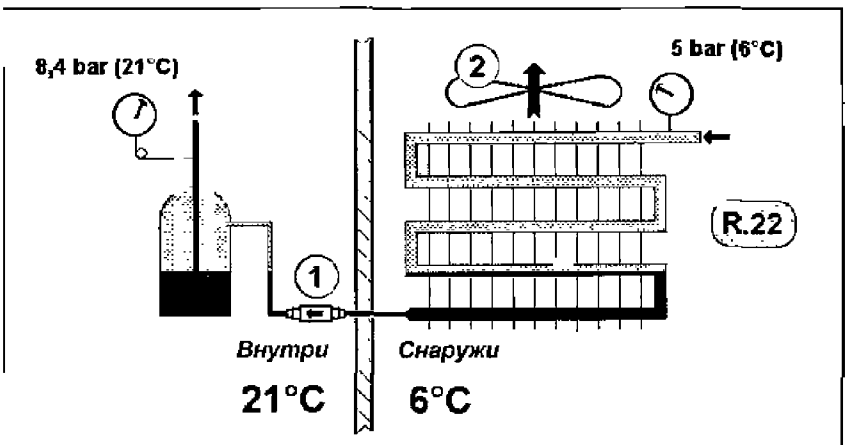


Рис. 33.2

Благодаря такой схеме в момент запуска давление на входе в ТРВ всегда будет равно минимум 8,4 барам (если внутренняя температура равна 21 °С), *даже если наружная температура окажется крайне низкой.*

Таким образом, в момент запуска ТРВ будет гораздо лучше запитан, а испаритель окажется гораздо больше наполнен. Следовательно, он будет производить больше паров и падение давления испарения будет менее значительным, что повысит холодопроизводительность в течение всего пускового периода.

Поскольку испаритель начнет поглощать больше тепла, количество тепла, поступающее в компрессор, также возрастет.

Однако ***единственным способом подъема давления с целью обеспечения соответствующей подпитки ТРВ*** является как раз возможно *более быстрая подача тепла в конденсатор.*

Но чтобы *как можно быстрее поднять* температуру жидкости, находящейся в конденсаторе, необходимо, чтобы производительность конденсатора в *пусковой период была как можно ниже.*

Для этого в большинстве способов регулирования работы конденсатора используется такой прием, *как отключение вентилятора* **(точка 2** на рис. 33.2) в период запуска, причем включение вентилятора должно быть невозможным до тех пор, пока давление конденсации не поднимется до величины, достаточно большой, чтобы обеспечить нормальную подпитку ТРВ (следовательно, вентилятор должен управляться регулировочным прессостатом ВД).

Этот прием может быть усовершенствован путем подогрева жидкости, находящейся в ресивере, с помощью электронагревателя, установленного на нижней части баллона ресивера (см. **рис. 33.3).**

Этот электронагреватель может быть задействован одновременно с электронагревателем картера, или управляться термостатом, измеряющим наружную температуру, или регулироваться термостатом, измеряющим температуру жидкости (в этом случае непростым вопросом является место расположения чувствительного элемента такого термостата), или управляться регулировочным прессостатом, который напрямую контролирует величину давления в ресивере.

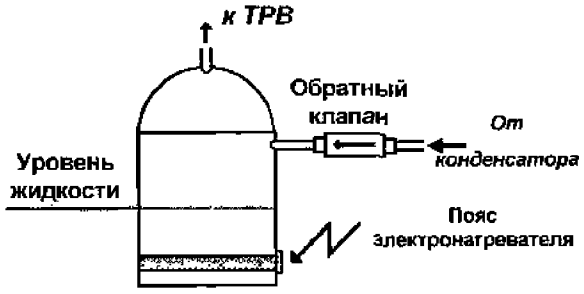


Рис. 33.3

В этих двух последних случаях настройка регулировки электронагревателя должна обеспечивать величину давления, соответствующую температуре не менее 27°С (то есть 10 бар для R22, 6 бар для R12 и 6,1 бар для R134a), чтобы обеспечить надежный запуск.

Безусловно, каким бы ни было принятое решение, обратный клапан, расположенный между конденсатором и ресивером, остается более чем необходимым.

Внимание! Способ, заключающийся в подогреве находящейся в ресивере жидкости, предполагается, что при остановке компрессора ресивер содержит достаточно большое количество жидкости.

Чтобы добиться этого, с одной стороны нужно соответствующим образом внести поправку на заправляемое в установку количество жидкости, а с другой стороны настоятельно рекомендуется останавливать компрессор с вакуумированием, чтобы максимальное количество жидкости перевести в ресивер.

Проблема отключения компрессора в момент запуска предохранительным прессостатом НД

Независимо от выбранного способа поддержания давления питания ТРВ на уровне, достаточном для нормального запуска компрессора даже в холодное время, может случиться так, что несмотря на принятые меры, в момент запуска компрессор будет отключаться предохранительным прессостатом НД.

Действительно, если длина жидкостной магистрали очень большая или между жидкостным ресивером и ТРВ *существует значительная разница уровней,* время заполнения жидкостной магистрали может стать настолько значительным, что питание испарителя в момент запуска окажется неудовлетворительным и компрессор будет отключаться предохранительным прессостатом НД, затем включаться вновь, обусловливая нежелательное повышение частоты циклов «пуск-останов» до тех пор, пока не поднимется давление испарения.

В такой ситуации, если компрессор оборудован устройством, предотвращающим повышение частоты циклов «пуск-останов», *запуск вообще становится невозможным,* потому что жидкость получает достаточно времени для охлаждения во время остановки.

Чтобы решить эту проблему, необходимо *дополнительно* оборудовать установку устройством для зимнего запуска, которое бы шунтировало контакты предохранительного прессостата НД в течение всего времени выхода установки на номинальный режим.
Принципиальная схема такого устройства представлена на *рис. 33.4.* Когда замыкаются контакты (1-2) задающего термостата, если при этом замкнуты контакты устройств автоматики (вентилятор испарителя...), управления (ручной выключатель «пуск/стоп») и приборов защиты (тепловая защита, прессостат ВД...), ток, проходя через контакты **(2-3)** запитывает реле зимнего запуска **DH (3-6),** запуская временной механизм. В этот момент нормально разомкнутые контакты **DH (4-5)** немедленно замыкаются, а контакт временного механизма остается замкнутым в течение 2 минут, шунтируя предохранительный прессостат НД.

Таким образом, даже если контакты **(3-5)** предохранительного прессостата НД разомкнуты во время запуска, компрессор С продолжает работать, что позволяет поднять давление конденсации (в пределах длительности переходного режима, то есть в нашем примере это 2 минуты) и достичь нормального значения давления испарения, обеспечивающего замыкание контактов (3-5) предохранительного прессостата.

Конечно, подобное устройство не может быть использовано, если предохранительный прессостат НД приводится в рабочее положение вручную.
Заметим, что в случае дефектов обмотки реле времени **DH** (плохое соединение или обрыв обмотки) контакт **DH (3-4)** остается постоянно замкнутым. Нормально разомкнутый контакт **DH (4-5),** будучи при этом разомкнутым, позволяет избежать постоянного шунтирования (хотя бы и случайного) контактов предохранительного прессостата НД.

Описанное устройство можно усовершенствовать путем включения в схему термостата наружной температуры **(поз.** А), который вводил бы в действие реле **DH,** только если наружная температура ниже критической величины (например, 16°С).

Еще одним усовершенствованием этой системы может быть добавление в цепь реле DH (3-6) нормально разомкнутого контакта реле компрессора С с тем, чтобы допускать попытку запуска только в том случае, если контакт предохранительного прессостата НД замкнут (это исключит любую попытку запуска, если установка, например, совершенно пустая).

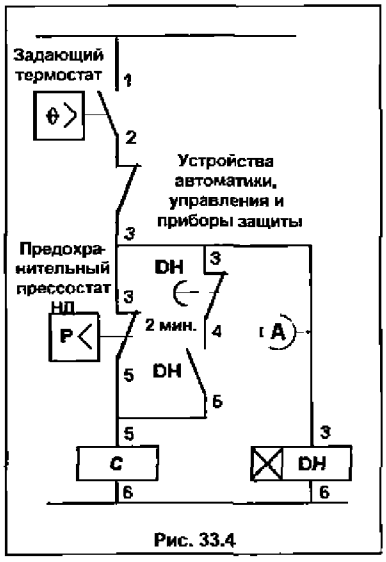


Рис. 33.4

34. ПРОБЛЕМА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕХОДНОГО РЕЖИМА ПРИ ЗАПУСКЕ В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ

А) Природа проблемы

В холодное время года, если конденсатор расположен снаружи помещения, соотношение «давление-температура» обусловливает сильное падение давления, устанавливающегося в магистрали нагнетания компрессора при его остановках. В момент запуска компрессора такое падение давления конденсации является причиной огромных проблем.

Действительно, из-за очень низкого давления на входе в ТРВ испаритель запитывается неудовлетворительно, что приводит к большому перегреву (хотя ТРВ полностью открыт), в результате чего давление испарения, а следовательно и холодопроизводительность становятся аномально низкими *(см. рис.34.1)*.

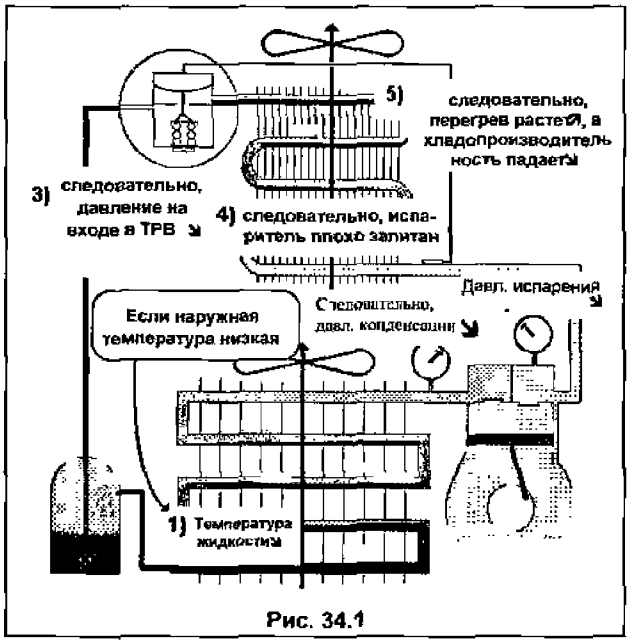


Рис. 34.1

Но давление конденсации (а следовательно, давление подачи в ТРВ), сможет подняться только в том случае, если конденсатор как можно быстрее получит максимальное количество тепла.

Однако тепло, получаемое конденсатором, представляет *сумму тепла, поглощенного испарителем* (что является в момент запуска ничтожно малой величиной, поскольку испаритель запитан очень плохо), *и теплового эквивалента работы сжатия* (но так как давление конденсации очень мало, электрическая мощность, потребляемая компрессором, также незначительна).

Таким образом, запуск в холодное время года сопровождается следующими противоречивыми обстоятельствами:

- С одной стороны, необходимо как можно быстрее передать конденсатору максимальное количество тепла, а из-за низкой наружной температуры конденсатор становится переразмеренным.

- С другой стороны испаритель (который является основным поставщиком тепла в конденсатор) поглощает очень мало тепла, так как он плохо запитан !

Следовательно, решение будет заключаться в том, чтобы *найти прием,* который бы как можно больше снизил мощность конденсатора при запуске в холодное время.

Только в этом случае то ничтожное количество тепла, которое получает конденсатор, позволяет *быстро поднять* температуру (и давление) жидкости и обеспечить нормальное питание ТРВ.

Иначе при запуске низкое давление так упадет, что компрессор начнет вакуумирование низконапорной части контура и отключится предохранительным прессостатом НД.

Примечание: правда, шунтирование контактов прессостата НД с помощью контактов реле времени позволяет избежать немедленного отключения компрессора этим прессостатом при низких наружных температурах *(см. раздел 33. Проблема запуска компрессоров при низких наружных температурах.)*.

Однако, нужно, чтобы при этом как можно быстрее выросло давление конденсации, иначе давление испарения по-прежнему останется недостаточным и по истечении установленной временной задержки предохранительный прессостат НД все-таки отключит компрессор.

B) Решение проблемы

Существует множество технических приемов, позволяющих обеспечить регулирование давления конденсации, воздействуя либо на расход воздуха, либо на поверхность теплообмена конденсатора.

Среди технологий, использующих изменение расхода воздуха (воздействием на вентиляторы или за счет использования заслонок, размещаемых в воздушном потоке), применение заслонок обеспечивает более быстрый выход на режим, так как ограничивает естественную конвекцию вокруг конденсатора во время запуска.
Другим способом является использование специального регулятора давления конденсации (см. **рис.** 34.2) на выходе из конденсатора, позволяющего также сократить продолжительность переходного режима при запуске за счет одновременного использования двух различных эффектов.

С одной стороны *снижают поверхность теплообмена,* с помощью затопления конденсатора жидким хладагентом (что одновременно дает преимущество в улучшении процесса переохлаждения жидкости), с другой стороны *управляют работой конденсаторного вентилятора* посредством регулирующего прессостата ВД.

Снижение производительности конденсатора, достигаемое при объединении этих двух способов, позволяет очень быстро поднять давление конденсации в момент запуска.

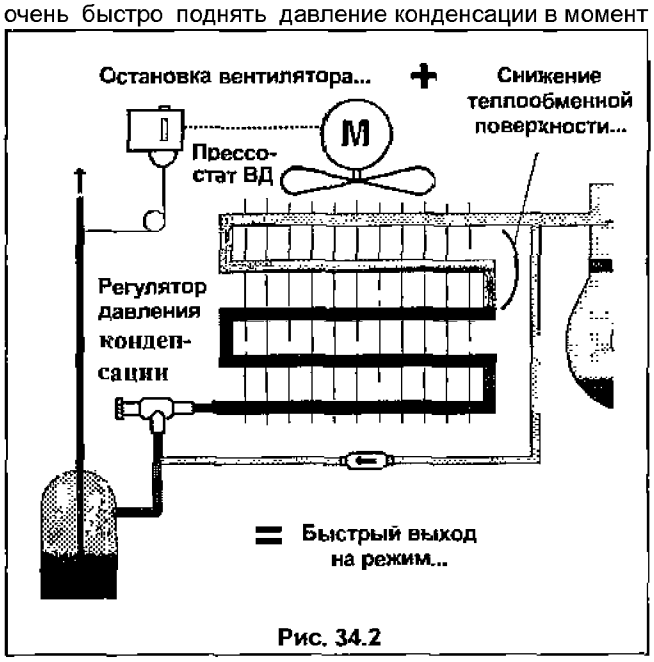


Рис. 34.2

35. РЕГУЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРОВ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛЯТОРОВ ДАВЛЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ

Среди различных способов, используемых для регулирования давления конденсации при падении наружной температуры, способ, основанный на применении гидравлического регулятора, регулирующего рост давления на выходе из конденсатора позволяет обеспечить наиболее быстрый выход на режим. *Однако следует иметь в виду, что этот способ является одним из наиболее сложных, по монтажу и настройке.*

В основу этого способа положено снижение поверхности теплообмена конденсатора за счет подъема в нем уровня жидкости при падении давления конденсации (когда уменьшается наружная температура или падает тепловая нагрузка в охлаждаемом помещении). Снижение теплообменной поверхности, способствуя переохлаждению жидкого хладагента, приводит к уменьшению производительности конденсатора и подъему давления конденсации.

Для этой цели могут быть использованы либо трехходовой регулятор, предварительно настроенный на заводе (например, SPORLAN OROA или ALCO HEADMASTER серии HP...), либо комбинация из регулируемого двухходового регулятора и дифференциального клапана (например, DANFOSS KVR+NRD или SPORLAN ORI+ORD).

При установке регуляторов необходимо строго соблюдать инструкции разработчика, иначе возникает серьезная опасность появления неисправностей, устранение которых полностью ложится на плечи ремонтника.

А) Использование трехходового регулятора, предварительно настроенного на заводе

На рис. 35.1 показана схема установки трехходового клапана с предварительной заводской настройкой.

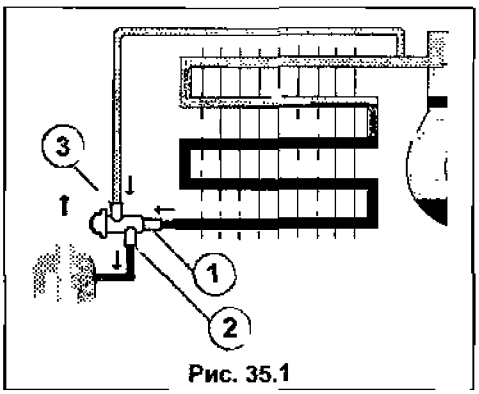


Рис. 35.1

Если давление нагнетания компрессора (которое подается к штуцеру 3 клапана) падает ниже величины, отрегулированной на заводе, проход 1 клапана зажимается и выход из конденсатора перекрывается. При этом поступление жидкости в ресивер ограничивается и ее уровень в конденсаторе начинает подниматься, уменьшая теплообменную поверхность между воздухом и хладагентом.

Чем больше закрывается проход 1 клапана, тем больше горячих газов через проходы 3 и 2 поступает в ресивер, что приводит к росту температуры жидкости в нем и, следовательно, повышению давления в нем.

Для К22, например, регулятор настраивается на заводе таким образом, чтобы при давлении *ниже* 12,5 бар проход 1 был полностью закрыт, а проходы 3 и 2 были свободны (в ресивер тогда будет поступать только горячий газ).

При давлении *выше* примерно 14,5 бар проход 3 клапана полностью закрывается, предотвращая поступление газа в ресивер. В таком состоянии соединяются между собой проходы 1 и 2, что обеспечивает нормальную подачу жидкости в ресивер и процесс протекает так, как если бы этого регулятора не было.

Безусловно, в силу линейности настройки, регулятор может находится в любом из промежуточных между этими двумя крайними положениями состоянии

B) Использование регулируемого двухходового регулятора и дифференциального клапана

Если давление конденсации падает ниже величины, обусловленной настройкой клапана (поз.1 **на рис. 35.2),** проход жидкости из конденсатора в ресивер начинает перекрываться

Жидкость не может больше беспрепятственно проходить в ресивер, ее уровень в конденсаторе поднимается, вызывая одновременно снижение поверхности теплообмена.

Поскольку при этом из ресивера продолжается поступление жидкости на вход в ТРВ, давление в нем начинает падать (так как ресивер перестает получать жидкость).

Когда давление в ресивере упадет ниже давления нагнетания примерно на 1 бар, дифференциальный обратный клапан **(поз.2)** открывается и перепускает в ресивер горячий газ из магистрали, что приводит к повышению давления и температуры в ресивере.

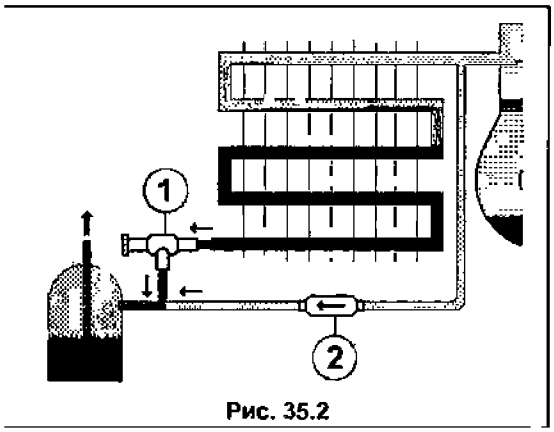


Рис. 35.2

Таким образом, *при любом способе* принцип регулирования остается идентичным и основан на отслеживании падения давления конденсации. При этом:

- С одной стороны, за счет уменьшения поверхности теплообмена создаются условия, благоприятствующие росту давления в конденсаторе;

- С другой стороны, за счет перепуска горячего газа в ресивер, в нем повышается температура жидкости и давление ее подачи в ТРВ.

Когда давление конденсации возрастает и становится больше величины настройки (например, в процессе работы), регулятор остается полностью открытым и беспрепятственно пропускает жидкость в ресивер (система самоустраняющаяся).

36. РЕГУЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛЯТОРА ДАВЛЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ: АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Использование способа регулирования работы конденсаторов с воздушным охлаждением при помощи регуляторов давления конденсации требует соблюдения многочисленных предосторожностей как при монтаже, так и в ходе настройки и эксплуатации системы.

Рассмотрим различные дефекты, опасность возникновения которых появляется при несоблюдении определенных требований.

A) Проблема заправки хладагентом и емкости ресивера

В зимнее время регулятор давления конденсации позволяет противодействовать переразмеренности конденсатора, обусловленной низкой наружной температурой, уменьшая поверхность теплообмена. Уменьшение теплообменной поверхности предполагает *повышение уровня жидкости* в конденсаторе, тем большее, чем ниже опускается наружная температура. *Имея в виду, что при этом жидкость должна находиться также в ресивере, в жидкостной магистрали и в испарителе, мы можем заключить, что заправка установки хладагентом зимой должна быть больше, чем летом (см. **рис.36.1**).*

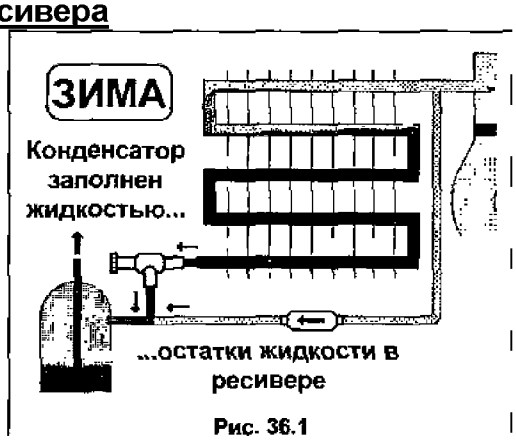


Рис. 36.1



Рис. 36.2

Летом при повышении наружной температуры давление конденсации тоже растет.

Рост давления конденсации приводит, по мере открытия регулятора давления конденсации, к опорожнению конденсатора, увеличению тепло-обменной поверхности с целью восстановления нормальной производительности конденсатора и заполнению ресивера.

Следовательно, ресивер должен быть способным накапливать излишки заправки (см. **рис. 36.2).**

Если жидкостной ресивер слишком мал ?

Мы увидели, что летом жидкостной ресивер дополнительно к обычному содержимому должен вмещать те излишки жидкости, которые зимой находились в конденсаторе:
следовательно, ресивер должен иметь достаточно большую вместимость.

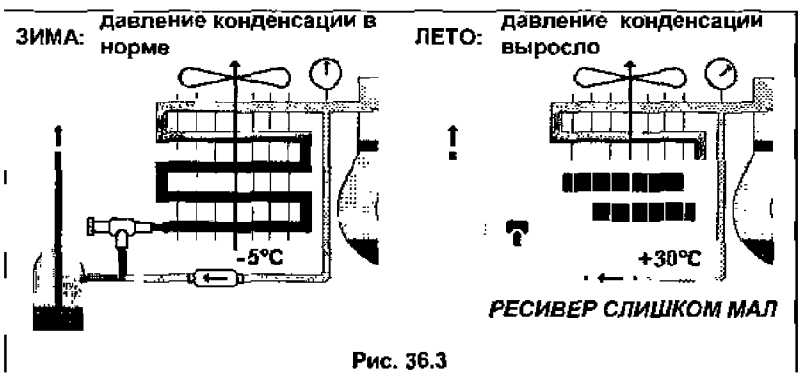


Рис. 36.3

Если ресивер слишком мал, летом он окажется полностью залитым и в конденсаторе будет оставаться еще слишком много жидкости, что приведет к снижению поверхности теплообмена, аномальному росту давления конденсации и нежелательному отключению компрессора предохранительным прессостатом ВД (см. **рис. 36.3).**

Таким образом, если задействован установленный в контуре регулятор давления конденсации, необходимо, чтобы жидкостной ресивер имел объем, достаточный для размещения в нем полной заправки установки, включая заправку конденсатора.

В *противном случае необходимо заменить ресивер на образец большей емкости.*

Если недостаточно количество заправленного хладагента?

Если летом и в ресивере и в конденсаторе достаточно хладагента, работа установки проходит нормально. Однако по мере снижения наружной температуры регулятор начнет перекрывать подачу жидкости из конденсатора в ресивер, уменьшая поверхность теплообмена с целью сохранения давления конденсации в нормальных пределах.

При этом все больше жидкости остается в конденсаторе и все меньше поступает в ресивер, создавая в нем недостаток жидкости.

Наконец, может наступить такой момент, когда уровень жидкости в ресивере понизится настолько, что оголится погруженная в него заборная трубка, жидкостная линия перестанет подпитываться жидкостью и заполнится парами.

В результате ТРВ не сможет больше пропускать достаточное для соответствующей запитки испарителя количество хладагента, и установка очень быстро отключится предохранительным прессостатом НД.

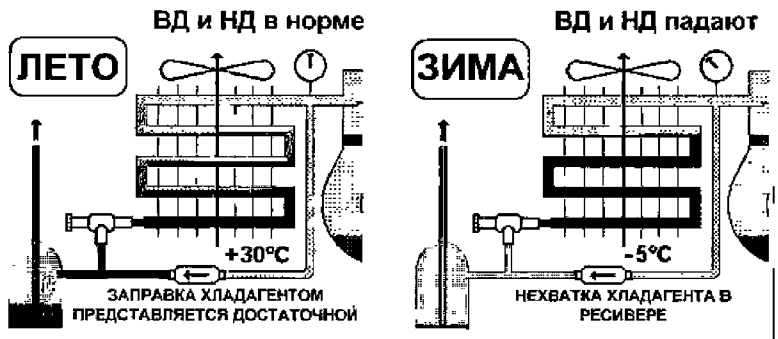


Рис.36.4

Таким образом, заправка хладагентом при наличии регулятора давления конденсации может оказаться достаточной для лета, но недостаточной для зимы, что будет приводить к отключению установки предохранительным прессостатом НД (см. **рис.** 36.4).

Следовательно, наличие регулятора давления конденсации требует, чтобы заправка холодильной установки была существенно выше номинальной с целью сохранения достаточного количества жидкости в ресивере и испарителе, даже если зимой конденсатор окажется полностью заполненным жидкостью.

При использовании регулятора давления конденсации, как правило, принимают, что потребная заправка хладагентом может составлять до двукратной номинальной заправки.

Заправка хладагентом и емкость ресивера. Заключение.

В заключение сформулируем основные требования к заправке хладагента и емкости ресивера. Чтобы обеспечить нормальную работу установки в любое время года, ее заправку следует производить зимой при наружной температуре, по возможности наиболее близкой к минимальной температуре, при которой должна работать установка.

Дополнительно к этому ресивер должен иметь такие размеры, чтобы в нем могла умещаться полная заправка установки хладагентом, *включая все содержимое конденсатора.*

Безусловно, на установках, не имеющих ресивера, нельзя ни в коем случае монтировать систему регулирования с помощью регулятора давления конденсации (если только не добавлена достаточная емкость).

Заметим, что в настоящее время наблюдается тенденция к созданию установок с возможно более низким содержанием хладагента, главным образом из-за проблем, связанных с загрязнением окружающей среды и стоимостью этих хладагентов, поэтому системы регулирования при помощи регулятора давления конденсации в дальнейшем будут использоваться все меньше и меньше.

Однако, почти все мы слышали разговоры о так называемых «проклятых» холодильных установках, в которых зимой недостает хладагента (и ремонтник вынужден дозаправлять установку), а летом наблюдается его избыток (и тогда нужно сливать часть заправки).

Предшествующие объяснения могут помочь в понимании причины этой разновидности дефектов и, может быть, найти способ их кардинального устранения.

B) Проблема конденсаторов, расположенных над компрессорами.

Когда компрессор должен работать зимой (холодильные камеры, машинные залы ЭВМ...), то есть при очень низких наружных температурах, переразмеренность конденсатора может становиться очень значительной из-за того, что он выбирается для *летней* наружной температуры.
Чтобы устранить эту временную переразмеренность и поддержать на нормальном уровне давление в жидкостной магистрали для обеспечения стабильной подпитки ТРВ, регулятор давления конденсации должен сильно снизить поверхность теплообмена конденсатора и уменьшать ее тем больше, чем ниже наружная температура.

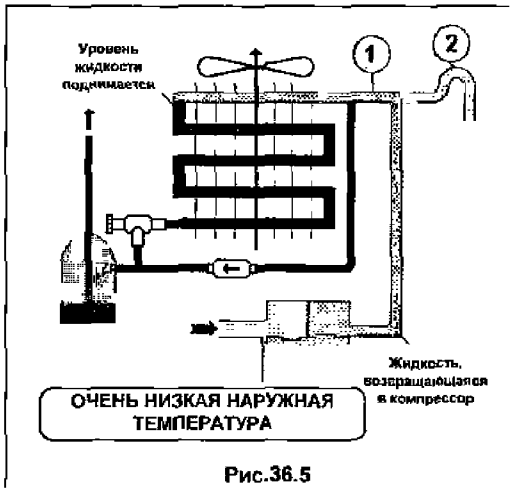


Рис.36.5

Таким образом, чем больше падает наружная температура, тем выше поднимается уровень жидкости в конденсаторе (см. **рис. 36.5).**

В пределе при очень низкой наружной температуре уровень жидкости в конденсаторе может подняться настолько, что дойдет до верхней точки конденсатора и трубки подвода к нему горячих газов (в основном, для конденсаторов небольшой высоты и расположенных горизонтально).

В этот момент жидкость под действием силы тяжести может даже стекать в нагнетающую полость головки блока цилиндров компрессора по нагнетающей магистрали.

Возврат жидкости в головку блока может в этом случае привести к механическим повреждениям в результате гидроудара (главным образом, к поломке клапанов).

Во избежание такой опасности настоятельно рекомендуется либо установить обратный клапан на входе в конденсатор (см. поз.1 на рис.36.5), либо сам вход выполнить в виде лирообразного колена (поз.2), особенно если конденсатор расположен над компрессором, а установка обязательно должна работать при очень низких наружных температурах (следовательно с сильно залитым конденсатором).

Установка лирообразного колена (или обратного клапана) на входе в конденсатор является наилучшим способом предотвращения возврата жидкости в головку блока, если работа конденсатора регулируется при помощи регулятора давления конденсации, а сам конденсатор расположен над компрессором.

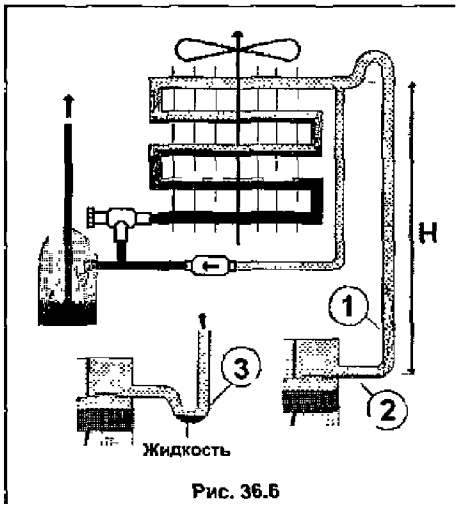


Рис. 36.6

Однако в том случае, когда разность уровней между компрессором и конденсатором превышает 3 метра, возникает еще одна проблема.

Действительно, холодильное масло из-за близости по свойствам к хладагентам, находится в постоянном движении в магистрали нагнетания.

Когда компрессор останавливается и газ перестает циркулировать, масло под действием силы тяжести стекает в нагнетающий коллектор.

Чем больше высота магистрали, тем больше масла будет стекать и накапливаться в головке блока (см. **поз. 2** на **рис.** 36.6).

Если разность уровней **(высота H на рис. 36.6)** превышает 3 метра, то экспериментами установлено, что количеством масла уже нельзя будет пренебрегать.

Более того, если нагнетающий патрубок проходит через холодный участок (а это очень часто бывает, когда конденсатор находится снаружи, а компрессор внутри помещения), при остановке компрессора хладагент может конденсироваться в нагнетающей магистрали **(поз.1 на рис.36.6).**

Сконденсировавшаяся жидкость точно так же стекает в головку блока под действием силы тяжести, *добавляясь к* уже находящемуся там маслу.

Такое скопление сконденсировавшейся жидкости и масла приводит к опасности поломки клапанов при последующем запуске компрессора.

Чтобы избежать этой опасности, главным образом, когда разность уровней превышает 3 метра, необходимо в нижней части восходящего трубопровода расположить лирообразную ловушку жидкости (маслоподъемную петлю) **(под.3).**

Жидкость, которая стекает туда при остановке компрессора, очень быстро будет перекачана в конденсатор безо всякого риска для клапанов, когда компрессор будет вновь запущен.

Примечание. Некоторые предпочитают устанавливать на нагнетающей магистрали обратный клапан (как можно дальше от компрессора, чтобы избежать его «дребезга») для полного исключения опасности накопления жидкости в головке.

Однако нужно напомнить, что обратный клапан создает дополнительные потери давления в нагнетающей магистрали (со всеми вытекающими из этого нежелательными последствиями).

Более того, поскольку клапан является механической системой с подвижными элементами, срок его службы будет короче, чем у простой конструкции с двумя лирообразными участками.

C) Проблема конденсатора, более холодного, чем ресивер

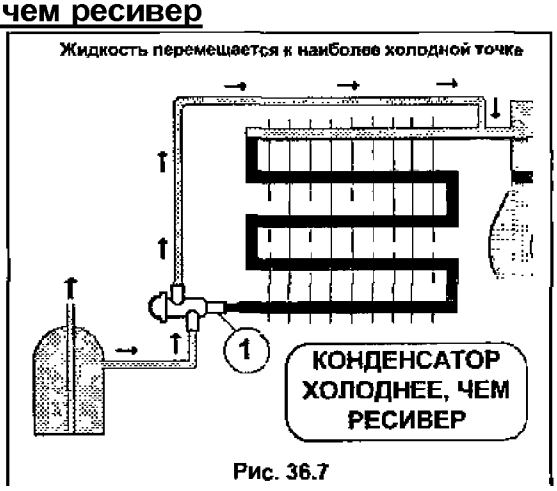


Рис. 36.7

Для конденсаторов, регулируемых с помощью трехходового регулятора давления конденсации существует еще одна опасность, которая может возникнуть в том случае, если конденсатор становится холоднее, чем ресивер (например, зимой, когда конденсатор находится снаружи, а ресивер внутри помещения).

Когда компрессор остановлен, из-за низкой наружной температуры конденсатор быстро охлаждается и давление в нем падает, приводя к закрытию прохода 1 регулятора давления конденсации (см. **рис.** 36.7).

Но закрывая проход жидкости из конденсатора, клапан одновременно соединяет теплый ресивер и холодный вход в конденсатор. Тогда жидкость из ресивера в соответствии с принципом холодной стенки Ватта начинает перемещаться в конденсатор (согласно стрелкам на схеме **рис. 36.7).**

Если остановка компрессора достаточно длительная, существует опасность того, что вся жидкость переместится в конденсатор (в результате, как мы смогли увидеть выше, конденсатор переполняется, и жидкость начинает поступать в нагнетающую полость головки блока).

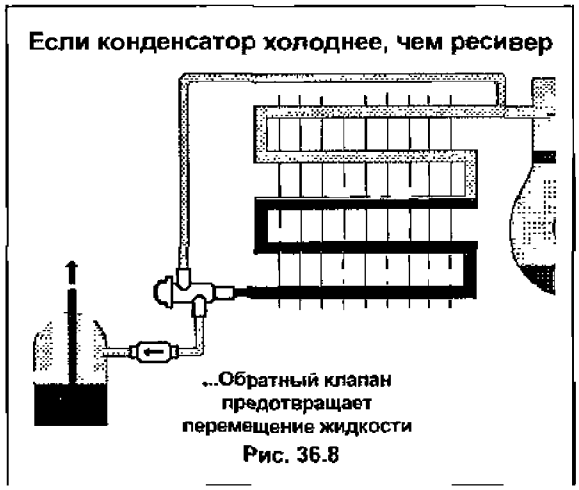


Рис. 36.8

В отсутствие жидкости в ресивере при последующем запуске компрессора испаритель не может быть нормально запитан и компрессор очень быстро отключается предохранительным прессостатам НД.

Следовательно, необходимо предотвратить возможность такого перемещения и обеспечить нахождение жидкости в ресивере во время остановки компрессора с целью создания благоприятных условий для последующего запуска компрессора.

Примечание: отключения компрессора предохранительным прессостатом НД, обусловленные опустошением ресивера, могут привести к тому, что запуск компрессора окажется *совершенно невозможным*, и потребовать дополнительной заправки хладагента в ресивер ***только для того, чтобы запустить установку,*** *хотя количество хладагента в установке вполне нормальное.*

Следовательно, на входе в ресивере необходима установка обратного клапана (см. рис. 36.8), предотвращающего перемещения жидкости из ресивера в конденсатор, если температура конденсатора упадет ниже температуры ресивера (что бывает часто).

D) Проблемы, возникающие из-за потерь давления в конденсаторе и регуляторе давления конденсации

Летом, когда наружная температура относительно высокая, регулятор давления конденсации полностью открыт и переохлажденная жидкость свободно проходит в ресивер.

Однако в той же степени, что и остальные элементы холодильного контура регулятор давления конденсации представляет собой местное сопротивление течению жидкости и, даже будучи полностью открытым, порождает перепад давления ΔP (этот перепад называют потерями давления).

Чтобы ограничить эти нежелательные потери, клапан подбирают таким образом, чтобы иметь, возможно более низкий перепад давления на нем (максимально допустимое значение перепада, как правило, не должно превышать 0,4 бар).

Но сам конденсатор с его длинными трубопроводами, из которых он состоит, также создает потери давления, величиной которых нельзя пренебрегать.

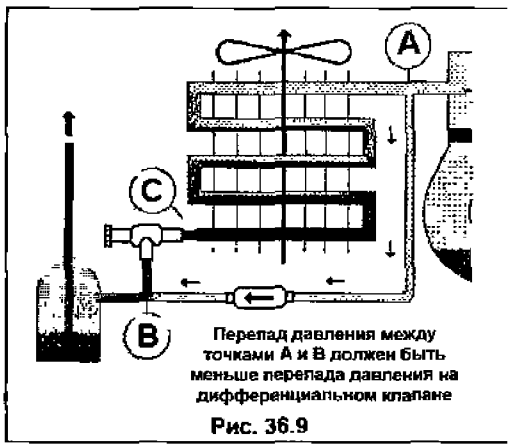


Рис. 36.9

При последовательном соединении потери давления складываются и общий перепад между точками A и B (см. **рис. 36.9)** будет равен сумме потерь давления на конденсаторе и на регуляторе.

Вместе с тем, обратный дифференциальный клапан, который открывается, например, при разности давления в 1 бар, расположен как раз между точками A и B !

В *нашем примере, если полные потери давления при* ***работе*** *{ΔPкондвнсатора+ΔP регулятора)* ***выше 1 бара,*** *дифференциальный клапан будет открываться, и перепускать горячий газ в ресивер, как только запустится компрессор,* ***даже в разгаре лета !***

Этот существенный теплоприток повысит температуру и давление жидкости в ресивере. Установка начнет работать с аномально возросшим давлением конденсации и пониженной холодопроизводительностью.

Следовательно, необходимо, чтобы перепад на конденсаторе плюс перепад на регуляторе были меньше давления настройки дифференциального обратного клапана!

Примечание: эта неисправность легко выявляется простым ощупыванием труб на выходе из дифференциального клапана.

Действительно, если дифференциальный клапан открыт, эта трубка будет иметь температуру нагнетания (очень высокую), вместо того, чтобы быть такой же тепловатой или нагретой, как жидкость в **точке C** (см. **рис.36.9),** и весь ресивер будет аномально горячим.

E Проблема подбора регулятора давления конденсации

Неисправность, которую мы только что описали, как правило обусловлена неправильным подбором регулятора давления конденсации, который, *будучи слишком слабым,* дает аномально высокие потери давления.

Следовательно, надлежит проверить характеристики регулятора давления конденсации по каталогу и при необходимости заменить его моделью с увеличенным проходным диаметром (если такой существует).

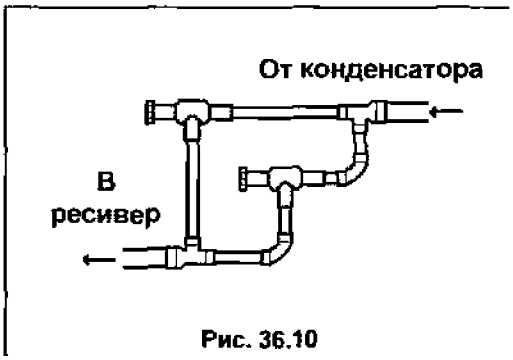


Рис. 36.10

Для установок больших мощностей могут потребоваться регуляторы с очень большим диаметром (которые не всегда могут быть изготовлены в серийном производстве), поэтому допускается использовать несколько параллельно установленных регуляторов (см. рис. 36.10), что позволит

уменьшить общие потери давления и решить проблему предотвращения несанкционированного перепуска горячего газа в ресивер при работе установки в летнее время.

При выбора ,регулятора давления конденсации всегда лучше взять переразмеренный вариант, чем вариант с меньшим размером.

Заметим также важность того, чтобы переохлаждение жидкости в конденсаторе было достаточно высоким и обеспечивало бы в летнее время отсутствие преждевременного дросселирования хладагента на выходе из конденсатора или дальше, в жидкостной магистрали (см. *раздел 18. Проблема внезапного вскипания хладагента в жидкостной магистрали),* из-за потерь давления на регуляторе давления конденсации.

В конце напомним, что клапаны с предварительной заводской настройкой должны подбираться с учетом типа хладагента, используемого в данной установке, иначе рабочие значения давления конденсации будут совершенно нереальными (так, регулятор, настроенный примерно на 13 бар для R22, будет давать всего около 7 бар для R12).

F Проблема настройки прессостата ВД и отключения работы конденсаторного вентилятора

Вначале укажем, что регулятор давления конденсации обязательно должен устанавливаться совместно с прессостатом ВД для управления вентиляторами конденсатора.

При этом настройка прессостата должна обеспечивать запуск вентилятора, как только *давление конденсации на 1...2 бара* превысит давление настройки регулятора.

Диапазон настройки (дифференциал) прессостата должен быть достаточно большим, чтобы не допускать частых включений и выключении вентилятора при работе затопленного конденсатора в зимнее время. *Иначе начнутся беспрестанные пульсации давления конденсации, приводящие к одновременным пульсациям регулятора давления конденсации и давления испарения, что может повлечь за собой отключение компрессора предохранительным прессостатом НД !*

В самом деле, конденсаторный вентилятор после его запуска не должен больше останавливаться вплоть до остановки компрессора, и обеспечить такие условия может только регулятор давления конденсации, поскольку он является в данной системе единственным органом, сохраняющим стабильность, как давления конденсации, так и давления испарения.

G) Специальный случай использования двух регуляторов давления

Еще одним вариантом регулирования давления конденсации, который иногда используется и может встречаться, является установка *вместо дифференциального обратного клапана* регулятора давления в ресивере, размещаемого на обводной магистрали компрессора, как показано на схеме рис. 36.11.
В данной схеме регулятор давления конденсации идентичен уже изученным (он настроен на перекрытие выхода из конденсатора, когда давление в последнем начинает падать).



Рис. 36.11

Регулятор давления в ресивере открывается при понижении давления в жидкостном ресивере, перепуская туда горячий газ из нагнетающего патрубка, точно так же, как это делает дифференциальный обратный клапан (но на этот раз давление жидкости в ресивере регулируется отдельно).

Следовательно, мы получаем *два значения давления, регулируемые совершенно раздельно* каждое своим собственным регулятором:

- регулятором давления конденсации, позволяющим регулировать давление в конденсаторе и, следовательно, давление нагнетания (из двух значений давления это более высокое);
- регулятором давления в ресивере, позволяющим регулировать давление в ресивере (а следовательно, давление жидкости на входе в ТРВ), путем перепуска газа из нагнетающего патрубка.

Поэтому *настройка регулятора давления в ресивере, как правило, соответствует давлению, примерно на 1 бар ниже давления настройки регулятора давления конденсации.*

Летом, когда давление в норме, регулятор давления конденсации открыт на максимум, а регулятор давления в ресивере полностью закрыт (система самоустраняющаяся).

Все описанные выше условия, сопровождающие поддержание давления конденсации (заправка хладагентом, размеры ресивера, расположение и длина трубопроводов...), остаются при этом в силе, однако проблема потерь давления в конденсаторе и на регуляторе давления конденсации (см. пункт D настоящего раздела) может быть решена проще.

Для этого достаточно настроить регулятор давления в ресивере таким образом, чтобы разность между давлением нагнетания и давлением в ресивере была, *по крайней мере, выше* суммы потерь давления в конденсаторе и регуляторе давления конденсации.

Напомним, что если существует опасность перемещения жидкости из ресивера на вход в конденсатор или на выход из компрессора, установка обратного клапана на входе в ресивер ***(поз.1 на рис. 36.11)*** по-прежнему является необходимой.

H) Регулятор давления конденсации: перечень неисправностей

На рис. 36.12 указаны возможные места возникновения неисправностей в схеме с использованием регулятора давления конденсации.

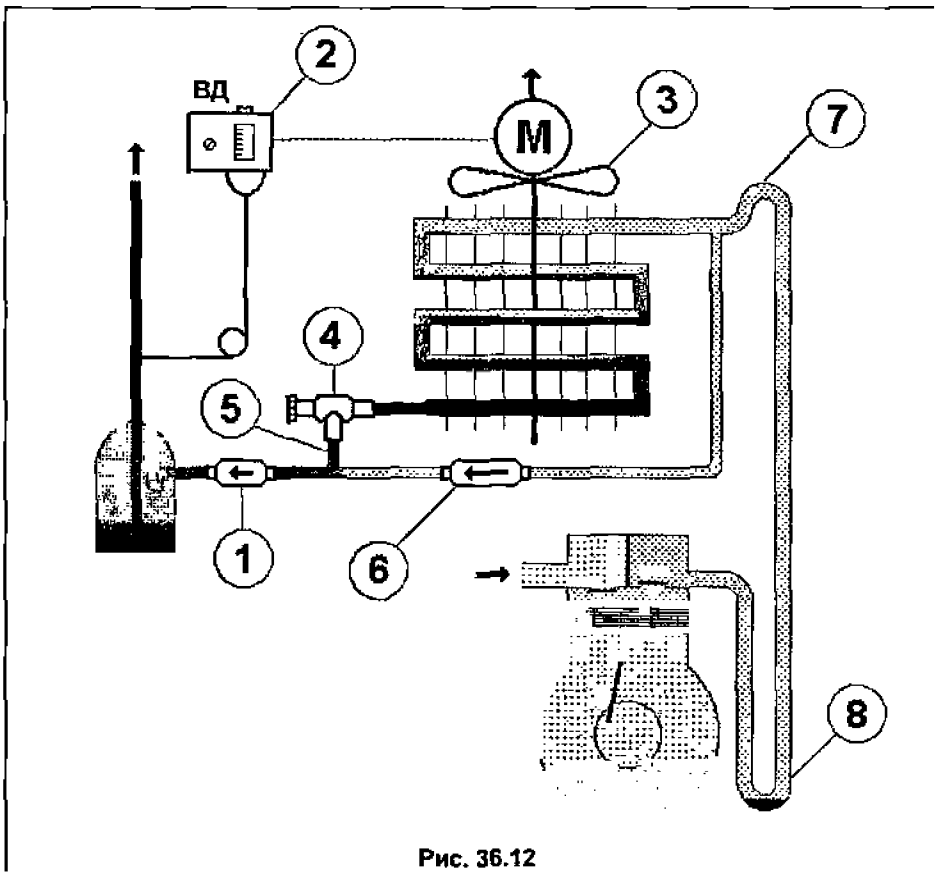


Рис. 36.12

Причины срабатывания предохранительного прессостата НД:

- заправка хладагента недостаточна для того, чтобы зимой в ресивере оставалась жидкость, даже если наружная температура резко упала;

- отсутствие обратного клапана **(поз.1),** препятствующего перемещению жидкости в конденсатор во время остановок компрессора, в схеме с трехходовым регулятором давления конденсации при температуре конденсатора ниже, чем температура ресивера;

• неправильная настройка управляющего прессостата ВД (поз.2), приводящая к частым включениям и выключениям конденсаторного вентилятора **(поз.3)** зимой;

• большие потери давления на регуляторе давления конденсации (поз.4) летом, приводящие к преждевременному дросселированию хладагента в соединении конденсатор/ресивер (поз.5) или его внезапному вскипанию в жидкостной магистрали.

Причины срабатывания предохранительного прессостата ВД летом:

• недостаточная емкость жидкостного ресивера, не вмещающего летом излишки хладагента;

• сумма потерь давления в конденсаторе и на регуляторе давления конденсации выше перепада давления на дифференциальном обратом клапане **(поз.6).**

Причины поломки клапанов компрессоров:

• отсутствие обратного клапана или лирообразного патрубка на входе в конденсатор **(поз.7)** для случая, когда конденсатор расположен выше компрессора;

• отсутствие жидкостной ловушки или лирообразного колена (маслоподъемной петли) на выходе из компрессора (поз.8) для случаев, когда длина и расположение нагнетающей магистрали дают основания опасаться возврата масла (или) и жидкого хладагента в нагнетающую полость головки блока компрессора.

37. ПРОБЛЕМА ВОЗВРАТА МАСЛА

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

Сильная близость свойств масла и хладагентов является причиной многочисленных и, как правило, малоизученных проблем, которые могут вызывать *механические* (разрушение клапанов, заклинивание компрессора...), *электрические* (перегорание двигателя) и *термодинамические* (недостаток холодопроизводительности, нежелательные срабатывания предохранительных систем...) неисправности и поломки.

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

A) Почему масло увлекается хладагентом?

Все подвижные части поршневого компрессора (кривошипы, шатуны, цапфы, поршни...) требуют постоянной смазки, в противном случае они прижигаются друг к другу, вызывая полное заклинивание.

В частности, в смазке нуждаются трущиеся между собой поршни и цилиндры (точнее, поршневые кольца и цилиндры). *Напомним, что при скорости двигателя 1450 об/мин поршни совершают более 24 возвратно-поступательных движений в секунду.* 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 газами из цилиндра уходит в виде масляного тумана, состоящего из мельчайших капелек, какое-то очень небольшое количество масла (см. рис. 37.1).

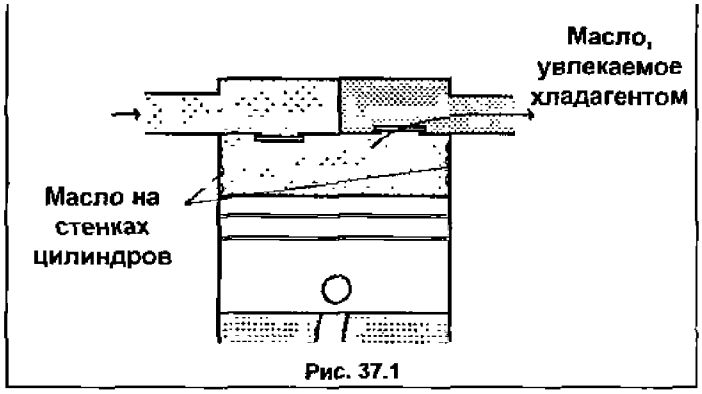


Рис. 37.1

Дополнительно к этому в периоды, когда компрессор стоит, масло, находящееся в его картере, неизбежно поглощает какое-то количество хладагента в зависимости от температуры масла и процедуры остановки компрессора.

Когда компрессор вновь запускается, резкое падение давления в картере вызывает быстрое вскипание хладагента, растворенного в масле и, следовательно, образование газомасляной эмульсии (т.н. эффект - «вспенивания»).

Такая эмульсия всасывается поршнями и нагнетается в конденсатор. 6 *результате в момент запуска из компрессора в контур уходит самое большое* ***количество масла.***

B) 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.

Однако из-за большой схожести свойств 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 стороны обеспечить, чтобы масло, которое ушло из компрессора, могло беспрепятственно возвратиться в картер для выполнения своих функций смазывающего агента.

В самом деле, если количество вышедшего через нагнетающий патрубок масла будет превышать количество масла, вернувшегося через всасывающий патрубок (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 будет невозможной.

С другой стороны, если вместе с маслом в картер будет возвращаться аномально большое количество хладагента, его количество, растворенное в масле может стать очень большим.

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 «вспе-нивание», которое сопровождает образование эмульсии, легко наблюдается в стекле указателя уровня масла).

Поэтому настройка ТРВ на небольшой перегрев, угрожая возможностью появления периодических гидроударов (самых легких), угрожает также опасностью аномальных выбросов масла в контур.

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

Заметим, что в этом случае положение не спасет даже предохранительный прессостат давления масла, который может быть установлен в компрессоре, поскольку он очень медленно реагирует на изменение давления,(собственное время его инерционности составляет около 2 минут), 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 неудачно спроектированной 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 быть резко всосана компрессором, что приводит к сильному гидроудару, порождающему те же повреждения, что и обычный гидроудар.

Так, например, на рис. 37.2 вверху 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.

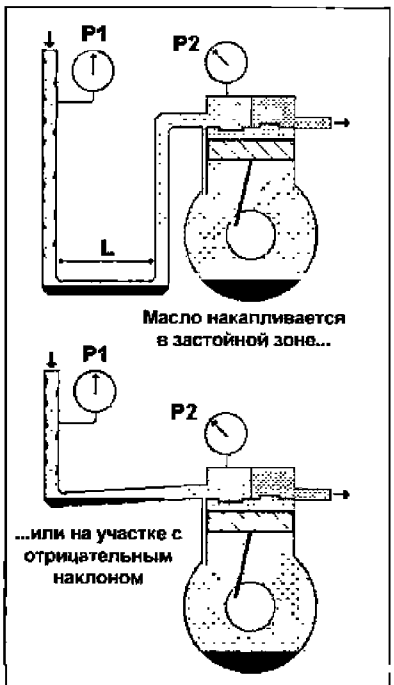


Рис 37.2

По мере накопления масла в застойной зоне его уровень в трубе повышается, *приводя к уменьшению проходного сечения для газа* и, следовательно, повышению потерь давления (P1>P2).

Давление **P2** будет падать до тех пор, пока разность давлений **P1 и P2** не окажется достаточной для того, чтобы протолкнуть масляную пробку во всасывающую полость головки блока.

В этот момент в полость резко поступит большое количество масла.

Такой прилив масла создает опасность возникновения сильного гидроудара, последствия которого строго идентичны последствиям обычного гидроудара.

Очевидно, точно такие же проблемы могут возникнуть, если масло накапливается на участке трубопровода всасывания с отрицательным уклоном (см. рис. 37.2 внизу).

Заметим, однако, что опасность возникновения перечисленных проблем снижается, если всасывание производится через картер компрессора, а также если он 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 теплоотдачи для 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 испарителя.

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

C} Влияние скорости газа в трубопроводах на процесс возврата масла

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 (газовой) 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.

В горизонтальных участках (см. рис. 37.3) основная часть масла течет естественным образом в направлении наклона (если он существует).

В отсутствие наклона, *если скорость газа в трубопроводе низкая,* масло стремиться под действием силы тяжести осесть на дно трубы и застаивается там.

Точно также, как скорость ветра порождает волны на поверхности моря, скорость хладагента над слоем масла порождает возникновение маленьких волн, которые перемещаются в направлении движения хладагента *даже в отсутствие наклона, если скорость газа превышает* ***2,5 м /с***

В вертикальных участках (см. рис. 37.4) проблема возврата масла немного осложняется действием силы тяжести, *которая заставляет масляную пленку двигаться вниз.*

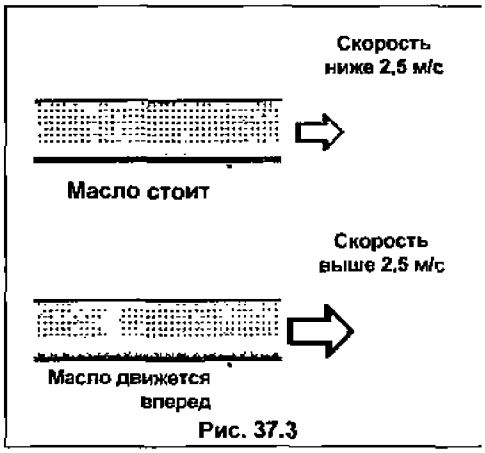


Рис. 37.3

Логично предположить, что на вертикальных участках трубопроводов для преодоления силы тяжести и подъема масла в трубопроводе механическое воздействие газа на масло должно быть гооаздо более значительным, чем на горизонтальных участках. 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 трубке падает **ниже 5 м/с,** масло очень быстро остановится и начнет стекать вниз под действием силы тяжести.

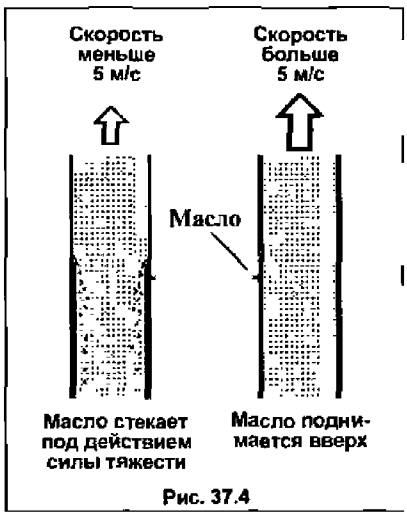


Рис. 37.4

ВНИМАНИЕ! *Если диаметр вертикальной трубы больше 2 дюймов или если температура испарения* ***ниже -10'С,*** *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 с тем, 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.

D} Влияние разности уровней на возврат масла

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

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 нагнетающей полости головки блока.

Если высота компрессора над конденсатором **превышает 3 метра** (см. рис. 37.5), количество масла, которое может скопиться в этой полости, становится весьма значимым. Дополнительно к этому, из-за того, что окружающая температура по сравнению с температурой нагнетания относительно невысока, при остановке компрессора может сконденсироваться более или менее значительное количество находящихся в магистрали нагнетания паров хладагента, и образовавшаяся жидкость также может стечь в полость нагнетания головки блока компрессора.
Скопление там жидкого хладагента и масла создает опасность того, что при очередном запуске компрессора произойдет сильный гидроудар.

Точно такая же проблема возникает, если испаритель расположен ниже компрессора, поскольку при остановках последнего, масло, находящееся в восходящем трубопроводе, также стекает в нижнюю часть (см. рис. 37.6). Как и в случае нагнетающего трубопровода, количество накапливающегося внизу масла становится значительным, если высота H трубопровода превышает 3 метра.

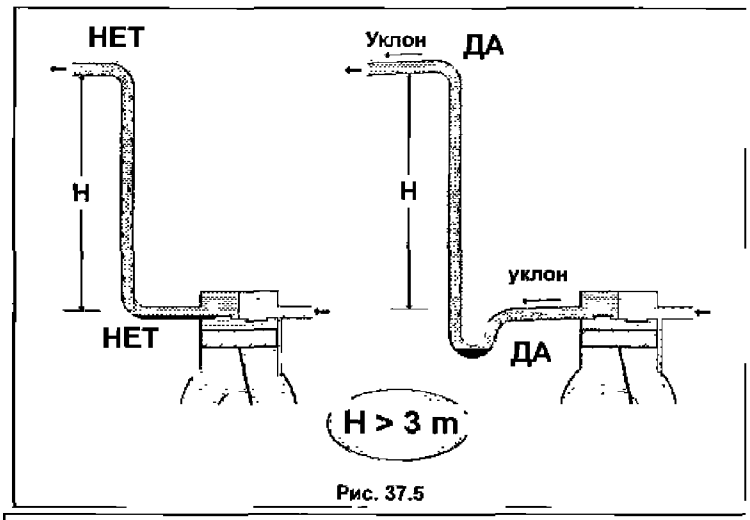


Рис. 37.5

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 и спровоцировать возникновение сильного гидроудара.

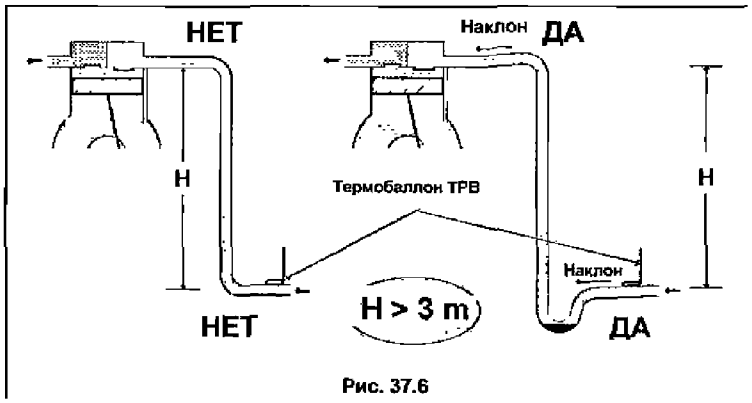


Рис. 37.6

Во избежание подобных гидроударов, являющихся причиной многочисленных поломок клапанов, в тех случаях, когда разность уровней превышает 3 метра, 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 испарении хладагент поглощает тепло !

Необходимое 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. 37.6).

Тогда в момент запуска термобаллон может среагировать на резкое падение температуры и, следовательно, обусловить *резкое закрытие ТРВ в особенно критический момент* (в момент запуска давление конденсации понижено, также как и производительность ТРВ, и 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 пресостатом 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 метра, устанавливать жидкостную ловушку (т.е. маслоподъемную петлю), и быть очень внимательным при прокладке трубопроводов, на которых будет установлен термобаллон, особенно тщательно соблюдая уклоны.

Мы уже увидели, 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 H на рис. 37.7)** превышает **примерно 7,5 м,** проблема усложняется еще больше.

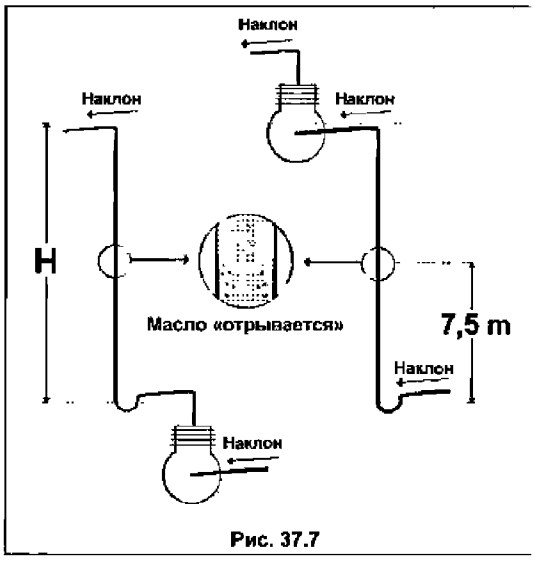


Рис. 37.7

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 повышается длина труб и тем больше возрастает содержание масла в этой трубе.

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

На восходящем трубопроводе нагнетания подобный наплыв масла при остановке компрессора создает опасность возврата масла в нагнетающую полость головки блока, если маслоподъемная петля окажется переполненной (см. схему на рис. 37.8).

Попадание масла в полость головки блока 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 необходимо устанавливать не более *чем через каждые 7,5 метров* восходящих трубопроводов как на всасывающей, так и на нагнетающей магистралях (см.рис.37.9).

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

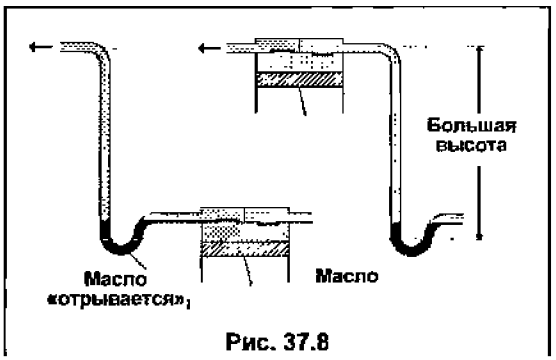


Рис. 37.8

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

Заметим, *что разность уровней более 30 м* совершенно не рекомендуется так как потери давления в трубопроводах такой высоты с 4-мя последовательно установленными маслоподъемными петлями становятся совершенно неприемлемыми *(вообще-то говоря, всегда рекомендуется иметь как можно меньшую разность уровней).*

Наконец, заметим, что установка маслоотделителя в нагнетающем 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 нагнетающей 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.

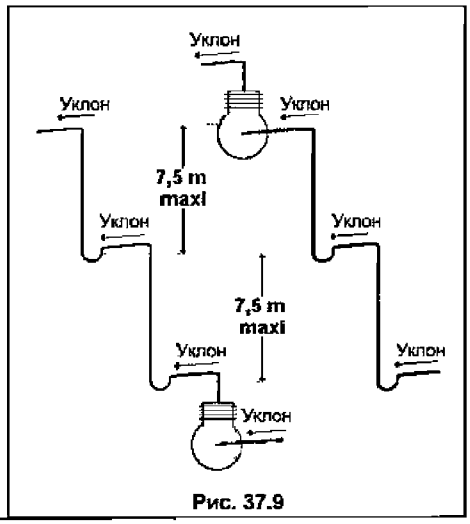


Рис. 37.9

Е) 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 метра.

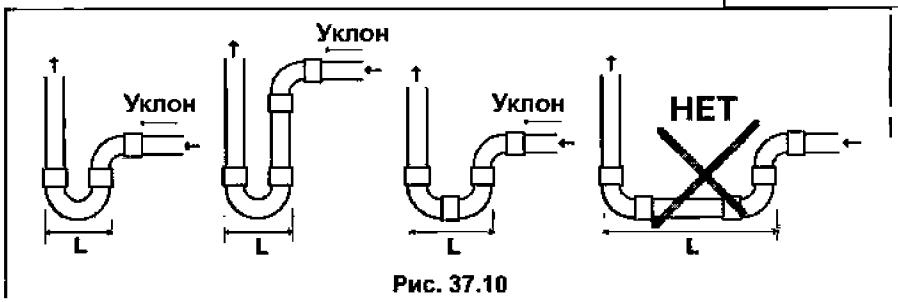


Рис. 37.10

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 перемещаться по контуру (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, см. рис. 37.10).

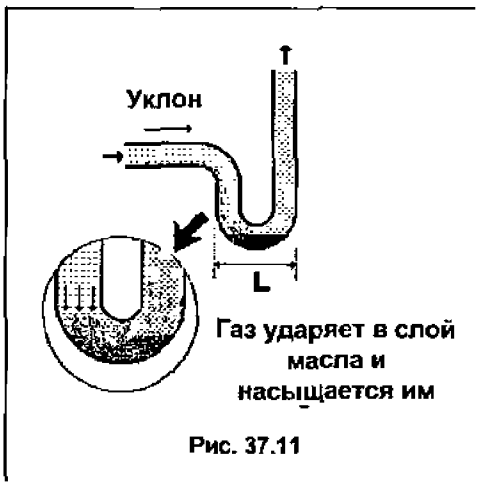


Рис. 37.11

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.

Повышение скорости газа и его воздействие на поверхность масла способствуют разрушению этой поверхности (см. рис. 37.11) с образованием очень мелких капелек и увлечению масла в вертикальный трубопровод в виде масляного тумана и масляной пленки, которая продвигается вперед по длине стенок трубопровода в результате механического воздействия на нее проходящего газа (если его скорость не ниже 5м/с).

F) 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 число оборотов компрессора, или если регулирование производительности осуществляется за счет исключения из работы отдельных цилиндров путем воздействия на всасывающие клапаны.

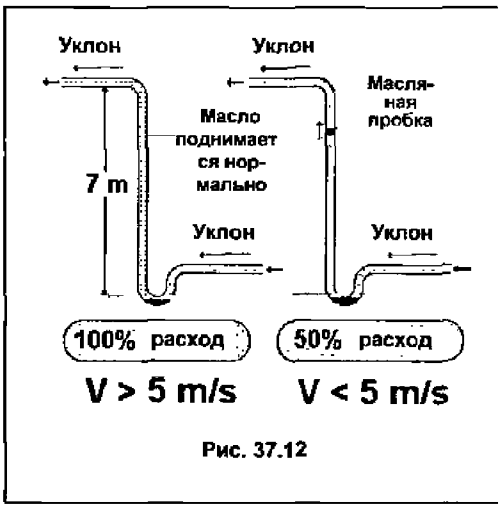


Рис. 37.12

Действительно, если расход хладагента в контуре переменный и зависит от режима работы установки, скорость газа в трубопроводах также будет меняться. Для лучшего понимания рассмотрим в качестве примера установку, оборудованную двумя одинаковыми компрессорами, смонтированными в параллель, то есть установку с двумя ступенями мощности (100% или 50%).

Допустим, что диаметр восходящей магистрали этой установки с 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 (см. рис. 37.12).

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

Однако, когда один из двух компрессоров остановлен, расход хладагента вполовину уменьшается и падает примерно до 50% полного расхода. 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 если бы труба перекрывалась постепенно закрывающимся краном.

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

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

Однако в дальнейшем потребуется обеспечить более высокий расход, когда установка начнет работать на 100% мощности. При этом нужно обеспечить следующие условия:

- Полные потери давления в трубопроводах (длина вертикальных участков + длина горизонтальных участков + местные сопротивления) не должны быть слишком высокими, то есть не выше перепада, эквивалентного температуре примерно 1°C, как для магистралей 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 (см. рис. 37.13) *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.

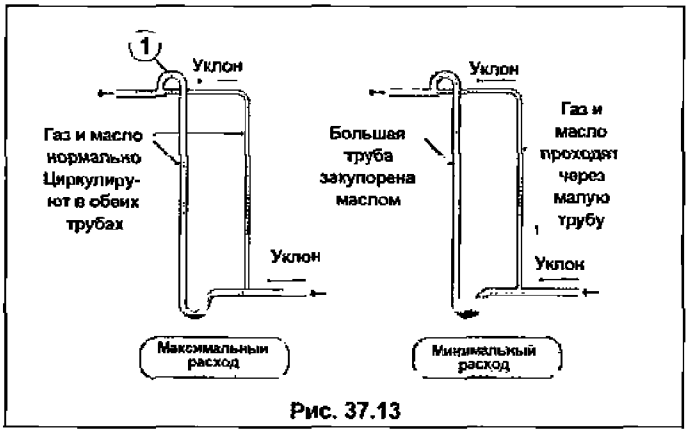


Рис. 37.13

Действительно, *при пониженной мощности* скорость газа в обеих трубах настолько мала, что масло не может подниматься и накапливается 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. 37.13) предотвращает проход масла, поднявшегося по малой трубе, в большую трубу.

Когда мощность установки возрастет, повышение расхода хладагента протолкнет масло, собравшееся в ловушке, и газ вновь начнет циркулировать по обеим трубам.

Еще раз напомним, что емкость ловушки должна быть как можно меньше, чтобы избежать прохождения больших масляных пробок в момент, когда ловушка 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, несмотря на все, 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 с тремя ступенями производительности (100%, 66% и 33%), обеспечиваемыми изменением числа действующих цилиндров, который расположен над испарителем.

Допустим, что при максимальной мощности (100%, задействовано 6 цилиндров) через нагнетающую магистраль компрессора вместе с хладагентом выходит 1,5 литра масла в час.

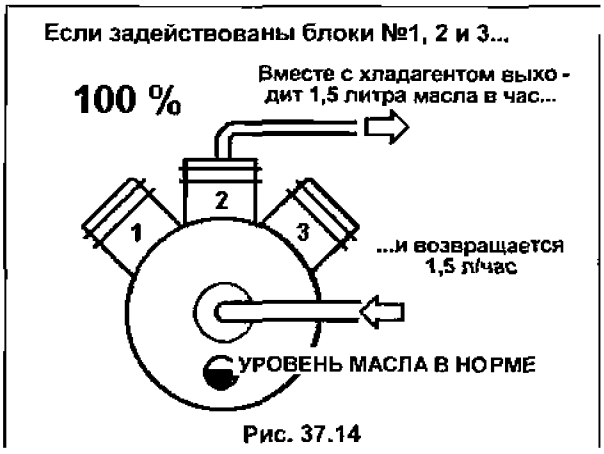


Рис. 37.14

Поскольку конструкция установки и ее монтаж выполнены по всем правилам, вместе с хладагентом в компрессор возвращается такое же количество масла (то есть 1,5 л/час) и уровень масла по указателю уровня (см. рис. 37.14) 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 (1 блок). Всасываемое компрессором количество хладагента уменьшается и расход через компрессор падает до 66%.
Но каждый килограмм приходящего в компрессор хладагента может содержать только строго определенное количество масла, которое не зависит от расхода, следовательно приход масла тоже упадет пропорционально падению расхода, то есть до 66% или примерно до 1 л/час (также, как и расход масла из компрессора).

Следовательно, через всасывающую магистраль в компрессор будет поступать с этого момента только 1 л/час масла, в то время как перед этим через магистраль нагнетания уходило 1,5 л/час.
Это значит, что количество масла, эквивалентное расходу 0,5 л/час, 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/час, остается в контуре, главным образом, в испарителе, где падение температуры приводит к разделению масла и хладагента, и уровень масла в компрессоре падает (см. рис. 37.15).

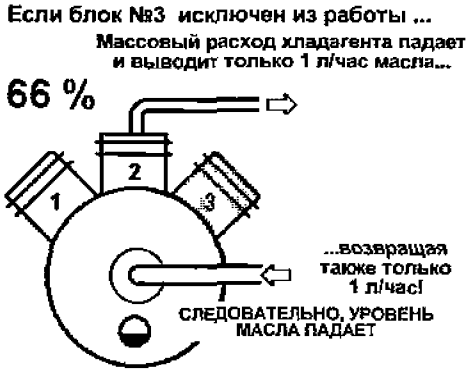


Рис. 37.15

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

В результате в контуре опять останется количество масла, эквивалентное его расходу 0,5 л/час, и уровень масла в картере вновь понизится (см. рис. 37.16).

Таким образом, если компрессор будет работать с мощностью 33% от наминала, количество масла, оставшееся в испарителе, окажется достаточным, чтобы уровень масла в картере заметно понизился. В этот момент, если задающий термостат отключит компрессор, ничто не позволит больше маслу, находящемуся в испарителе, возвратиться в картер.

При последующем запуске такая же картина будет повторяться всякий раз, когда компрессор будет переходить на режим пониженной производительности, а опасность понижения уровня масла будет еще более значительной 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 каждый раз возвращать накопившееся в испарителе масло с тем, чтобы приготовиться к последующему запуску.*

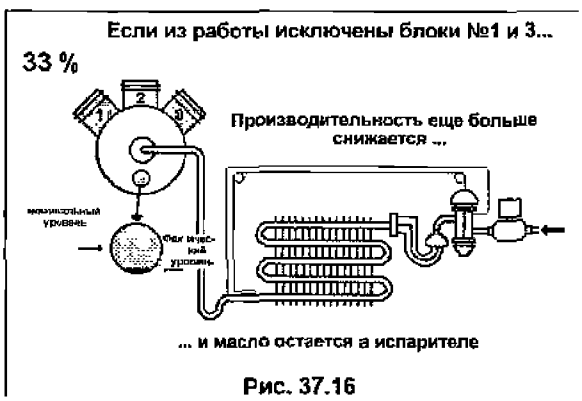


Рис. 37.16

Для этого остановки компрессора должны обязательно производиться с использованием метода предварительного вакуумирования *(см. раздел 29. Остановка холодильных компрессоров)*.

ЗАМЕЧАНИЕ 1. В каждой маслоподъемной петле всегда остается более или менее значительное количество масла. Поэтому при первом запуске вновь собранной установки с большим числом ловушек 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 ловушки тем же маслом, что используется для смазки компрессоров.

Замечание 2. Постепенное исключение из обращения хлорфторуглеродов CFC (RI2, R502...) и **появление новых хладагентов серии фторуглеводородов HFC (R134a, R404A...) с эфирными маслами вместо минеральных приводит к возникновению новых проблем в вопросах возврата масла** *(см. раздел 56. Проблемы, возникшие с появлением новых хладагентов)*.

38. УПРАЖНЕНИЕ. НАБОР ИЗ 12 ОШИБОК

Попробуйте отыскать по *меньшей мере 12 ошибок в конструкции или монтаже,* которые вкрались в принципиальную схему на рис.38.1, изображающую холодильную установку с прямым циклом расширения, конденсатором с воздушным охлаждением и компрессором стремя ступенями мощности (33,66 и 100%).

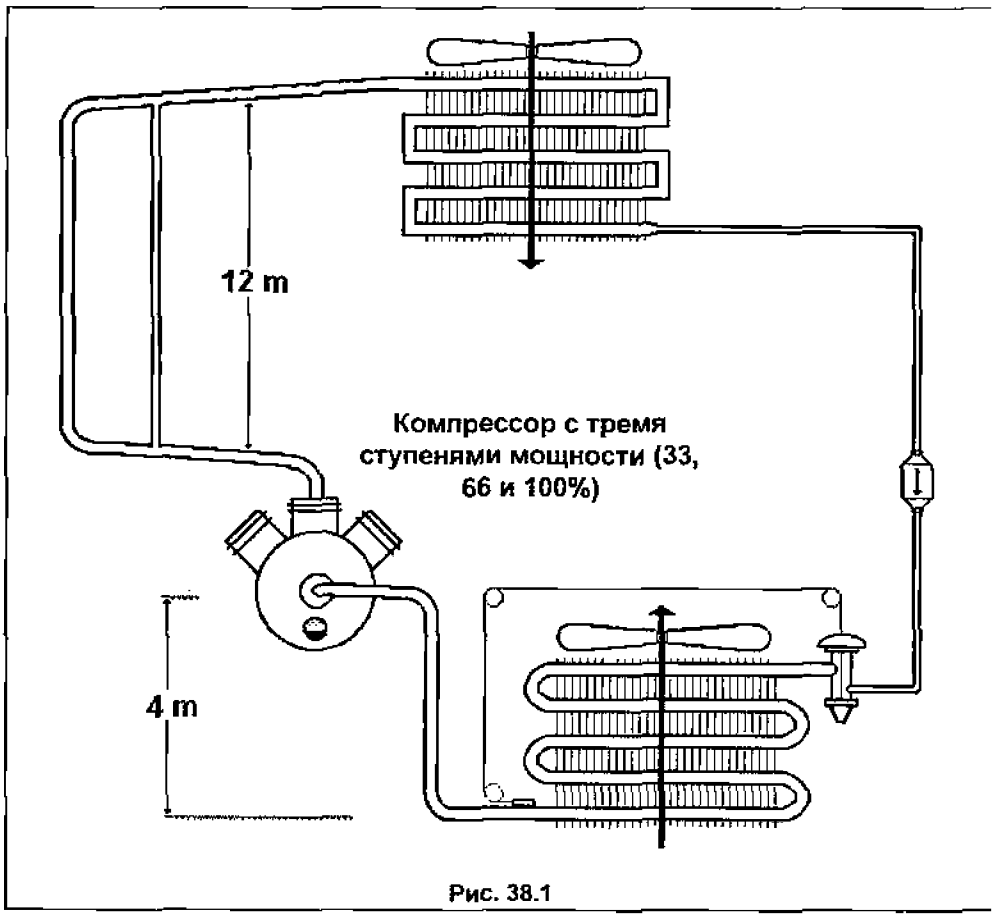


Рис. 38.1

Перед тем, как ознакомиться с ответом, попробуйте отыскать как можно больше ошибок.

Ошибка № 1 :

Ошибка № 2 :

Ошибка № 3 :

Ошибка № 4 :

Ошибка № 5 :

Ошибка № 6 :

Ошибка № 7 :

Ошибка № 8 :

Ошибка № 9 :

Ошибка № 10 :

Ошибка №11:

Ошибка № 12 :

39. НАБОР ИЗ 12 ОШИБОК. ОТВЕТ

Теперь исправим 12 серьезных ошибок конструкции и сборки, которые некстати вкрались в схему на рис. 38.1 *(для детального объяснения большинства из них см. предыдущий раздел)*.

Ошибка №1. *На выходе из компрессора имеется опасный контруклон (см. поз.1 на рис. 39.1).* Напомним, что обязательным требованием при прокладке трубопроводов всасывания и нагнетания является всегда уклон (не меньше 12 мм/м) трубопроводов в направлении движения потока, как указано на **поз.Г, рис. 39.2.**

Ошибка №2. *Разность уровней больше 3 метров,* поэтому в нижней части восходящей магистрали (поз.2) *необходимо установить маслоподъемную петлю* (поз.2').

Ошибка №3. *Разность уровней больше 7,5м,* поэтому для обеспечения подъема масла на такую высоту *необходимо установить промежуточную маслоподъемную петлю* (поз.3').

Ошибка №4. Б *верхней части восходящей магистрали присутствует опасный контруклон от конденсатора к компрессору* (поз.4) вместо плавного наклона к конденсатору, как указано на **поз.4'.**

Ошибка №5. Если восходящая магистраль выполнена в виде сдвоенных трубопроводов, о*на должна быть изготовлена таким образом, чтобы предотвращать возможность возврата масла, поднявшегося по одной из труб, через другую трубку при любых условиях оаботы* и особенно пои снижении оасхояа.

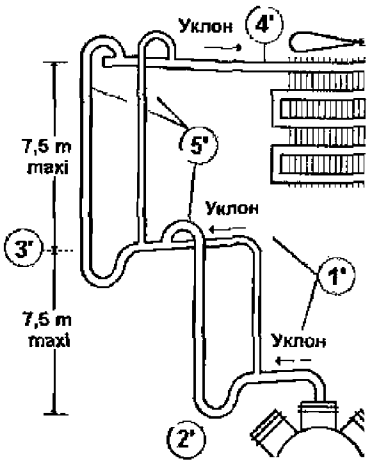


Рис. 39.2

В примере на рис. 39.1 **(поз.5)** *это требование нарушено* и соединение труб выполнено с ошибкой.

Поз.5' на рис. 39.2 показывает *два возможных варианта,* которые позволяют исключить угрозу возврата масла при соединении двух труб.

Ошибка №6. *Вентилятор конденсатора должен вращаться в направлении, обратном тому которое показано на рис. 39.3,* **поз.6.**

Действительно, под действием силы тяжести жидкий хладагент находится в нижней части конденсатора.

Однако температура воздуха, охлаждающего низ конденсатора (и обеспечивающего переохлаждение жидкости) будет меньше, если воздух будет проходить через конденсатор не сверху вниз, как на рис. 39.3, поскольку он, пройдя вверх конденсатора, уже нагреется, а снизу вверх, как показано на рис. 39.4, **поз.6'.**

По этой причине направление движения воздуха **6'** позволяет обеспечить лучшее переохлаждение сконденсировавшейся жидкости и, следовательно, повысить холодильный КПД, тем более, что в этом случае улучшается теплообмен, поскольку воздух и хладагент двигаются навстречу друг другу (принцип противотока).

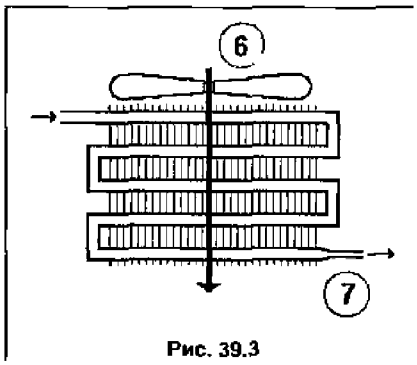


Рис. 39.3

Ошибка №7. Используемый в установке компрессор располагает 3 ступенями мощности, поэтому количество циркулирующего в установке хладагента при самой низкой мощности примерно в 3 раза меньше, чем при 100-процентной мощности.

Но при мощности установки в 33% от номинала «излишек» хладагента, перестающий циркулировать, обязательно будет находиться в конденсаторе (а в каком другом месте он может быть?).

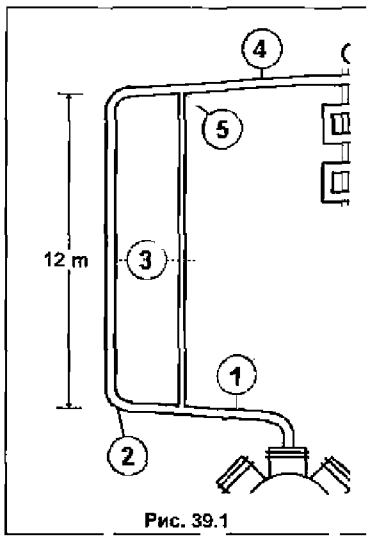


Рис. 39.1

Такое накопление жидкости в конденсаторе будет вызывать заметное снижение теплообменной поверхности и, следовательно, холодопроизводительности с последствиями, которые чреваты отключением компрессора предохранительным прессостатом ВД.

Наиболее простым решением этой проблемы, как и любой проблемы, обусловленной большими изменениями

расхода хладагента в контуре, является *установка на выходе из конденсатора жидкостного ресивера* **(поз.7'** на рис. 39.4), который служит буферной емкостью *{см. раздел 16. Проблема заправки хладагентом).*

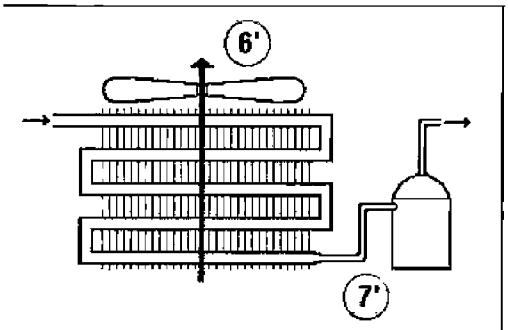


Рис. 39.4

Однако заметим, что некоторые разработчики холодильных установок предпочитают сознательно с самого начала использовать переразмеренный конденсатор, лишь бы избежать применения жидкостного ресивера. Основным преимуществом этого переразмеривания является постоянное наличие значительного количества жидкости в нижней части конденсатора **(зона А** на рис. 39.5), что позволяет достичь превосходного переохлаждения.

Отличное переохлаждение позволяет не только повысить холодопроизводительность, но одновременно исключить опасность внезапного вскипания жидкого хладагента при сложной конструкции жидкостной магистрали (большая длина трубопровода, значительная разность уровней для конденсатора, расположенного под испарителем...).

Ошибка №8. Поскольку компрессор имеет возможность 3^x-ступенчатого снижения производительности, расход хладагента может сильно меняться, и количество масла, остающегося в испарителе при работе на 33-процентной производительности, может оказаться относительно высоким.

Кроме того, в схеме на рис. 38.1 *испаритель расположен под компрессором, а* это обстоятельство делает проблему возврата масла в данной установке действительно очень серьезной.

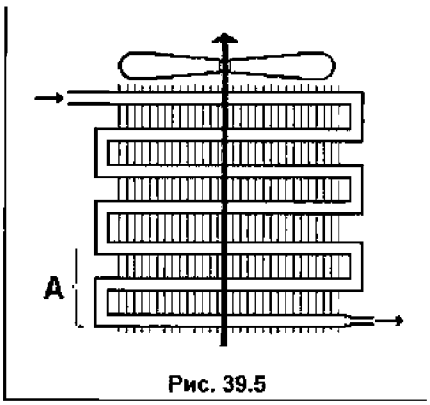


Рис. 39.5

Чтобы избежать опасности накопления масла в испарителе и возникновения механических поломок, необходимо при каждой остановке компрессора возвращать масло в его картер, следовательно каждую остановку по команде от регулятора нужно выполнять с предварительным вакуумированием.

Однако такая операция требует, чтобы на жидкостной магистрали как можно ближе к ТРВ был установлен электроклапан (см. **поз.8'** на рис.39.7).

Ошибка № № 9 и 10. Производительность компрессора может иметь 3 ступени, снижаясь от 100% до 33%. Это обстоятельство позволяет предполагать, что его электрическая мощность имеет *порядок нескольких десятков киловатт.*

Как следствие, холодопроизводительность испарителя будет достаточно значительной для того, чтобы он был составлен из нескольких секций,

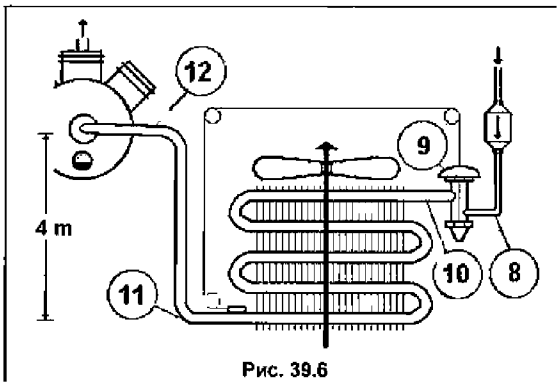


Рис. 39.6

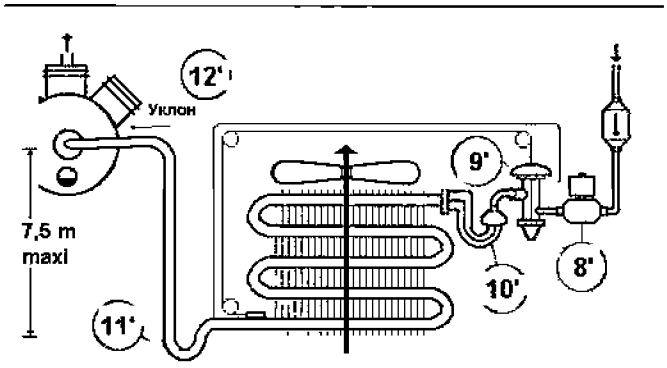


Рис. 39.7

запитываемых при помощи распределителя жидкости, как показано на рис. 39.7, **поз.10'.**

Однако высокая холодопроизводительность испарителя и его запитка с помощью распределителя жидкости дает основание предполагать возможность значительных потерь давления, поэтому в данном случае крайне необходимо использовать термостатический ТРВ с внешним уравниванием давления, как показано на рис. 39.7, **поз.9'.**

Ошибки № 11 и 12. Разность уровней между испарителем и компрессором более 3 метров, поэтому в нижней части (см. **поз.11** на рис. 39.6) восходящей всасывающей магистрали необходимо смонтировать маслоподъемную петлю (см. **поз.1 Г** на рис. 39.7).

Наконец, на входе в компрессор **(поз.12** на рис. 39.6) имеется недопустимый контруклон, поэтому необходимо, чтобы всасывающий патрубок был наклонен к компрессору так, как показано на рис. 39.7, **поз.12'.**

40. КАК НА ОЩУПЬ ОЦЕНИВАТЬ ТЕМПЕРАТУРУ ?

Предметом рассмотрения настоящего раздела являются *преимущества и ограничения* оценки порядка величины температуры трубопроводов холодильных установок с помощью хорошо знакомого холодильщикам-практикам приема, заключающегося в простом ощупывании трубопроводов.

A) Общие соображения по поводу ощупывания трубопроводов

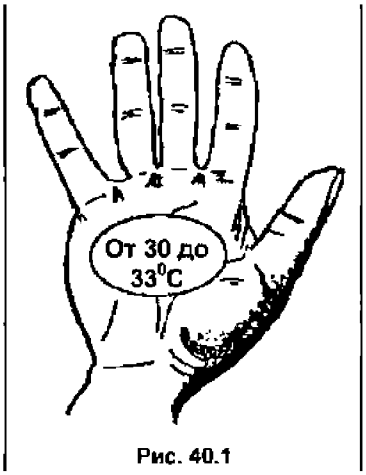


Рис. 40.1

Если техника оценки порядка температуры на ощупь хорошо усвоена и понятна, в *сочетании* с *показаниями манометров ВД и НД* она может позволить сэкономить драгоценное время, облегчая диагностику очень многих неисправностей в холодильных установках.

В начале нужно усвоить, что температура ладони может меняться в общем случае от 28°C до 34°C (в зависимости от индивидуума, окружающей температуры, состояния здоровья...), однако наиболее часто она находится в пределах 30... 33°C (см. рис. 40.1).

Ваш собственный уровень вы сможете точно установить измерением температуры вашей ладони с помощью высококачественного надежно оттарированного термометра.

Заметим, что температура вашей руки может слегка изменяться в разное время года и в зависимости от состояния вашего здоровья. Поэтому не стесняйтесь регулярно ее проверять.

B) Оценка переохлаждения на ощупь

Холодильные установки, как в торговом оборудовании, так и в кондиционерах, оборудованные конденсаторами с воздушным охлаждением, работают в большинстве своем с температурой конденсации, при нормальных условиях, расположенной в диапазоне от 40°C до 45°C.

Допустим, что обычная величина переохлаждения составляет около 5°C, получим температуру жидкости, измеренную на выходе из конденсатора, находящуюся зачастую в диапазоне от 35°C до 40°C.

Небольшая разница, которая при этом существует между температурой жидкости на выходе из конденсатора (35...40°C) и температурой руки (30...33°C), может позволить путем легкого обхвата трубопровода рукой (см. **рис.40.2)** *очень быстро и с хорошей точностью оценить величину переохлаждения жидкости.*

Для того, чтобы лучше усвоить этот прием, возьмем в качестве примера ремонтника, температура руки которого равна 31 °C, дотрагивающегося до патрубка отвода жидкости. Если он при этом обжигается и не может держать руку на патрубке (см. рис. 40.3), это обычно означает, что температура гораздо выше 45°C и ее оценка почти невозможна. *Чтобы избежать ожога, нужно перед тем, как свободно положить руку сверху на трубку, слегка похлопать ею по трубке (температура нагнетающего патрубка может превышать 80 °C).* С другой стороны, если наш ремонтник испытывает легкое ощущение тепла, это означает, что температура трубопровода выше 31 °C (температура его руки), причем, чем выше температура, тем сильнее ощущение тепла.

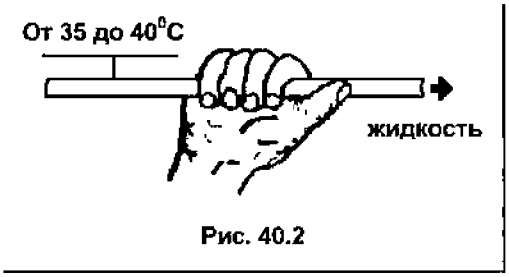


Рис. 40.2

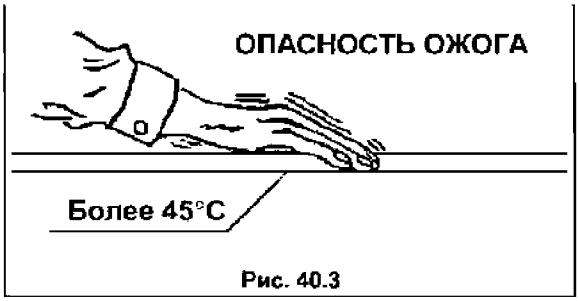


Рис. 40.3

При легком обхватывании можно оценить температуру трубы между 30 и 40°C с точностью до градуса.

Оценив температуру жидкости на выходе из конденсатора, ремонтнику достаточно взглянуть на манометр, показывающий давление (а следовательно, и температуру) конденсации, чтобы мгновенно оценить переохлаждение.

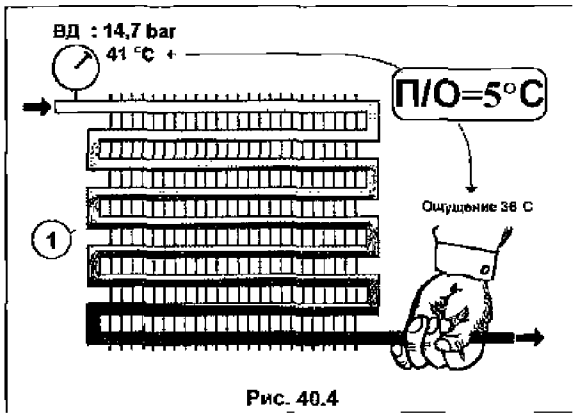


Рис. 40.4

Например, допустим, что опытный ремонтник, дотронувшись до трубопровода отвода жидкости из конденсатора, ощущает легкое чувство тепла и делает на этом основании вывод о том, что температура жидкости, выходящей из конденсатора, около 36°C.

Если при этом манометр нагнетания (ВД) показывает давление 14,7 бара (что соответствует для R22 температуре конденсации 41°C), наш ремонтник **тотчас же** может заключить, что переохлаждение составляет 41°C-36°C=5°C и сделать из этого соответствующие выводы (см. рис. 40.4).

Заметим, что вся центральная зона конденсатора **(поз.1** на рис. 40.4) содержит смесь жидкости и пара при температуре конденсации (в нашем случае 41°C).

В крайнем случае ремонтник может *грубо оценить* переохлаждение просто дотронувшись вначале до изгибов (калачей) в центральной зоне конденсатора, а затем до отводящего патрубка, даже если манометр ВД отсутствует.

Внимание! Для надежной диагностики необходимо, *чтобы значения температуры и давления были установившимися.* Поэтому измерения температуры с помощью термометра или ее оценка на ощупь не должны производиться, если установка только что включилась.

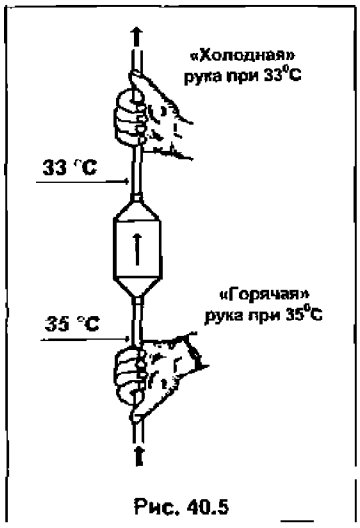


Рис. 40.5

C) Оценка разности температур

Определение разности температур (ΔΘ) между двумя точками есть, безусловно, одна из наиболее часто используемых операций техники оценки температур на ощупь.

Результаты такой оценки тем надежнее, чем больше разность температур (разность более 4°C, как правило легко выявляется ощупыванием двумя руками).

Хотя небольшие разности оценивать труднее, тем не менее разница порядка 2°C также может быть обнаружена несмотря ни на что с хорошей достоверностью благодаря специальной технике ощупывания. Для лучшего понимания этой техники возьмем в качестве примера случай, когда ремонтник пытается проверить фильтр-осушитель, находящийся в самом начале процесса засорения, в результате чего на нем образовался слабый перепад температур в 2°C (на входе жидкость имеет температуру 35°C, на выходе - 33°C).

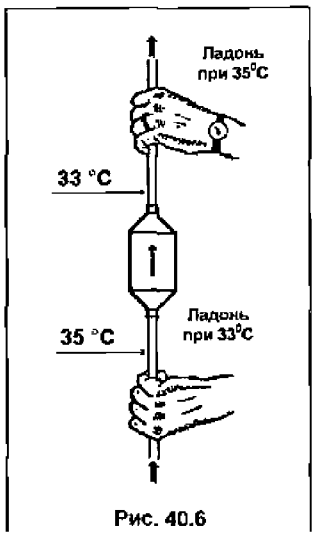


Рис. 40.6

Если наш ремонтник будет достаточно долго зажимать трубки на входе и выходе влагоотделителя обеими руками (не менее десятка секунд), температура каждой из ладоней сравняется с соответствующей температурой трубок (см. рис. 40.5).

В результате его мозг зарегистрирует ощущение «горячей» левой руки и «холодной» правой.

Быстро поменяв руки крест накрест «холодную» руку при 33°C на трубу при 35°C и «горячую руку» при 35°C на трубу при 33°C), он получит ощущение разности в 2°C от каждой руки, **что эквивалентно искусственному удвоению ощущения (см. рис. 40.6).**

КАК НА ОЩУПЬ ОЦЕНИВАТЬ ТЕМПЕРАТУРУ?

Такая техника может сослужить хорошую службу, поскольку позволяет, *усиливая* получаемые при ощупывании ощущения, обнаруживать с неплохой достоверностью даже относительно небольшие разности температур.

D) Оценка температуры ниже, чем температура руки

Если ремонтник при ощупывании трубопровода не чувствует ни тепла, ни холода, это значит, что температура трубы примерно такая же, как температура руки.

Напротив, если труба более холодная, чем рука (однако, без обледенения), он почувствует охлаждение, причем тем большее, чем ниже будет температура трубы.

Вообще говоря, оценить температуру трубы на ощупь, если она холоднее, чем рука, довольно трудно, особенно, когда эта разность велика (см. рис. 40.7).

В этом случае для оценки температуры в помощь ремонтнику также используется специальная техника ощупывания, особенно когда окружающая температура ниже температуры руки (наиболее частый случай).

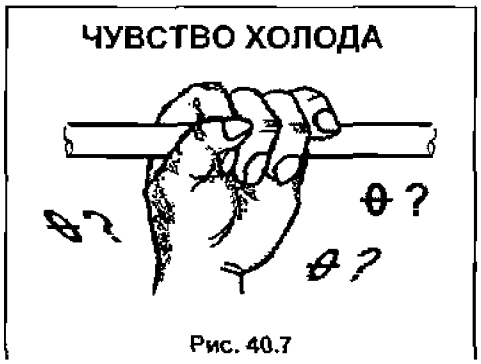


Рис. 40.7

Эта техника состоит в том, чтобы *вначале* дотронуться до какой-нибудь расположенной поблизости массивной металлической детали (например, станина компрессора или металлический шкаф), которая обязательно должна иметь такую же температуру, как окружающая температура (следовательно, ни горячее, ни холоднее, см. рис. 40.8). Далее нужно подождать несколько секунд, чтобы дать возможность мозгу «зарегистрировать» соответствующее ощущение. *Затем ремонтник должен быстро* прикоснуться к трубопроводу, температуру которого он желает оценить.

Сравнив два ощупывания, можно тотчас же соотнести температуру трубы с окружающей температурой (такая же, более теплая, менее теплая, гораздо менее теплая...).

Заметим также, что для уточнения разницы между температурой трубы и температурой окружающей среды может иногда использоваться техника сравнения, описанная выше.

Если труба обледенела, можно заключить, что ее температура ниже 0°C (посмотрите на выход из ТРВ, особенно в кондиционерах). Если иней рыхлый на вид и быстро осыпается при постукивании по трубе пальцем, температура достаточно близка к 0°C. В противном случае для определения температуры лучше использовать термометр.

ВНИМАНИЕ! ***Если ваша рука с температурой +30°C дотрагивается до трубы с температурой -20 °C (перепад равен 50 °C), вы почувствуете такое же ощущение ожога, как при погружении руки с температурой +30 °C в воду с температурой +80 °C (тот же перепад в 50 °C).***

В заключение отметим, что техника определения температуры на ощупь должна рассматриваться как вспомогательная, позволяющая в некоторых случаях быстро оценить переохлаждение или перегрев с целью выигрыша во времени при диагностировании неисправностей.

Как любая техника каких-либо действий, она требует упражнений и тренировок, чтобы быть эффективной. Однако она ни в коем случае не может заменить правильное использование высококачественных термометров.



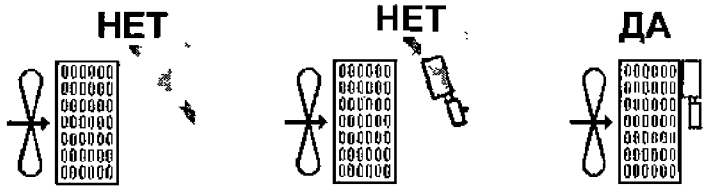
Рис. 40.8

41. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА

При контроле работы или в связи с необходимостью подтверждения диагноза неисправности часто возникает потребность в измерении расхода воздуха, как через конденсатор, так и через испаритель.

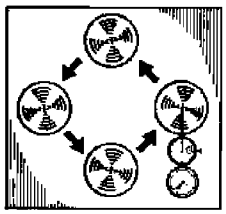
Наиболее простым прибором, позволяющим выполнить эту операцию, является анемометр с крыльчаткой, оснащенный механическим или электрическим преобразователем.

В любом случае существенным условием выполнения измерений является скрупулезное соблюдение рекомендаций разработчика этого прибора.
Каким бы ни был преобразователь прибора, напомним, что крыльчатка анемометра для получения точного результата, во время всего периода измерения, должна оставаться *строго перпендикулярной* продольной оси батареи и *вплотную прижата к* ней (см. рис. 41.1).
Более того, если площадь сечения выходящей воздушной струи достаточно велика, скорость воздуха внизу, вверху и в центре батареи может сильно различаться, (скорость может меняться вдвое).



Анемометр должен быть плотно прижат к батарее перпендикулярно ее продольной оси

Рис. 41.1



При осуществлении сканирующих движений анемометр дает результат измерений очень неточный

Рис. 41.2

В этом случае иногда используют такой способ измерения, который заключается в осуществлении сканирования анемометром перед батареей, однако этот способ приводит к большой потере точности измерения, поскольку при перемещении анемометра трудно сохранять все время его перпендикулярность к продольной оси батареи и обеспечить плотное прижатие (см. рис. 41.2).

Более того, этот способ может в той или иной мере содействовать появлению зон, в которых скорость будет сильно отличаться от средней скорости, что делает конечный результат измерений довольно приблизительным.

По этим причинам способ измерения путем сканирования не рекомендуется и при необходимости может быть использован с обеспечением достаточной точности только для небольших батарей.

Когда площадь батареи становится значительной, предпочтительно мысленно разделить ее на некоторое число элементарных поверхностей, каждая из которых примерно соответствует площади сечения вертушки прибора.

Например, мы разделим площадь батареи **на 9 участков** так, как это показано на рис. 41.3. Тогда, измеряя скорость воздуха в каждом из этих участков и производя осреднение получаемых результатов, мы будем знать среднюю скорость воздуха, проходящего через батарею (в м/с).

В данном примере имеем:

$$vm_{(m/s)} = \frac{V_1 + V_2 + ... + V_8 + V_9}{9}$$

После этого нам останется только измерить размеры батареи (ширину l и высоту h), чтобы рассчитать объемный расход воздуха Qv в м ^{3}/с:

$$Qv_{(m^3/s)} = vm_{(m/s)} \times l_{(m)} \times h_{(m)}$$

Умножим на 3600 расход в м^с получим расход в м ^{3} /час:

$$Qv_{(m^3/h)} = Qv_{(m^3/s)} \times 3600$$

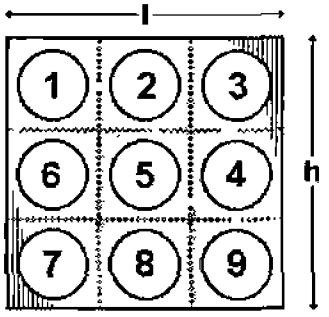


Рис. 41.3

Тогда ремонтнику нужно лишь сравнить полученный результат с значением номинального расхода и потом осмыслить данные сравнения.

Методика измерения: Представим себе, что счетчик анемометра в момент времени 0 показывает 115м перед началом измерений (показания счетчика могут быть произвольными, и совсем не обязательно выставлять циферблат счетчика на 0, поскольку это достаточно долго и бесполезно). Для измерения определяют временной интервал замера, например, 20 секунд.

Счетчик анемометра отключают от крыльчатки и помещают анемометр на батарею в положение 1 (см. схему на рис. 41.3). Когда крыльчатка наберет скорость, включают анемометр таким образом, чтобы одновременно запустить и счетчик и хронометр. Когда хронометр покажет 20 секунд, быстро перемещают анемометр в положение 2, через 40 секунд - в положение 3, через 60 - в положение 4 и так далее.

По истечении **180 секунд** (9 измерений по 20 секунд каждое) анемометр выключают, блокируя показания счетчика и хронометра. В этот момент, если счетчик показывает, например, 601м, это значит, что он набрал 601-115=486м за 180 секунд, **следовательно. средняя скорость составляет 486/180=2,7м/с.**

Если L=60см, а h=65см, часовой расход будет 2,7х0,6х0,65х3600=3790м^3/час.

Примечание: внимательно проверяйте расчет на предмет выявления возможных ошибок и следите за порядком получаемой величины. Например, для такой небольшой батареи с размерами 60х65см было бы действительно странным получить крошечный расход в 379м ^{3}/час или огромный расход в 37900 м ^{3}/час.

В установках искусственного климата можно приближенно считать, что расход воздуха через испаритель по ***порядку величины должен соответствовать примерно 700*** **м^3/час** ***на каждый киловатт мощности компрессора.*** Так, кондиционер, оборудованный компрессором мощностью 5 кВт должен иметь расход воздуха через испаритель около 3500 м^3/час. *Конечно, это очень приблизительное значение и только каталог разработчика может дать точные данные о номинальном значении расхода'.*

42. СОВЕТЫ РЕМОНТНИКУ

Первое, что вы должны сделать, прибыв для ремонта холодильной установки, это как можно быстрее встретиться с клиентом, вызвавшим вас, для того, чтобы узнать причину вызова (слишком высокая температура в охлаждаемом помещении, установка издает повышенные шумы, она отключает электросеть, недавно приходил другой ремонтник...).

Далее необходимо осмотреть установку, послушать работу, а при необходимости и «понюхать» ее (общее состояние, следы масла, подозрительные шумы, запах гари). Затем нужно установить манометр и удостовериться в типе хладагента, используемого в контуре (осмотрите управляющий тракт ТРВ, найдите таблички с указанием типа хладагента). Если установка не работает (отключена самим клиентом или остановлена предохранительным устройством), нельзя сразу ее запускать. Вначале спросите себя, закономерны ли показания манометра ВД и НД. Например, не свидетельствует ли температура, соответствующая показанию манометра ВД, о следах неконденсирующихся примесей *(см. раздел 25.5. Практические аспекты устранения неисправности, обусловленной наличием в контуре неконденсирующихся примесей)'?* А может быть, давления, показываемые манометрами, говорят о том, что установка совершенно пустая?

Если остановлен компрессор, вы должны проверить электрические цепи *(см. раздел 54. Ремонт электрооборудования. Введение.},* чтобы посмотреть, не вызвана ли остановка срабатыванием предохранительных устройств (прессостаты ВД или НД, тепловые реле...). Это позволит вам установить максимум признаков (например, отключение компрессора из-за перегрева наиболее часто указывает на то, что установка работает с аномально большим давлением конденсации).

Только начиная с этого момента, вы можете попробовать запустить установку, внимательно наблюдая за показаниями манометров, чтобы удостовериться в вашем предположении о причине быстрого отключения компрессора, если дефект заключается в слишком большом давлении конденсации или слишком малом давлении испарения.

Если компрессор очень быстро останавливается, ремонт, как правило, достаточно прост, поскольку речь идет о явной неисправности (опорожнение контура, остановлен двигатель конденсаторного вентилятора, поврежден управляющий тракт ТРВ, закрыт вентиль...).

В большинстве случаев, установка плохо, но работает, (компрессор вращается), и неисправность принадлежит к семейству одной из 8 неисправности, которые мы уже изучили. *Тогда ваша роль будет заключаться в определении, к какому именно типу относится неисправность, ее устранении и обеспечении того, чтобы в ближайшее время больше не было других неприятностей.*

Ваши заключения основывайте всегда не на значениях давлений, а на значениях температур. Ваши рассуждения будут оставаться тогда справедливыми вне зависимости от того, какой хладагент используется в установке (R12, R22, R134a...).

Если компрессор слишком быстро отключается предохранительным прессостатом НД, вместо того, чтобы неосмотрительно шунтировать цепь этого прессостата, вы можете продлить время работы установки (время констатации признаков неисправности), искусственно повышая давление испарения во всасывающей магистрали с помощью вспомогательного перепускного трубопровода (для этого достаточно обеспечить перепуск части газов из трубопровода нагнетания на вход в компрессор). Если этого будет мало, заблокируйте прессостат с помощью отвертки (забыть отвертку в схеме труднее, чем шунт). ***Никогда не перенастраивайте на большее давление прессостат ВД, так как это может быть очень опасным!***

После работы установки в течение нескольких минут вы должны измерить и дать оценку величинам переохлаждения и перегрева.

Помните о том, что высокий перегрев всегда свидетельствует о значительной нехватке жидкости в испарителе, а слабое переохлаждение указывает либо на нехватку хладагента в контуре (если давление испарения аномально малое), либо на неисправность типа «слишком слабый конденсатор (если давление конденсации аномально большое).

Теперь обратимся к блок-схеме общего алгоритма поиска неисправностей, представленной на рис. 42.1, которая должна позволить очень быстро выявить тип неисправности и обусловливающий ее дефект.

Слишком низкая холодопроизводительность

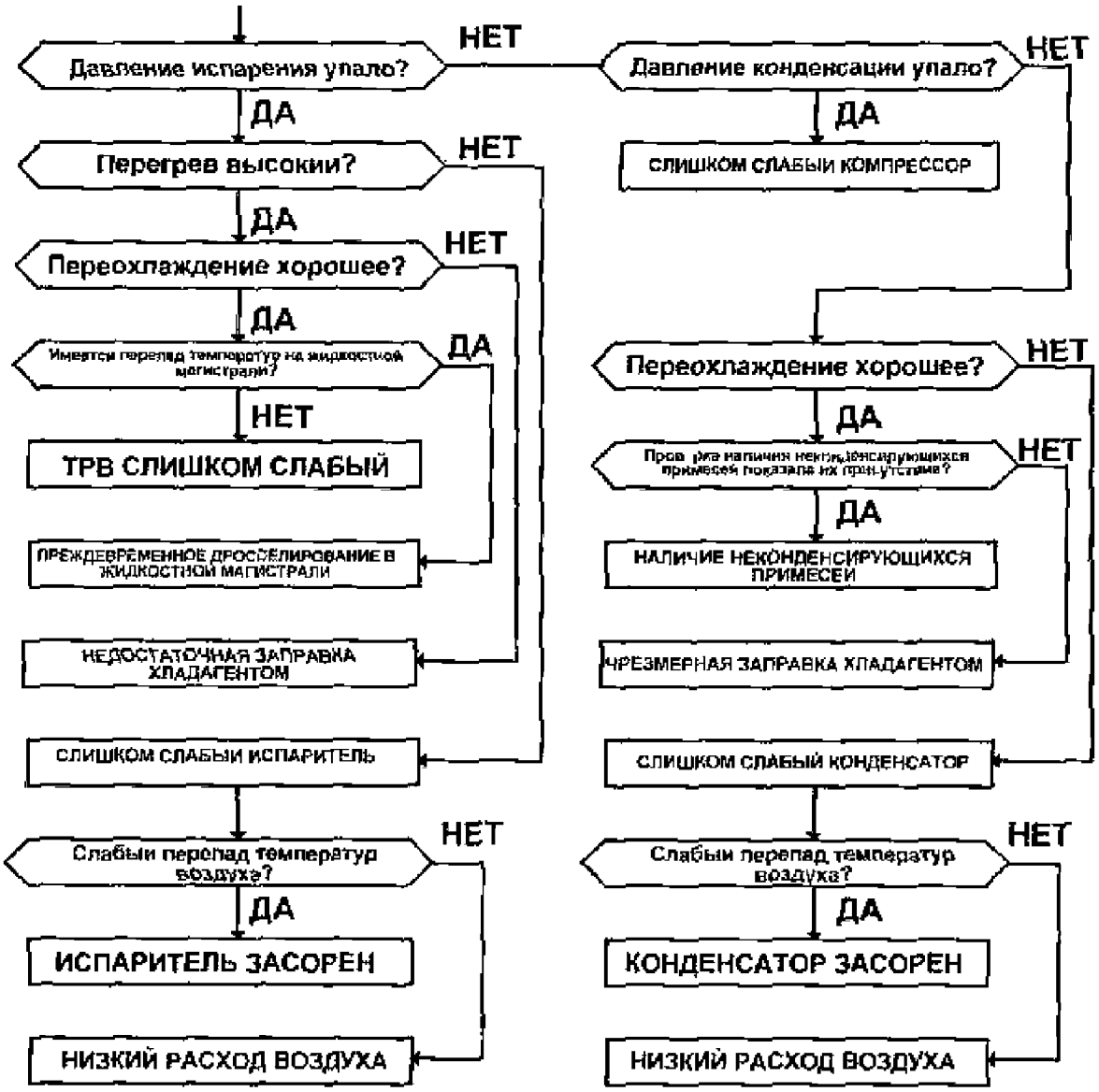


Рис.42.1

После того, как тип неисправности установлен, вам останется только определить ее точную причину и устранить ее. Для каждого из 8 семейств неисправностей в настоящем руководстве мы, как вы уже убедились, привели соответствующий раздел «Практические аспекты устранения неисправности», дающий вам многочисленные примеры, которые смогут оказать огромную помощь в решении практических вопросов.

ВНИМАНИЕ! Программы Frigodep и Frigodiag, разработанные автором настоящего руководства, могут принести громадную пользу, в совершенстве обеспечивая овладение мастерством ремонта холодильного оборудования.

43. РАССУЖДЕНИЯ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РЕМОНТА. УПРАЖНЕНИЕ

Установка, представленная на рис. 43.1, девять раз подряд обнаруживала какую-либо неисправность. Каждый раз ремонтник фиксировал характерные рабочие температуры.

Ваша задача будет заключаться, если вы согласны, в том, чтобы исходя только из значений температур, зафиксированных ремонтником на установке, выявить все 9 неисправностей. Обозначения характерных температур приведены в табл. 43.1.

Табл. 43.1
TAEE: температура воздуха на входе в испаритель
TASE: температура воздуха на выходе из испарителя
TAEC: температура воздуха на входе в конденсатор
TASC: температура воздуха на выходе из конденсатора
TED: температура хладагента на входе в ТРВ
TSE: температура хладагента на выходе из испарителя
TSC: температура хладагента на выходе из конденсатора

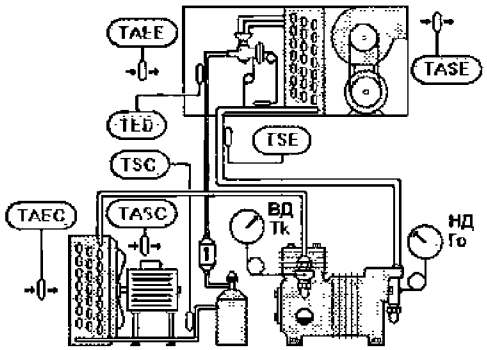


Рис. 43.1

Значение характерных температур, зафиксированные для установки рис. 43.1 при каждой из 9 неисправностей, приведены в таблице 43.2.

Табл.43.2

	Манометры		*Измерения на трубопровод ах*		*Измерения по воздуху*				
			Выход конденсато ра	*Вход ТРВ*	*Выход испарите ля.*	*Испаритель*		*Конденсатор*	
© KOTZAOGLANIAN	*НД To*	*ВД Tk*	*TSC*	*TED*	*TSE*	*TAEE*	*TASE*	*TAEC*	*TASC*
неисправность № 1	*-5°C*	*+42 "C*	*+40 "C*	*+39°C*	*+ 14 "C*	*+26°C*	*+20 "C*	*+30'C*	*+35°C*
неисправность № 2	*+9 "C*	*+54 "C*	*+52 "C*	*+50 "C*	*+ 15 "C*	*+26 "C*	*+21 °C*	*+30 "C*	*+33'C*
неисправность № 3	*-2°C*	*+40 "C*	*+35 "C*	*+34 "C*	*+2'C*	*+26°C*	*+22 "C*	*+30°C*	*+35 "C*
неисправность № 4	*+12 "C*	*+39 "C*	*+34'C*	*+33°C*	*+18°C*	*+26'C*	*+20°C*	*+30 "C*	*+35°C*
неисправность № 5	*-4-C*	*+40 "C*	*+34°C*	*+33°C*	*+15'C*	*+26 "C*	*+20 "C*	*+30°C*	*+35'C*
неисправность № 6	*+10°C*	*+53-C*	*+51 "C*	*+49°C*	*+16 "C*	*+26'C*	*+21 °C*	*+31 "C*	*+44'C*
неисправность № 7	*-3°C*	*+40°C*	*+35'C*	*+30 "C*	*+18'C*	*+26 "C*	*+20 "C*	*+30°C*	*+35 "C*
неисправность № 8	*+9°C*	*+53'C*	*+40°C*	*+39'C*	*+15°C*	*+26°C*	*+20'C*	*+30 ••C*	*+35°C*
неисправность № 9	*-3°C*	*+40'C*	*+35 "C*	*+34 "C*	*+2°C*	*+26'C*	*+11 °C*	*+31 'C*	*+36°C*

Дайте ваш диагноз для каждой из 9 неисправностей (ответ см. в следующем разделе).

44. РЕШЕНИЕ УПРАЖНЕНИЯ

Табл. 44.1

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	ВД Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 1	-5 "С	+42 "С	+40°С	+39°С	+14°С	+26-С	+20°С	+зо°с	+35 "С

Значения характерных температур, зафиксированные при каждой из 9 неисправностей, приведены в таблицах 44.1-44.9.

Неисправность №1 характеризуется аномально высокой разницей между температурой воздуха на входе в испаритель и температурой испарителя, соответствующей показаниям манометра НД (TAEE-To=31°C). Такой огромный полный перепад свидетельствует о типичной неисправности на линии всасывания.

Слишком высокий перегрев **(TSE-To=19°C)** указывает на значительную нехватку жидкости в испарителе. Слабое переохлаждение (Тк-Т8С=2°С) с *небольшим возрастанием давления конденсации.* **(Тк-TAEC=1**2°С) говорит о недостатке жидкости в конденсаторе.

Поскольку недостаток хладагента имеется как в испарителе, так и в конденсаторе, мы можем сделать вывод ***о недостатке хладагента в контуре,*** например, в результате утечки.

Табл. 44.2

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	ВД Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 2	+9°С	+54 "С	+52 "С	+50°С	+ 15 °С	+26 "С	+21 °С	+30 "С	+33 "С

Неисправность №2 характеризуется аномально высокой разницей между температурой конденсации, соответствующей показаниям манометра ВД, и температурой воздуха на входе в конденсатор (Тк-TAEC=24°C).

Такой огромный полный перепад свидетельствует о типичной неисправности на линии нагнетания. Переохлаждение достаточно слабое (Тк-Т5С=2°С), *что в сочетании с высоким давлением конденсации* говорит о слишком слабом конденсаторе: либо он *загрязнен, либо недостаточен расход воздуха, проходящего через конденсатор.*

Слабый перепад температуры воздуха, проходящего через конденсатор **(TASC-TAEC=3°C),** указывает на то, ***что конденсатор загрязнен.***

Табл. 44.3

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выхой испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	ВД Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 3	-2 "С	+40°С	+35°С	+34°С	+2°С	+26°С	+22 "С	+30 "С	+35°С

Неисправность №3 с очень большим полным перепадом на испарителе **(TAEE-To=28°C)** является типичной неисправностью на линии всасывания. Немного повышенный перепад (TSE-To=4°C) с *малым давлением испарения говорит о слишком слабом испарителе: либо он загрязнен, либо недостаточен расход воздуха, проходящего через него.*

Малый перепад температур воздуха на испарителе **(TAEE-TASE=4°C)** без сомнения указывает на то, что ***этот испаритель очень загрязнен.***

Табл. 44.4

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	ВД Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 4	+12°С	+39 "С	+34°С	+зз°с	+15°С	+26 "С	+20°С	+30 "С	+35 •"С

Неисправность №4 характеризуется аномально низкой разницей между температурой воздуха на входе в испаритель и температурой испарения, соответствующей показанию манометра НД (ΔΘполн.=TAEE-To=14°C),а также очень низкой разницей между температурой конденсации и температурой воздуха на входе в конденсатор (Δ9полн.=Тк-TAEC=9°C).

Эти два признака (слишком большое давление испарения и слишком малое давление конденсации) указывают на то, что **компрессор слишком слабый,** например, *из-за разрушенного клапана.*

Табл. 44.5

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	вд Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TA3E	TAEC	TASC
неисправность № 5	-4°C	+40°C	+34-C	+33'C	+15 "C	+26°C	+20°C	+зо°с	+35 "C

Неисправность №5 с TAEE-To=30°C является типичной неисправностью на линии всасывания. Высокий перегрев (TSE-To=19°C) и очень хорошее переохлаждение (Тк-Т5С=6°С) указывают либо на слишком слабый ТРВ, либо на преждевременное вредное дросселирование на жидкостной магистрали.

Поскольку аномально высокий перепад температуры на жидкостной магистрали отсутствует **(TSC-TED=1°C),** неисправность обусловлена **слишком слабым ТРВ,** например, из-за *чрезмерного закрытия ТРВ.*

Табл. 44.6

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	нд To	вд Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 6	+ 10 °C	+53 "C	+51 "C	+49°C	+ 16 "C	+26°C	+21 °C	+31 -C	+44 "C

Неисправность №6 с аномально высоким полным перепадом на конденсаторе(Тк-TAEC=22°C) указывает на типичную неисправность на линии нагнетания. Слабое переохлаждение (Тк-Т3С=2°С) говорит о слишком слабом конденсаторе: *либо он загрязнен, либо расход воздуха через него недостаточен.*

Значительный перепад температур воздуха на входе в конденсатор и на выходе из него со всей очевидностью ***свидетельствует о недостаточном расходе воздуха через конденсатор.***

Табл. 44.7

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	НД To	вд Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 7	-з°с	+40 °C	+35 °C	+30 °C	+IS°C	+26°C	+20°C	+30 "C	+35 "C

Неисправность №7 с очень большим полным перепадом на испарителе (TAEE-T„=29°C) является типичной неисправностью на линии всасывания. Повышенный перегрев (TSE-To=21°C) и очень хорошее переохлаждение Ti<-Nsc=5°C указывают либо на низкую производительность ТРВ, либо на вредное преждевременное дросселирование на жидкостной магистрали. Поскольку на жидкостной магистрали существует очень большой перепад температур (TSC-TED=5°C), речь идет, следовательно о ***преждевременном дросселировании,*** *например, из-за частично закупоренного фильтра-осушителя.*

Табл. 44.8

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	НД To	ВД Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 8	+9-C	+53-C	+40°C	+39 "C	+ 15 °C	+26°C	+20 "C	+зо°с	+35 "C

Неисправность №8 с аномально высоким полным перепадом на конденсаторе **(Тк-TAEC=23°C)** указывает на типичную неисправность на линии нагнетания. Очень высокое **переохлаждение (Тк-Т3С=13°С)** говорит **либо о значительном количестве неконденсирующихся примесей, либо о чрезмерной заправке установки хладагентом.**

Чтобы остановиться на одной из этих 2 гипотез, необходимо провести проверку наличия в контуре неконденсирующихся примесей.

Табл. 44.9

	Манометры		Измерения на трубопроводах			Измерения по воздуху			
			Выход конденсатора	Вход ТРВ	Выход испарителя	Испаритель		Конденсатор	
	НД To	вд Tk	TSC	TED	TSE	TAEE	TASE	TAEC	TASC
неисправность № 9	-з°с	+40°C	+35-C	+34 "C	+2°C	+26 "C	+11 C	+31 °C	+36 "C

Неисправность №9 с очень высоким полным перепадом на испарителе **(TAEE-To=29°C)** является типичной неисправностью на линии всасывания. Повышенный перегрев **(TSE-To=5°C)** с *упавшим давлением испарения указывают на слишком слабый испаритель: либо он загрязнен, либо расход воздуха через него недостаточен*

Большой температурный перепад воздуха на входе в испаритель и на выходе из него **(TAEE-TASE=15°C)** без сомнения свидетельствует **о *недостатке расхода воздуха через испаритель.***

Для сведения.

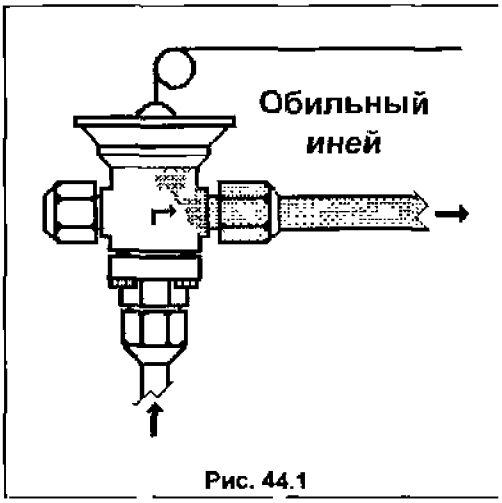


Рис. 44.1

Неисправности типа «слишком слабый испаритель» очень часто возникают в кондиционерах и обусловлены, как правило, падением расхода воздуха через испаритель (загрязнения фильтров, ослабление натяжения приводных ремней).

В *кондиционерах это семейство неисправностей, очевидно, распознается наиболее просто.*

Подойдя к установке, даже без монтажа манометра, простым беглым осмотром ТРВ можно ***немедленно*** обнаружить аномальное падение давления испарения. В самом деле, в традиционных кондиционерах температура испарения всегда выше 0°C. ***Если же выход из ТРВ покрыт инеем (см. рис. 44.1), ремонтник может сразу сделать вывод о том, что температура испарения отрицательная, то есть слишком низкая.***

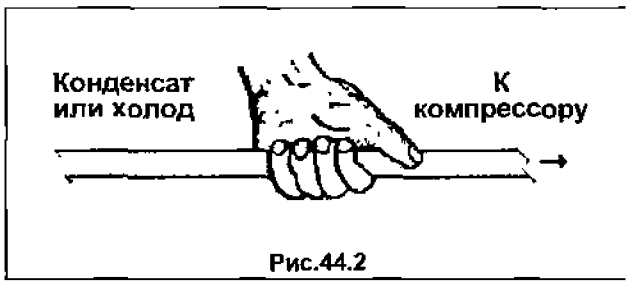


Рис.44.2

Если при этом труба на выходе из испарителя (или вентиль
всасывания компрессора в случае, когда эта труба обмотана теплоизоляцией) полностью покрыты сконденсировавшейся влагой (это легко определить по их внешнему виду), или если они очень холодные (для этого достаточно их потрогать, см. рис. 44.2), значит перегрев незначительный.

Падение давления испарения и слабый перегрев указывают, что речь идет с очень большой долей вероятности о слишком слабом испарителе.

45. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Многие ремонтники часто задают нам следующий вопрос: «Почему в ваших схемах питание к испарителю всегда подводится сверху, является ли это обязательным требованием при подключении испарителей?» *Предметом настоящего раздела является внесение ясности в этот вопрос.*

A) Немного истории

Мы знаем, что когда температура в охлаждаемом помещении уменьшается, одновременно падает давление испарения, поскольку полный перепад температуры остается почти постоянным (см. *раздел 7. Влияние температуры охлаждаемого воздуха.}*.

Несколько лет назад это свойство часто использовалось в холодильном торговом оборудовании в камерах с положительной температурой для остановки компрессоров, когда температура холодильной камеры достигала требуемой величины.

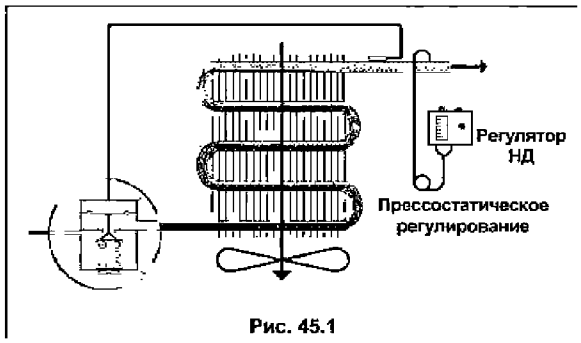


Рис. 45.1

Такая технология имела два *преимущества:*

• во-первых, она позволяла обходиться без задающего термостата, поскольку прессостат НД выполнял двойную функцию - задающего прессостата и предохранительного прессостата;

• во-вторых, для обеспечения размораживания испарителя при каждом цикле ***достаточно было настроить систему так, чтобы компрессор запускался при давлении, соответствующем температуре выше 0°C,*** и таким образом сэкономить на системе размораживания.

Однако, когда компрессор останавливался, для того, чтобы давление испарения в точности соответствовало температуре в холодильной камере, обязательно требовалось постоянное наличие жидкости в испарителе. *Вот почему в то время испарители запитывались очень часто снизу и все время были наполовину залиты жидким хладагентом (см. рис. 45.1).*

В наши дни прессостатическое регулирование используется достаточно редко, так как оно имеет следующие отрицательные моменты:

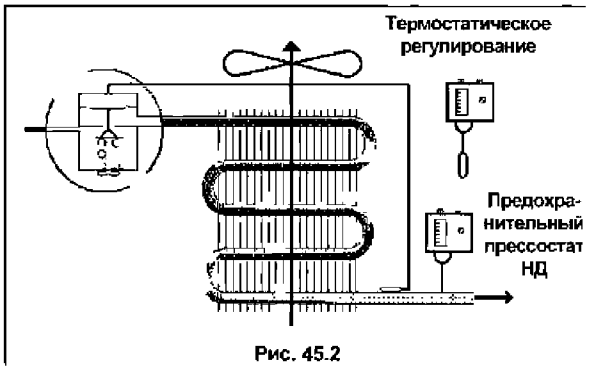


Рис. 45.2

• Если конденсатор имеет воздушное охлаждение (наиболее частый случай), в течение года давление конденсации сильно меняется (см. *раздел 2.1. Конденсаторы с воздушным охлаждением. Нормальная работа.). Эти изменения давления конденсации обязательно приводят к изменениям давления испарения и, следовательно, изменениям полного температурного перепада на испарителе.*
Таким образом, температура в холодильной камере не может поддерживаться стабильной и подвержена большим изменениям. Поэтому необходимо либо использовать конденсаторы с водяным охлаждением, либо применять эффективную систему стабилизации давления конденсации;

• Если возникают хотя бы небольшие аномалии в работе установки (по давлениям испарения или конденсации), приводящие к изменению полного температурного перепада на испарителе, даже незначительного, температура в холодильной камере не может больше поддерживаться в заданных пределах;

• Если нагнетающий клапан компрессора недостаточно герметичен, при остановках компрессора давление испарения быстро растет и возникает опасность увеличения частоты циклов «запуск-останов» компрессора.

Вот почему в наши дни отключения компрессора наиболее часто используется термостат температуры в охлаждаемом объеме, а прессостат НД выполняет только функции защиты (см. **рис.** 45.2).

Заметим, что в этом случае способ запитки испарителя (снизу или сверху) почти не оказывает заметного влияния на качество регулирования.

B) Конструкция современных испарителей

При увеличении холодопроизводительности испарителей их размеры, в частности длина трубок, используемых для их изготовления, также увеличиваются.

Так, в примере на рис. 45.3, конструктор для получения производительности в 1 кВт должен последовательно соединить две секции по 0,5 кВт каждая.

Но такая технология имеет ограниченное применение. Действительно, при удвоении длины трубопроводов потери давления также удваиваются. То есть, потери давления в больших испарителях быстро становятся слишком большими.

Поэтому при повышении мощности изготовитель больше не располагает отдельные секции последовательно, а соединяет их *параллельно* с тем, чтобы сохранить потери давления как можно ниже.

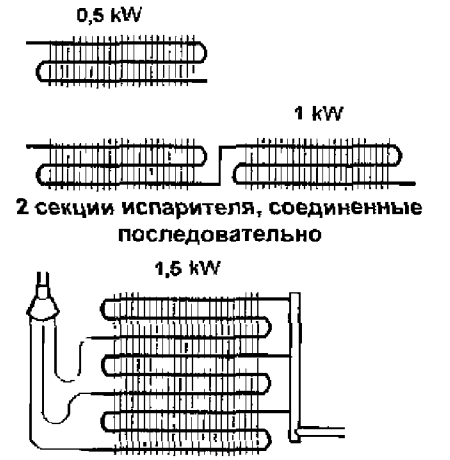


Рис. 45.3

Однако при этом требуется, чтобы каждый испаритель был запитан строго одинаковым количеством жидкости, в связи с чем изготовитель устанавливает на входе в испаритель распределитель жидкости.

Для таких испарителей вопрос о том, снизу или сверху их запитывать, уже не стоит, поскольку они запитываются только через специальный распределитель жидкости.

Теперь рассмотрим способы подсоединения трубопроводов к различным типам испарителей.

Для начала в качестве примера возьмем небольшой испаритель, малая производительность которого не требует применение распределителя жидкости (см. **рис.** 45.4).
Хладагент поступает на вход испарителя E и потом *опускается* по первой секции (изгибы 1,2,3). Далее он *поднимается* во второй секции (изгибы 4,5,6 и 7) и перед тем, как покинуть испаритель на выходе из него S, вновь опускается по третьей секции (изгибы 8,9,10 и 11).

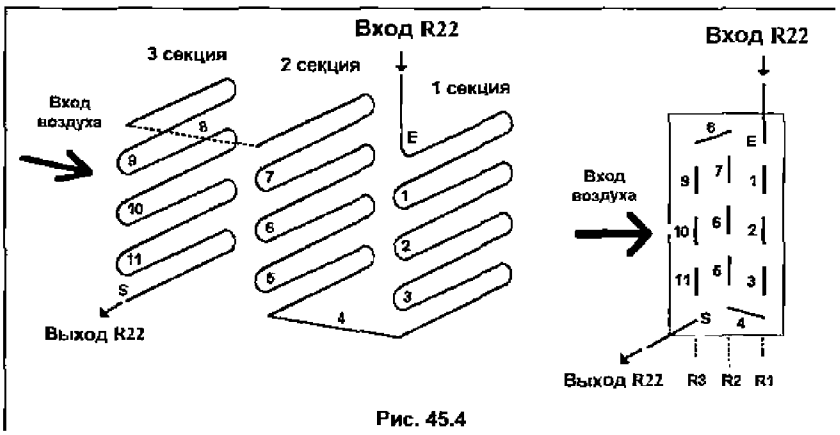


Рис. 45.4

Заметим, что хладагент опускается, поднимается, затем вновь опускается, и движется навстречу направлению движения охлаждающего воздуха.

Рассмотрим теперь пример более мощного испарителя, который имеет значительные размеры и запитан с помощью распределителя жидкости.

Каждая доля полного расхода хладагента поступает на вход своей секции E, поднимается в первом ряду, потом опускается во втором ряду и покидает секцию через свой выход S (см. рис. 45.5).

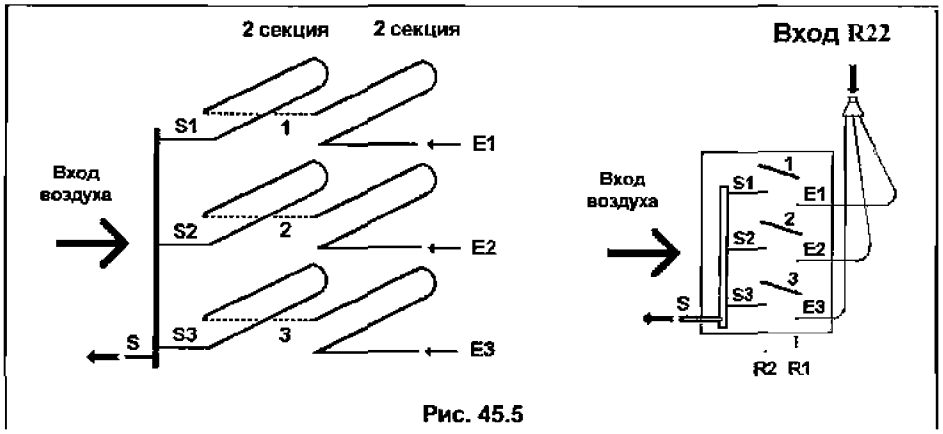


Рис. 45.5

Снова хладагент поднимается, потом опускается в трубах, всегда двигаясь против направления движения охлаждающего воздуха. Итак, каким бы ни был тип испарителя, хладагент попеременно то опускается, то поднимается.

Следовательно, понятия об испарителе, запитанном сверху или снизу, не существует, особенно для наиболее часто встречающегося случая, когда испаритель запитывается через распределитель жидкости.

С другой стороны, в обоих случаях мы увидели, что воздух и хладагент двигаются по принципу противотока, то есть навстречу друг другу.

Полезно напомнить основания для выбора такого принципа (см. рис. 45.6).

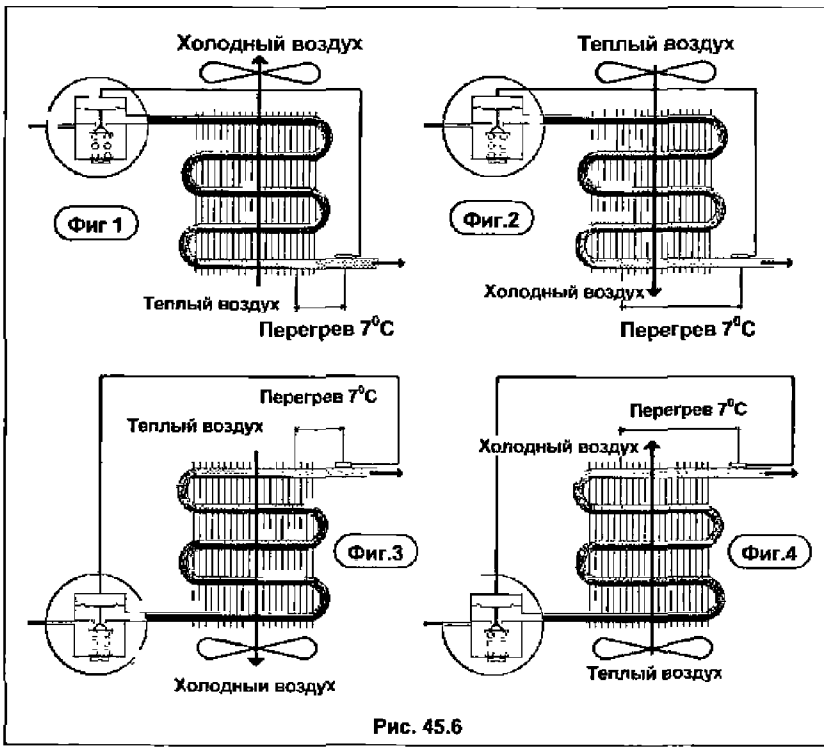


Рис. 45.6

Фиг.1 на рис. 45.6: этот испаритель запитан через ТРВ, который настроен таким образом, чтобы обеспечивать перегрев 7°С. Для обеспечения такого перегрева паров, покидающих испаритель, служит определенный участок длины трубопровода испарителя, обдуваемый теплым воздухом.

Фиг.2: Речь идет о том же самом участке, но с направлением движения воздуха, совпадающим с направлением движения хладагента. Можно констатировать, что в этом случае длина участка трубопровода, обеспечивающего перегрев паров, возрастает, поскольку обдувается более холодным воздухом, чем в

предыдущем случае. Это означает, что испаритель содержит меньше жидкости, следовательно, ТРВ в большей степени перекрыт, то есть давление испарения ниже и холодопроизводительность ниже (см. *также раздел 8.4. Терморегулирующий вентиль. Упражнение.)*.

Фиг.3 и 4: Хотя испаритель запитан снизу, а не сверху, как на фиг.1 и 2, наблюдаются те же самые явления.

Таким образом, хотя в большинстве примеров испарителей с прямым циклом расширения, рассматриваемых в настоящем руководстве, они запитываются жидкостью сверху, это сделано исключительно для упрощения и в *целях более понятного изложения материала.* **На практике монтажник-холодильщик реально почти никогда не совершит ошибку в подключении распределителя жидкости к испарителю.**

В *том случае, когда у вас возникают сомнения , если направление прохождения воздуха через испаритель очень ясно обозначено, чтобы выбрать способ подключения трубопроводов к испарителю, строго соблюдайте предписания разработчика с целью достижения холодопроизводительности, заявленной в документации на испаритель.*

46. ТЕРМОСТАТИЧЕСКИЕ ТРВ. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Невозможно изучать механизм различных аномалий, которые могут происходить в холодильном контуре, если не понятен до конца принцип работы ТРВ.

Поэтому, хотя мы уже изучали работу термостатических ТРВ с внутренним уравниванием давления (см. раздел 4. Работа терморегулирующего вентиля.), в настоящем разделе мы дополним эту информацию, проведя детальный анализ различных типов ТРВ, наиболее часто используемых в контурах с прямым циклом расширения.

А) Термостатический ТРВ с внутренним уравниванием

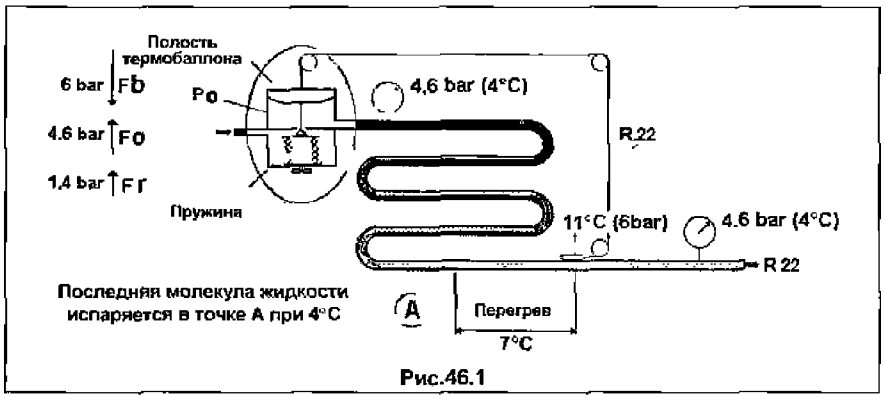


Рис.46.1

Допустим, что управляющий тракт *ТРВ с внутренним уравниванием давления* (который представлен на рис. 46.1), заправлен R22 и используется в составе кондиционера, также работающего на R22. ТРВ настроен таким образом, чтобы его производительность в точности соответствовала производительности испарителя *(см. раздел 8.3. Метод настройки ТРВ)*.

Тогда температура испарения, измеренная на установившемся режиме, составит, например, 4°C (то есть 4,6 бар), а перегрев в термобаллоне будет равен 7°C. При этом температура термобаллона составит 11°C, что соответствует давлению 6 бар, следовательно сила, действующая в полости термобаллона (Pb) и обеспечивающая открытие ТРВ, будет эквивалентна давлению в 6 бар.

Сила, действующая на мембрану снизу (Fo), соответствует давлению в полости испарителя (то есть 4,6 бар) и работает на закрытие ТРВ. Это означает, что для находящегося в равновесии ТРВ регулировочная пружина развивает усилие закрытия ТРВ (Fr), соответствующее давлению 6-4,6=1,4 бар.

Если при находящемся в равновесии ТРВ температура воздуха на входе в испаритель возрастает, содержащаяся в нем жидкость испаряется более интенсивно, и точка А отодвигается внутрь испарителя. Участок трубы, на котором обеспечивается перегрев пара, становится длиннее и температура термобаллона повышается. Сила открытия Pb растет, следовательно равновесие нарушается, что приводит к дальнейшему открытию ТРВ и более интенсивному притоку жидкости в испаритель.

Точка А вновь сдвигается к выходу из испарителя, восстанавливая новое состояние равновесия, соответствующее настройке перегрева на 7°C.

Напротив, когда температура воздуха на входе в испаритель падает, жидкость испаряется менее интенсивно и точка А сдвигается к термобаллону. В результате перегрев и температура термобаллона уменьшаются. Сила открытия Fb снижается, что нарушает равновесие и приводит к закрытию ТРВ. Точка А вновь отодвигается внутрь испарителя до тех пор, пока не установится новое положение равновесия, соответствующее настройке ТРВ на перегрев 7°C.

Теоретически таким образом поддерживается постоянный перегрев в 7°C независимо от условий работы.

Однако на практике это не вполне так. Чтобы лучше понять, почему практика отличается от теории, представим себе, что *тот же самый ТРВ, настроенный тем же самым образом, питает тот же самый*

испаритель, но потери давления при этом очень велики (в качестве распределителя жидкости питателя, *составляют* 1 бар, *см. рис.* 46.2).

При этом *сила* Fo, *действующая* на мембрану ТРВ *снизу, всегда* эквивалентна давлению в 4,6 бара. Поскольку настройка пружины неизменна, плунжер ТРВ будет находиться в равновесии, когда *сила* Pb, обусловленная давлением в полости термобаллона, будет эквивалентна 6 барам, *то есть когда температура термобаллона будет равна 11* 'С.

Но если на выходе из ТРВ температура жидкости равна 4 °С, то на выходе из распределителя жидкости она равна -2 "С!

Для того, чтобы обеспечить температуру термобаллона, равную 11°С, последняя капелька жидкости при температуре -2°С обязательно должна испариться гораздо раньше, например, в точке А, тогда перегрев *составит* 13°С. Испаритель при этом запитан хуже, а располагаемая холодопроизводительность *становится* явно меньшей!

В итоге из наших наблюдений мы можем сделать следующий вывод. При повышении потерь давления в испарителе перегрев повышается. И наоборот, перегрев падает, когда уменьшаются потери давления в испарителе.

Что же из этого следует? Априори вы можете думать, что достаточно изменить настройку ТРВ таким образом, чтобы вновь найти допустимую величину перегрева.

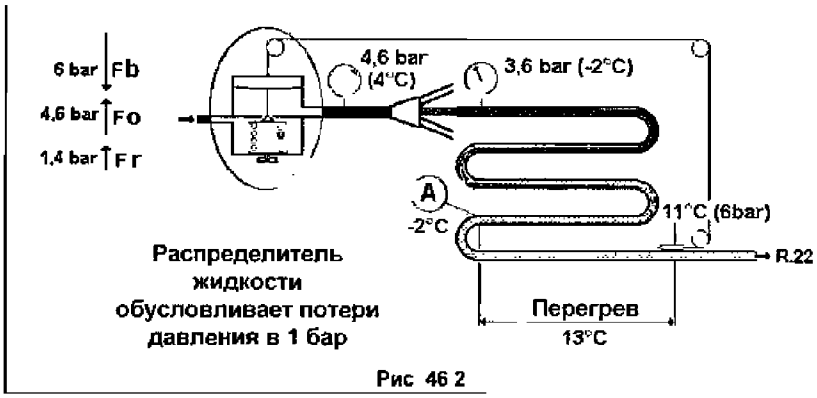


Рис 46 2

В данном конкретном *случае* вы правы, однако как это *сделать*, если потери давления в испарителе постоянно меняются, то есть в *случае*, когда *расход* хладагента в контуре переменный (например, если на один испаритель работают несколько параллельно *соединенных* компрессоров, или один компрессор располагает несколькими *ступенями* производительности)?

Для лучшего понимания рассмотрим теперь многоцилиндровый компрессор, располагающий 3 ступенями производительности за *счет* изменения числа работающих цилиндров, который подключен к одному испарителю.

Возьмем *случай*, когда компрессор дает только 33% от полной производительности за *счет* того, что в работе находится только один из трех (№2) цилиндров (*см.* рис. 46.3). Настройка ТРВ *с* внутренним уравниванием обеспечивает перегрев, равный 7°С.

Поскольку производительность компрессора низкая, *расход* хладагента очень небольшой и потери давления в испарителе также незначительные.

Представим теперь, что температура в охлаждаемом объеме резко возросла и *система* регулирования выводит компрессор на 100% производительности путем включения в работу цилиндров 1 и 3.

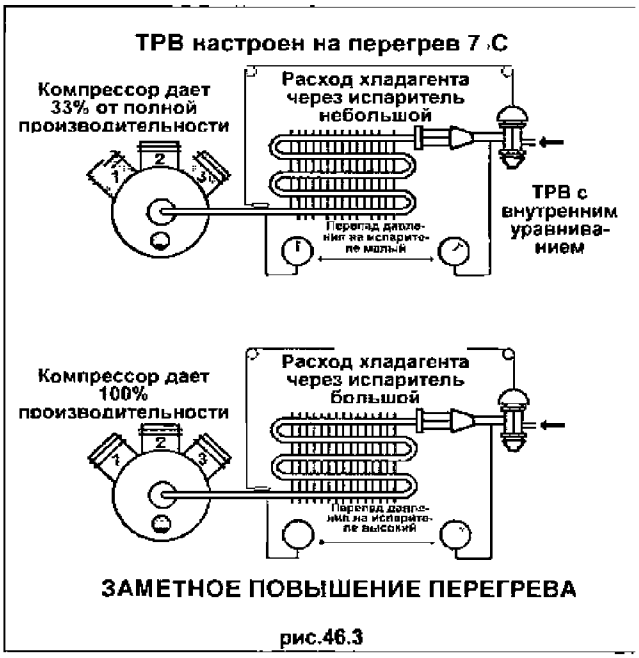


рис.46.3

Поскольку теперь работают все цилиндры, расход хладагента также резко возрастает, что приводит к заметному росту потерь давления в испарителе.

Из-за того, что потери давления в испарителе резко увеличились, ТРВ с внутренним уравниванием обусловливает заметное повышение перегрева, ***вследствие чего наполнение испарителя падает как раз в тот момент, когда требуется максимальная холодопроизводительность!***

И наоборот, если настройка ТРВ на заданный перегрев была произведена тогда, когда компрессор давал 100% своей производительности, по мере ее падения, обусловленного работой системы регулирования, расход хладагента будет падать, потери давления уменьшаться, обусловливая снижение перегрева. ***Гидроудар обеспечен!***

Как же решить эту проблему? Не волнуйтесь, мы рассмотрели чисто теоретический пример, целью которого является *дальнейшее укрепление* ваших знаний в области процессов, которые управляют работой холодильного контура.

На самом деле все ТРВ, используемые в составе холодильных установок такого типа (с компрессорами мощностью в несколько десятков кВт), оснащены линией внешнего уравнивания (сейчас мы приступим к их изучению), и применение в таких установках ТРВ с внутренним уравниванием принесет вам массу неприятностей (подумайте об этом, отвечая на вопрос упражнения №1 настоящего раздела}.

В) Термостатический ТРВ с внешним уравниванием давления

Продолжая наш анализ, рассмотрим теперь последствия такого же повышения потерь давления в испарителе, если использовавшийся до настоящего времени ТРВ с внутренним уравниванием заменен моделью с **внешним уравниванием...**

На моделях с внешним уравниванием сила закрытия ТРВ Fo не зависит больше от давления над седлом клапана ТРВ, то есть от давления на выходе из ТРВ, а определяется давлением на выходе из испарителя.

Вновь рассмотрим предыдущий пример с ТРВ этого типа (см. рис. 46.4).

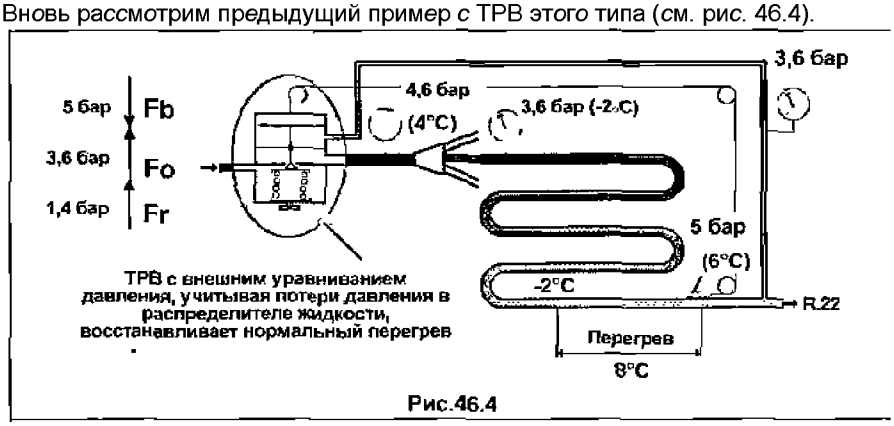


Рис.46.4

Сила Fo, обусловленная давлением испарения, измеряемым на *выходе из испарителя,* эквивалентна давлению в 3,6 бара. Настройка пружины неизменна и всегда соответствует давлению в 1,4 бара. Это означает, что ТРВ будет находиться в равновесии, когда давление в термобаллоне будет равно 5 барам, что для R22 соответствует температуре 6°C.

Последняя капелька жидкости, испаряясь при -2°C, будет обеспечивать поддержание перегрева на уровне 8°C вместо 13 С, получавшихся в предыдущем варианте для модели ТРВ с внутренним уравниванием, точно в таких же, как ранее, условиях.

Заметим, что если потери давления нулевые, на выходе из испарителя устанавливается давление в 4,6 бара и ТРВ с внешним уравниванием будет работать точно так же, как и модель с внутренним уравниванием.

При замене термостатического ТРВ с внутренним уравниванием на модель с внешним уравниванием не только не будет никаких недостатков, но напротив, между началом рабочего цикла (повышенное давление испарения; огромные потребности в холоде; ТРВ почти полностью открыт, большой расход жидкости через испаритель и, следовательно, высокие потери давления в нем) и его окончанием (давление испарения упало, потому что полный перепад температуры почти постоянный; потребности в холоде снизились; ТРВ почти полностью закрыт; расход хладагента упал и, следовательно упали потери давления в испарителе) перегрев будет оставаться гораздо более стабильным.

Итак, только ТРВ с внешним уравниванием позволяет обеспечить относительно стабильный перегрев при переменных потерях давления в испарителе, то есть когда расход хладагента в контуре может меняться в очень широких пределах.

46.1. УПРАЖНЕНИЯ

Упражнение 1

Потребуйте представить последствия в работе установки, если магистраль внешнего уравнивания давления по ошибке подключена к выходу из ТРВ.

Упражнение 2

На установке с мощностью в несколько десятков кВт, оборудованной компрессором с возможностью многоступенчатого изменения производительности, выполнен монтаж, смеха которого представлена на рис. 46.5.

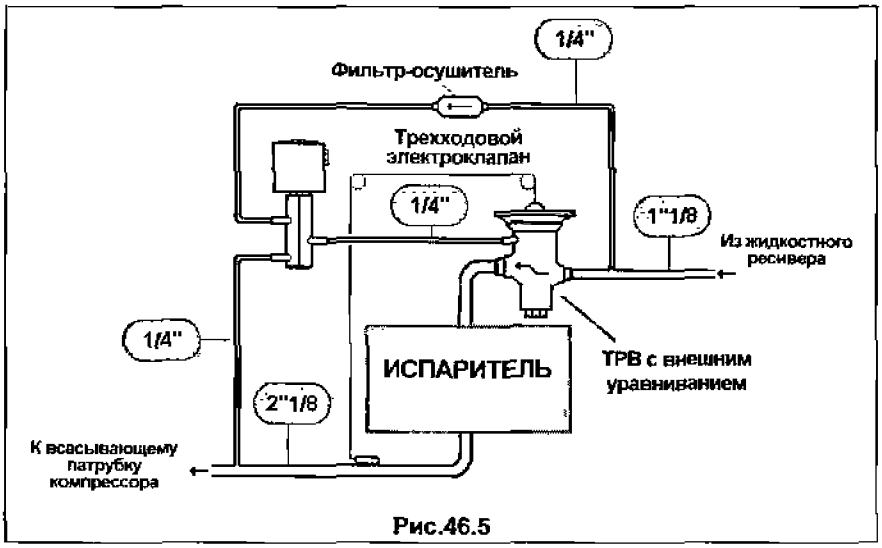


Рис.46.5

Попробуйте описать работу такой схемы: установить ее преимущества и недостатки. Для того, чтобы помочь вам, мы приводим на рис. 46.6 принципиальные схемы ТРВ и небольшого трехходового электроклапана.

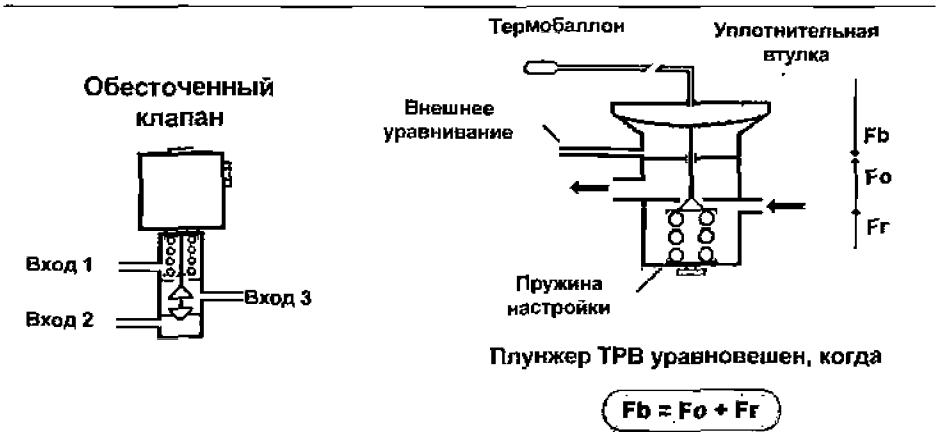


Рис. 46.6

Ответ Упражнение 1

Режим работы установки примем таким же, как в предыдущих примерах (см. рис. 46.7).

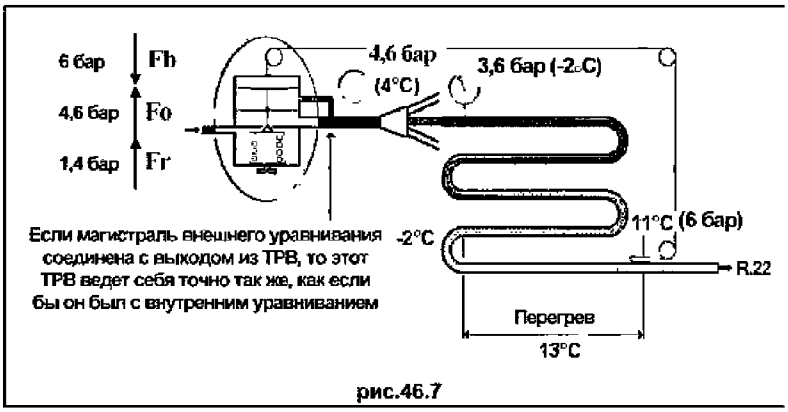


рис.46.7

Если монтажник по ошибке подключил полость внешнего уравнивания ТРВ к выходу из него (например, чтобы сэкономить на длине трубки диаметром 1/4"), сила Fo будет соответствовать давлению 4,6 бара вместо 3,6 бара на выходе из испарителя. ТРВ начнет работать точно так же, как если бы он был с внутренним уравниванием. Последствия этого для установок с широким диапазоном изменения расхода нам теперь хорошо известны!

Упражнение 2.

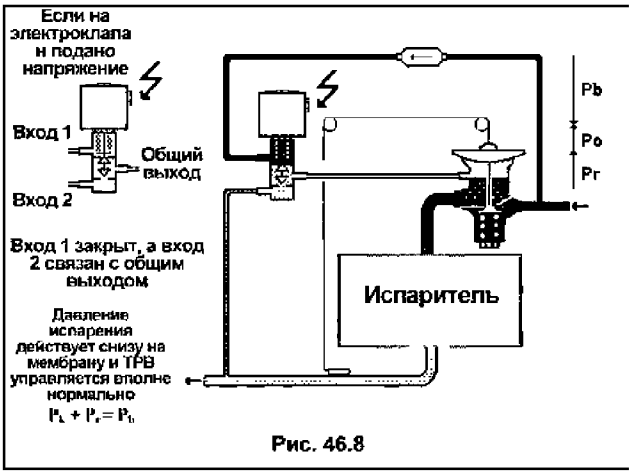


Рис. 46.8

Когда компрессор работает (см. рис. 46.8), на электроклапан подано питание и его общий выход (то есть выход, который никогда не закрывается) соединен с входом 2, который подключен к выходу из испарителя.

В результате давление Po, установившееся на выходе из испарителя, действует снизу на мембрану ТРВ, который работает вполне нормально, поддерживая постоянный перегрев независимо от режима работы компрессора.

Когда регулятор будет останавливать компрессор, вначале он отключит напряжение на 3"-ходовом электроклапане не прекращая работы компрессора. *Что произойдет в этот момент?*

В отсутствие напряжения 3^ходовой электроклапан закроет вход 2 и соединит вход 1 с общим выходом(см. рис. 46.9).

В этот момент высокое давление, действующее на входе в ТРВ (Рк) проникает в полость под мембраной ТРВ, ТРВ плотно закрывается, испаритель не может больше подпитываться жидкостью, и пока еще работающий компрессор начинает вакуумирование испарителя. Следовательно, компрессор будет остановлен по команде от прессостата НД, обеспечивающего остановку с предварительным вакуумированием, *хотя на жидкостной магистрали электроклапан не установлен (см. раздел 29. Остановка холодильных компрессоров}.*

Таким образом, данная схема позволяет с помощью небольшого электроклапана 1/4" обеспечить точно такую же автоматизацию процесса остановки компрессора с предварительным вакуумированием, как и с помощью огромного электроклапана $1^{1}/_{8}$" (в примере на рис. 46.10), установленного

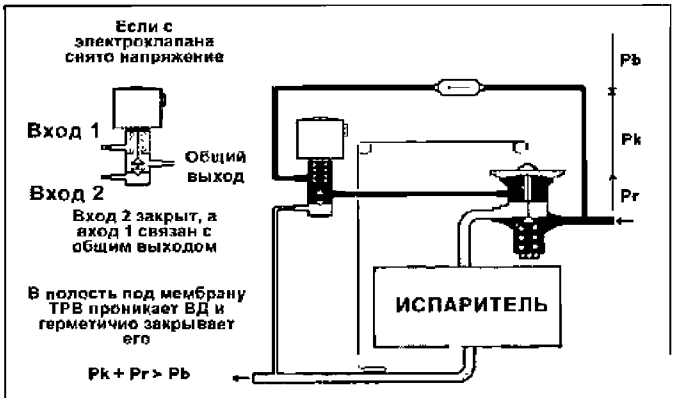


Рис 46.9

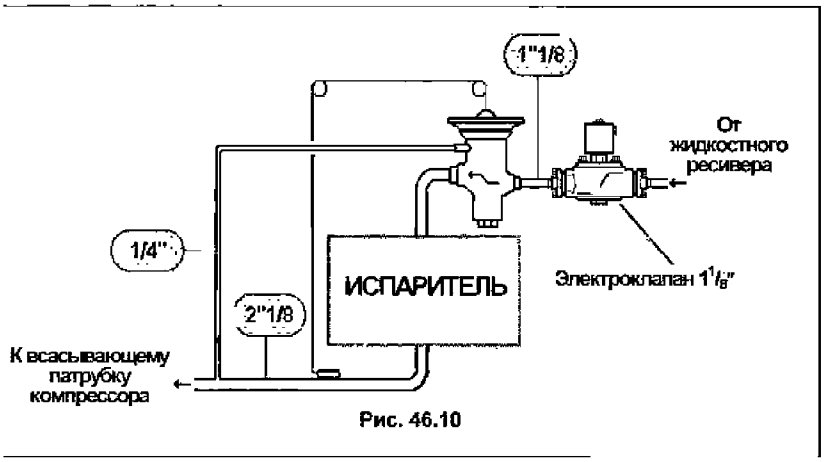


Рис. 46.10

на жидкостной магистрали. Следовательно это *очень экономичная* схема, которая иногда встречается в установках большой мощности. Напомним, что компрессоры с несколькими ступенями производительности останавливают с предварительным вакуумиро-ванием испарителя перед остановкой в основном с целью возврата в картер компрессора масла, которое находится в контуре *(см. раздел 37. Проблема возврата масла.)*.

Что касается недостатков данной схемы, то к ним ,прежде всего относится возникновение на мембране ТРВ очень сильных напряжений под действием значительных величин давления, которые могут устанавливаться в жидкостной магистрали (более 22 бар для конденсатора с воздушным охлаждением при работе на *R22)*. *Следовательно, для такой схемы важно, чтобы изготовитель ТРВ допускал указанные нагрузки для материала мембраны, в* противном случае мембрана очень быстро разрушится и после этого нужно будет заменять ТРВ, а потом все равно устанавливать на жидкостной магистрали большой электроклапан.

Примечание: маленький фильтр-осушитель 1/4" служит только как фильтр для защиты небольших проходных сечений электроклапана 1/4" от возможных посторонних частиц (кусочки меди, капельки флюса или припоя...), которые могут нарушить его работоспособность.

Проблема максимальной разности давления открытия

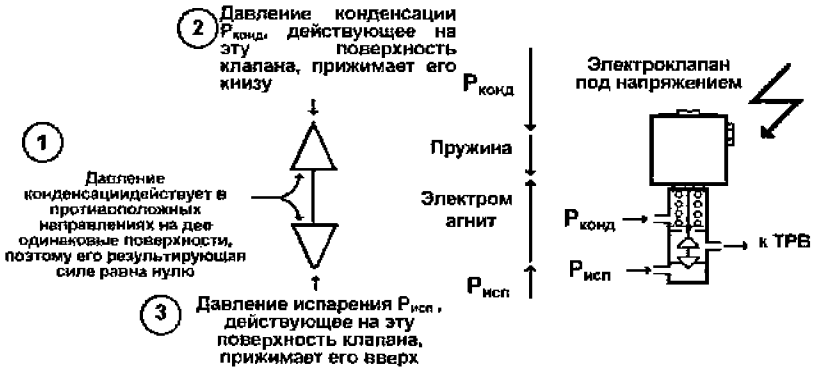


Рис. 46.11

Другой недостаток может возникнуть, если рабочее давление в полости электроклапана превышает величины, предусмотренные изготовителем. Поскольку значимость этой проблемы в ряде моментов недооценивается, воспользуемся случаем, чтобы рассмотреть влияние *максимальной разности давления открытия* на работу электроклапана (см. рис. 46.11).

В нерабочем положении обмотка электроклапана не запитана и его подвижная часть подвержена действию следующих сил:

- **Поз.1:** Рконд действует на каждую из двух больших поверхностей клапанов в противоположных направлениях. Результирующая сила равна нулю (одна действует вниз, другая вверх).

- **Поз.2:** Рконд действует также на малую поверхность (площадь которой равна площади проходного сечения седел клапана) верхнего клапана и прижимает его вниз.

- **Поз.3:** Рисп действует на малую поверхность нижнего клапана и отжимает его вверх, в направлении, противоположном действию силы давления Рконд.

Кроме того, возвратная пружина прижимает подвижную часть электроклапана книзу, и с некоторым упрощением можно утверждать, что электроклапан сможет открыться только если:
электромагнит + Рисп > пружина + Рконд, или электромагнит > пружина + Рконд - Рисп.

Электромагнит и пружина развивают усилия, раз и навсегда определенные конструктором. А вот разность Рконд - Рисп может меняться в очень широких пределах в зависимости от типа установки (кондиционер, морозильник...), времени года (для конденсаторов с воздушным охлаждением летом Рконд растет).

Поэтому разработчик оговаривает *максимальную разность давления открытия,* при превышении которой клапан не может открываться при подаче напряжения на его обмотку.

Таким образом, сочетание внутренних сил может воспрепятствовать втягиванию вверх сердечника электромагнитом, если разность между Рконд и Рисп будет очень большой (как правило, максимально допустимая разность находится в пределах от 17 до 19 бар).

Последствия такой аномалии в работе электроклапана для функционирования установки вы легко можете себе представить!

47. ПРОБЛЕМА УПРАВЛЯЮЩЕГО ТРАКТА ТРВ

Теперь, когда мы немного лучше знаем термостатические ТРВ, перед тем как приступить к изучению многочисленных проблем, возникающих при неправильной установке термобаллона ТРВ, следует напомнить различные способы заполнения термобаллонов, обычно используемые на практике.

1) Жидкостная заправка

Этот тип заправки мы уже неоднократно рассматривали в различных примерах, чтобы понять принцип работы ТРВ.

Как мы смогли видеть, в этом случае управляющий тракт ТРВ содержит, как правило, тот же самый хладагент, что и холодильная установка.
Заметим, что с такой заправкой требуется, чтобы корпус ТРВ всегда был *более теплым,* чем термобаллон.

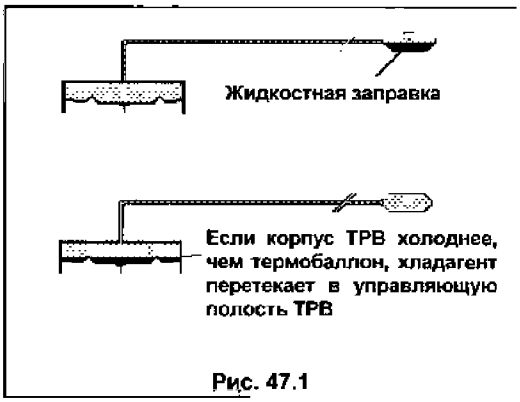


Рис. 47.1

Действительно, если корпус ТРВ становится холоднее термобаллона, вне зависимости от того, почему это произошло, жидкость, в соответствии с принципом холодной стенки Ватта *(см. раздел 28. Проблема перетекания жидкого хладагента.)* будет перемещаться в управляющую полость ТРВ (см. *рис. 47.1)*. При этом давление в управляющем тракте и управляющей полости будет определяться только температурой хладагента в управляющей полости, ***какой бы ни была температура термобаллона***[1]

То есть, даже если температура термобаллона растет, ТРВ не сможет нормально открываться, и работа установки будет сопровождаться признаками неисправности типа «слишком слабый ТРВ».

Отметим, что при этом начнет падать давление испарения и возрастать перегрев. Снижение температуры испарения будет приводить к еще более интенсивному охлаждению корпуса ТРВ. Одновременно с этим рост перегрева вызовет еще более высокий нагрев термобаллона. Разница между температурой корпуса ТРВ и его термобаллона будет расти в нежелательном направлении и, таким образом, возврат к нормальной работе установки станет невозможным. В случае, когда, столкнувшись с неисправностью типа «слишком слабый ТРВ», вы будете подозревать возможность перетекания жидкости из термобаллона в управляющую полость ТРВ, рекомендуется произвести следующую очень несложную операцию: остановите компрессор, затем оберните верхушку ТРВ тряпкой, смоченной в горячей воде **(ВНИМАНИЕ! Никогда не используйте открытое пламя, поскольку это чревато очень тяжелыми последствиями).**

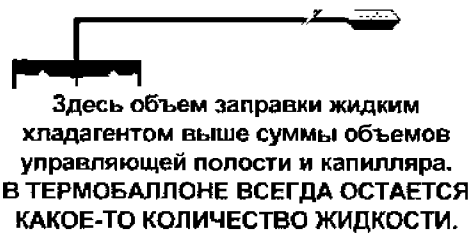


Рис. 47.2

Если выше предположение верно, когда верхушка ТРВ достаточно подогреется, жидкость вновь переместится в термобаллон и ТРВ вновь сможет работать вполне нормально. Конечно, если корпус ТРВ вновь станет холоднее, чем термобаллон, неисправность снова повторится. Поэтому при наличии такой возможности предпочтительнее будет выбрать ТРВ с другим типом заправки. Заметим, что в некоторых случаях управляющие тракты ТРВ сознательно заправляют жидким хладагентом в таком объеме, который превышает сумму объемов управляющей полости и капиллярной трубки, соединяющей термобаллон с управляющей полостью. В этом случае в термобаллоне всегда будет оставаться жидкость, какой бы ни была температура корпуса ТРВ (см. рис. 47.2), и перегрев будет обеспечиваться нормально.

Проблема заключается в том, что монтажник или ремонтник как правило не знает точно, каким типом управляющего тракта оборудован тот или иной ТРВ.



Рис. 47.3

Немного ниже мы увидим, что термобаллон всегда лучше устанавливать на горизонтальном участке трубопровода.

Однако это может оказаться невозможным и может так случиться, что вы будете вынуждены закреплять термобаллон ТРВ на вертикальном участке.

В этом случае всегда следует капиллярную трубку, соединяющую термобаллон с управляющей полостью, подводить к термобаллону сверху (см. рис. 47.3), чтобы помешать жидкости (если она находиться в термобаллоне) стекать под действием силы тяжести в управляющую полость ТРВ.

Соблюдение этого условия при монтаже поможет вам избежать неприятностей.

2) Адсорбционная заправка

При таком типе заправки управляющий тракт заполнен инертным газом, который при обычных температурах не конденсируется, а в термобаллоне находится поглотитель в виде твердого тела из адсорбирующего вещества (см. рис. 47.4).

Когда температура термобаллона растет (перегрев повышается), из поглощающего вещества выделяется газ, что приводит к повышению давления в управляющем тракте и открытию ТРВ.

Напротив, при охлаждении термобаллона (перегрев снижается), адсорбент поглощает газ, что приводит к падению давления в управляющем тракте и закрытию ТРВ.

Преимуществом этого типа заправки является то, что тракт совсем не содержит жидкости и, следовательно, никакое перетекание невозможно. ТРВ будет работать вполне нормально, какими бы ни были взаимные температуры корпуса ТРВ и его термобаллона.

С другой стороны, известно, что адсорбционная заправка гораздо более инерционна и реагирует на резкие изменения температуры медленнее, чем жидкостная заправка.

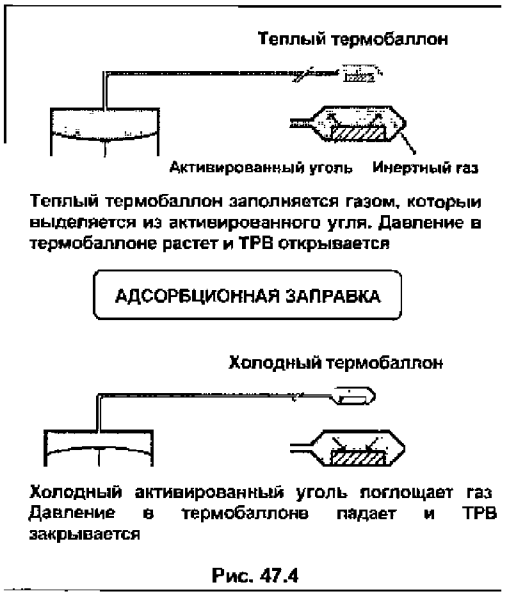


Рис. 47.4

Поэтому если для условий, когда потребности в холоде относительно стабильны, адсорбционная заправка вполне удовлетворительна, то при быстрых и частых изменениях таких потребностей ее использование не рекомендуется.

3) Заправка МОР

Аббревиатура МОР означает Maximum Operating Pressure (Максимальное рабочее давление) или Motor Overload Protection (Защита двигателя от перегрузок). Сейчас мы попытаемся понять, что это значит.

В обычном управляющем тракте с жидкостной заправкой рост температуры термобаллона сопровождается повышением давления в нем согласно соотношению «давление-температура» для насыщенных паров жидкости (см. точки 1, 2 и 3 на графике в верхней части рис. 47.5). Одновременно в термобаллоне остается все меньше и меньше жидкости, а над свободной поверхностью жидкости появляется все больше и больше паров (см. раздел 1.2. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов. Упражнение.).

Управляющий тракт с заправкой МОР содержит ограниченное количество жидкости, заливаемое в процессе изготовления ТРВ таким образом, чтобы при достижении температурой термобаллона определенной величины (называемой температурой МОР), вся жидкость, находящаяся в термобаллоне, испарилась (точка 5 на нижнем графике рис. 47.5).

При превышении температуры МОР, если температура термобаллона продолжает расти, давление в термобаллоне больше не меняется, поскольку в нем больше нет жидкости.

Таким образом, в точке 6 давление в термобаллоне почти равно давлению в точке 5, тогда как при традиционной жидкостной заправке давление в термобаллоне было бы гораздо выше (равное давлению в точке 3').
Это означает, что при температуре выше температуры МОР, ТРВ будет закрыт больше, чем если бы он был оборудован трактом с обычной жидкостной заправкой. С другой стороны, при температуре ниже температуры МОР ТРВ работает точно так же, как если бы он был оборудован тракте с обычной заправкой (давление в точке 4=давлению в точке 1).

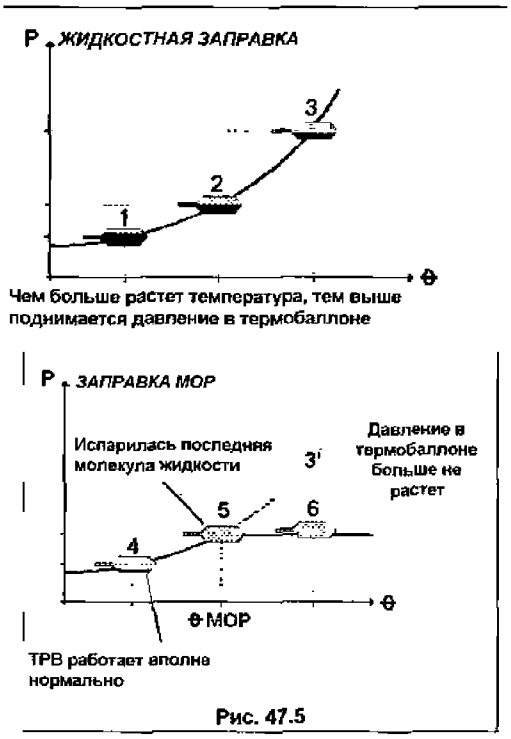


Рис. 47.5

4) Для чего нужна заправка МОР ?

Чтобы ответить на этот вопрос, вначале напомним, что при повышении температуры испарения на 1 градус холодопроизводительность повышается примерно на 3...5% (см. *раздел 9.1. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность. Упражнение.)*.
Теперь представим себе, что холодильная установка работает при температуре испарения -30°С. Это означает, что испаритель время от времени полностью покрывается снежной шубой и его абсолютно необходимо периодически размораживать.

Однако, чтобы произвести разморозку, каким бы ни был способ оттаивания, нужно будет обязательно поднять температуру испарителя (а, следовательно, и давление в нем) выше 0°С.

Таким образом, при запуске после оттаивания давление испарения повысится на величину, соответствующую приросту температуры по сравнению с рабочей не менее 30 °С!
Допуская, что средний прирост холодопроизводитель-ности в нашей установке составляет 4% на 1 градус повышения температуры испарения (прироста давления испарения), мы получим резкое увеличение холодопроизводительности в момент запуска на 30х4=120%.

Во избежание отключения установки предохранительным прессостатом ВД конденсатор должен быть подобран таким образом, чтобы отдать огромное количество тепла, поступающего в него вместе с хладагентом в результате резкого (более чем в два раза) увеличения холодопроизводительности, которое будет иметь место в течение всего периода выхода установки на установившийся режим работы до тех пор, пока давления испарения вновь не достигнет номинального значения, соответствующего температуре испарения -30°С (см. рис. 47.6).

Таким образом, только для того, чтобы обеспечить запуск установки после размораживания (или после остановки), нужно иметь очень сильно переразмеренный по отношению к номинальному режиму конденсатор со всеми отрицательными моментами, которые при этом появляются (**см. *раздел 32. Почему нужно регулировать конденсатор с воздушным охлаждением?).***

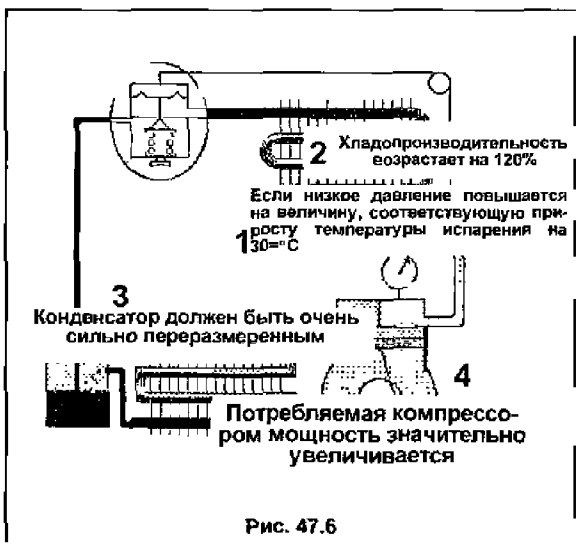


Рис. 47.6

Существует и другая серьезная проблема. В самом деле, в течение всего периода выхода на номинальный режим компрессор должен перекачивать гораздо больший, чем на номинальном режиме, массовый расход

хладагента. Следовательно, он должен получать гораздо больше энергии и потреблять гораздо больший ток. Это означает, *что электродвигатель также должен быть сильно переразмерен,* и в этом случае появляются новые проблемы, особенно для герметичных и полу герметичных компрессоров!

Обобщая все вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что при работе установки, оснащенной термостатическим ТРВ, *с* температурой испарения значительно выше номинальной (например, при заморозке после оттаивания), в течение всего периода выхода на номинальный режим и перехода от повышенного давления испарения к номинальному (то есть во время переходного режима), будет повышаться мощность, потребляемая мотором компрессора (*с* опасностью отключения компрессора тепловым реле или защитой, встроенной в электродвигатель), а также количество тепла, которое выделяется на конденсаторе (*с* опасностью отключения компрессора предохранительным прессостатом ВД).

Для предотвращения таких опасностей достаточно ограничить сильный рост давления испарения после оттаивания.

Итак, что происходит если ТРВ имеет заправку МОР?

Пройдя точку МОР, вся жидкость, содержащаяся в термобаллоне,испаряется и сила открытия ТРВ достигает своего максимума.

Если давление испарения будет стремиться к дальнейшему росту, результирующая сила, действующая снизу на мембрану ТРВ, обусловит его закрытие (*см. раздел 46. Термостатические ТРВ. Дополнительные сведения).* '

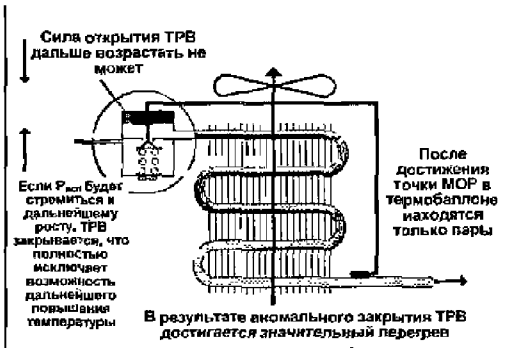


Рис. 47.7

Следовательно, давление испарения ни в коем случае не может быть выше точки МОР и поставленная цепь достигнута (см. рис. 47.7).

Таким образом, мы увидели, что ниже точки МОР ТРВ работает вполне нормально, поддерживая постоянный перегрев **(поз.1** на рис. 47.8).
При достижении точки МОР вся жидкость в термобаллоне испаряется и ТРВ больше не может продолжать открываться.

Это означает, что после прохождения этой точки испаритель не будет больше нормально подпитываться жидкостью и перегрев начнет возрастать. Напротив, ТРВ *с* обычной заправкой управляющего тракта будет продолжать открытие, чтобы поддерживать постоянный перегрев.

Итак, в течение всего переходного режима заправка МОР ограничивает поступление жидкости в испаритель препятствуя опасному росту температуры испарения выше температуры МОР.
Рассмотрим предыдущий пример (давление испарения на номинальном режиме соответствует -30°C) и предположим, что теперь установка оснащена ТРВ *с* заправкой МОР, который настроен, скажем, на температуру МОР -25°C. В такой установке после размораживания давление испарения не сможет подняться до величины, соответствующей 0°C, как раньше, а останется на уровне -25°C в течение всего периода выхода на номинальный режим. В этом случае прирост давления испарения по отношению к номинальному уровню совсем немного может превысить величину, эквивалентную 5°C (то есть прирост холодопроизводительности составит только около 20%).

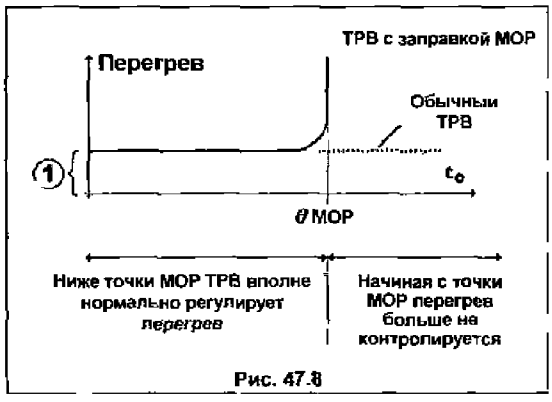


Рис. 47.8

Tosoa *повышение потребляемой мощности компрессора и тепловой мощности конденсатора снизится со 120% (для ТРВ с обычной заправкой) до 20% (для ТРВ с заправкой МОР).*

Заметим, что поскольку в течение всего переходного периода наполнение испарителя жидкостью ограничено, перегрев будет оставаться повышенным до тех пор, пока давление испарения будет превышать точку МОР. *Следовательно, для установок, оборудованных ТРВ с заправкой МОР, длительность выхода на номинальный режим будет гораздо больше, чем для установок, имеющих ТРВ с обычной заправкой.*

Однако поскольку при этом отпадает необходимость в чрезвычайно сильном переразмеривании конденсатора и двигателя компрессора, себестоимость установки резко снижается. Поэтому большинство низкотемпературных установок с обычным испарителем оборудованы ТРВ с заправкой МОР.

5) Дополнительная информация

К сожалению, все не так просто и ТРВ с заправкой МОР не является панацеей для защиты во всех *случаях* от огромных перегрузок, обусловленных значительным ростом НД.

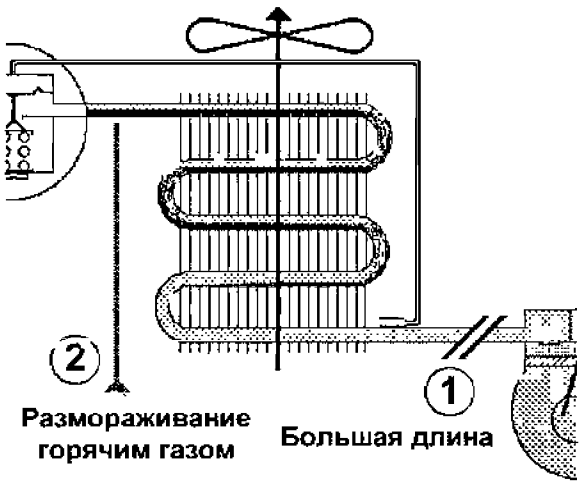


Рис. 47.9

Попытаемся понять, почему.

Испаритель и всасывающий трубопровод после размораживания, например, будут содержать пары хладагента при температуре выше 0°С. При запуске компрессора мотор обязательно будет работать с перегрузкой **в *течение всего периода времени, необходимого для того, чтобы давление во всасывающей магистрали опустилось до точки МОР.***

Если испаритель и компрессор находятся рядом, эта перегрузка носит относительно непродолжительный характер и, как правило, не влечет за собой отключения компрессора предохранительным устройством.

Однако если испаритель и компрессор удалены друг от друга на большое расстояние (см. рис. 47.9), во всасывающем трубопроводе (имеющем большой диаметр, чтобы снизить потери давления и скорость газов) *находится достаточно большое количество паров хладагента* **(поз. 1** на рис. 47.9).

Но чем больше объем паров в низконапорной части контура, тем большее время требуется компрессору после запуска, чтобы снизить давление до точки МОР, и тем больше опасность отключения компрессора предохраняющим устройством.

Другая проблема возникает, когда размораживание производится не с помощью электроподогрева, а путем вдува в испаритель горячих газов **(поз. 2** на рис. 47.9). При таком размораживании, даже если ТРВ МОР перекрыт, повышение давления в испарителе обусловлено потоком горячего газа, который не контролируется ТРВ, и степень повышения давления зависит только от расхода вдуваемого в испаритель газа и его температуры.

В этом случае, хотя ТРВ закрыт, если точка МОР пройдена, горячий газ может вызвать подъем давления в испарителе *гораздо выше этой точки,* следствием чего будет значительная перегрузка электродвигателя компрессора и его отключение предохраняющим устройством.

И тогда на помощь приходит регулятор давления в картере...

48. РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ В КАРТЕРЕ

В предыдущем разделе мы ознакомились с проблемами, возникающими при запуске холодильной установки с аномально выросшим, по сравнению с номинальным рабочим значением, давлением во всасывающей магистрали.

Теперь мы знаем, что ТРВ с заправкой МОР иногда может позволить решить эти проблемы. Однако в некоторых случаях (большой объем низконапорной части контура, размораживание горячим газом) требуется слишком много времени для того, чтобы аномально выросшее давление упало до значения, соответствующего точке МОР. Компрессор при этом длительный период времени вынужден работать с перегрузкой, что создает опасность его отключения предохраняющим устройством.

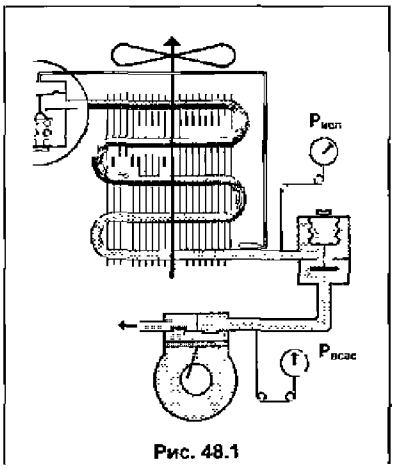


Рис. 48.1

Для решения этих проблем используется специальный регулятор, который называют регулятором давления в картере.

На рис. 48.1 показана принципиальная схема такого регулятора, установленного на всасывающем патрубке в непосредственной близости от компрессора.

Испаритель подключен к входу регулятора, компрессор - к выходу.

Конструкция регулятора такова, что поверхность сильфона и поверхность клапана имеют одинаковые площади.

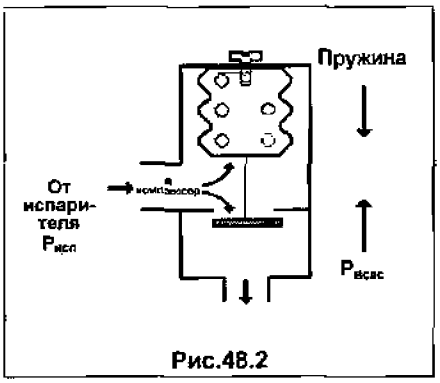


Рис.48.2

Обозначим давление со стороны испарителя как Рисп , а давление со стороны компрессора как Рвсас . Рисп создает усилие закрытия регулятора, действуя на поверхность сильфона (вверх) и усилие открытия (вниз), действуя на поверхность клапана (см.
С учетом того, что площади поверхностей сильфона и клапана одни и те же***, эти усилия взаимно уничтожаются и положение клапана регулятора совершенно не зависит от давления со стороны испарителя!***

Тогда в наличии остаются только две силы: сила открытия, обусловленная пружиной, и сила закрытия, обусловленная давлением Рвсас со стороны компрессора.

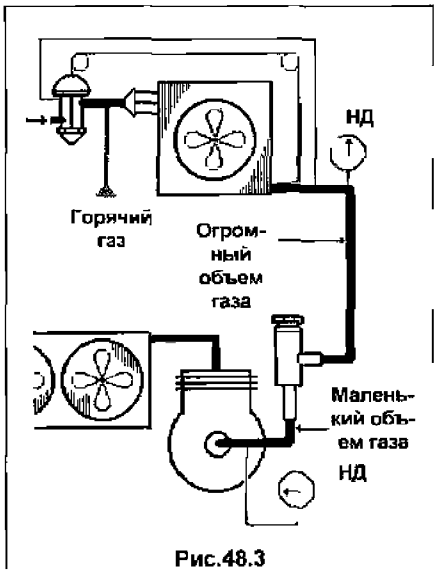


Рис.48.3

При заданной настройке пружины, если Рвсас возрастает, регулятор закрыт. Поскольку при этом компрессор продолжает работать, Рвсас уменьшается. Когда сила пружины вновь становится преобладающей, регулятор открывается, и так далее, до тех пор, пока не будет найдено положение равновесия.
Таким образом, Рвсас не сможет превысить значения, соответствующего настройке пружины, даже если при остановке компрессора будет иметь место рост давления в испарителе.

С другой стороны, поскольку Рвсас всегда ниже величины, на которую настроена пружина, и соответствует номинальному установившемуся режиму, на номинальном режиме регулятор будет полностью открыт и не будет оказывать никакого влияния на работу установки.

Регулятор запуска устанавливается в непосредственной близости от компрессора, объем газа, который заключен между регулятором и компрессором, сравнительно небольшой, и при запуске, например, после размораживания, давление падает очень быстро, даже если объем газа со стороны испарителя огромный, поэтому *продолжительность действия возможной перегрузки крайне незначительна*. Точно также, если размораживание горячим газом приведет к существенному росту Рисп, максимальное значение Рвсас будет ограничено величиной настройки пружины (см. рис. 48.3).

В предыдущем разделе мы видели, что для этих двух случаев использование ТРВ с заправкой МОР не дает нужного эффекта. Теперь мы знаем, что регулятор давления в картере позволяет легко решить проблему ограничения давления во всасывающей магистрали при запуске.

Можно легко себе представить, что использование ТРВ с заправкой МОР в холодильных установках для торгового оборудования, имеющих, как правило, несколько испарителей, которые могут работать при разных температурах, причем некоторые из них могут функционировать, другие размораживаться, не позволит эффективно решать проблему ограничения ограничения давления во всасывающей магистрали при запуске, тем более, что в этих установках объемы газа со стороны испарителя чрезвычайно велики (см. рис. 48.4).

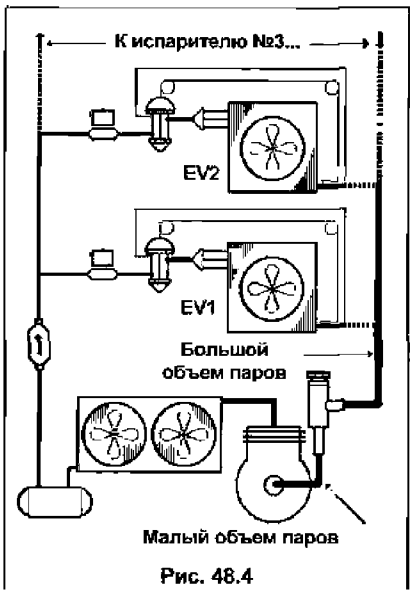


Рис. 48.4

На установках такого типа использование регулятора давления в картере позволяет решить все текущие проблемы, независимо от того, какой способ применяется для размораживания их испарителей.

Нет никаких противопоказаний к тому, чтобы на установках большой мощности с огромным расходом хладагента через компрессор установить параллельно несколько регуляторов давления в картере (см. рис. 48.5) с тем, чтобы на установившемся режиме (когда регуляторы полностью открыты) обеспечить минимально возможные потери давления на них. Заметим, однако, что поскольку регулятор давления в картере снижает массовый расход хладагента во время выхода на установившийся режим (после остановки или размораживания), *длительность переходного режима обязательно увеличится.*

Итак, обобщим все вышеизложенное. На установках, где есть опасность сильного возрастания давления во всасывающей магистрали (например, на низкотемпературных установках после размораживания или продолжительной остановки), двигатель компрессора во время выхода установки на номинальный режим работы подвержен действию *значительных перегрузок,* требующих *его переразмеривания* во избежание несвоевременных отключений предохраняющими устройствами (тепловые реле, встроенная защита двигателя, прессостат ВД...).

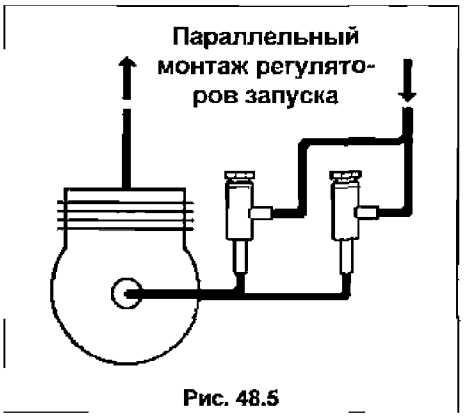


Рис. 48.5

Чтобы, несмотря на это, использовать в установке менее мощный и, следовательно, *более экономичный* компрессор (как по цене, так и по уровню потребления электроэнергии), необходимо ограничивать рост давления на входе в компрессор до приемлемой для данной установки величины.

Когда *объемы испарителя и всасывающего трубопровода относительно небольшие,* в составе установки имеется только один испаритель, и применяемая система размораживания *будет останавливать подпитку испарителя жидкостью во время его оттаивания,* защиту двигателя компрессора от перегрузок на запуске после длительной остановки или размораживания может без проблем обеспечить ТРВ с заправкой МОР.

Во всех *других случаях (несколько испарителей, большие объемы низконапорной части контура, размораживание горячим газом...) необходимо использовать регулятор давления в картере.*

48.1. УПРАЖНЕНИЕ

Можно ли устанавливать одновременно и регулятор давления в картере и ТРВ с заправкой МОР?

Чтобы помочь вам ответить на этот вопрос, рассмотрим установку, представленную на схеме рис. 48.(работающую на номинальном режиме.

При этом температура испарения составляет -25°С (1 бар для R22), а регулятор давления в картере настрое таким образом, чтобы ограничивать давление на входе в компрессор *максимум* величиной 1,9 бара (-15°С ТРВ с внешним уравновешиванием оснащен сменным управляющим трактом, например, с адсорбционно заправкой. После размораживания, когда температура в испарителе будет больше 0°С, давление в нем может вырасти свыше 4 бар.

Представим себе, что управляющий тракт ТРВ потерял герметичность и вы должны заменить его. *К несчастью* (вы подозревали это) у вас в вашей ремонтной автомашине нет точно такого же тракта.

С другой стороны, у вас есть три тракта с заправкой МОР, которые подходят к ТРВ, стоящему на установке: один тракт с точкой МОР -30°С, другой - с точкой МОР -20°С и третий - сточкой МОР -10°С.

1). Как будет работать эта установка с каждым из трех трактов? Какой из них вы бы выбрали?

2). Что вы должны сделать для настройки регулятора давления в картере?

Когда вы найдете ответы на эти вопросы (если вам не удалось этого сделать, еще раз изучите два предыдущих раздела), можете проверить себя, ознакомились ниже с ответом.

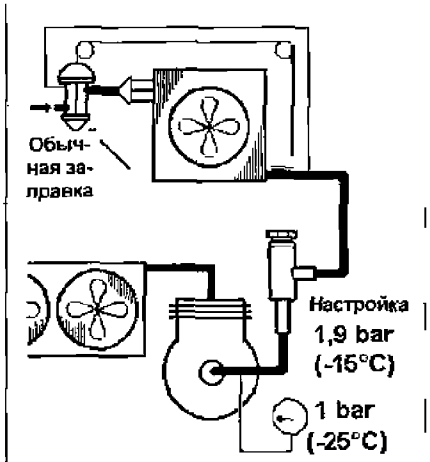


Рис.48.6

Ответ

1) Можно ли одновременно устанавливать регулятор давления в картере и ТРВ с заправкой МОР?

Чтобы ответить на этот непростой вопрос, еще раз внимательно ознакомимся с исходными данными.

1). Температура испарения (Рисп) *на номинальном режиме работы установки должна находиться на уровне -25 °С* с тем, чтобы обеспечить потребную температуру в холодильной камере.

2). После размораживания или длительных остановок Рисп может превышать 4 бара для R22 (температура в испарителе выше 0°С).

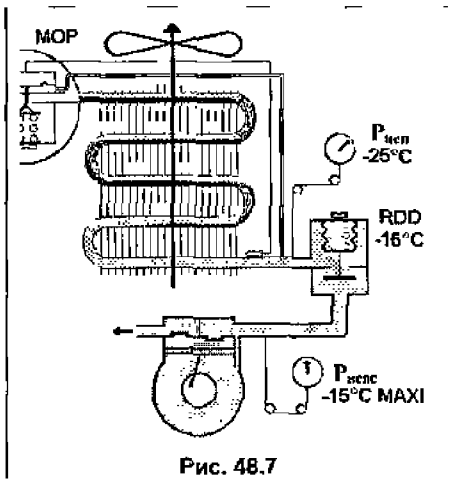


Рис. 48.7

3). Давление на входе в компрессор (Рвсас) в *любом случае должно оставаться ниже или равным 1.9 бара* (то есть -15°С), чтобы перегрузка двигателя компрессора при запуске или после продолжительной остановки не превышала допустимой величины и не приводила к отключению компрессора предохраняющими устройствами.

Перед тем, как приступить к анализу трех возможных вариантов использования ТРВ с заправкой МОР, напомним, что происходит при работе ***ТРВ с обычной заправкой.***

На номинальном режиме Рисп соответствует температуре -25°С и ТРВ обеспечивает постоянный перегрев. Регулятор давления в картере открыт полностью так, как если бы его не было вовсе, поскольку давление всасываемых газов гораздо ниже величины настройки (см. рис. 48.8).

При размораживании (для простоты условимся, что размораживание производится при помощи электронагревателя и компрессор остановлен) давление в испарителе начинает расти, повышаясь от 1 бара (-25°С) до более, чем 4 баров (0°С).

Когда давление в испарителе достигнет 1,9 бара (-15°C), регулятор давления в картере закрывается и давление в компрессоре не растет, даже если он остановлен. В испарителе же Рисп продолжает расти до тех пор, пока не превысит 4 бар в конце оттаивания.

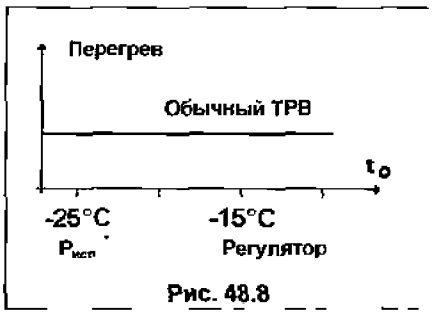


Рис. 48.8

По окончании размораживания компрессор запускается при давлении на входе Рвсас=1,9 бара (это максимально допустимое давление), каким бы ни было давление в испарителе. В течение всего времени выхода на номинальный режим регулятор запуска поддерживает Рвсас на уровне 1.9 бара. В это время давление в испарителе Рисп будет падать примерно до 1,9 бара, а ТРВ будет обеспечивать нормальный перегрев. Когда давление в испарителе Рисп станет ниже 1,9 бара (-15°C), регулятор давления в картере будет оставаться полностью открытым и температура в холодильной камере начнет опускаться до тех пор, пока не достигнет номинального значения температуры испарения -25°C.

Теперь приступим к анализу вариантов использования ТРВ с заправкой МОР.

В первом случае, если установить управляющий тракт с точкой МОР -30°C, ТРВ будет препятствовать росту Рисп выше величины, соответствующей -30°C, *тогда как нам требуется обеспечить на номинальном режиме температуру испарения -25°C.* Следовательно, давление испарения будет постоянно оставаться явно недостаточным, что приведет к очень большому полному перепаду температуры на испарителе при работе установки.

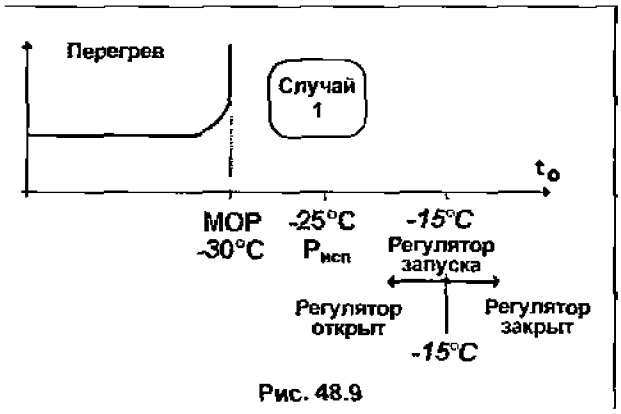


Рис. 48.9

Поскольку ТРВ постоянно будет закрываться, испаритель окажется слабо наполненным жидкостью и на термобаллоне будет очень высокий перегрев. Плохое заполнение испарителя приведет к падению холодопроизводительности и температура в холодильной камере возрастет (см. рис. 48.9). Заметим однако, что регулятор давления в картере начинает закрываться только в окрестности температуры -15°C, поэтому он будет постоянно открытым и свои функции по защите двигателя от перегрузки будет выполнять только на начальном этапе запуска после размораживания.

Таким образом, установка ТРВ с точкой МОР ниже настройки регулятора запуска приведет к появлению признаков неисправности типа «слишком слабый ТРВ» *(см. раздел 14.1. Слишком слабый ТРВ. Анализ симптомов.).*

Первый вывод: температура точки МОР должна быть всегда выше номинальной температуры испарения.

Во втором случае, если установить ТРВ с точкой МОР -20°C, он будет стремиться к тому, чтобы предотвратить рост Рисп выше величины, соответствующей этой температуре. На номинальном режиме работы Рисп будет без проблем сохраняться на уровне, соответствующем -25°C (ниже точки МОР), и холодопроизводительность, в отличие от предыдущего случая, будет вполне нормальной (см. рис. 48.10). Однако после размораживания Рисп обязательно поднимется выше 4 бар (то есть 0°C). При запуске компрессора после размораживания ТРВ с заправкой МОР будет стремиться поддержать температуру испарения на уровне не выше -20°C, однако регулятор запуска допускает давление на входе компрессора 1,9 бара (то есть -15°C), предотвращая опасную перегрузку двигателя. *Таким образом, хотя установка и допускает во время выхода на режим давление 1,9 бара (-15°C), ТРВ с заправкой МОР будет ограничивать это давление величиной, соответствующей -20 °C, то есть на 5°C ниже максимально допустимого для двигателя уровня.*

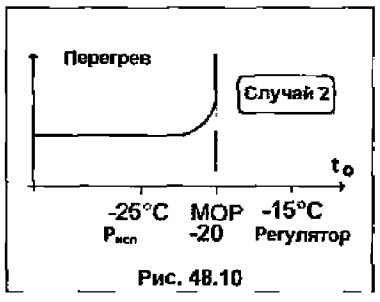


Рис. 48.10

В результате из-за наличия ТРВ с заправкой МОР холодопроизводительность при выходе не номинальный режим будет неоправданно снижена примерно на 5x4=20% и время, необходимое для достижения заданной температуры в холодильной камере, обязательно возрастет. *Поэтому вместо улучшения условий работы ТРВ с заправкой МОР в данном случае вызовет ненужное увеличение продолжительности выхода на номинальный режим после размораживания, длительной остановки или закладки большого количества продуктов в холодильную камеру.*

Второй вывод: температура точки МОР не должна быть ниже температуры настройки регулятора запуска.

Изучим теперь последний случай.*(Предшествующие объяснения дают вам возможность принять правильное решение).*

Итак, перед тем, как читать дальше, подумайте еще немного.

В последнем случае точка МОР составляет -10°С, то есть гораздо ***выше*** настройки регулятора запуска (-15°С) и номинальной температуры испарения (-25°С). На номинальном режиме Рисп будет без проблем поддерживаться на уровне, соответствующем -25°С, и установка будет работать вполне нормально (см. рис. 48.11).

После размораживания или продолжительной остановки заправка МОР будет стремиться к ограничению Рисп до уровня, соответствующего -10°С, что может немного замедлить темп снижения температуры в холодильной камере от 0°С (конец оттаивания) до -10°С. Потом установка начнет работать так, как если бы она была оснащена ТРВ с обычной заправкой.

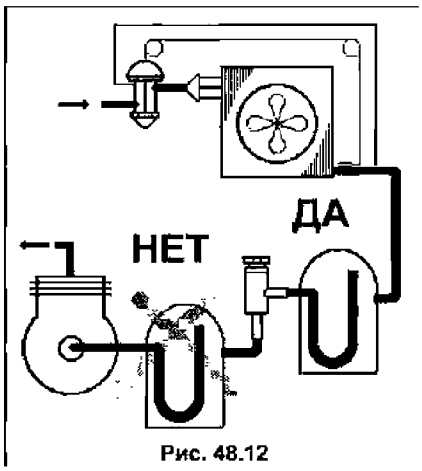


Рис. 48.12

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРА ЗАПУСКА И ТРВ С ЗАПРАВКОЙ МОР ПРИ ОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗМОЖНО, НО НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ.

В процессе ремонта, если у вас нет другого выхода, допускается совместное использование регулятора запуска и ТРВ с заправкой МОР, однако необходимо, чтобы при этом температура точки МОР была всегда выше температуры настройки регулятора.

2) Как производить настройку регулятора давления в картере?

Настройка производится просто путем установки манометра НД на входе в компрессор и воздействием на регулировочный винт для достижения желаемого давления (при поджатии пружины Рвсас возрастает).

Давление настройки регулятора не должно превышать слишком сильно допустимое давление на входе в компрессор. Оно определяется в момент выбора компрессора по данным конструкторской документации в зависимости от номинальных условий работы. Если вы не имеете никаких сведений и не знаете, на какую величину давления вы можете настроить регулятор, в первом приближении его можно *настроить на величину, которая соответствует превышению температуры над номинальной температурой испарения примерно в 5... 10°С.*

***Во* всех случаях во время испытаний установки вы должны убедиться, что при выходе на режим сила тока, потребляемого электродвигателем, не превышает значения, указанного на пластинке, имеющейся на корпусе компрессора.**

Если при выходе на режим сила тока слишком велика, а другие параметры вам кажутся нормальными, вы должны понизить давление настройки регулятора.

Примечание: монтаж регулятора давления в картере, очень распространенного в низкотемпературных установках, не представляет никаких проблем, особенно если строго соблюдать инструкции разработчика.

С тем, чтобы объем паров на входе в компрессор при давлении Рвсас был минимально возможным, регулятор давления в картере надо устанавливать как можно ближе к компрессору, избегая включения других устройств (гидравлические демпферы, отделители жидкости...) между регулятором и компрессором (см. рис. 48.12).

49. ПРОБЛЕМА ТЕРМОБАЛЛОНА ТРВ.

Чтобы закончить изучение термостатических ТРВ, мы вспомним те требования, которые нужно соблюдать при установке термобаллонов с целью предотвращения проблем, обусловленных их неправильным закреплением на трубопроводах.

В начале напомним, что ТРВ выполняет свои регулирующие функции главным образом в зависимости от температуры его термобаллона. То есть, если термобаллон установлен ***неправильно,*** ТРВ не сможет ***нормально*** работать.

Поэтому термобаллон ТРВ должен быть установлен на трубопроводе всасывания на выходе из испарителя таким образом, чтобы его температура ***постоянно*** в *наибольшей степени соответствовала температуре газа, выходящего из испарителя.*

Например, никогда не следует располагать термобаллон под трубой, как это представлено на рис. 49.1.

Действительно, масло, которое возвращается в компрессор, под действием силы тяжести стекает в *нижнюю* часть трубопровода всасывания. Тогда термобаллон вместо того, чтобы измерять температуру газа, будет измерять температуру масла.

При таком монтаже масло выступает как теплоизолирующий элемент, помещенный между термобаллоном и всасываемым газом. Например, если температура газа начинает быстро уменьшаться, он должен вначале охладить масло и только после этого термобаллон начнет чувствовать падение температуры. Следовательно, время реакции термобаллона возрастает и закрытие ТРВ происходит с задержкой **(в пределе запаздывание может даже повлечь за собой гидроудар!**).

На рисунке 49.2 вы можете посмотреть, как наилучшим образом закрепить термобаллон на трубопроводе согласно рекомендациям изготовителей в зависимости от диаметра трубопровода всасывания.

Заметим, что чем больше диаметр трубы, тем ниже рекомендуется опускать термобаллон, однако, никогда не устанавливая его под трубой (из-за наличия масляной пленки).

Поскольку температура термобаллона должна в максимальной степени соответствовать температуре газов, ***его следует укреплять на трубопроводе с помощью специального хомута, поставляемого изготовителем.***

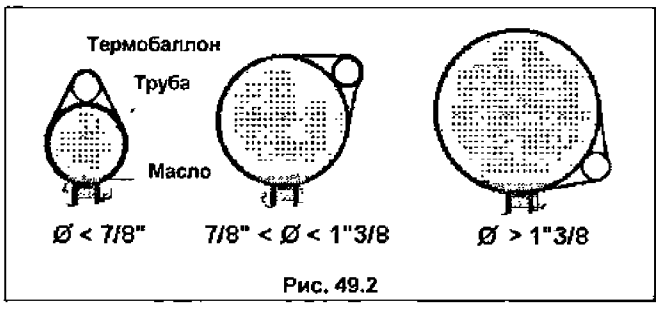


Рис. 49.2

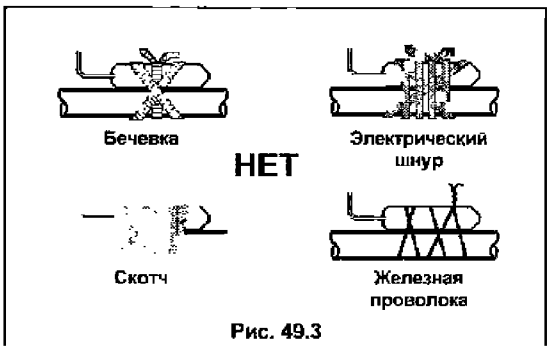


Рис. 49.3

Использование бечевок, электропровода, лейкопластыря,
проволоки и т.п. для крепления термобаллона категорически запрещается, главным образом из-за температурных деформаций (тем больших, чем ниже может опускаться температура испарения), чреватых опасностью очень быстрого ослабления контакта между термобаллоном и трубой. При этом резко возрастает вероятность возникновения гидроударов (см. рис. 49.3).

Точно так же, если на температуру термобаллона может оказывать влияние теплый воздух, проходящий через испаритель, обязательно следует предусмотреть теплоизоляцию термобаллона, иначе в ТРВ будет поступать ложный сигнал о сильном возрастании перегрева, последствия чего вы можете легко себе представить (см. рис. 49.4).

На схеме рис. 49.5 представлен участок трубопровода, выходящего из испарителя и поднимающегося вверх к компрессору.

При такой монтажной схеме нормальным явлением будет отекание масла и хладагента под действием силы тяжести при остановках компрессора в нижнюю часть испарителя. *При запуске компрессора* давление в испарителе будет резко падать, приводя к вскипанию хладагента, растворенного в масле. Однако при таком вскипании произойдет сильное поглощение тепла. Поэтому трубопровод и термобаллон начнут стремительно охлаждаться.

В этот момент, *так как давление конденсации при запуске небольшое* и ТРВ должен быть полностью открыт, чтобы как можно лучше запитать испаритель жидкостью, ТРВ резко закроется и появляется реальная опасность отключения компрессора предохранительным прессостатом НД.

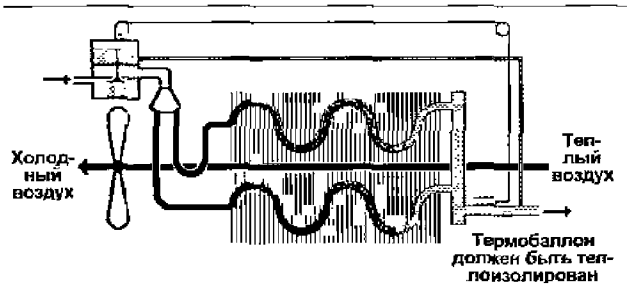


Рис. 49.4

Чтобы избежать такой опасности, необходимо в нижней части восходящего трубопровода предусмотреть маслоподъемную петлю, а термобаллон установить до ловушки таким образом, чтобы возможное снижение температуры петли при запуске не оказывало влияние на термобаллон (см. *рис. 49.6, а также раздел 37. Проблема возврата масла).*

Почему нужно избегать размещения ТРВ на вертикальном участке трубопровода? В момент запуска жидкость, накопленная в маслоподъемной петле, начинает испаряться, сильно охлаждая всасывающую магистраль.

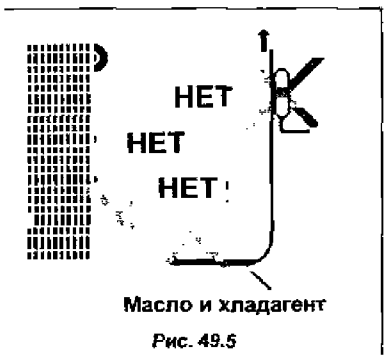
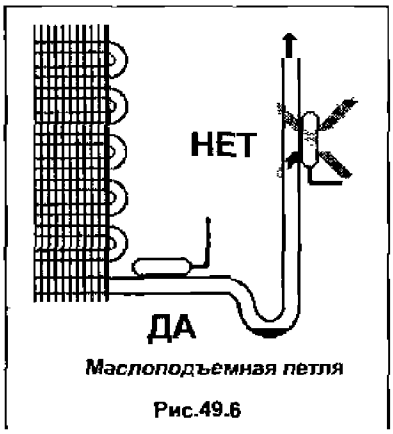


Рис. 49.5



Маслоподъемная петля

Рис.49.6

Охлаждение термобаллона ТРВ может стать причиной отключения компрессора по команде от предохранительного прессостата НД. Дополнительно к опасности отключения компрессора в момент запуска более или менее регулярное прохождение по всасывающей магистрали в районе термобаллона жидкости. накопленной в петле, может повлечь за собой пульсации ТРВ и его беспорядочную работу. Поэтому устанавливать термобаллон на такую вертикальную магистраль, как правило, не рекомендуется.

Если термобаллон заправлен жидкостью (жидкостная заправка или заправка МОР), капилляр, соединяющий полость термобаллона с управляющей полостью ТРВ, обязательно должен подходить к термобаллону сверху (как показано на рис. 49.7), чтобы воспрепятствовать стеканию жидкости, заправленной в термобаллон под действием силы тяжести в управляющую полость ТРВ (см. *раздел 47. Проблема управляющего тракта ТРВ).*

Монтажник, как правило, не осведомленный о типе заправки термобаллона, всегда должен предпочитать расположение подвода капилляра к термобаллону сверху.

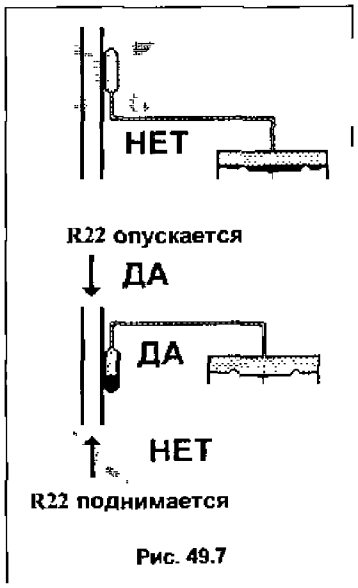
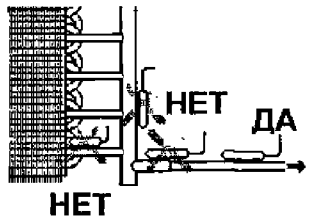


Рис. 49.7

Мы видели, что не рекомендуется устанавливать термобаллон на вертикальном участке всасывающего трубопровода. Однако если закрепить его на горизонтальном участке не представляется возможным, следует всегда отдавать предпочтение установке термобаллона на таком вертикальном участке, в котором хладагент движется ***сверху вниз.***

В этом случае, вместо того, чтобы проходить по трубопроводу *время от времени,* масло будет *регулярно* возвращаться в компрессор и его прохождение не повлечет за собой периодических пульсаций ТРВ.

Монтажник всегда должен помнить, что ТРВ управляется в зависимости от температуры термобаллона. Поэтому при любом размещении термобаллона, не дающем истинного представления о температуре газов, покидающих испаритель, вы можете получить только несуразности в работе ТРВ.



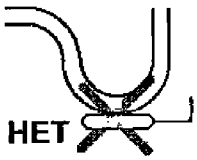


Рис. 49.8

Например, термобаллон нельзя располагать на всасывающем коллекторе (при таком расположении не будет приниматься во внимание температура газа на выходе из нижних секций испарителя) или на выходном патрубке, соединяющем одну из секций испарителя с коллектором испарителя (см. рис. 49.8). Точно также не нужно устанавливать термобаллон в местах пайки (сварки) или на изогнутых участках, так как в этих случаях тепловой контакт между термобаллоном и трубой обязательно будет плохим.

Заметьте, что температуру термобаллона определяет не только температура хладагента, циркулирующего во всасывающем патрубке.

В самом деле, точно также на температуру термобаллона влияет температура наружного воздуха, *окружающего термобаллон.* ***Следовательно, весьма существенным является максимально возможно усилить влияние температуры хладагента и снизить влияние наружной температуры (см. рис. 49.9).***

Чтобы максимально способствовать теплообмену между хладагентом и термобаллоном, труба в месте крепления термобаллона должна быть совершенно чистой, поэтому не стесняйтесь очистить ее. Конечно, термобаллон тоже должен быть совершенно чистым и абсолютно прямолинейным. Можно также еще улучшить контакт между термобаллоном и трубой с помощью специальной теплопроводной пасты, заполнив ею пустоты вдоль образующих трубы и термобаллона, что будет способствовать повышению теплопередачи. Очевидно, что крепежный хомут термобаллона должен быть затянут до предела таким образом, чтобы монтажник не смог рукой провернуть вокруг трубы хомут вместе с термобаллоном.

Чтобы ослабить влияние температуры воздуха в зоне термобаллона, **его** необходимо тщательно теплоизолировать от окружающей среды. Применяемая для этой цели теплоизоляция должна быть *съемной* (чтобы можно было легко снять ее, не разрушая, при осмотре термобаллона) и *непромокаемой,* чтобы она не поглощала воду (поскольку это очень сильно увеличит инерционность термобаллона).

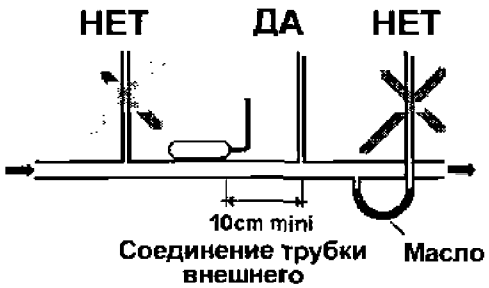
Заметим, что установка теплоизоляции тем больше необходима, чем больше разность между температурой хладагента и окружающего наружного воздуха.



Рис. 49.9

Напомним также, что трубка внешнего уравнивания давления в ТРВ должна врезаться во всасывающую магистраль ниже по потоку от термобаллона с тем, чтобы возможные утечки жидкости через сальниковое уплотнение штока ТРВ не приводили к его необоснованному закрытию *(см. раздел 14.5. Практические аспекты устранения неисправности, обусловленной низкой пропускной способностью ТРВ).*

Кстати, заметим также, что трубка внешнего уравнивания должна врезаться в верхнюю часть трубы (см. рис. 49.10).



Соединение трубки внешнего уравнивания

Рис.49.10

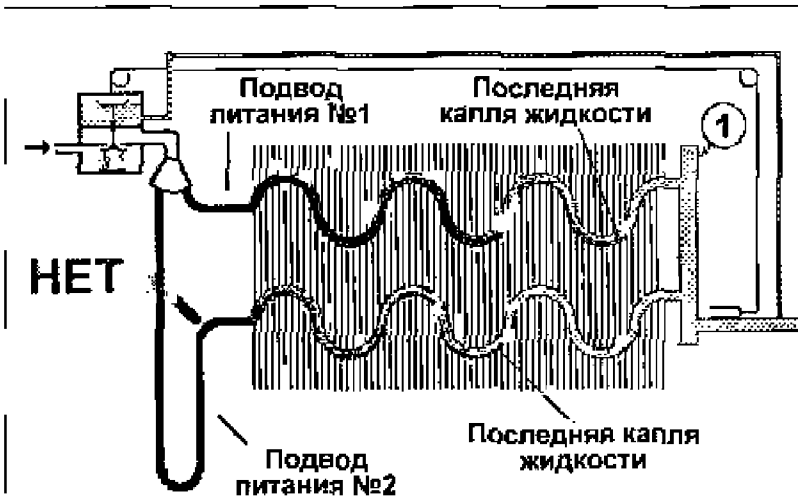
Действительно, если масло, циркулирующее в нижней части трубопровода всасывания, будет попадать в трубку внешнего уравнивания и накапливаться в ней, возможные изменения давления испарения будут гораздо медленнее доходить в полость под мембраной ТРВ, что неизбежно внесет в его работу погрешности и ошибки.

Напомним также, что если хладагент подается в испаритель через распределитель жидкости, длины всех трубок, соединяющих распределительс соответствующими секциями испарителя, должны быть одинаковыми (см. рис. 49.11).

В примере на рис. 49.11 труба подвода питания №2 гораздо длиннее трубы №1.

Перепад давления ΔΘна трубе №2 гораздо больше, чем на трубе №1, поэтому последняя капля жидкости испарится в ней гораздо раньше, чем в первой трубе, и в результате секция №2 испарителя окажется недостаточно заполнена жидкостью, даже если термобаллон превосходно установлен и теплоизолирован (см. *также раздел 20.5. Слишком слабый испаритель. Практические аспекты устранения неисправности.)*.

Итак, никогда не относитесь небрежно к монтажу термобаллона ТРВ. *Может быть это смешно, но ничего не будет удивительного в том, что вы никогда не добьетесь желаемых результатов работы установки, если закрепите термобаллон на входе в испаритель или на жидкостной магистрали.*



Длина трубы №2 > длины трубы №1

Рис.49.11

50. ПРЕССОСТАТИЧЕСКИЙ РАСШИРИТЕЛЬНЫЙ ВЕНТИЛЬ

В наше время РВ такого типа (называемые еще *автоматическими РВ)* почти не применяются. Им теперь предпочитают либо термостатические РВ (которые мы только что изучили), либо капиллярные расширительные устройства (которые мы будем изучать в ближайшем разделе). Однако вы возможно будете еще встречать прессостатические РВ, главным образом, в машинах старого выпуска и маломощных агрегатах (бытовые холодильники и кондиционеры, машины для мороженного).

Несмотря на низкую вероятность встречи с ними, мы тем не менее изучим этот тип ТРВ, так как понимание принципов его работы и явлений, которыми она сопровождается, может помочь вам лучше понять следующий раздел, посвященный капиллярным ТРВ, и расширит ваши знания холодильной технике.

А) Работа прессостатического РВ

Если термостатический РВ предназначен для поддержания постоянного перегрева, то *прессостатический РВ* нужен для того, чтобы поддерживать постоянным *давление* испарения.

На рисунке 50.1 вы видите принципиальную схему прессостатического РВ.

Атмосферное давление (внутри сильфона), регулировочная пружина и давление жидкого хладагента Рж над иглой клапана составляют комплекс сил, действующих на открытие ПРВ, тогда как давление испарения в полости ПРВ снаружи сильфона представляет силу его закрытия.
Атмосферное давление меняется очень слабо. Если мы для простоты допустим, что давление Рж также остается постоянным, мы получим только силу, обусловленную давлением испарения (Fo), и силу действия пружины (Fr). Иначе говоря, только больше или меньше сжимая пружину, мы сможем настраивать давление испарения на желаемую величину.
В *настоящем разделе мы рассмотрим в качестве примера прессостатический РВ, пружина которого настроена таким образом, поддерживать давление испарения на уровне 4, 6 бар (то есть 4 °С для R22).*

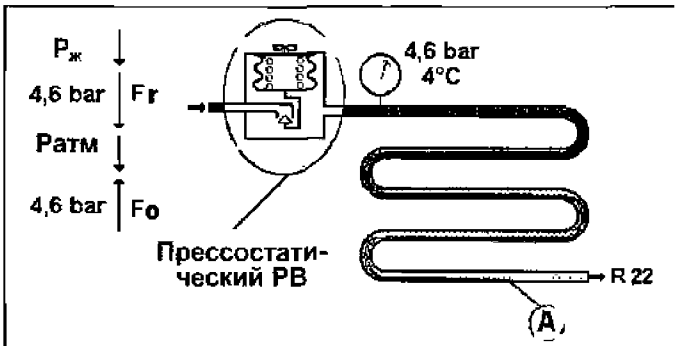


Рис. 50.1

Изучая схему рис. 50.1, можно видеть, что если давление испарения стремится превысить значение 4,6 бара, ТРВ закрывается. Поскольку компрессор продолжает всасывать, вскоре давление испарения вновь опускается до 4,6 бар. И наоборот, если давление испарения начинает падать ниже 4,6 бар, пружина открывает ТРВ, который впрыскивает жидкость в испаритель, что вскоре заставляет давление испарения подняться, таким образом, *давление постоянно поддерживается на уровне 4,6 бара.*

Итак, РВ реагирует только на изменения давления испарения и его положение никоим образом не зависит от перегрева (положение точки А не влияет на работу ПРВ).

Изучим теперь последствия такого способа регулирования работы при изменениях температуры воздуха на входе в испаритель (см. рис. 50.2).

При постоянном давлении жидкого хладагента на входе в ПРВ и неизменной настройке пружины давление испарения остается постоянным и равным 4,6 бара (то есть 4°С для R22). Это означает, что перепад давления на ПРВ поддерживается постоянным, *следовательно, расход жидкости через него будет также постоянный,* какой бы ни была температура воздуха на входе в испаритель *(см. Раздел 8.1 Производительность ТРВ).*.

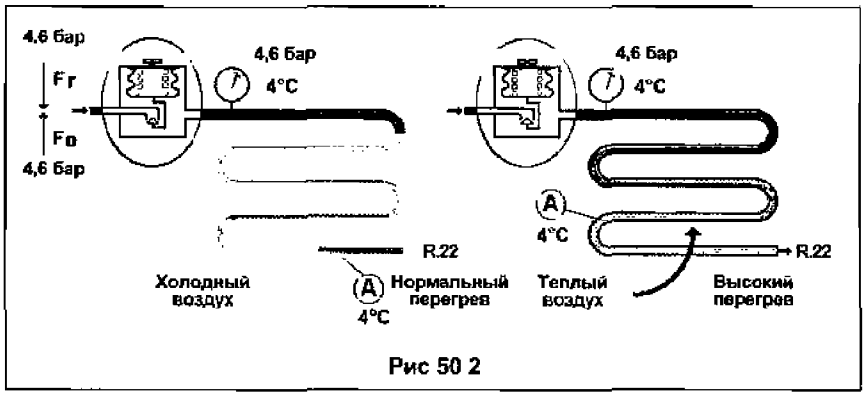


Рис 50 2

Представим себе, что задающий термостат настроен таким образом, чтобы поддерживать температуру в охлаждаемом объеме в диапазоне 20...25°С. Когда воздух, поступающий на вход испарителя, имеет

температуру 20°C, давление испарения соответствует 4°C (то есть Δθполн=16°C) последняя капля жидкости испаряется в точке A, давая вполне нормальный перегрев.

Когда температура воздуха на входе в испаритель поднимется до 25°C, давление испарения не изменится и останется постоянным, соответствуя тем же 4°C (вырастет ΔΘполн. и станет равным 21 °C). Однако перепад давления на ТРВ будет по-прежнему тот же, следовательно *расход жидкости через него не изменится.* Поскольку испаритель теперь обдувается более теплым воздухом, чем раньше, жидкость начнет испаряться гораздо быстрее, и точка A переместится внутрь испарителя, *обусловливая гораздо более значительный перегрев.*

Таким образом, в момент, когда температура воздуха повышается, то есть в момент, когда потребности в холоде возрастают, автоматический РВ дает увеличение перегрева, что не позволяет испарителю повысить свою холодопроизводительность.

Когда компрессор по команде регулятора останавливается, в результате чего давление испарения начинает повышаться, прессостатический РВ закрывается. Он остается закрытым в течение всего времени остановки компрессора, что ограничивает рост давления испарения. При новом запуске компрессора ПРВ остается закрытым и предотвращает впрыск жидкости в испаритель до тех пор, пока давление испарения не опустится ниже 4,6 бар, следовательно, прессостатический РВ позволяет ограничить мощность, *потребляемую двигателем при запуске.*

Данный тип РВ обладает, следовательно, основным недостатком, заключающимся в том, что он не может приспосабливаться к потребностям в холоде, обусловливая увеличение перегрева (и, следовательно, ограничение холодопроизводительности) тогда, когда потребности в холоде наиболее велики. Поскольку при его использовании температура в охлаждаемом помещении снижается *медленнее,* чем при использовании термостатического РВ, он может применяться только в небольших установках в условиях, когда потребности в холоде относительно стабильны. С другой стороны, он позволяет *использовать менее мощный электродвигатель,* так как во время работы он предотвращает рост давления испарения выше величины настройки.

B) Проблема заправки хладагентом

Представим себе, что холодильщик приглашен для ремонта небольшого комнатного кондиционера, так как температура в кондиционируемом помещении выросла (более 27°C), а клиент хочет иметь 20°C.

Он замечает, что в кондиционере установлен прессостатический РВ, поскольку отсутствуют капилляр и термобаллон. Давление испарения упало (-10°C) и ТРВ совершенно обледенел. Перегрев очень высокий (более 30°C), а переохлаждение слабое (около 1°C). Ремонтник делает вывод о том, что в установке не хватает хладагента и начинает поиск утечки.

Найдя место утечки, он производит ремонт и потом решает до заправить установку. Табличка на кондиционере указывает, что он должен содержать 420 граммов R22. Поскольку в передвижной мастерской нашего ремонтника нет ни мерного заправочного цилиндра, ни весов, он решает до заправить установку, медленно заполняя ее хладагентом в паровой фазе.

В *начале заправки* давление испарения медленно растет до тех пор, пока не достигнет 4,6 бар (то есть 4°C), и потом больше не повышается. Перегрев пока остается повышенным, так как температура трубки на выходе из испарителя около 20°C (то есть перегрев равен 16°C).

Он осторожно продолжает заправку, внимательно наблюдая за перегревом и переохлаждением, и когда он покидает рабочее место, установка функционирует при следующих основных параметрах.

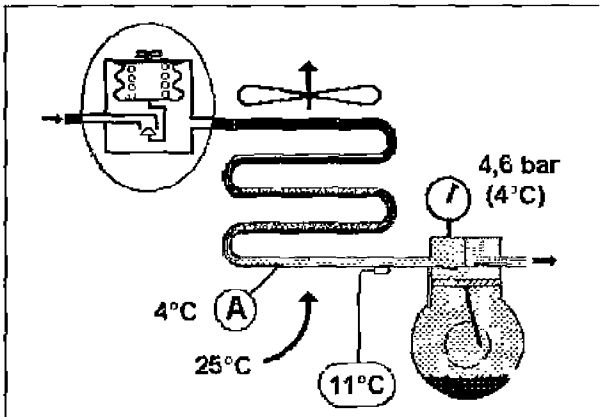


Рис. 50.3

Переохлаждение около 5°C, окружающая температура 25°C, низкое давление 4,6 и перегрев 11-4=7°C.

Пока наш ремонтник находится в дороге, удовлетворенный качеством произведенного ремонта, представим себе, что произошло следующее...

Так как задающий термостат настроен таким образом, чтобы отключать компрессор при температуре в охлаждаемом объеме 20°C, установка продолжает работать и температура продолжает падать...

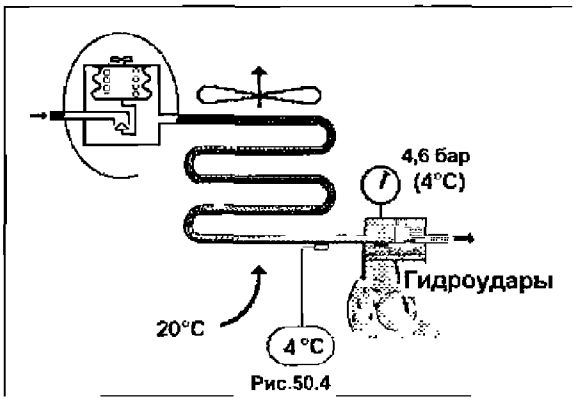


Рис.50.4

Но по мере падения температуры в охлаждаемом объеме *ТРВ продолжает подавать в испаритель одно и то же количество жидкости.*

Следовательно, точка А медленно сдвигается к выходу из испарителя, что обусловливает постепенное снижение перегрева.

Перегрев неизбежно становится настолько слабым, что жидкость переполняет испаритель вплоть до наступления такого режима, при котором работа установки начинает сопровождаться постоянными гидроударами, последствия чего вам хорошо известны (см. рис. 50.4).

Что же нужно будет сделать? Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны усвоить, что гидроудары, обусловленные понижением температуры в охлаждаемом объеме в пределах настройки задающего термостата, могут появиться только в результате *чрезмерной заправки хладагентом*. В самом деле, если разработчик указывает на табличке с характеристиками установки, что заправка R22 составляет 420 граммов, то эта величина с высокой точностью соответствует результатам испытаний, проведенных на заводе-изготовителе именно для данной установки. При проведении этих испытаний снижается температура воздуха на входе в испаритель, а затем подбирается величина заправки таким образом, чтобы в номинальном диапазоне условий работы величина переохлаждения не была слишком низкой.

Таким образом, переохлаждение совершенно не может служить критерием для определения величины заправки установок с прессостатическими РВ!

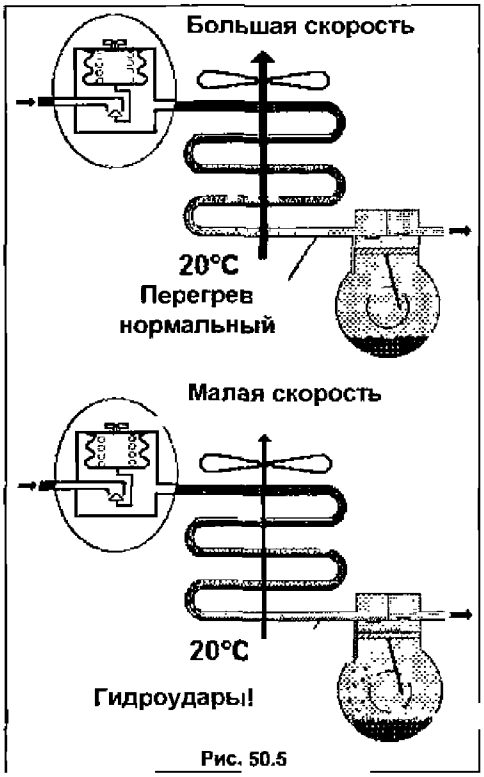


Рис. 50.5

Самое лучшее, что можно посоветовать для определения величины заправки таких установок, состоит в том, чтобы полностью слить находящийся в них хладагент (поскольку речь идет о небольших установках, хладагента в них немного), слегка отвакуумировать контур, а потом заправить установку точно таким количеством хладагента, которое предписано разработчиком. Естественно, такая операция требует использования мерного заправочного сосуда или весов, *поэтому легче всего ее выполнить в стационарной мастерской.*

Выполняя свой ремонт, наш холодильщик действительно не мог ждать, пока температура в охлаждаемом объеме упадет. Однако зная, что с падением температуры в охлаждаемом объеме (которая была равна 25°C) перегрев начнет уменьшаться, он мог оставить перегрев на более высоком уровне (например, 15°C вместо 7°C) и снова приехать на рабочее место несколько позже (предпочтительно с утра, так как утром прохладнее) с тем, чтобы довести заправку до нужной величины. Если в это время при температуре в охлаждаемом объеме 20°C измерения перегрева показали бы, что он слишком упал, надо было бы слить часть хладагента. Если же перегрев еще достаточно высокий, он бы добавил заправку.

Другая разновидность проблем может появиться, когда кондиционер оборудован вентилятором с несколькими скоростями, что встречается довольно часто. Напомним, что в таких установках большая скорость вращения вентилятора используется летом при охлаждении, чтобы избежать *чересчур холодной струи* воздуха на рабочих местах. Малая скорость используется зимой для подогрева с целью получения *более теплого* воздушного потока.

Представим себе, что кондиционер поддерживает температуру в помещении на уровне 20°C и его вентилятор работает на большой скорости, обеспечивая высокий расход воздуха через испаритель. Работа протекает вполне нормально и по окончании цикла перегрев находится в пределах нормы.

Если в этот момент потребитель переключает вентилятор на малую скорость (например, он находит, что при большой скорости слишком много шума), расход воздуха через испаритель падает.

Поскольку расход воздуха, проходящего через испаритель, упал, то интенсивность испарения жидкости в нем также снижается, жидкость постепенно все больше заполняет испаритель и перегрев опасно уменьшается.

При этом появляются серьезные шансы на возникновение смертельно опасных для компрессора гидроударов.

Заметим, что точно такие же проблемы могут возникнуть и при большой скорости вращения вентилятора, ***если воздушный фильтр, расположенный во всасывающем воздуховоде вентилятора, сильно загрязнен,*** что обязательно приведет к снижению расхода воздуха.

Чтобы предотвратить появление указанных проблем, необходимо очень аккуратно, в точности соблюдая предписания разработчика, производить заправку установки хладагентом. Нужно также позаботиться о тщательной ее настройке и регулярном техническом обслуживании и, кроме того, внушить клиенту правила ее безаварийного использования.

50.1. УПРАЖНЕНИЕ

Как вы считаете, можно ли на установке с одним компрессором и двумя разными испарителями (с температурами испарения -10°C в одном и +2°C в другом) использовать прессостатические РВ для питания каждого из этих испарителей?

Ответ

При оснащении обоих испарителей в такой установке прессостатическими РВ появится необходимость поддерживать *одновременно* разные давления испарения для разных испарителей : 2,5 бара (-10°C для R22) в первом испарителе и 4,3 бара (+2°C) во втором.

Однако при общем компрессоре оба этих испарителя сообщаются между собой через всасывающий коллектор (см. рис. 50.6), значит *давление в первом и во втором испарителях обязательно будут одинаковыми.*

Итогом такого монтажа будет совершенно нелепая работа установки (вы можете рассмеяться, представив себе, что произойдет с ней при запуске).

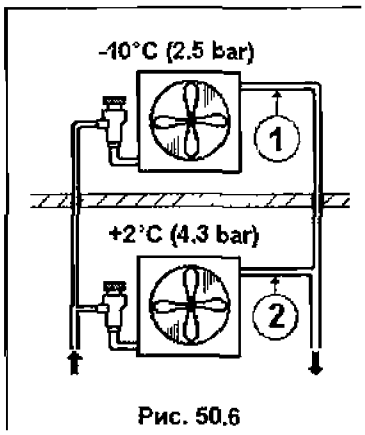


Рис. 50.6

Завершая настоящий раздел, подчеркиваем, что прессостатические РВ можно использовать только в небольших установках с одним испарителем *при относительно постоянной потребности в холоде.*

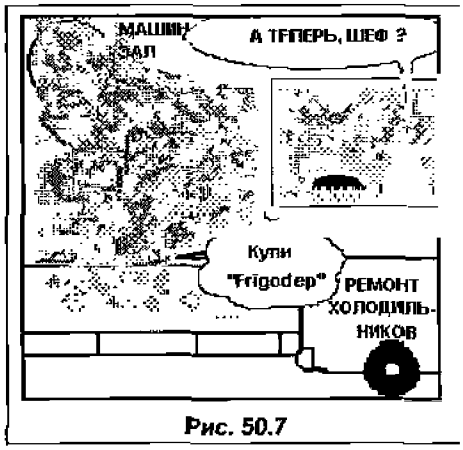


Рис. 50.7

51. КАПИЛЛЯРНОЕ РАСШИРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО

Из всех существующих расширительный устройств капиллярное является, конечно, наиболее простым, поскольку оно представляет собой простой отрезок холодильной трубки малого диаметра, что делает его стоимость крайне низкой. Более того, оно не содержит никаких механических узлов и деталей и не располагает никакими системами настройки, что обеспечивает его высокую надежность, и продолжительность работы в течение очень длительного времени.

Несмотря на некоторые условия, требующие при его использовании строгого соблюдения, о чем мы будем говорить в настоящем разделе, многочисленные преимущества капиллярного расширительного устройства объясняют его выбор для оснащения им самых различных холодильных установок малой мощности, особенно когда они производятся крупными сериями: кондиционеры, домашние холодильники, не большие тепловые насосы, холодильные шкафы...

A) Работа

Предметом настоящей части служит детальный анализ предосторожностей, которые необходимо соблюдать при любом вмешательстве в холодильный контур, оборудованный капиллярным расширительным устройством. Для начала изучим контур, представленный на рис. 51.1.

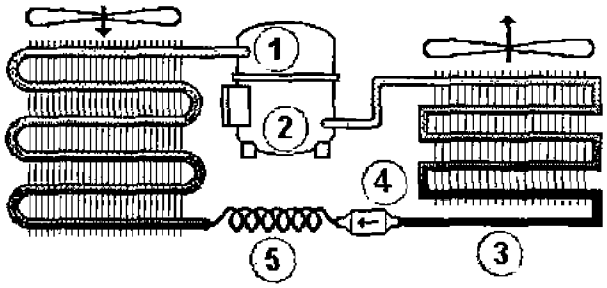


Рис. 51.1

Принимая во внимание малую мощность установки, в ней *используется, как правило, поршневой компрессор* с *герметичным корпусом*. Пары, покидающие испаритель, чаще всего всасываются в верхней части компрессора (поз.1).

Поэтому данная зона холодная, а верхушка кожуха тепловатая. Далее всасываемые пары проходят через двигатель компрессора, который они охлаждают. Масло находится на дне корпуса (поз.2), а поскольку нагнетаемые пары очень горячие, нижняя часть компрессора также горячая.

Иногда аномалии в работе установки вы сможете обнаружить просто ощупывая герметичный кожух (опасайтесь ожога, зона 2 может быть очень горячей!).

Переохлажденная жидкость, которая выходит из конденсатора (поз.3), дальше идет в фильтр или фильтр-осушитель (поз.4). Этот фильтр необходим, чтобы предотвратить ***самую серьезную неисправность капилляра:*** его закупорку посторонними частицами (кусочки меди, крупинки припоя или флюса...), которые будут мешать прохождению жидкости, обусловливая появление неисправности типа «слишком слабый ТРВ». После дросселирования жидкость, которая выходит из капилляра (поз.5), проходит через испаритель, и перегретые пары вновь возвращаются в компрессор

. 51.1. УПРАЖНЕНИЕ 1

На выходе из конденсатора мы не расположили жидкостный ресивер. Стоит ли, по вашему мнению рекомендовать его установку? Почему?



При остановке давления обязательно выравниваются и испаритель наполняется жидкостью

Рис. 51.2

Вначале нужно как следует усвоить, что капиллярное расширительное устройство ни что иное, как отрезок очень тонкой трубки, ***проходное сечение которой постоянно открыто.***

В процессе работы на входе в капилляр устанавливается давление конденсации, а *на выходе* из него - давление испарения. Однако когда компрессор останавливается, капилляр остается постоянно открытым и жидкости ничто

не мешает продолжить проникновение в капилляр (а потом в испаритель) до тех пор, пока давления в испарителе и в конденсаторе полностью не сравняются. В результате при остановке компрессора конденсатор опорожняется, а испаритель заполняется хладагентом (см. рис.51.2).

Если установить еще и жидкостной ресивер, его содержимое сможет без труда переместиться в испаритель и совершенно переполнить его, тем более, что испаритель «холодный». *Тогда при ближайшем запуске компрессора это вызовет губительный для него гидроудар.*

Вот почему жидкостной ресивер никогда не устанавливают в контурах, оборудованных капиллярным расширительным устройством!

Заметим, что испаритель должен быть сконструирован таким образом, чтобы исключать любую возможность стекания жидкости под действием силы тяжести на вход компрессора при его остановках (поэтому на схемах испаритель всегда запитан снизу).

B) Преимущество выравнивания давлений при остановках

Сила тока, потребляемая компрессором, напрямую зависит от величины давления нагнетания *(см. раздел 10. Влияние величины давления нагнетания на силу тока, потребляемого электромотором компрессора.)*.

Мы увидели, что при остановке компрессора давления в испарителе и конденсаторе выравниваются (см. рис. 51.3).

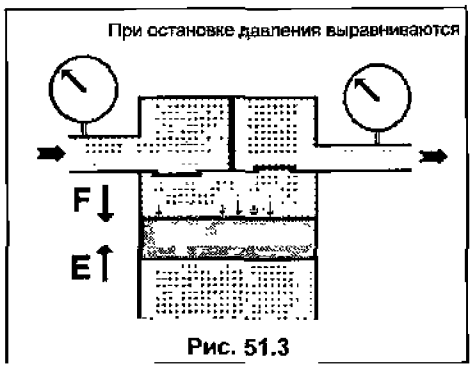


Рис. 51.3

Однако, когда компрессор запускается, давление нагнетания поднимается не мгновенно, а *медленно* повышается до тех пор, пока не достигнет номинального значения давления конденсации.

Это значит, что в течение всего периода выхода на номинальный режим ток, потребляемый электромотором, вначале слабый, а затем постепенно растет одновременно с ростом давления нагнетания.

Таким образом, запуск компрессора происходит в облегченных условиях, без чрезмерных напряжений, при значительных ограничениях величины пускового тока. Выравнивание давлений при остановке, обусловленное наличием капилляра позволяет, следовательно, благодаря облегченному режиму запуска использовать *небольшие электродвигатели*. Вы можете легко себе представить особенную выгоду этого в экономическом плане для массового и крупносерийного производства установок, оборудуемых *однофазными* электродвигателями (домашние холодильники, кондиционеры...).

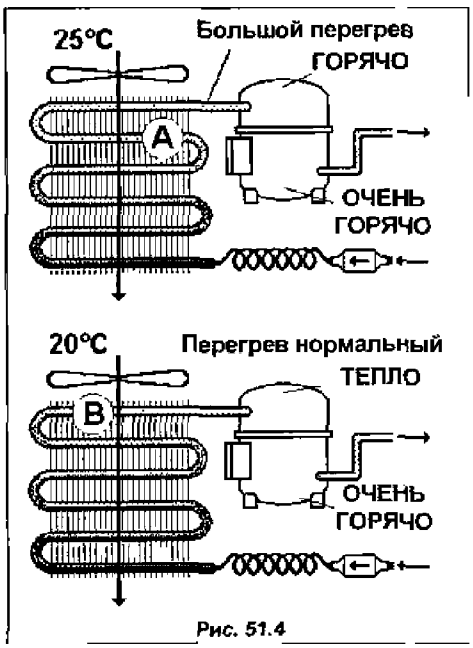


Рис. 51.4

C) Проблема заправки хладагентом

Проблема заправки установки несомненно является наиболее сложной проблемой для установок, оснащенных капиллярными расширительными устройствами.

Для лучшего понимания этой проблемы рассмотрим поведение небольшой установки, работающей на R22 и заправленной по всем правилам. Когда воздух, поступающий на вход испарителя, достаточно теплый (например, 25°C), испарение хладагента происходит очень интенсивно. Последняя молекула жидкости испаряется довольно рано (см. точку A на рис. 51.4) и перегрев весьма значительный (около 15°C). Верхушка герметичного кожуха относительно горячая (например, 35°C), а низ компрессора очень горячий (примерно 60°C).

Представим, что несколько позже температура воздуха на входе в испаритель упала до 20°C. Поскольку воздух стал холоднее, чем раньше, интенсивность испарения снизилась, *однако капилляр продолжает подавать в испаритель почти тоже самое количество R22,* поэтому точка испарения последней молекулы жидкости начинает сдвигаться к выходу из испарителя **(точка B на рис.** 51.4).

Поэтому по мере снижения температуры воздуха на входе в испаритель перегрев падает и к концу цикла достигает, к примеру, 7°С. Верхушка кожуха становится слегка тепловатой (скажем,30°С), но низ компрессора по-прежнему остается очень горячим.

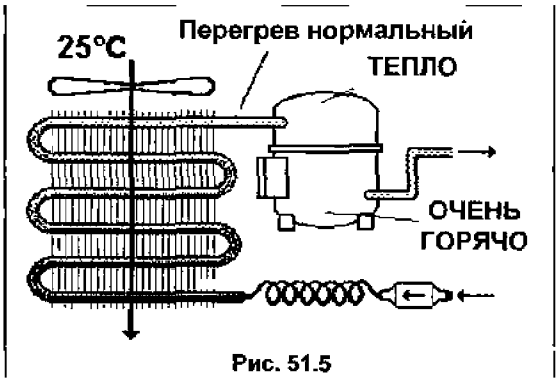


Рис. 51.5

Теперь представим, что после общения с клиентом ремонтник хочет дозаправить этот кондиционер. Поскольку у него нет ни заправочного мерного цилиндра, ни весов, он решает произвести дозаправку, медленно добавляя хладагент в контур в паровой фазе.

При температуре воздуха на входе в испаритель 25°С он добавляет хладагент до тех пор, пока не достигни нормального перегрева (например, 7°С). Температура герметичного кожуха становится нормальной, кондиционер работает и хорошо охлаждает воздух. Со спокойной душой наш ремонтник покидает рабочее место (см. **рис.** 51.5).

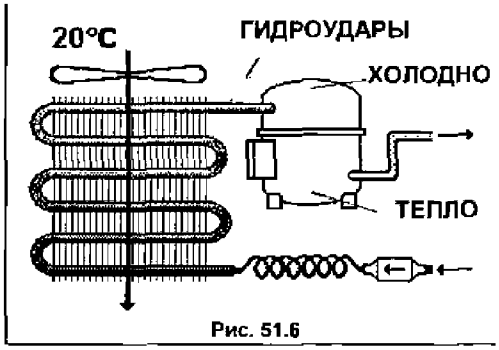


Рис. 51.6

Но *по мере снижения температуры в охлаждаемое помещении, температура воздуха на входе в испаритель и перегрев продолжают падать*. Если задающий термостат настроен на отключение компрессора при достижении 20°С, то есть основание для того, чтобы в компрессор стала попадать жидкость (см. **рис.** 51.6).

Заметим, что чем больше падает перегрев, тем больше снижается, по отношению к нормальной, температура герметичного кожуха (как вверху, так и внизу).

Итак, мы ознакомились с первой опасностью приблизительной заправки: перегрев зависит от температуры воздуха на входе в испаритель.

Для лучшего понимания другой проблемы рассмотрим схему на рис. 51.7.

Схема иллюстрирует впрыск воды в открытый воздух (следовательно, при давлении окружающей среды, равном атмосферному) при помощи капилляра.

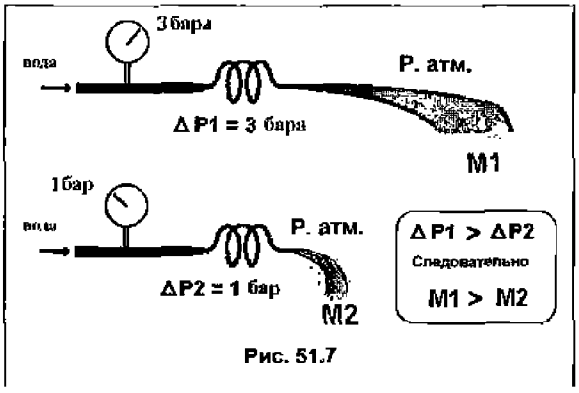


Рис. 51.7

Если вода поступает на вход в капилляр при избыточном давлении 3 бара (перепад давления на капилляре ΔР1 равен 3 барам), в атмосферу вспрыскивается некоторое ее количество М1.

При понижении давления подачи воды на входе в капилляр до 1 бара (изб.).перепад давления на нем ДР2 составит только 1 бар. Нетрудно понять, что количество поступающей в атмосферу воды М2 при этом также станет гораздо меньше.

Итак, если перепад давления ΔР на концах капилляра падает, расход воды через него так же снижается.

Очевидно, то же самое происходит, если вместо воды использовать хладагент, например, R22 (см. рис. 51.8).

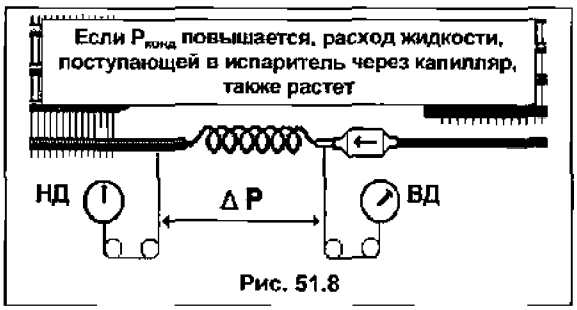


Рис. 51.8

Иначе говоря, расход жидкости через капилляр будет тем больше, чем выше перепад между давлением конденсации Рконд и давлением испарения Рисп.

То есть, чем больше повышается Рконд, тем больше возрастает расход хладагента, поступающего в испаритель через капилляр.

Это явление не проходит бесследно для работы установки. Чтобы лучше понять это, изучим схему на рис. 51.9.

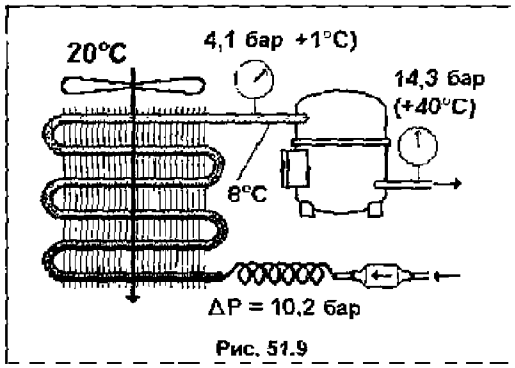


Рис. 51.9

Представим, что при температуре в охлаждаемом объеме 20°C Рконд составляет 14,3 бара (+40°C), а Рисп равно 4,1 бара(+1°C).

Это значит, что перепад на капилляре ΔP составляет 10,2 бара. При этом температура перегретого пара на входе в компрессор равна 8°C, то есть перегрев равен 8-1=7°C.

Представим теперь, что по какой-либо причине (забился конденсатор, возросла температура воздуха на входе в него...) Рконд повысилось, например, до 18,5 бар (см. рис. 51.10). Поскольку Рконд повысилось, компрессор стал всасывать меньше газа (см. *раздел 9. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность),* и Рисп так же повысилось (например, до 4,6 бар).

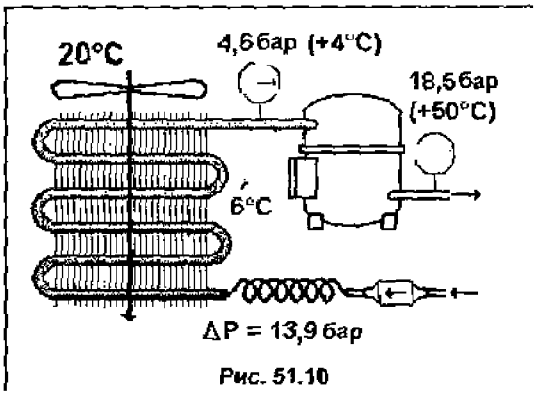


Рис. 51.10

Следовательно, перепад давления на капилляре растет с 10,2 бар до 13,9 бар, что приводит к заметному повышению количества жидкости, поступающей в испаритель. Последняя молекула жидкости приближается к компрессору и перегрев, измеренный на всасывающем патрубке, снижается (в нашем примере он не более 6-4=2°C).

Таким образом, мы смогли увидеть вторую опасность приблизительной заправки: перегрев во всасывающей магистрали зависит от величины давления конденсации.

Когда капиллярным расширительным устройствам оборудуются кондиционеры, есть еще одна проблема, которая может помешать их нормальной работе. Речь идет о скорости воздуха, проходящего через испаритель, поскольку, как правило, кондиционеры снабжены многоскоростными вентиляторами. Вновь напомним, что в кондиционерах большая скорость используется летом во время охлаждения помещений, чтобы предотвратить *слишком низкую температуру* воздушной струи на рабочих местах. Малая скорость включается зимой при подогреве, чтобы обеспечить обдув рабочих мест *теплой струёй* воздуха.

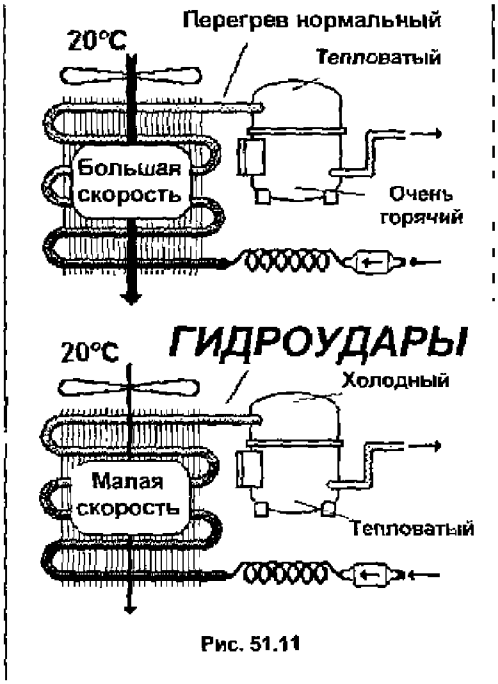


Рис. 51.11

Представим себе, что кондиционер настроен таким образом, чтобы поддерживать температуру в охлаждаемом помещении на уровне 20°C. Вентилятор испарителя работает с большой скоростью, через испаритель проходит значительный расход воздуха, работа протекает вполне нормально и перегрев в конце цикла совершенно нормальный (см. рис. 51.11).

В этот момент, если клиент переводит вентилятор на пониженную скорость (зачастую из-за того, что на большой скорости вентилятор издает повышенный шум), расход воздуха через испаритель падает. Поскольку расход воздуха через испаритель падает, жидкость испаряется менее интенсивно и начинает продвигаться вперед к компрессору, в результате чего перегрев опасно уменьшается.

В этом *случае сильно возрастает возможность появления губительных для компрессора гидроударов.*
В самом деле, большинство причин появления неисправности типа «слишком слабый испаритель» могут обусловить возникновение гидроударов, опасных для установок данного типа вне зависимости от того, кондиционеры это или торговое оборудование, поскольку в них отсутствует ТРВ, способный контролировать количество жидкого хладагента, поступающего в испаритель (см. *раздел 20.5. Слишком слабый испаритель. Практические аспекты устранения неисправности}.*

D) Как правильно определить количество заправляемого хладагента ?

Наилучшим способом заправки установки, оборудованной капиллярным расширительным устройством, является, несомненно, возможность *скрупулезного* соблюдения массы жидкости, рекомендуемой изготовителем. Следовательно, необходимо слить из установки весь хладагент, который может там находиться, потом произвести ее вакуумирование, а затем при помощи мерного заправочного цилиндра или достаточно точных весов залить в установку точно такое количество хладагента, которое соответствует указанному на табличке, прикрепленной к установке.

При ремонте установки прямо *по месту ее нахождения* ремонтник часто сталкивается с проблемой отсутствия у него мерного цилиндра или весов. Кроме того, иногда табличка с указанием массы заправляемого хладагента либо отсутствует, либо плохо прочитывается. Если агрегат невозможно доставить в мастерскую и ремонтник решает устранить неисправность на месте, он *обязательно должен* начать с поиска утечек и устранения их причины.

При заправке он должен *очень осторожно* начать подачу хладагента в установку *(если можно, то в паровой фазе),* постоянно измеряя при этом изменение перегрева на всасывающей магистрали компрессора (в холодильном торговом оборудовании зачастую можно будет также визуально контролировать начало появления инея на испарителе по мере снижения температуры воздуха).

В соответствии с условиями функционирования в момент заправки хладагентом ремонтник должен помнить, что **перегрев может опасно понижаться, если:**

Падает температура в охлаждаемом объеме (обычно в момент ремонта она достаточно высока).

Повышается давление конденсации (повышение Рконд всегда можно спровоцировать, например, полностью закрыв конденсатор картоном, чтобы убедиться, что перегрев остается приемлемым).

Снижается интенсивность теплообмена на испарителе (в кондиционерах, например, по причине загрязнения воздушного фильтра, а в торговом холодильном оборудовании из-за покрытия испарителя снежной «шубой»).

Заметим, что чересчур большая заправка может вызвать работу с пониженным перегревом на всасывающей магистрали. Следовательно, избыток хладагента в контуре может оказаться причиной губительных гидроударов, которые создают опасность разрушения компрессора.

С другой стороны, недостаточная заправка может привести к работе с очень высоким перегревом во всасывающей магистрали. Тогда герметичный кожух будет плохо охлаждаться, и двигатель компрессора станет сильно перегреваться. В таком случае останется только надеяться на нормальную работу встроенных средств защиты, иначе двигатель с большой вероятностью преждевременно выйдет из строя.

Напомним, наконец, что установки, оборудованные капиллярными расширительными устройствами, имеют пониженную заправку из-за того, что во время остановок компрессора давление в контуре выравнивается и возникает опасность переполнения испарителя, куда хладагент перетекает из конденсатора при остановках.

Поэтому в установках с капиллярными расширительными устройствами переохлаждение не может рассматриваться как определяющий показатель для оценки правильности величины заправки хладагентом.

Только на основе эксперимента ремонтник сможет точно установить момент, когда заправка будет достаточной. В случае сомнений ремонтнику лучше всего через некоторое время еще раз прибыть на место работы установки несколько позже, чтобы при необходимости довести величину заправки до требуемой.

E) Проблема замены капилляра

К несчастью иногда капилляр полностью или частично закупоривается. Главным образом это происходит после перегорания двигателя компрессора или после ремонта контура, когда он был проведен с отступлениями от правил.

Если капилляр закупорен, в испаритель попадает очень мало жидкости (см. рис. 51.12). Следовательно, холодопроизводительность падает, перегрев очень сильно возрастает, и герметичный кожух нагревается до очень высокой температуры.

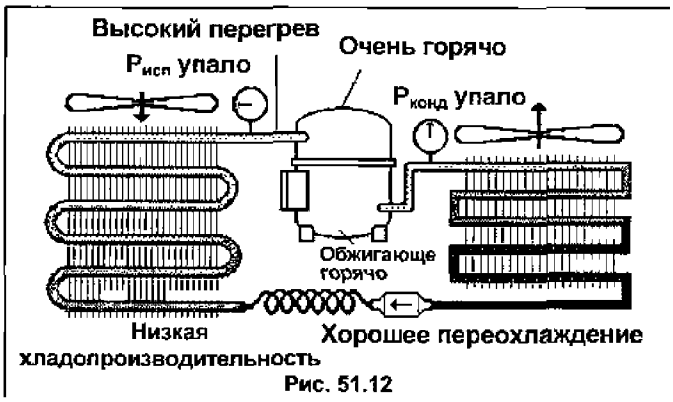


Рис. 51.12

Внимание! Точно такие же признаки появляются при нехватке хладагента в контуре. Однако при нехватке хладагента его недостает также и в конденсаторе, поэтому переохлаждение будет плохим. В *то же время* при закупоренном капилляре недостаток хладагента в испарителе обязательно сопровождается его избытком в конденсаторе, поэтому при закупоренном капилляре переохлаждение вполне нормальное.

Есть еще один признак, позволяющий очень точно установить наверняка закупорку капилляра. Действительно, при остановке компрессора давление в контуре должно быстро выравниваться. Если капилляр закупорен, выравнивание давлений в контуре при остановках компрессора больше не происходит (при частичной закупорке выравнивание происходит тем медленнее, чем сильнее забит капилляр).

Внимание! Не смешивайте закупорку капилляра с нехваткой хладагента.

Всегда можно попытаться прочистить капилляр, например, его продувкой сжатым азотом высокого давления в направлении, обратном потоку жидкости. Можно также *попробовать укоротить капилляр на несколько сантиметров со стороны входа в него,* надеясь, что пробка находится именно там и будет таким образом исключена (см. рис. 51.13). К сожалению это зачастую не дает успеха и тогда капилляр, также как и расположенный выше по потоку фильтр, заменяют (если бы фильтр соответствовал своему назначению, капилляр не закупорился бы).

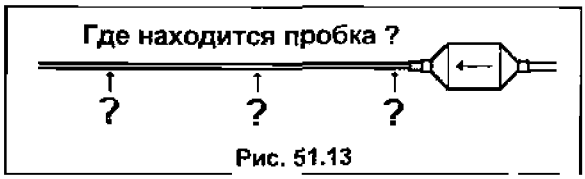


Рис. 51.13

Если у вас есть новый капилляр, поставленный вам изготовителем неисправного агрегата и в точности соответствующий засоренному капилляру, операция по замене производится достаточно просто. *Однако если вы хотите сами изготовить капилляр для замены, это может стать источником многочисленных неприятностей. В* самом деле, для данной модели агрегата точное определение размеров капилляра является длительной и дорогостоящей операцией, в значительной степени связанной с проведением большого числа испытаний (поэтому использование капилляра оправдано только в массовом и крупносерийном производстве). Более того, если каждая модель данной серии агрегатов имеет различную холодопроизводительность, то параметры используемого в каждом из моделей капилляра будут тоже различными (по длине, а иногда и по диаметру).

Неопытный ремонтник будет думать, что достаточно измерить длину и диаметр засорившегося капилляра, чтобы изготовить другой точно такой же. Если длину капилляра измерить достаточно легко, то определение диаметра, как правило, более сложная задача. В самом деле, существует по меньшей мере десяток *типоразмеров внутренних диаметров,* заключенных между 0,66 и 2,29 мм, а также *десяток наружных диаметров,* расположенных между 1,83 и 4,76 мм (см. рис. 51.14)!

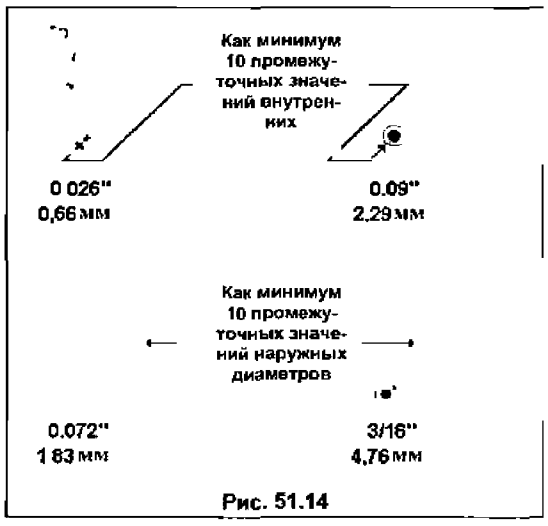


Рис. 51.14

Все, кто когда-либо уже пробовал точно измерить диаметр капилляра, легко поймут, что ремонтник, располагая как минимум, даже калибровочным инструментом, сможет измерить, *зачастую приблизительно,* только наружный диаметр. *Но для одного и того же наружного диаметра существует возможность выполнения капилляра с разными внутренними диаметрами (см. рис. 51.15).*

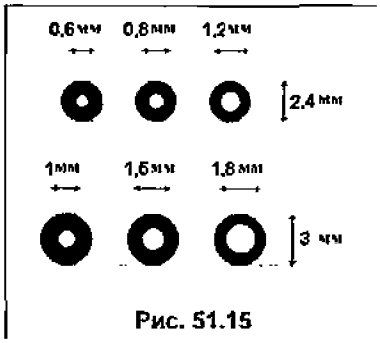


Рис. 51.15

В самом деле, достаточно перелистать каталоги различных поставщиков холодильного оборудования и комплектующих, чтобы убедиться, что для наружного диаметра капилляра 2,4 мм выпускаются капилляры с внутренними диаметрами 0,6; 0,8 и 1,2 мм. Точно так же при наружном диаметре 3 мм существуют капилляры с внутренними диаметрами 1,0; 1,5 и 1,8 мм.

Поэтому измерение длины и наружного диаметра никоим образом не может позволить изготовить для замены капилляр, который будет работать точно также, как первоначально установленный.

Теперь, чтобы изучить последствия установки неподходящего капилляра, рассмотрим в качестве примера небольшой кондиционер (см. рис. 51.16), который вполне нормально работает с нужным капилляром.
Воздух на входе в испаритель имеет температуру 20°C, манометр НД показывает 6 бар (то есть 6°C для R22), перегрев на всасывающей магистрали 5°C и температура герметичного корпуса вполне нормальная.

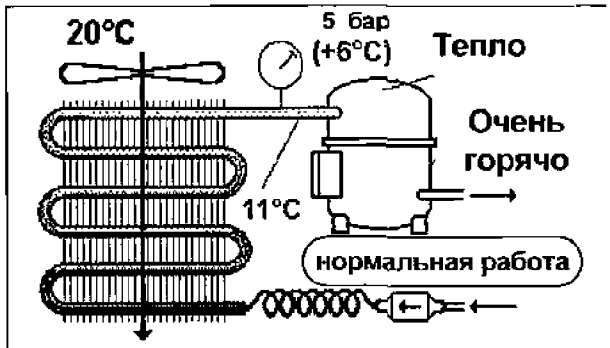


Рис. 51.16

Если установить слишком длинный капилляр (или той же длины, что и засорившийся, но с меньшим внутренним диаметром), в испаритель начинает поступать гораздо меньше жидкости, чем ранее.

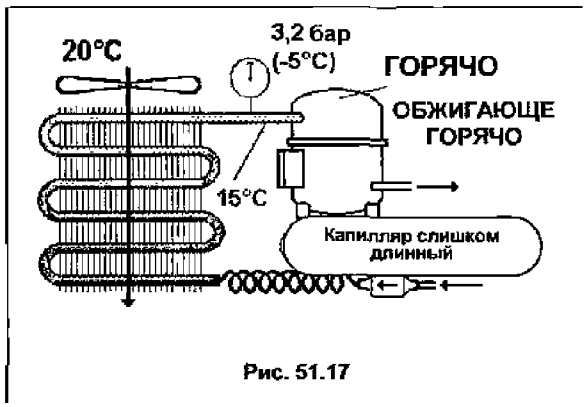


Рис. 51.17

Поэтому перегрев на всасывающей магистрали повышается, давление испарения сильно падает, а герметичный кожух чрезмерно перегревается (см. рис. 51.17).

И напротив, если установить слишком короткий капилляр (или той же длины, что и засорившийся, но с большим внутренним диаметром), в испаритель начинает поступать гораздо больше жидкости, чем при нормальной работе (см. рис. 51.18).

В результате перегрев на всасывающей магистрали понижается до опасной величины (что чревато возникновением гидроударов), давление испарения
повышается и температура герметичного кожуха становится гораздо ниже нормальной.

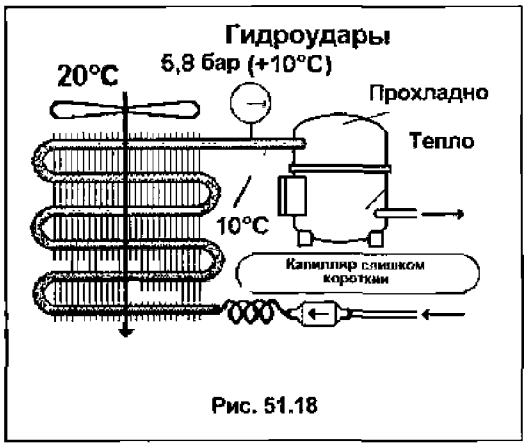


Рис. 51.18

Таким образом, мы убедились, что, вряд ли имеет смысл самому изготавливать, капилляр для замены засорившегося.

Гораздо лучше, если вы закажете изготовителю точно такой же капилляр, который используется им при производстве данной модели холодильного агрегата.

51.2. УПРАЖНЕНИЕ 2

Попробуйте найти практический способ, позволяющий в точности скопировать имеющийся у вас эталонный капилляр.



Рис. 51.19

Дополнительно к набору обычных инструментов холодильщика в вашем распоряжении имеется баллон со сжатым азотом марки R (предназначенным для использования в холодильной технике, то есть полностью обезвоженным), два манометра высокой точности и большой выбор капилляров с различными внутренними диаметрами (см. рис. 51.19).

Ответ

Вначале среди различных имеющихся в вашем распоряжении внутренних диаметров нужно выбрать такой, который в точности соответствует диаметру эталонного капилляра (для этого следует использовать капиллярный калибр), Затем изготовить из него опорный (базовый) капилляр той же длины, что и эталонный капилляр, после чего собрать монтажную схему, представленную на рис. 51.20 и настроить азотный редуктор таким образом, чтобы обеспечить давление 10 бар на первом манометре. Если два капилляра абсолютно одинаковы, перепад давления на них AP будет обязательно одним и тем же, потому что расход азота через них одинаковый. В этом случае, поскольку эталонный капилляр сообщен с атмосферой (избыточное давление 0 бар), промежуточный маномето должен показывать 5 *бао (см.* оис. 51. 21).

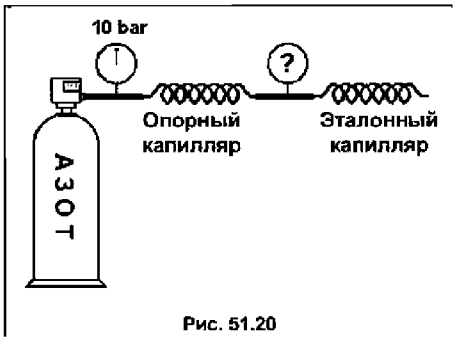


Рис. 51.20

Если промежуточный манометр показывает давление выше 5 бар, это значит, что сопротивление опорного капилляра ниже, чем эталонного, то есть либо он короче, либо имеет больший диаметр (см. рис. 51.22).

И наоборот, если промежуточный манометрпоказывает давление меньше 5 бар, это значит, что сопротивление опорного капилляра выше, чем эталонного, следовательно ,он либо длиннее, либо имеет меньший диаметр (см. рис. 51.23).

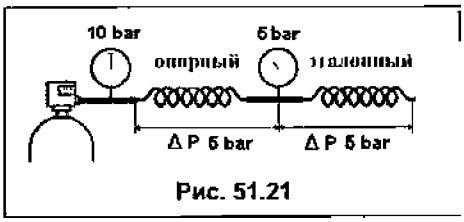


Рис. 51.21

Продолжим рассмотрение последнего примера...

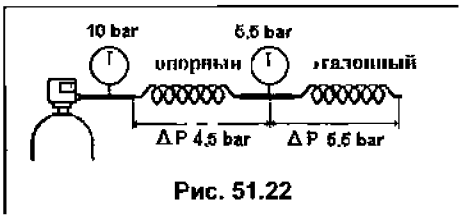


Рис. 51.22

Если теперь убрать эталонный капилляр и заменить его капилляром, который должен быть копией эталонного, причем длину капилляра-копии взять преднамеренно большей, чем длина эталонного капилляра, то промежуточный манометр должен показывать давление выше 4,5 бар, имевшихся в предыдущем случае (если это не так, значит капилляр-копия имеет слишком большой диаметр), например, 4,8 бар (см. рис. 51.24).

После этого следует постепенно укорачивать капилляр-копию до тех пор, пока показания промежуточного манометра вновь не станут равными 4,5 бара (как в предыдущем примере), причем давление подачи азота должно поддерживаться с помощью редуктора все время на уровне 10 бар.

Как только промежуточный манометр вновь покажет 4,5 бара, это обязательно будет означать, что перепад давления AP на капилляре-копии стал точно таким же, как на капилляре-эталоне!

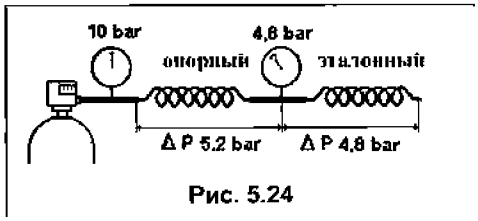


Рис. 5.24

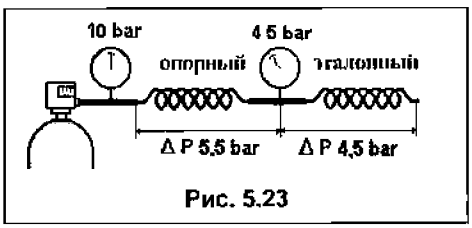


Рис. 5.23

Таким образом, можно скопировать любой капилляр-эталон.

ПРИМЕЧАНИЕ: *избегайте применения кусачек (бокорезов) для укорачивания капилляра, так как они сплющивают конец капилляра в местах откусывания. Лучше просто сделать надрез трубки в желаемом месте тонким ножовочным полотном, а затем вручную отломить отрезаемый кусок.*

52. ЧЕТЫРЕХХОДОВОЙ СОЛЕНОИДНЫЙ КЛАПАН ОБРАЩЕНИЯ ЦИКЛА

Во время первого нефтяного кризиса 1973 года резко возрос спрос на установку большого числа тепловых насосов. Большинство тепловых насосов оборудованы четырехходовым соленоидным вентилем обращения цикла, используемым либо для перевода насоса на летний режим (охлаждение), либо для размораживания наружной батареи в зимнем режиме (подогрев).

Предметом настоящего раздела является изучение работы четырехходового соленоидного клапана обращения цикла (V4V), устанавливаемого на большинстве классических тепловых насосов типа «воздух-воздух» с целью эффективного управления направлениями движения потоков.

A) Работа V4V

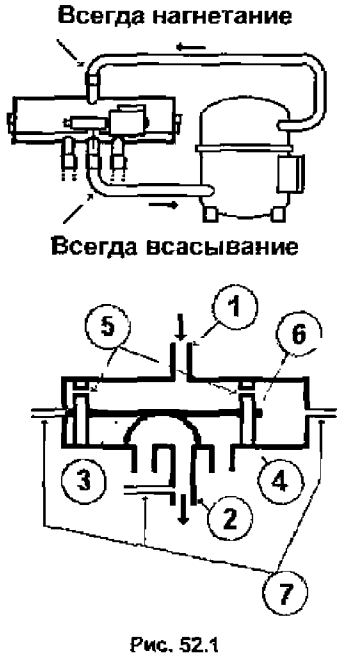


Рис. 52.1

Изучим схему (см. рис. 52.1) одного из таких клапанов, состоящего из большого четырехходового главного клапана и малого трехходового управляющего клапана, смонтированного на корпусе главного клапана.

В данный момент нас интересует главный четырехканальный клапан.

Вначале отметим, что из четырех штуцеров главного клапана три находятся рядом друг с другом *{причем всасывающая магистраль компрессора всегда соединяется* со *средним из этих трех штуцеров), а* четвертый штуцер один находится с другой стороны клапана *(к нему всегда подсоединяется нагнетающая магистраль компрессора)*.

Заметим также, что в некоторых моделях V4V штуцер всасывания может быть смещен относительно центра клапана.

Однако нагнетающая (поз.1) и всасывающая **(поз.2)** магистрали компрессора **ВСЕГДА** подключаются так, как указано на схеме рис. 52.1.

Внутри главного клапана сообщение между различными каналами обеспечивается с помощью подвижного золотника **(поз.3),** скользящего вместе двумя поршнями **(поз.4).**

В каждом поршне просверлено небольшое отверстие **(поз.5)** и, кроме того, каждый поршень снабжен иглой **(поз.6).**

Наконец, в корпус главного клапана врезаны 3 капилляра **(поз.7)** в местах, показанных на рис. 52.1, которые соединены с управляющим электроклапаном.

Каждый представленный нами элемент при работе V4V играет свою роль. То есть, если хотя бы один из этих элементов выйдет из строя, он может оказаться причиной очень трудно обнаруживаемой неисправности, если не изучить в совершенстве принцип работы клапана.

Рассмотрим теперь, как работает главный клапан...

Если V4V не смонтирован на установке, при подаче напряжения на электроклапан вы будете ожидать отчетливого щелчка, *но золотник не сдвинется.* Действительно, чтобы золотник внутри главного клапана сдвинулся, абсолютно необходимо обеспечить в нем разность давлений. Почему так, мы сейчас увидим.

Нагнетающая Рнаг и всасывающая Рвсас магистрали компрессора всегда подключены к главному клапану так, как показано на схеме рис. 52.2. В данный *момент мы смоделируем работу трехходового управляющего электроклапана с помощью двух ручных вентилей:* одного закрытого **(поз.5), а** другого открытого **(поз.** 6).
В *центре главного клапана* Рнаг развивает усилия, действующие на оба поршня одинаково: одно толкает золотник влево (поз.1),другое вправо **(поз.2),** в результате *чего оба этих усилия взаимно уравновешиваются. Напомним, что в обоих поршнях просверлены маленькие отверстия.*

Следовательно Рнаг может проходить через отверстие в левом поршне, и в полости **поз.3** позади левого поршня также установится Рнаг, которое толкает золотник вправо.

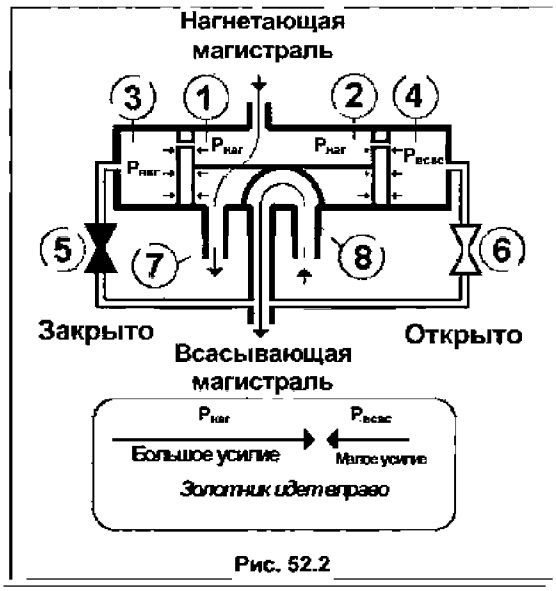


Рис. 52.2

Конечно, одновременно Рнаг проникает и через отверстие в правом поршне в полость позади него **(поз.4).** Однако поскольку вентиль 6 открыт, а диаметр капилляра, ***соединяющего полость поз.4 с всасывающей магистралью гораздо больше диаметра отверстия в поршне,*** молекулы газа, прошедшие через отверстие мгновенно будут всосаны во всасывающую магистраль. Поэтому давление в полости позади правого поршня **(поз.4)** будет равно давлению Рвсас во всасывающей магистрали.

Таким образом, более мощная сила, обусловленная действием Рнаг, будет направлена слева направо и заставит золотник переместиться вправо, сообщая нагнетающую магистраль с левым штуцером **(поз.7),** а всасывающую магистраль с правым штуцером **(поз.3).**

Если теперь Рнаг направить в полость позади правого поршня (закрыть **вентиль** 6), а Рвсас в полость позади левого поршня (открыть **вентиль** 5), то преобладающее усилие будет направлено справа налево и золотник переместится влево, (см. рис. 52.3).

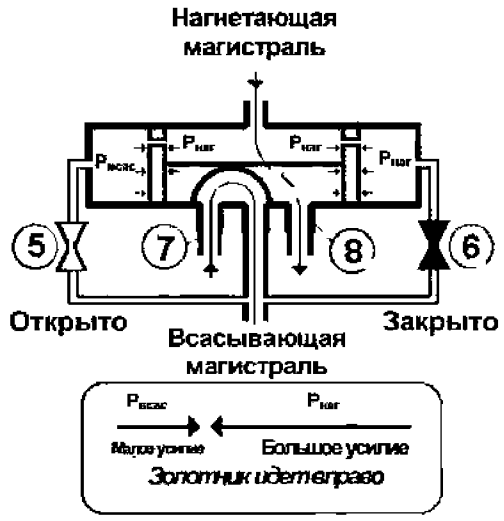
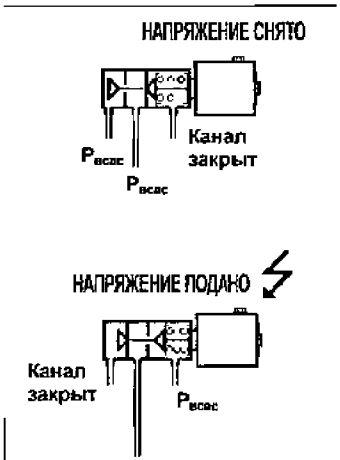


Рис. 52.3

При этом он сообщает нагнетающую магистраль с правым штуцером (поз.3), а всасывающую магистраль с левым штуцером (поз.7), ***то есть в точности наоборот по сравнению с предыдущим вариантом.***

Напомним, что перемещение золотника происходит под действием разности между значениями Рнаг и Рвсас.

Конечно, использование двух ручных вентилей для обратимости рабочего цикла предусматривать нельзя.



Общий выход всегда открыт и соединен с полостью всасывания

Рис. 52.4

Поэтому сейчас мы приступим к изучению трехходового управляющего электроклапана, наиболее подходящего для автоматизации процесса обращения цикла.
Мы видели, что перемещение золотника возможно только в том случае, если существует разность между значениями Рнаг и Рвсас. Управляющий трехходовой электроклапан предназначен только для того, чтобы стравить давление либо из одной, либо из другой полости подачи поршней главного клапана. Поэтому управляющий электроклапан будет иметь очень небольшие размеры и остается неизменным для любых диаметров главного клапана.
Центральный выход этого клапана является общим выходом и соединяется с полостью всасывания *(см. рис. 52.4).*

Если напряжение на обмотку не подано, правый вход закрыт, а левый сообщен с полостью всасывания. И напротив, когда на обмотку подается напряжение, правый вход сообщен с полостью всасывания, а левый закрыт.

Изучим теперь простейший холодильный контур, оборудованный четырехходовым клапаном V4V (см. рис. 52.5).

Обмотка электромагнита управляющего электроклапана не запитана и его левый вход сообщает полость главного клапана позади левого поршня золотника с магистралью всасывания (напомним, что диаметр отверстия в поршне гораздо меньше диаметра капилляра, соединяющего магистраль всасывания с главным клапаном). Поэтому в полости главного клапана слева от левого поршня золотника устанавливается Рвсас.



Рис. 52.5

Поскольку справа от золотника при этом устанавливается Рнаг, под действием разности давлений золотник резко перемещается внутри главного клапана влево.

Достигнув левого упора, игла поршня **(поз.** A) перекрывает отверстие в капилляре, связывающем левую полость с полостью Рвсас, препятствуя тем самым прохождению газа, так как в этом теперь нет необходимости. В самом деле, наличие постоянной утечки между полостями Рнаг и Рвсас может оказывать только вредное влияние на работу компрессора (см. *раздел 22.5 Слишком слабый компрессор. Практические аспекты устранения неисправности.)*. Заметим, что давление в левой полости главного клапана при этом вновь достигает значения Рнаг, но поскольку в правой полости также установилось Рнаг, золотник больше не сможет изменить своего положения.

Теперь запомним как следует расположение конденсатора и испарителя, а также направление движения потока в капиллярном расширительном устройстве.

Перед тем, как продолжить чтение, попробуйте представить, что будет происходить, если на обмотку электромагнитного клапана подать напряжение.

При подаче электропитания на обмотку электроклапана правая полость главного клапана сообщается с магистралью всасывания и золотник резко перемещается вправо. Дойдя до упора, игла поршня прерывает отток газа в магистраль всасывания, перекрывая отверстие капилляра, соединяющего правую полость главного клапана с полостью всасывания. В результате перемещения золотника нагнетающая магистраль теперь направлена к бывшему испарителю, который стал конденсатором. Точно так же бывший конденсатор стал испарителям и всасывающая магистраль теперь подсоединена к нему. Заметим, что хладагент в этом случае движется через капилляр в обратном направлении (см. рис. 52.6).

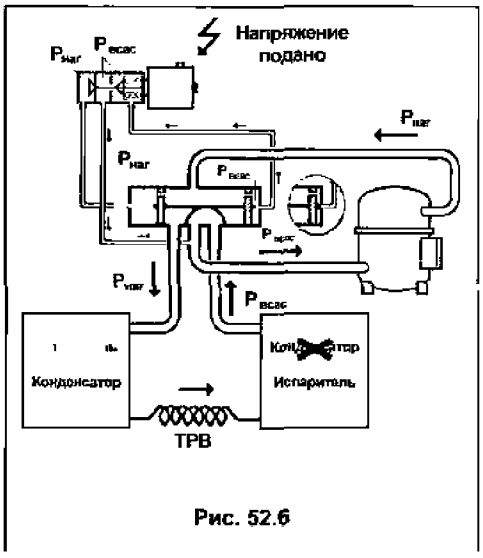


Рис. 52.6

Чтобы избежать ошибок в названиях теплообменников, которые по очереди становятся то испарителем, то конденсатором, лучше всего называть их наружной батареей (теплообменник, расположенный вне помещения) и внутренней батареей (теплообменник, расположенный внутри помещения).

B) Опасность гидроудара

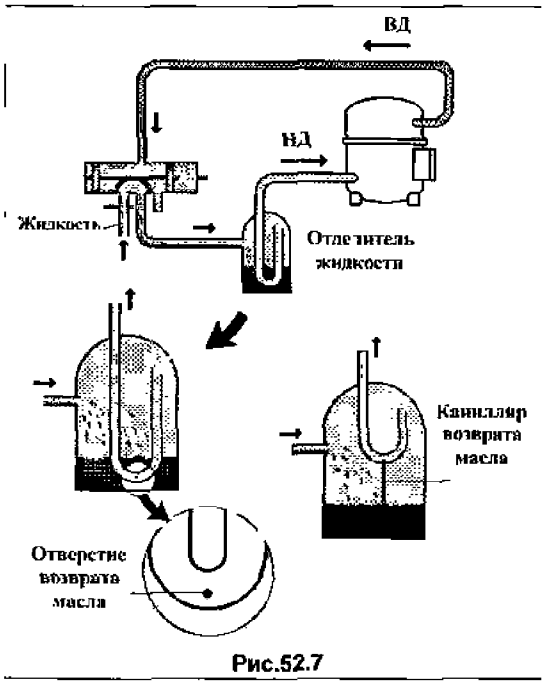


Рис.52.7

При нормальной работе конденсатор заполнен жидкостью. Однако мы увидели, что в момент обращения цикла конденсатор практически мгновенно становится испарителем. То есть в этот момент появляется опасность попадания в компрессор большого количества жидкости, даже если ТРВ полностью закрыт.

Во избежание такой опасности необходимо, как правило, на всасывающей магистрали компрессора устанавливать отделитель жидкости (см. рис. 52.7).

Отделитель жидкости сконструирован таким образом, чтобы в случае возникновения наплыва жидкости на выходе из главного клапана, главным образом, при обращении цикла, не допустить ее показания в компрессор. Жидкость остается на дне отделителя, в то время как отбор давления во всасывающую магистраль производится в его верхней точке, что полностью исключает опасность попадания жидкости в компрессор. Вместе с тем, мы видели, что масло (а следовательно, и жидкость) должно постоянно возвращаться в компрессор по линии всасывания. Чтобы дать маслу такую возможность, в нижней части всасывающего патрубка предусматривается калиброванное отверстие (иногда капилляр). Когда жидкость (масло или хладагент) задерживается на дне отделителя жидкости, она через калиброванное отверстие всасывается, медленно и постепенно возвращаясь в компрессор в таких количествах, которые оказываются недостаточными, чтобы провести к нежелательным последствиям.

C) Возможные неисправности

Одна из самых сложных неисправностей клапана V4V связана с ситуацией когда золотник заклинивает в промежуточном положении (см. рис. 52.8).

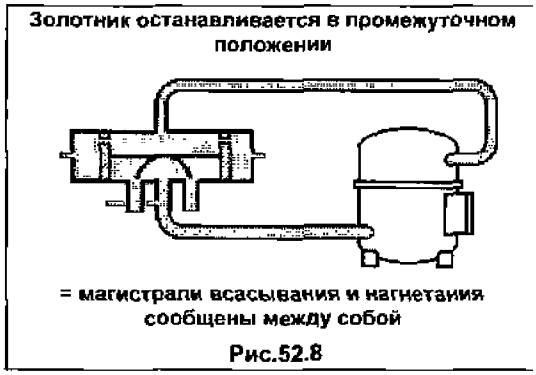


Рис.52.8

В этот момент все четыре канала сообщаются между собой, что приводит *к более или менее полному, в* зависимости от положения золотника при заклинивании, перепуску газа из магистрали нагнетания в полость всасывания, что сопровождается появлением всех признаков неисправности типа «слишком слабый компрессор»: снижению холодопроизводительности, падению давления конденсации, росту давления испарения *(см. раздел 22. Слишком слабый компрессор.)*.

Такое заклинивание может произойти случайно и обусловлено оно самой конструкцией главного клапана. 5 *самом деле поскольку золотник имеет возможность свободного перемещения внутри клапана, он может сдвинуться и вместо того, чтобы находиться у одного из упоров, остаться в промежуточном положении в результате вибраций или механических ударов* (например, после транспортировки). Если клапан V4V еще не установлен и, следовательно, есть возможность подержать его в руках, монтажник **обязательно** должен проверить положение золотника, заглянув вовнутрь клапана через 3 нижних отверстия (см. рис. 52.9). Таким образом ,он сможет очень просто обеспечить нормальное положение золотника, поскольку после того, как клапан будет припаян, ***смотреть вовнутрь станет слишком поздно!***

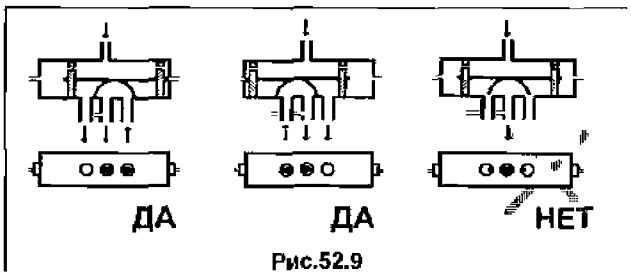


Рис.52.9

Если золотник расположен неправильно (рис. 52.9, правая фигура), его можно будет привести в желаемое состояние, постукивая одним концом клапана по деревянному бруску или куску резины (см. рис. 52.10).

Никогда не стучите клапаном о металлическую деталь, так как при этом вы рискуете повредить оконечность клапана или совсем ее разрушить.

С помощью этого очень простого приема вы сможете, например, установить золотник клапана V4V в положение охлаждения (нагнетающая магистраль сообщается с наружным теплообменником) при замене неисправного V4V на новый в реверсивном кондиционере (если это происходит в разгаре лета).

Причиной заклинивания золотника в промежуточном положении могут быть также многочисленные дефекты конструкции главного клапана или вспомогательного электроклапана.
Например, если корпус главного клапана был поврежден при ударах и получил деформацию в цилиндрической части, такая деформация будет препятствовать свободному перемещению золотника.

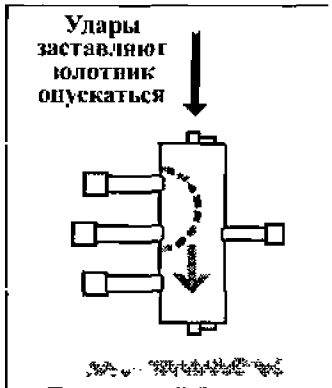


Рис. 52.10

Один или несколько капилляров, соединяющих полости главного клапана с низконапорной частью контура, могут засориться или погнуться, что приведет к уменьшению их проходного сечения и не позволит обеспечить достаточно быстрый сброс давления в полостях позади поршней золотника, нарушая тем самым его нормальную работу (напомним еще раз, что диаметр этих капилляров должен быть существеннобольше диаметра отверстий, просверленных в каждом из поршней).

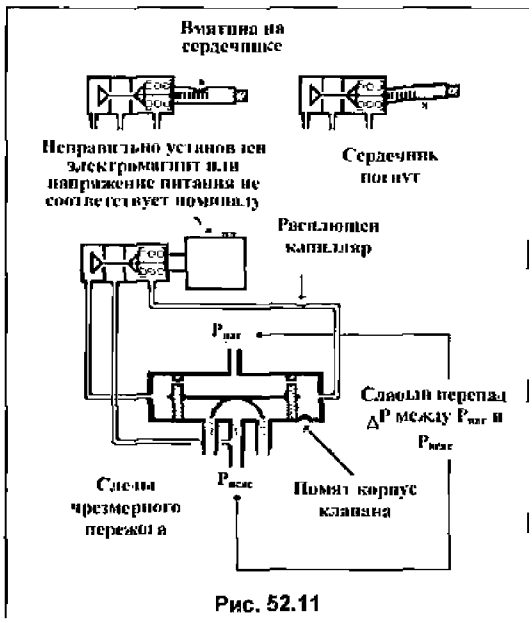


Рис. 52.11

Следы чрезмерного пережога на корпусе клапана и плохой внешний вид паяных соединений являются объективным показателем квалификации монтажника, производившего пайку с помощью газовой горелки. Действительно, во время пайки следует обязательно защищать корпус главного клапана от нагревания, обертывая его мокрой тряпкой или смоченной асбестовой бумагой, так как поршни и золотник снабжены уплотняющими нейлоновыми (фторопластовыми) кольцами, которые одновременно улучшают скольжение золотника внутри клапана. При пайке, если температура нейлона превысит 100°С, он утрачивает свои способности герметизации и антифрикционные характеристики, прокладка получает непоправимые повреждения, что сильно повышает вероятность заклинивания золотника при первой же попытке переключения клапана!

Напомним, что быстрое перемещение золотника при обращении цикла происходит под действием разности между Рнаг и Рвсас. Следовательно, перемещение золотника становится невозможным, если это разность ΔР слишком мала (обычно ее минимально допустимое значение составляет около 1 бара). Таким образом, если управляющий электроклапан задействуется тогда, когда перепад ΔР недостаточен (например, при запуске компрессора), золотник не сможет беспрепятственно перемещаться и появляется опасность его заклинивания в промежуточном положении.

Заедание золотника может также происходить из-за нарушений в работе управляющего электроклапана, например, при недостаточном напряжении питания или неправильном монтаже механизма электромагнита. Заметим, что вмятины на сердечнике электромагнита (вследствие ударов) или его деформация (при разборке или в результате падения) не позволяют обеспечить нормальное скольжение втулки сердечника, что также может привести к заеданию клапана.

Не лишне напомнить, что состояние холодильного контура должно быть абсолютно безупречным. В самом деле, если в обычном холодильном контуре крайне нежелательно присутствие частичек меди, следов припоя или флюса, то для контура с четырехходовым клапаном **тем *более.*** Они могут заклинить его или закупорить отверстия в поршнях и капиллярные каналы клапана V4V. *Поэтому прежде чем приступить к демонтажу или сборке такого контура, постарайтесь продумать максимум предосторожностей, которые вы должны соблюсти.*
Наконец, подчеркнем, что клапан V4V настоятельно рекомендуется монтировать в горизонтальном положении, чтобы избежать даже незначительного опускания золотника под действием собственного веса, так как это может вызывать постоянные утечки через иглу верхнего поршня, когда золотник будет находиться в верхнем положении. Возможные причины заклинивания золотника представлены на рис. 52.11.

Теперь встает непростой вопрос: ***Что делать, если золотник заклинило?***

Перед тем, как требовать от клапана V4V нормальной работы, ремонтник должен вначале обеспечить условия этой работы со стороны контура. Например, недостаток хладагента в контуре, обусловливая падение как Рнаг, так и Рвсас, может повлечь за собой слабый перепад ДР, недостаточный для свободного и полного переброса золотника.

Если внешний вид V4V (отсутствие вмятины, следов ударов и перегрева) представляется удовлетворительным и есть уверенность в отсутствии неисправностей электрооборудования (очень часто такие неисправности приписывают клапану V4V, тогда как речь идет только о дефектах электрики), ремонтник должен задаться следующим вопросом:

К какому теплообменнику (внутреннему или наружному) должна подходить нагнетающая магистраль компрессора и в каком положение (справа или слева) должен находиться золотник при данном режиме работы установки (нагрев или охлаждение) и данной ее конструкции (нагрев или охлаждение при обесточенном управляющем электроклапане)?

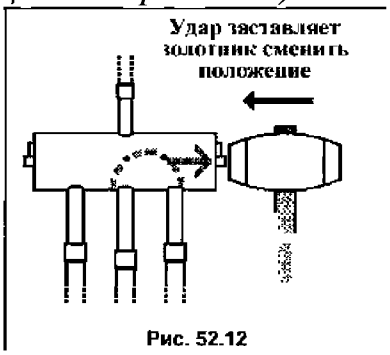


Рис. 52.12

Когда ремонтник уверенно определил требуемое нормальное положение золотника (справа или слева), он может попытаться поставить его на место, слегка, но резко постукивая по корпусу главного клапана с той стороны, где должен находиться золотник, киянкой или деревянным молотком (если у вас нет киянки, никогда не применяйте обычный молоток или кувалдочку, предварительно не приложив к клапану деревянную проставку, иначе вы рискуете серьезно повредить корпус клапана, см. рис. 52.12).

В *примере на рис. 52.12 удар киянки* ***справа*** *заставляет золотник переместиться* ***вправо*** *(к сожалению, разработчики, как правило, не оставляют вокруг главного клапана пространства для нанесения удара!).*



Рис. 52.13

Очень часто при ремонте удается найти причину аномалии в работе V4V путем его ощупывания.

Мы видели, что небольшое количество газов из линии нагнетания (следовательно, очень горячих) проходит в течение короткого отрезка времени, когда происходит переброс золотника, по двум капиллярам, один из которых соединяет полость главного клапана с той стороны, где находится золотник, с одним из входов электроклапана, а другой соединяет выход управляющего электроклапана со всасывающей магистралью компрессора. Дальше прохождение газов прекращается, поскольку игла поршня, дошедшего до упора, перекрывает отверстие капилляра и предотвращает попадание в него газов. Поэтому нормальная температура капилляров (которые можно потрогать кончиками пальцев), также как и температура корпуса управляющего электроклапана, должны быть почти одинаковыми с температурой корпуса главного клапана.

Если ощупывание дает другие результаты, не остается ничего другого, как попытаться разобраться в них.

Допустим, при очередном техническом обслуживании ремонтник обнаруживает небольшой рост давления всасывания и небольшое падение давления нагнетания. Поскольку левый нижний штуцер горячий, он делает вывод о том, что золотник находится справа. Ощупывая капилляры, он замечает, что правый капилляр, а также капилляр, соединяющий выход электроклапана с всасывающей магистралью, имеют повышенную температуру.

На основании этого он может сделать вывод о том, что между полостями нагнетания и всасывания существует постоянная утечка и, следовательно, игла правого поршня не обеспечивает герметичности (см. рис. 52.14).

52. ЧЕТЫРЕХХОДОВОЙ СОЛЕНОИДНЫЙ КЛАПАН ОБРАЩЕНИЯ ЦИКЛА

Он решает повысить давление нагнетания (например, закрывая картоном часть конденсатора) с тем, чтобы увеличить разность давлений. Тем самым он может попробовать прижать золотник к правому упору. Затем он производит переброску золотника влево, чтобы убедиться в нормальной работе клапана V4V, после чего возвращает золотник в начальное положение **(повышая давление нагнетания, если разность давлений недостаточна и проверяя реакцию V4V на работу управляющего электроклапана).**



Рис.52.14

Таким образом, он может сделать на основании указанных экспериментов соответствующие выводы (в том случае, если расход утечки продолжает оставаться значительным, нужно будет предусматривать замену главного клапана).

В примере на рис. 52.15 давление нагнетания очень низкое, а давление всасывания аномально высокое. Поскольку все четыре штуцера клапана V4V довольно горячие, ремонтник делает вывод о том, что золотник заклинило в промежуточном положении.

Ощупывание капилляров показывает ремонтнику, что все 3 капилляра горячие, следовательно причина неисправности кроется в управляющем клапане, в котором одновременно оказались открытыми оба проходных сечения. В этом случае следует полностью проверить все узлы управляющего клапана (механический монтаж электромагнита, электрические цепи, напряжение питания, потребляемый ток, состояние сердечника электромагнита) и многократно попробовать, включая и выключая клапан, возвратить его в рабочее состояние, удалив возможные посторонние частицы из-под одного или обоих его седел (если дефект не устраняется, нужно будет заменить управляющий клапан).

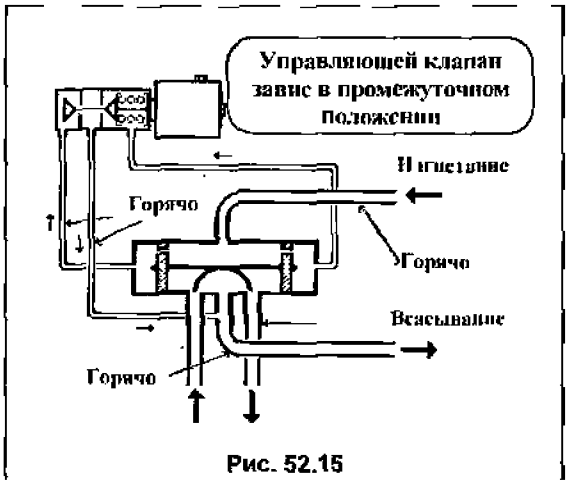


Рис. 52.15

Что касается катушки электромагнита управляющего клапана (и вообще катушек любых электромагнитных клапанов), некоторые начинающие ремонтники хотели бы получить рекомендации по поводу того, как определить, работает катушка или нет. В самом деле, для того, чтобы катушка возбуждала магнитное поле, недостаточно подать на нее напряжение, так как внутри катушки может иметь место обрыв провода. Некоторые монтажники устанавливают жало отвертки на крепежный винт катушки, чтобы оценить силу магнитного поля (однако это не всегда удается), другие снимают катушку и следят за сердечником электромагнита, прислушиваясь к характерному стуку, сопровождающему его перемещение, третьи, сняв катушку вводят в отверстие для сердечника отвертку, чтобы убедиться в том, что она втягивается под действием силы магнитного поля.

Воспользуемся случаем, чтобы сделать небольшое уточнение.

В качестве примера рассмотрим классическую катушку электромагнитного клапана с номинальным напряжением питания 220 вольт.

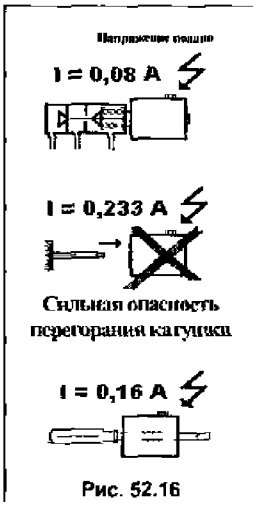


Рис. 52.16

Как правило, разработчиком допускается длительное повышение напряжения по отношению к номиналу не более, чем на 10% (то есть около 240 вольт), без риска чрезмерного перегрева обмотки и гарантируется нормальная работа катушки при длительном падении напряжения не более, чем на 15% (то есть 190 вольт).
Эти допустимые пределы отклонения напряжения питания электромагнита легко объяснимы. Если напряжение питания слишком высокое, обмотка сильно нагревается и может сгореть. И напротив, при низком напряжении магнитное поле оказывается слишком слабым и не позволит обеспечить втягивание сердечника вместе со штоком клапана внутрь катушки *(см. раздел 55. Различные проблемы электрооборудования)*.

Если предусмотренное для нашей катушки напряжение питания составляет 220 вольт, а номинальная мощность равна 10 ваттам, можно предположить, что она будет потреблять ток I=P/U, то есть 1=10/220=0,045 ампер (или 45 миллиампер).
На самом деле катушка будет потреблять ток около 0,08 а (80 мА), так как для переменного тока P=UxIxcosф, а для катушек электромагнитов coscФ, как правило, близок к 0,5.

52. ЧЕТЫРЕХХОДОВОЙ СОЛЕНОИДНЫЙ КЛАПАН ОБРАЩЕНИЯ ЦИКЛА

Если из катушки, находящейся под напряжением, извлечь сердечник, то потребляемый ток возрастет до 0,232а **(то есть почти в 3 раза больше, чем номинальное значение).** Поскольку выделяющееся при прохождении тока тепло пропорционально квадрату силы тока, значит катушка будет *нагреваться в 9 раз больше, чем в номинальных условиях,* что сильно увеличивает опасность ее сгорания.

Если в катушку, находящуюся под напряжением, вставить металлическую отвертку, магнитное поле втянет ее вовнутрь и потребляемый ток слегка упадет (в рассматриваемом примере до 0,16а, то есть в два раза больше номинального значения, см.рис. 52.16).

Запомните, что никогда не следует демонтировать катушку электромагнита, находящуюся под напряжением, так как она может очень быстро сгореть.



Рис. 52.17

Хорошим способом определения целостности обмотки и проверки наличия напряжения питания является использование токоизмерительных клещей (трансформаторных клещей), которые раскрывают и придвигают к катушке для обнаружения магнитного поля, создаваемого ею при нормальной работе (см. рис. 52.17).

Трансформаторные клещи, реагируя по своему назначению на изменение магнитного потока возле катушки, позволяют в случае ее исправности зарегистрировать достаточно высокую величину силы тока на амперметре *(которая, впрочем, абсолютно ничего не означает),* что быстро дает уверенность в исправности электрических целей электромагнита.

Заметим, что использование открытых трансформаторных токоизмерительных клещей допустимо для любых обмоток, питающихся переменным током (электромагниты, трансформаторы, двигатели...) в момент, когда проверяемая обмотка не находится в непосредственной близости от другого источника магнитного излучения.

D) Примеры использования

52.1. УПРАЖНЕНИЯ 1 И 2

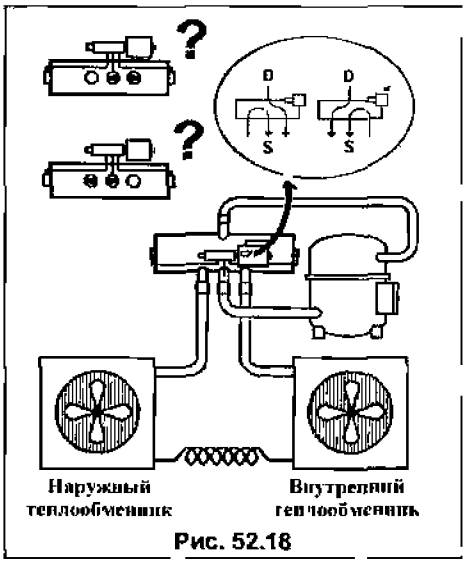


Рис. 52.18

Упражнение 1

Ремонтник должен произвести замену клапана V4V б *разгар зимы* на установке, представленной на рис. 52.18.

После слива хладагента из установки и снятия неисправного V4V ремонтник задается следующим вопросом:

Имея в виду, что наружная и внутренняя температуры низкие, тепловой насос должен работать в режиме обогрева кондиционируемого помещения.

Перед тем, как устанавливать новый V4V, *в каком положении должен находиться золотник: справа, слева или его положение не имеет значения?*

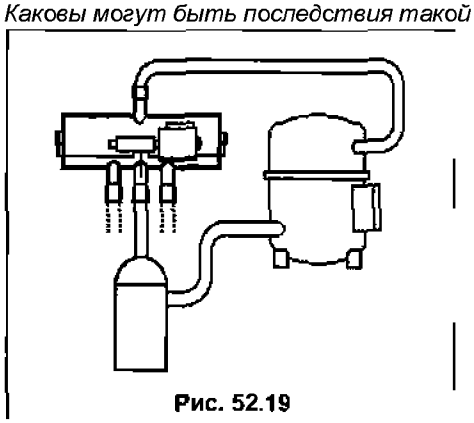
В качестве подсказки приводим схему, выгравированную на корпусе электроклапана.

Упражнение 2

Монтажник устанавливает отделитель жидкости на всасывающей магистрали компрессора.

По ошибке он установил его задом наперед.

Каковы могут быть последствия такой ошибки монтажа (см. рис. 52.19) ?


Рис. 52.19

52.2. УПРАЖНЕНИЯ 3 И 4

Упражнение 3

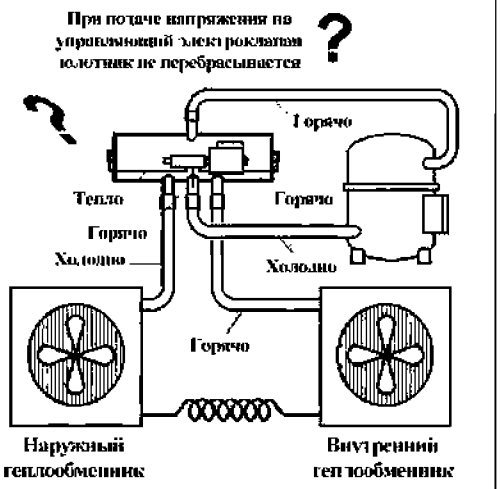


Рис. 52.20

В *разгаре зимы вас* пригласили для ремонта установки, представленной на *схеме* рис. 52.20.

Прибыв на место, вы обнаруживаете, что внешний теплообменник покрыт большой снежной «шубой». Быстро пощупав 4 штуцера V4V, вы определяете, что тепловой насос работает в режиме обогрева.

Манипулируя напряжением питания управляющего электроклапана, вы слышите в нем отчетливый щелчок (электроклапан, следовательно, представляется вполне работоспособным), но золотник V4V не перебрасывается в положение размораживания, хотя располагаемый перепад ΔP вполне нормальный.

Производя ощупывание капилляров V4V, вы констатируете, что правый и центральный капилляры аномально горячие.

Что могло произойти?

Упражнение 4

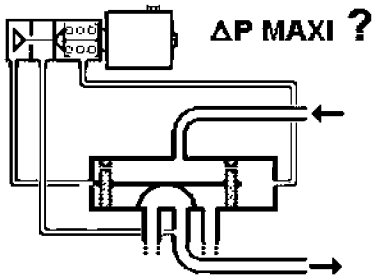


Рис. 52.21

Просматривая техническую документацию одного из основных производителей V4V вы находите ,следующие характеристики. Для нормального обращения цикла перепад давления должен находиться в следующих пределах:

-ΔPmin=1бар;

- ΔPmax=25бар.

Мы уже знаем, что для свободной переброски золотника из одного положения в другое необходима минимально допустимая разность (перепад ΔP между Рнаг и Рвсас) давлений с одной и другой стороны золотника. Разговор об этом был у нас неоднократно.

Но почему разность давлений между значениями Рнаг и Рвсас не должна превышать максимального значения в 25 бар? Какая опасность возникает, если это произойдет (см. рис. 52.21)?

Ответы на все 4 упражнения вы найдете ниже. Однако не спешите продолжать чтение. Попытайтесь прежде найти их решения. Отыскивая решения (и часто ошибаясь), вы тем самым гораздо более успешно освоите материал данного руководства.

Упражнение 1. Ответ

По окончании ремонта тепловой насос должен будет работать в режиме обогрева. Это значит, что внутренний теплообменник будет использоваться как конденсатор (см. рис. 52.22).

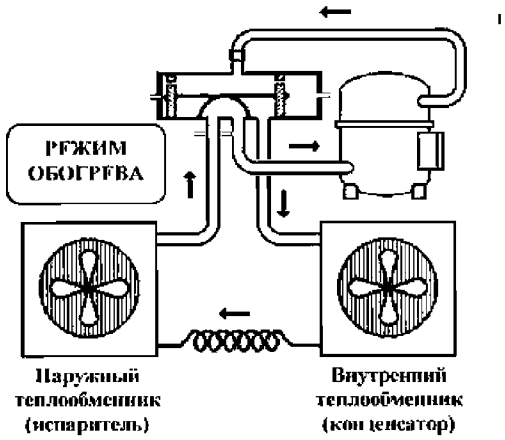


Рис. 52.22

Изучение трубопроводов показывает нам, что при этом золотник V4V *должен быть слева.*

Перед установкой нового клапана монтажник, следовательно, должен убедиться, что золотник на самом деле находится слева.

Он может это сделать, посмотрев внутрь главного клапана через три нижних соединительных штуцера.

В случае необходимости следует передвинуть золотник влево либо постукивая левым торцом главного клапана о деревянную поверхность, либо слегка ударяя киянкой по левому торцу.

Только после этого можно будет устанавливать клапан V4V в контур *(обращая внимание на предотвращение чрезмерного перегрева корпуса главного клапана).*

Теперь рассмотрим обозначения на схеме, которая иногда наносится на поверхность электроклапана (см. рис. 52.23).

К сожалению такие схемы не всегда имеются, хотя их наличие очень полезно для ремонта и обслуживания V4V.

Итак, золотник ремонтником перемещен влево, при этом лучше, чтобы в момент запуска напряжение на электроклапане отсутствовало. Такая предосторожность позволит избежать попытки обращения цикла в момент запуска компрессора, когда перепад ΔP между Рнаг и Рвсас еще очень небольшой.

Нужно иметь в виду, что любая попытка обращения цикла при низком перепаде ΔP чревата опасностью заклинивания золотника в промежуточном положении. В нашем примере, чтобы исключить такую опасность, достаточно отсоединить обмотку электроклапана от сети при запуске теплового насоса.

Это сделает полностью невозможным попытку обращения цикла при слабом перепаде ΔP (например, из-за неверного электрического монтажа).

Таким образом, перечисленные предосторожности должны позволить ремонтнику избежать возможных неполадок в работе агрегата V4V при его замене.

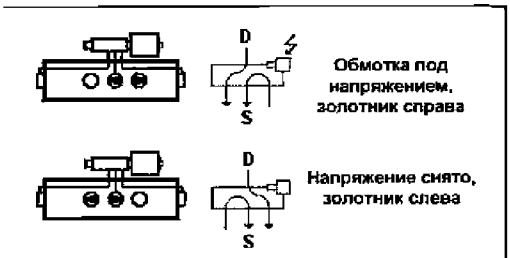


Рис. 52.23

Упражнение 2. Ответ

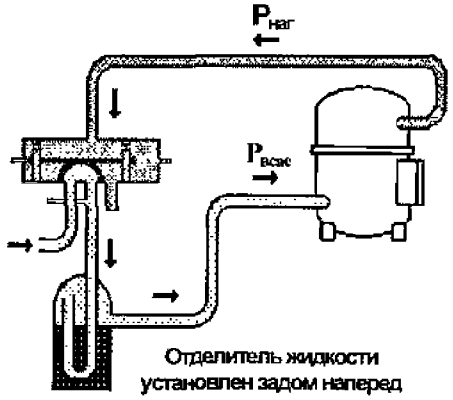


Рис. 52.24

Если отделитель жидкости по ошибке установлен в контуре задом наперед, он становится превосходным накопителем жидкости, имеющим большую емкость (см. рис. 52.24).

Из-за этого масло, которое постоянно поступает в этот накопитель по всасывающей магистрали, будет скапливаться на дне ресивера не имея никакой возможности возвратиться в компрессор, поскольку его уровень не совпадает с перфорацией всасывающего патрубка.

Следовательно, очень быстро картер компрессора остается без масла, что приведет к механическому заеданию с последующим непоправимым разрушением компрессора.

Упражнение 3. Ответ

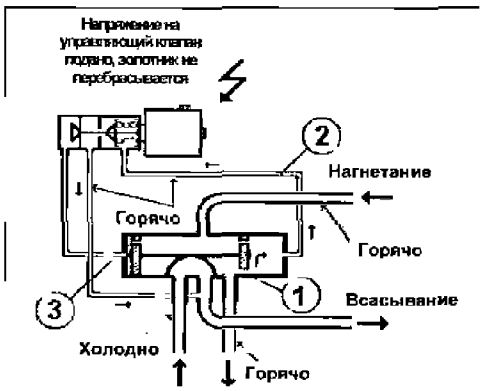


Рис. 52.25

В этом упражнении перепад ΔP нормальный и управляющий электроклапан представляется вполне исправным. Однако золотник V4V не реагирует на управляющее воздействие и кажется безнадежно застрявшим в левом положении, в то время как он должен был бы перебросится вправо. Следовательно, можно предположить, что либо в правой полости давление не спало или спало недостаточно, либо в левой оно не растет или растет недостаточно.

Поскольку правый капилляр, а также центральный капилляр горячие, это доказывает правильное положение штока управляющего клапана и наличие перетекания газа из линии нагнетания. Возможно, однако, что количество газа из линии нагнетания, проходящего через правый поршень больше, чем количество газа, отводимое из правой полости через капилляр. В этом случае давление в правой полости не снижается или снижается недостаточно и не позволяет золотнику переброситься вправо. Это может иметь место из-за того, что- либо через уплотнение правого поршня газ из линии нагнетания сильно подтекает в правую полость (см. **поз.1** на рис. 52.25), либо частично закупорен правый капилляр (см. **поз. 2** на рис. 52.25).

Возможно также, что закупорено отверстие в левом поршне **(поз.3** на рис. 52.25), из-за чего давление в левой полости оказывается недостаточным для переброски золотника вправо.

Примечание: такие же признаки (управляющий электроклапан работает нормально, перепад ΔP в норме, однако золотник не перебрасывается) могут сопровождать и полную закупорку капилляра. Однако в этом случае ни один из 3 капилляров не будет горячим, поскольку при этом будет полностью прекращена циркуляция газов.

Упражнение 4. Ответ

Мы уже затрагивали проблему максимальной разности давлений *(см. раздел 46. Термостатические расширительные вентили. Дополнительные сведения.)*. Воспользуемся теперь изучением клапана V4V, чтобы пополнить наши знания о трехходовом электроклапане еще одним аспектом.

Рассмотрим давления, устанавливающиеся в полостях управляющего электроклапана в момент, когда его обмотка обесточена и золотник находится слева (см. рис. 52.26).

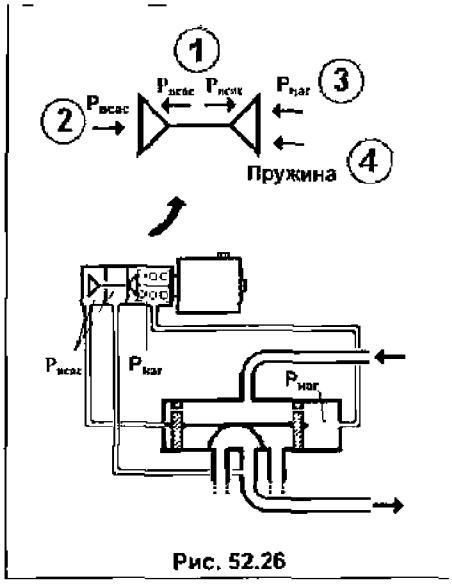


Рис. 52.26

В центральной полости электроклапана, соединенной с общим выходом, устанавливается Рвсас, которое с одинаковой силой действует на левую и правую иглы клапана (см. **поз.1** на рис. 52.26). То есть эти две силы, будучи одинаковыми, взаимно компенсируются. В левой полости ЭК сила Рвсас толкает левую иглу клапана *вправо* (поз. 2 на рис. 52.26), а в правой полости сила Рнаг толкает правую иглу *влево* (поз.3), прижимая ее вместе с пружиной (поз.4) к правому седлу.

Когда на обмотку электромагнита ЭК подается напряжение, чтобы переместить шток клапана вправо, электромагнитная сила должна быть больше суммы сил Рнаг и пружины **(поз.3 и 4** соответственно) за вычетом силы Рвсас **(поз.2).** То есть сила, действующая на сердечник электромагнита, должна быть не меньше величины Fпружины+ Fнаг- Fвсас ИЛИ Fпружины + Fдр (ПОСКОЛЬКУ Рнаг- Рвсас =FДР).

Таким образом, чем выше ΔР, тем больше должна быть сила электромагнитного притяжения. Максимальная сила притяжения магнита фиксируется конструкцией его катушки и если ΔР превышает 25 бар, электроклапан перестанет работать.

Поэтому слишком высокое значение разности давлений может воспрепятствовать переброске золотника.

Точно такие же проблемы возникнут, если разность давлений станет слишком большой, когда обмотка ЭК уже находится под напряжением (см. рис. 52.27).

На рис. 52.27 Рвсас, действующее в средней полости ЭК, также как и в предыдущем случае, взаимно компенсируется **(поз.5).**

С другой стороны, Рнаг, установившееся в левой полости ЭК **(поз.6),** толкает шток клапана вправо, в то время как Рвсас в правой полости клапана **(поз.7)** и пружина **(поз.3)** толкают его влево.

Когда напряжение питания обмотки ЭК будет отключено шток сможет переместиться влево только в том случае, если сила пружины будет больше, чем сила, обусловленная разностью Рнаг - Рвсас, то есть перепадом ДР.

Таким образом, слишком большое значение перепада ΔР может помешать переброске штока влево (и, следовательно, обращению цикла), даже если питание обмотки ЭК отключено.

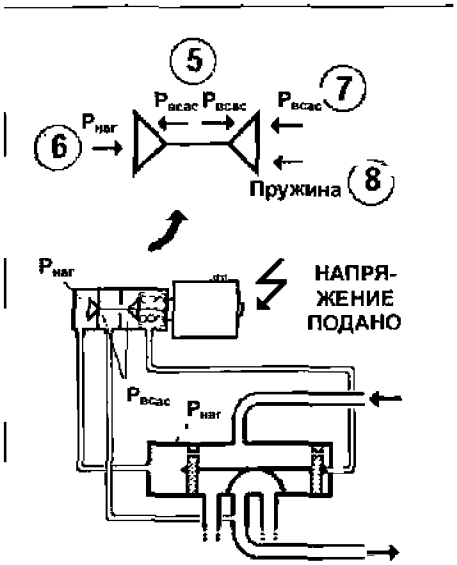


Рис. 52.27

53. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

Однофазными электродвигателями оборудовано большое количество маломощных холодильных агрегатов, используемых в быту (домашние холодильники, морозильники, бытовые кондиционеры, небольшие тепловые насосы...).

Несмотря на очень широкое распространение, однофазные двигатели с вспомогательной обмоткой зачастую недооцениваются по сравнению с трехфазными двигателями.

Целью настоящего раздела является изучение правил подключения однофазных электродвигателей, их ремонта и обслуживания, а также рассмотрение узлов и элементов, необходимых для их работы (конденсаторы, пусковые реле). Конечно, мы не будем изучать, как и почему вращаются такие двигатели, но все особенности их использования в качестве двигателей для компрессоров холодильного оборудования мы постараемся изложить.

А) Однофазные двигатели с вспомогательной обмоткой

Такие двигатели, установленные в большинстве небольших компрессоров, питаются напряжением 220 в. Они состоят из двух обмоток (см. рис. 53.1).

- Основная обмотка Р, называемая часто рабочей обмоткой или по-английски Run(R), имеет провод толстого сечения, который в течение всего периода работы двигателя остается под напряжением и пропускает номинальную силу тока двигателя.

- Вспомогательная обмотка А, называемая также пусковой обмоткой или по-английски S(Start), имеет провод более тонкого сечения, следовательно, *большее сопротивление,* что позволяет легко отличить ее от основной обмотки

Вспомогательная или пусковая обмотка, согласно названию, служит для обеспечения запуска двигателя. Действительно, если попытаться запустить двигатель, подав напряжение *только* на основную обмотку (и не запитать вспомогательную), мотор будет гудеть, но вращаться не начнет. Если в этот момент вручную крутануть вал, мотор запустится и будет вращаться *в том же направлении, в котором его закрутили вручную.* Конечно, такой способ запуска совсем не годится для практики, особенно если мотор спрятан в герметичный кожух. Пусковая обмотка как раз и служит, для того, чтобы запустить двигатель и обеспечить величину пускового момента выше, чем момент сопротивления на валу двигателя. Далее мы увидим, что последовательно с пусковой обмоткой в цепь вводится, как правило, конденсатор, обеспечивающий необходимый сдвиг по фазе (около 90°) между током в основной и пусковой обмотках. Это искусственная расфазировка как раз и позволяет запустить двигатель. Рассмотрим клеммную коробку однофазного двигателя герметичного компрессора, представленную на рис. 53.2.

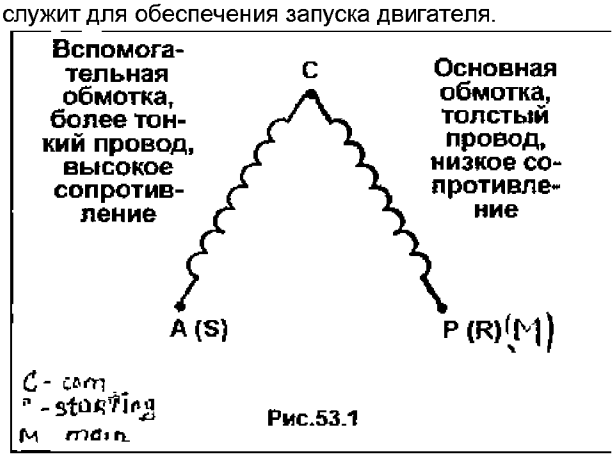


Рис.53.1

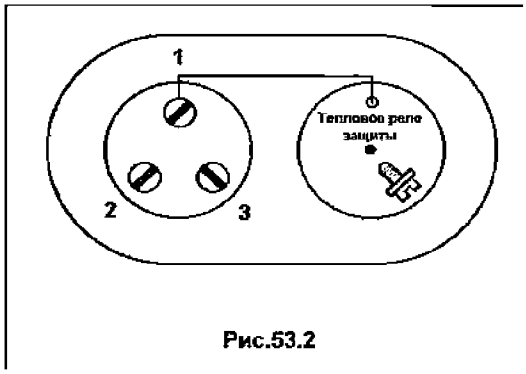


Рис.53.2

На ней легко можно заметить тепловое реле защиты, которое защищает компрессор от возможности случайного перегрева. Три клеммы двигателя обозначены цифрами 1, 2 и 3.

При отключенных от сети клеммах замерим сопротивление между ними. Допустим, мы получили следующие значения:

$R_{1,2}$=110М;

$R_{1,3}$=3ома;

$R_{3,2}$=14ом.

Примечание: при измерении следует использовать шкалу с небольшим номиналом (например, 200 ом), так как максимальные значения сопротивлений обмоток не превышают нескольких десятков ом.

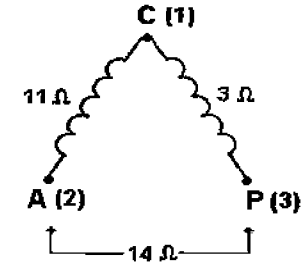


Рис. 53.3

На основании замеров можно представить себе схему, приведенную на рис. 53.3.

- Наибольшее сопротивление между точками 3 и 2, следовательно клемма 1 является общей С.
- Самое низкое сопротивление между клеммами 1 и 3, следовательно между ними находится основная обмотка Р.
- Таким образом, клеммы 1 и 2 соединены со вспомогательной обмоткой (А).

Внимание! Все замеры должны быть выполнены с большой аккуратностью и точностью, особенно если модель двигателя вам незнакома или схема соединения обмоток отсутствует.

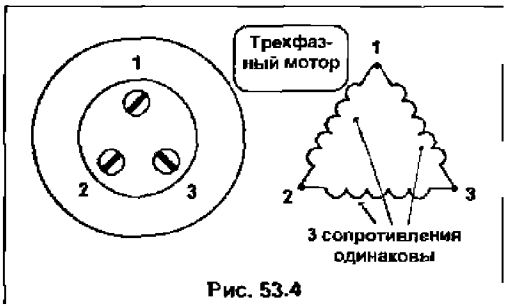


Рис. 53.4

Случайное перепутывание основной и вспомогательной обмоток как правило заканчивается тем, что вскоре после подачи напряжения мотор сгорает.

Не стесняйтесь повторить измерения несколько раз и набросать схему мотора, снабдив ее максимумом пометок, это позволит вам избежать многих ошибок.

Примечание.

Если двигатель трехфазный, омметр покажет одинаковые значения сопротивлений между всеми тремя клеммами (см. рис. 53.4). Таким образом, представляется, что трудно ошибиться, прозванивая этот тип двигателя.

В *любом случае возьмите в привычку читать справочные данные на корпусе двигателя, а также подумайте о том, как заглянуть вовнутрь клеммной коробки, сняв ее крышку,* ***поскольку там часто приводится схема соединения обмоток двигателя.***

Проверка двигателя. Одним из наиболее сложных для начинающего ремонтника вопросов является принятие решения о том, что по результатам проверки двигатель следует считать сгоревшим. Напомним основные дефекты электрического характера, наиболее часто встречающиеся в двигателях (неважно, однофазных или трехфазных). Большинство этих дефектов имеют причиной сильный перегрев двигателя, обусловленный чрезмерной величиной потребляемого тока. Повышение силы тока может быть следствием электрически> (продолжительное падение напряжения, перенапряжение, плохая настройка предохранительных устройств плохой электрический контакт, неисправный контактор) или механических (заклинивание из-за нехватки масла неполадок, а также аномалий в холодильном контуре (слишком большое давление конденсации, присутствие кислот в контуре...).

Одна из обмоток может быть оборвана (см. рис. 53.5).

В этом случае омметр при измерении ее сопротивления будет показывать очень большую величину вместо нормального сопротивления. Удостоверьтесь, что ваш омметр исправен и что его зажимы имеют хороший контакт с клеммами обмотки. Не стесняйтесь проверить омметр с помощью хорошего эталона.

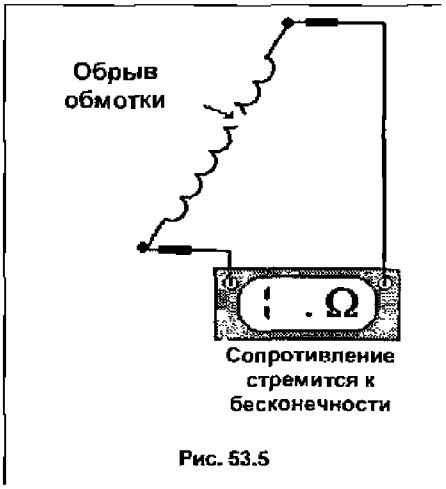


Рис. 53.5

Напомним, что обмотка обычного мотора имеет максимальное сопротивление в несколько *десятков* ом для небольших двигателей и несколько *десятых долей* ома для огромных двигателей. Если обмотка оборвана, нужно будет либо заменить двигатель (или полностью агрегат), либо перемотать его (в том случае, когда такая возможность имеется, перемотка тем более выгодна, чем больше мощность двигателя).

Между двумя обмотками может существовать короткое замыкание. Чтобы выполнить такую проверку, необходимо убрать соединительные провода (и соединительные перемычки на трехфазном двигателе).

Когда вы проводите отсоединение, никогда не стесняйтесь предварительно разработать детальную схему замеров и сделать максимум пометок, чтобы в дальнейшем спокойно и без ошибок вновь поставить на место соединительные провода и перемычки.

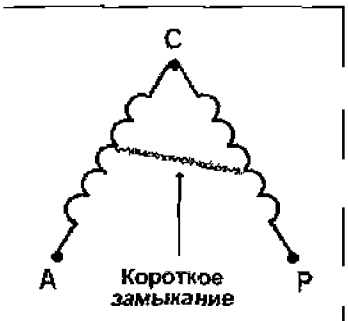


Рис.53.7

В примере на рис. 53.6 омметр должен показывать бесконечность. Однако, он показывает ноль (или очень низкое сопротивление), что без сомнения означает возможность короткого замыкания между двумя обмотками.

Такая проверка менее показательна для однофазного двигателя с вспомогательной обмоткой в случае, если 2 обмотки невозможно разъединить (когда общая точка С, соединяющая две обмотки, находится внутри двигателя). Действительно (см. рис. 53.7), в зависимости от точного места нахождения короткого замыкания, замеры сопротивлений, осуществленные между тремя клеммами (С->А, С->Р и Р->-А), *дают пониженные, но достаточно несвязанные между собой величины.* Например, сопротивление, измеренное между точками А и Р, может не соответствовать сумме сопротивлений С->А+С->Р.



Рис.53.6

Также, как ,и в случае обрыва обмоток, при коротком замыкании между обмотками необходимо либо заменить, либо перемотать двигатель.

Обмотка может быть замкнута на массу. Сопротивление изоляции нового двигателя (между каждой из обмоток и массой) должно достигать 1000 мегоОм. Со временем это сопротивление уменьшается и может упасть до 10...100 мегоОм. Как правило, принято считать, что начиная с 1 мегоОма (1000 килоОм) нужно предусматривать замену двигателя, а при величине сопротивления изоляции 500 килоОм и ниже эксплуатация двигателя не *допускается* (напомним: 1 мегоОм = 10^3 килоОм = 10^6 Ом).

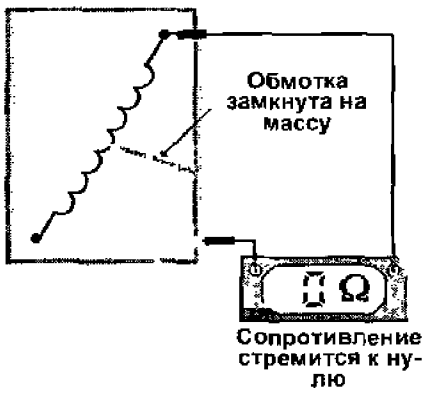


Рис.53.8

Однако контакт обмотки с массой может быть более или менее полным. Действительно, сопротивление изоляции между обмотками и корпусом может становиться *достаточно низким,* когда двигатель находится под напряжением, чтобы вызвать срабатывание предохранительного автомата, в то же время оставаясь *достаточно высоким,* чтобы в отсутствие напряжения не быть обнаруженным с помощью обычного омметра. В этом случае необходимо использовать мегомметр (или аналогичный прибор), который позволяет контролировать сопротивление изоляции с использованием постоянного напряжения от 500 Вольт, вместо нескольких вольт для обычного омметра (см. рис. 53.8а).

При вращении ручного индуктора мегомметра, если сопротивление изоляции в норме, стрелка прибора должна отклоняться влево **(поз.1)** и указывать бесконечность (∞). Более слабое отклонение, например, на уровне 10 мегоОм **(поз.2),** указывает на снижение изоляционных характеристик двигателя, которое хотя и недостаточно для того, чтобы *только оно* привело к срабатыванию защитного автомата, но, тем не менее, должно быть отмечено и устранено, поскольку даже незначительные повреждения изоляции вдобавок к уже существующим в большинстве случаев рано или поздно приведут к полной остановке агрегата.

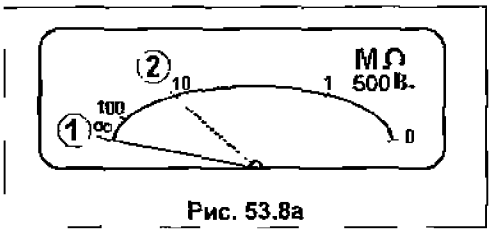


Рис. 53.8а

Отметим также, что только мегомметр может позволить выполнить качественную проверку изоляции двух обмоток *между собой,* когда их невозможно разъединить (см. выше проблему короткого замыкания между обмотками в однофазном двигателе). В заключение укажем, что проверку подозрительного электродвигателя необходимо проводить очень строго.

В *любом случае недостаточно только заменить двигатель,* но необходимо также найти вдобавок к этому первопричину неисправности (механического, электрического или иного характера) *с* тем, чтобы радикально исключить всякую возможность ее повторения.

В холодильных компрессорах, где имеется большая вероятность наличия кислоты в рабочем теле (обнаруживаемой простым анализом масла) после замены сгоревшего мотора необходимо будет предпринять дополнительные меры предосторожности.

Не следует пренебрегать осмотром электроаппаратуры (при необходимости заменяя контактор и прерыватель, проверяя соединения и предохранители...).

Вдобавок к этому замена компрессора требует от персонала высокой квалификации и строгого соблюдения правил: слива хладагента, при необходимости промывая после этого контур, возможно установки антикислотного фильтра на всасывающей магистрали, замены фильтра-осушителя, поиска утечек, обезвоживания контура путем вакуумирования, заправки контура хладагентом и полного контроля функционирования...). Наконец, **особенно если изначально установка была заправлена хладагентом типа CFC (R12, R502...), может быть будет возможным** и целесообразным воспользоваться заменой компрессора, **чтобы поменять тип хладагента ?**

B) Конденсаторы

Чтобы запустить однофазный двигатель *с* вспомогательной обмоткой, необходимо обеспечить сдвиг по фазе переменного тока во вспомогательной обмотке по отношению к основной. Для достижения сдвига по фазе и, следовательно, обеспечения требуемого пускового момента (напомним, что пусковой момент двигателя обязательно должен быть больше момента сопротивления на его валу) используют, в основном, конденсаторы, установленные последовательно со вспомогательной обмоткой. Отныне мы должны запомнить, что если емкость конденсатора выбрана неправильно (слишком малая или слишком большая), достигнутая величина фазового сдвига может не обеспечить запуск двигателя (двигатель стопорится).

В электрооборудовании холодильных установок мы будем иметь дело *с* двумя типами конденсаторов:

- *рабочие (ходовые) конденсаторы* (бумажные) небольшой емкости (редко более 30 мкФ) и значительных размеров;

- *пусковые конденсаторы* (электролитические), имеющие наоборот большую емкость (может превышать 100 мкФ) при относительно небольших размерах. Они не должны находиться постоянно под напряжением, иначе такие конденсаторы очень быстро перегреваются и могут взорваться. *Как правило, считается, что время их нахождения под напряжением не должно превышать 5 секунд, а максимально допустимое число запусков составляет не более 20 в час.*

С одной стороны размеры конденсаторов *зависят от их емкости* (чем больше емкость, тем больше размеры).

Емкость указывается на корпусе конденсатора в микрофарадах (µF или uF или MF и MFD в зависимости от разработчика) *с* допуском изготовителя, например: 15µF±10% (емкость может составлять от 13,5 до 16,5 мкФ), или 88-108 MFD (емкость составляет от 88 до 108 мкФ).

Кроме того, размеры конденсатора зависят от *величины напряжения,* указанного на нем (чем выше напряжение, тем больше конденсатор). Полезно напомнить, что указанное разработчиком напряжение является *максимальным напряжением,* которое можно подавать на конденсатор не опасаясь его разрушения. Так, если на конденсаторе указано 20мкФ/360Вольт, это значит, что такой конденсатор свободно можно использовать в сети *с* напряжением 220В, но ни в коем случае нельзя подавать на него напряжение 380В.

53.1 УПРАЖНЕНИЕ 1

Попробуйте для каждого из 5 конденсаторов, изображенных на рис. 53.9 в *одном и том же масштабе,* определить, какие из них являются рабочими (ходовыми), а какие пусковыми.

Ответ (см. рис. 53.10).

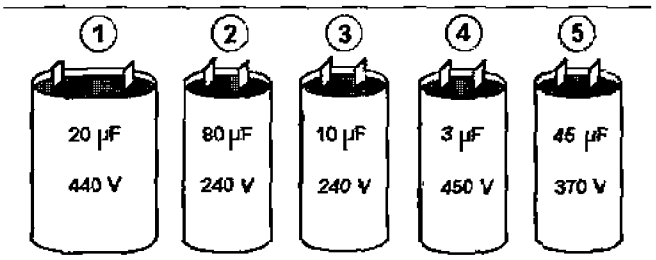


Рис. 53.9

Конденсатор №1, самый большой по размерам из всех других, имеет довольно низкую емкость в сравнении с его размерами. По-видимому, это рабочий конденсатор. Конденсаторы №3 и №4 при одинаковых размерах имеют очень небольшую емкость (заметим, что конденсатор №4, предназначенный для использования в сети с напряжением питания, большим, чем конденсатор №3, имеет более низкую емкость).

- Следовательно, эти два конденсатора также рабочие. Конденсатор №2 имеет, в сравнении с его размерами, очень большую емкость, следовательно, это пусковой конденсатор. Конденсатор №5 имеет емкость несколько меньше, чем №2, но он предназначен для более высокого напряжения: это также пусковой конденсатор.

Перед тем, как детально изучать правила проверки конденсаторов, не лишние напомнить, что происходит, когда к их выводам подключают омметр (см. рис. 53.11).

Фиг.1. Пластины конденсатора полностью разряжены и напряжение U1 на его выводах равно нулю. Когда вы подключите к выводам омметр, его стрелка точно отклонится к 0, что свидетельствует о прохождении через омметр большого тока İ 1

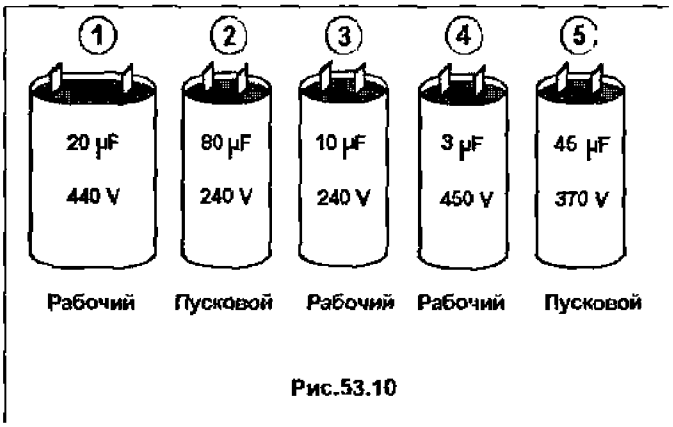


Рис.53.10

Фиг.2. Далее можно заметить, что стрелка омметра медленно возвращается влево, что свидетельствует об уменьшении силы тока (2 по отношению к İ1. Одновременно напряжение на выводах конденсатора U2 медленно повышается (конденсатор заряжается).

Фиг.3. Стрелка омметра указывает бесконечность (∞), то есть ток İ3 равен нулю и пластины конденсатора полностью заряжены. Напряжение U3 на конденсаторе стало равным напряжению источника питания омметра.

Постепенное уменьшение силы тока объясняется тем, что по мере зарядки пластин конденсатора (что приводит к повышению напряжения между пластинами), разница между напряжением на выводах конденсатора и напряжением батареи омметра уменьшается. Когда эта разница станет нулевой, ток также будет равен нулю **(фиг.3).** И наоборот, когда эта

разница максимальна, ток также максимальный **(фиг.1).**

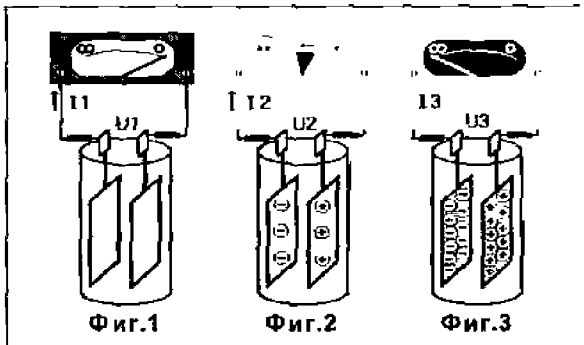


Рис. 53.11

В нашем примере, когда конденсатор полностью заряжен, напряжение на его выводах равно напряжению элемента питания омметра (несколько вольт), и если вы уберете омметр, конденсатор остается заряженным. Но когда конденсатор соединен с сетью напряжением 220В, *это значит, что на его концах может быть напряжение 220В, даже если питание отключено.*

ВНИМАНИЕ, ОПАСНОСТЬ! Если в этот момент коснуться пальцами выводов конденсатора, вы почувствуете такой же электрический удар, как при касании источника тока. Точно также подключение омметра к заряженному *конденсатору эквивалентно его подключению к источнику тока* (остается только надеяться, что предохранитель омметра сработает быстро и безотказно).

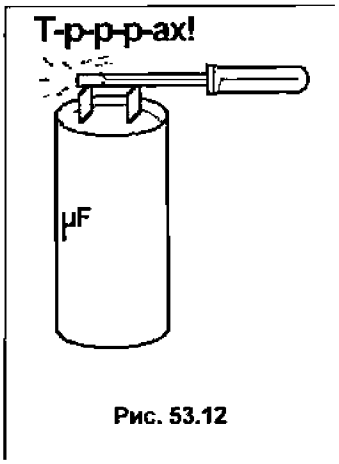


Рис. 53.12

Следовательно, перед любыми работами с конденсатором категорически необходимо полностью разрядить его, например, замыкая его концы накоротко с помощью отвертки с изолированной ручкой (внимание, происходящий при этом разряд может быть очень сильным, см. рис. 53.12).

Некоторые конденсаторы снабжены разрядным сопротивлением (см. рис. 53.13).
Это сопротивление, соединяющее выводы конденсатора, имеет достаточно большую величину (около 15 кОм), чтобы не повредить работе конденсатора, но вместе с тем обеспечить его разрядку, когда питание отключено. Однако даже если конденсатор снабжен разрядным сопротивлением, *перед каждой операцией с ним замкните накоротко его выводы с помощью отвертки.*

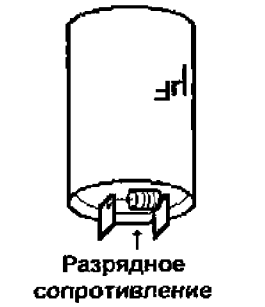


Рис. 53.13

Дело в том, что при снятии напряжения конденсатор не разряжается мгновенно и может потребовать для разрядки несколько минут.

Перед тем, как приступить к изучению обычных неисправностей в конденсаторах, напомним, что при подключении омметра к выводам исправного конденсатора (предварительно разрядив конденсатор) стрелка быстро указывает на ноль, затем медленно возвращается к бесконечности. Если теперь поменять местами зажимы омметра (изменить полярность), повторится тоже самое.

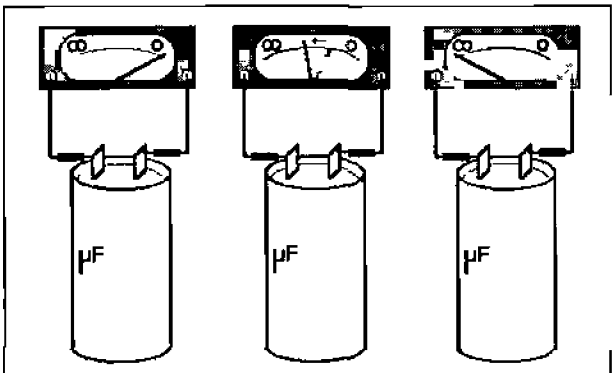


Рис. 53.14

При использовании цифровых омметров, наиболее часто встречающихся в настоящее время, это явление менее заметно. Однако в них на табло можно четко увидеть медленный рост цифрового значения до +∞. При смене полярности на табло появится -∞, затем О, затем +∞.

Смена показаний будет происходить тем медленнее, чем меньше выбранный диапазон измерений (обычно используют диапазоны 20 кОм или 200 кОм).

Если эти этапы у вас не получаются, потренируйтесь на новых конденсаторах и внимательно наблюдайте за происходящим. При ремонте это позволит вам избежать возможных трудностей.

Проверка конденсаторов. Измерения при помощи омметра, когда они дают те результаты, которые мы только что рассмотрели, являются превосходным свидетельством исправности конденсатора. Тем не менее, они должны быть дополнены измерением фактической емкости конденсатора (вскоре мы увидим, как выполнить такое измерение).

Теперь изучим типичные неисправности конденсаторов (обрыв цепи, короткое замыкание между пластинами, замыкание на массу, пониженная емкость) и способы их выявления. ***Прежде всего следует заметить, что совершенно недопустимым является вздутие корпуса концентратора.***

53. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

<- В конденсаторе может иметь место обрыв вывода (см. рис. 53.15). В этот момент омметр, подключенный к выводам и установленный на максимальный диапазон, постоянно показывает бесконечность.

При такой неисправности все происходит, как если бы конденсатора не было совсем. Однако если двигатель оснащен конденсатором, значит он для чего-то нужен. Следовательно, мы можем представить себе, что двигатель либо не будет нормально работать, либо не будет запускаться, что зачастую будет обусловливать срабатывание тепловой защиты (тепловое реле защиты, автомат защиты).

Внутри конденсатора может иметь место короткое замыкание между пластинами (см. рис. 53.16) ->

При такой неисправности омметр будет показывать нулевую или очень низкое сопротивление (используйте небольшой диапазон). В некоторых случаях компрессор может запуститься (далее мы увидим, почему), но в большинстве случаев короткое замыкание в конденсаторе приводит к срабатыванию тепловой защиты.

<— Пластины могут быть замкнуты на массу (см. рис. 53.17). Пластины конденсатора, также как и обмотки электродвигателя, изолированы от массы. Если сопротивление изоляции резко падает
(опасность чего появляется при чрезмерном перегреве), утечка тока обусловливает отключение установки автоматом защиты.

Такая неисправность может возникать, если конденсатор имеет металлическую оболочку. Сопротивление, измеренное между одним из выводов и корпусом в этом случае стремится к О, вместо того, чтобы быть бесконечным (проверять нужно оба вывода).

Емкость конденсатора может быть пониженной (см. рис. 53.18)->

В этом случае действительная величина емкости, измеренная на его концах, ниже емкости, указанной на корпусе с учетом допуска изготовителя.

В примере на рис. 53.18 измеренная емкость должна была бы находиться в пределах от 90 до 110 мкФ. Следовательно, на самом деле емкость слишком низкая, что не обеспечит требуемые величины сдвига по фазе и пускового момента. В результате двигатель может больше не запуститься.

Рассмотрим теперь, как осуществить измерение фактической емкости конденсатора с помощью несложной схемы, легко реализуемой в условиях монтажной площадки.

ВНИМАНИЕ: Чтобы исключить возможные опасности, необходимо перед сборкой этой схемы проверить конденсатор с помощью омметра.

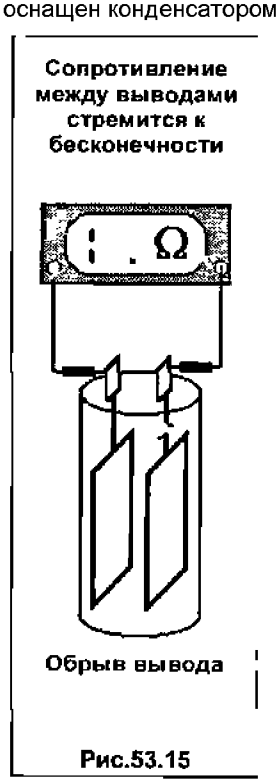


Рис.53.15

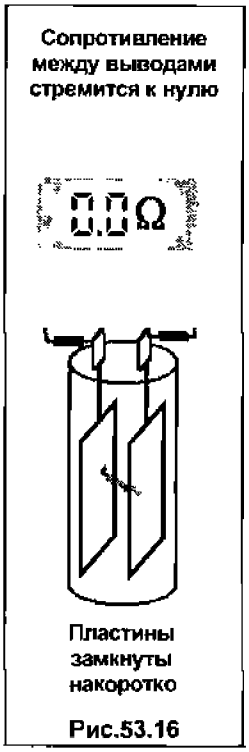


Рис.53.16

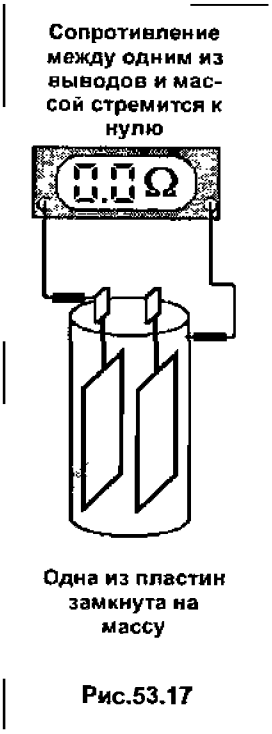


Рис.53.17

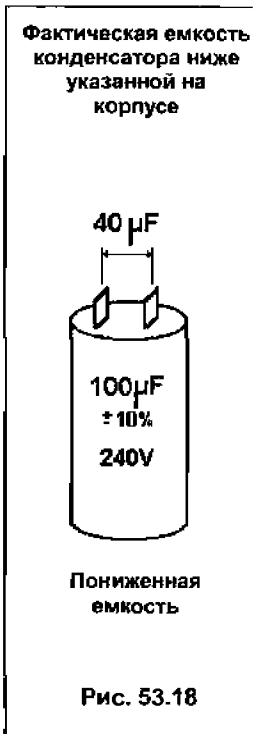


Рис. 53.18

Внешне исправный конденсатор достаточно подключить к сети переменного тока напряжением 220В и измерить потребляемый ток (конечно, в этом случае рабочее напряжение конденсатора должно быть не ниже 220В).
Схему необходимо защитить либо автоматом защиты, либо плавким предохранителем с рубильником. Измерение (см. рис. 53.19) должно быть как можно более коротким (пусковой конденсатор опасно долго держать под напряжением).

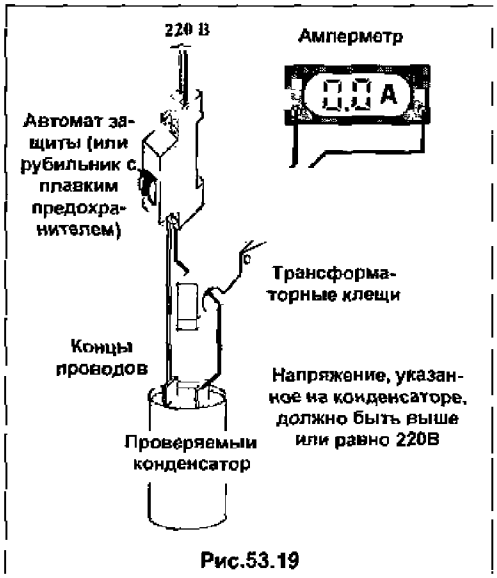


Рис.53.19

При напряжении 220В действительная емкость конденсатора (в мкФ) примерно в 14 раз больше потребляемого тока (в амперах).

Например, вы хотите проверить емкость конденсатора на рис. 53.20 (очевидно, это пусковой конденсатор, поэтому время его нахождения под напряжением должно быть очень небольшим). Поскольку на нем указано, что рабочее напряжение равно 240В, его можно включить в сеть напряжением 220В.

Если емкость, обозначенная на конденсаторе составляет 60мкФ±10% (то есть от 54 до 66 мкФ), теоретически он должен потреблять ток силой 60/14=4,3А.

Установим автомат или плавкий предохранитель, рассчитанный на такой ток, подключим трансформаторные клещи и установим на амперметре диапазон измерения, например,10 Ампер.

Подадим напряжение на конденсатор, считаем показания амперметра и тотчас отключим питание.

ВНИМАНИЕ, ОПАСНОСТЬ ! Когда вы измеряете емкость пускового конденсатора, время его нахождения под напряжением не должно превышать 5 секунд (практика показывает, что при небольших затратах на организацию процесса измерения этого времени вполне достаточно для выполнения замера).

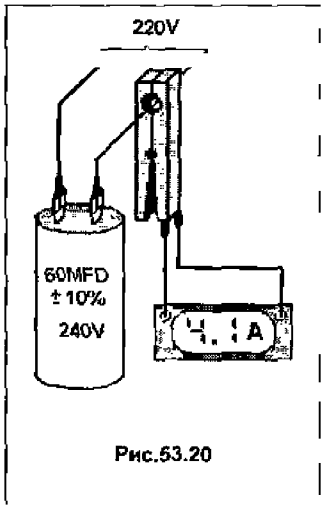


Рис.53.20

В нашем примере фактическая емкость составляет около 4,1х14=57 мкФ, то есть конденсатор исправный, поскольку его емкость должна находиться между 54 и 66 мкФ. Если замеренный ток составил бы, например, 3 ампера, фактическая емкость была бы 3х14=42мкФ.
Эта величина выходит за пределы допуска, следовательно нужно было бы заменить конденсатор.

C) Пусковые реле

Вне зависимости от конструкции задачей пускового реле является отключение пусковой обмотки, как только двигатель наберет примерно 80% номинального числа оборотов. После этого двигатель считается запущенным и продолжает вращение только с помощью рабочей обмотки.

Существует два основных типа пусковых реле: реле тока и реле напряжения. Мы упомянем также запуск с помощью термистора (СТР).

Вначале изучим пусковое реле тока

Этот тип реле как правило применяется в небольших однофазных двигателях, используемых для привода компрессоров, мощность которых не превышает 600 Ватт (домашние холодильники, небольшие морозильные камеры).

В большинстве случаев (но не всегда) эти реле подключаются непосредственно к компрессору при помощи двух или трех (в зависимости от моделей) гнезд, в которые входят штеккеры обмоток электродвигателя, предотвращая возможные ошибки при подключении реле к вспомогательной и основной обмоткам (см. Рис. 53.21).

P/M^	рабочая (Main)	-> Основная обмотка
A/S ->.	пусковая(START)	->. Вспомогательная обмотка
L ->	линия (Line)	->. Фаза питающей сети

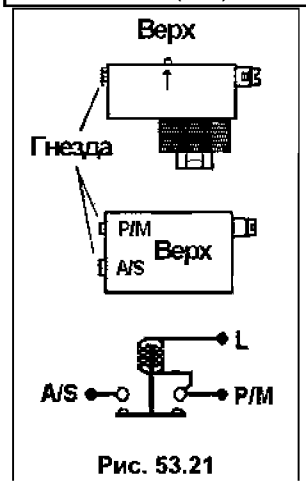


Рис. 53.21

При проверке омметром сопротивления между контактами пускового реле тока (в случае его правильного расположения) между гнездами A/S и P/M, а также между гнездами L и A/S должен иметь место разрыв цепи (сопротивление равно со), поскольку при снятом питании контакты реле разомкнуты.

Между гнездами P/M и L сопротивление близко к 0, соответствуя сопротивлению катушки реле, которая мотается проводом толстого сечения и предназначена для пропускания пускового тока. Можно также проверить сопротивление реле в перевернутом состоянии.

В таком случае между гнездами A/S и L вместо бесконечности должно быть сопротивление, близкое к нулю.

При монтаже реле тока в перевернутом положении (см. рис.53.22) его контакты будут оставаться постоянно замкнутыми, что не позволит отключать пусковую обмотку. В результате возникает опасность быстрого сгорания электродвигателя.

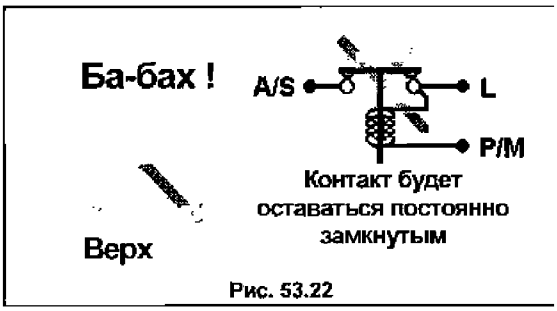


Рис. 53.22

Изучим теперь работу пускового реле тока в схеме на рис. 53.23 в отсутствие напряжения.

Как только на схему будет подано напряжение, ток пойдет через тепловое реле защиты, основную обмотку и катушку реле. Поскольку контакты A/S и L разомкнуты, пусковая обмотка обесточена и двигатель не запускается - это вызывает резкое возрастание потребляемого тока. Повышение пускового тока (примерно пятикратное по отношению к номиналу) обеспечивает такое падение напряжения на катушке реле (между точками P/M и L), которое становится достаточным, чтобы сердечник втянулся в катушку, контакты A/S и L замкнулись и пусковая обмотка оказалась под напряжением.

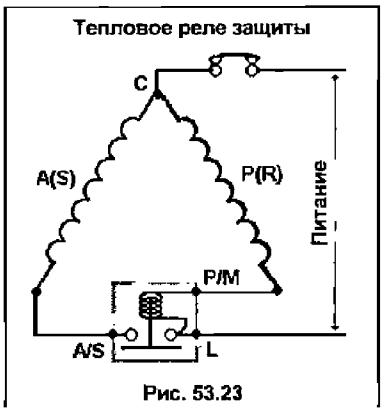


Рис. 53.23

Благодаря импульсу, полученному от пусковой обмотки, двигатель запускается и по мере того, как число его оборотов растет, потребляемый ток падает. Одновременно с этим падает напряжение на катушке реле (между L и P/M).

Когда мотор наберет примерно 80% от номинального числа оборотов, напряжение между точками L и P/M станет недостаточным для удержания сердечника внутри катушки, контакт
между L и A/S разомкнется и полностью отключит пусковую обмотку.
Однако при такой схеме пусковой момент на валу двигателя очень незначительный, поскольку в ней отсутствует пусковой конденсатор, обеспечивающий достаточную величину сдвига по фазе между током в основной и пусковой обмотках (напомним, что главным назначением конденсатора является увеличение пускового момента). Поэтому данная схема используется только в небольших двигателях с незначительным моментом сопротивления на валу.

Если речь идет о небольших холодильных компрессорах, в которых в качестве расширительного устройства *обязательно используются капиллярные трубки,* которые обеспечивают выравнивание давления в конденсаторе и давления в испарителе при остановках, то в этом случае запуск двигателя происходит при

минимально возможном моменте сопротивления на валу (см. раздел 51. Капиллярные расширительные устройства.).

При необходимости повышения пускового момента последовательно с пусковой обмоткой необходимо устанавливать пусковой конденсатор (Cd). Поэтому часто реле тока выпускаются с четырьмя гнездами, как например, в модели, представленной на схеме рис. 53.24. Реле такого типа поставляются с шунтирующей перемычкой между гнездами 1 и 2. При необходимости установки пускового конденсатора шунт удаляется.

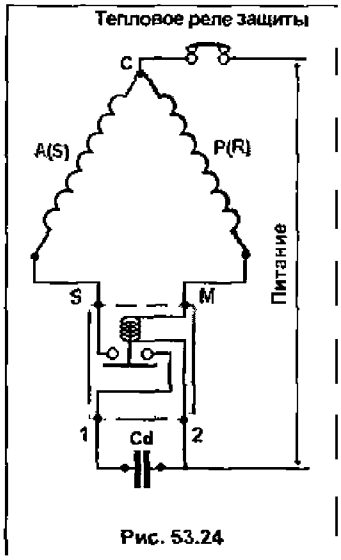


Рис. 53.24

Отметим, что при прозвонке такого реле омметром между гнездами M и 2 сопротивление будет близким к нулю и равным сопротивлению обмотки реле. Между гнездами 1 и S сопротивление равно бесконечности (при нормальном положении реле) и нулю (при реле, перевернутом крышкой вниз).

ВНИМАНИЕ ! При замене неисправного реле тока новое реле всегда должно быть с тем же индексом, что и неисправное.

Действительно, существуют десятки различных модификаций реле тока, каждая из которых имеет свои характеристики (сила тока замыкания и размыкания, максимально допустимая сила тока...). *Если вновь устанавливаемое реле имеет отличные от заменяемого реле характеристики, то либо его контакты никогда не будут замыкаться, либо будут оставаться постоянно замкнутыми.*

Если контакты никогда не замыкаются, например, из-за того, что пусковое реле тока слишком мощное (рассчитано на замыкание при пусковом токе 12А, в то время как на самом деле пусковой ток не превышает 8А), *вспомогательная обмотка не может быть запитана и мотор не запускается.* Он гудит и отключается тепловым реле защиты. Заметим, что эти же признаки сопровождают такую неисправность, как поломка контактов реле (см. рис. на схеме 53.25).
В крайнем случае проверить эту гипотезу можно замкнув накоротко на несколько секунд контакты 1 и S, например. Если мотор запускается, это будет доказательством неисправности реле.

Если контакт остается постоянно замкнутым, например, из-за низкой мощности пускового реле тока (оно должно размыкаться при падении тока до 4А, а двигатель на номинальном режиме потребляет *6fi\), пусковая обмотка окажется все время под напряжением.* Заметим, что то же самое произойдет, если вследствие чрезмерной силы тока контакты реле«приварятся» или если реле установлено верхом вниз*, из-за чего контакты будут оставаться постоянно замкнутыми. Компрессор будет тогда потреблять огромный ток и в *лучшем случае* отключится тепловым реле защиты (в худшем случае он сгорит). Если при этом в схеме присутствует пусковой конденсатор, он также будет все время под напряжением и при каждой попытке запуска будет сильно перегреваться, что в конечном счете приведет к его разрушению.

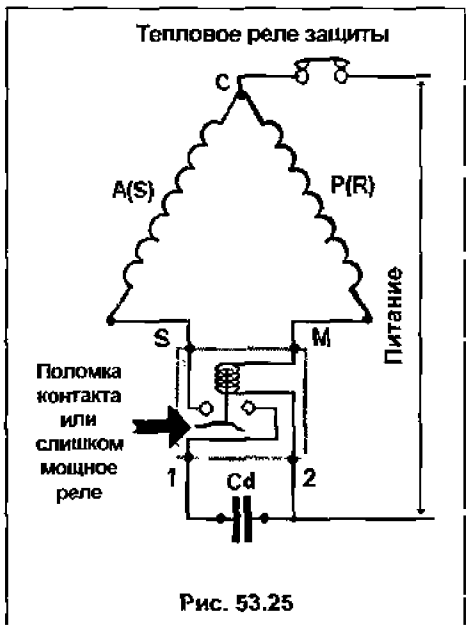


Рис. 53.25

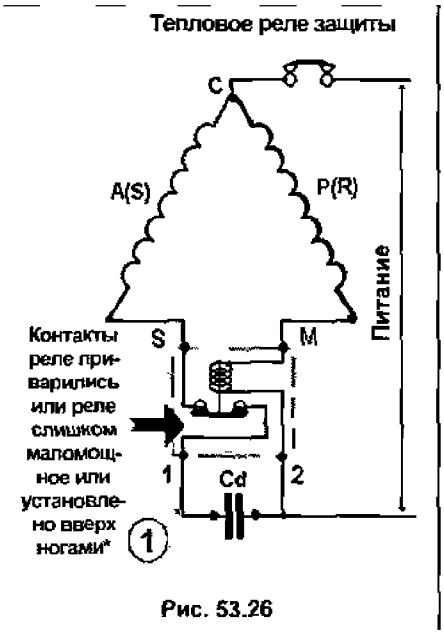


Рис. 53.26

Нормальную работу пускового реле тока можно легко проверить с помощью трансформаторных клещей, установленных в линии конденсатора и пусковой обмотки (поз. *1 на схеме рис. 53.26).*

Прим. ред. Установка пускового реле в горизонтальной плоскости, как правило, дает такой же результат и также является неверной.

Если реле работает нормально, то в момент запуска ток будет максимальным, а когда контакт разомкнется, амперметр покажет отсутствие тока. Наконец, чтобы завершить рассмотрение пускового реле тока, нужно остановиться на одной неисправности, которая может возникать при чрезмерном росте давления конденсации.

Действительно, любое повышение давления конденсации, чем бы оно ни обусловливалось (например, загрязнен конденсатор), неизбежно приводит к росту потребляемого двигателем тока *{см. раздел 10. Влияние величины давления конденсации на силу тока, потребляемого электромотором компрессора)*. Этот рост иногда может оказаться достаточным, чтобы привести к срабатыванию реле и замыканию контактов, в то время как двигатель вращается. Последствия такого явления вы можете себе представить!

Изучим теперь пусковое реле напряжения

Когда мощность двигателя растет (становясь выше, чем 600 Ватт), возрастает и сила потребляемого тока, и использование пускового реле тока становится невозможным, из-за того, что увеличивается потребный диаметр катушки реле.

Пусковое реле напряжения тоже имеет катушку и контакты, но в отличие от реле тока, катушка реле напряжения имеет очень высокое сопротивление (наматывается тонким проводом с большим числом витков), а его контакты нормально замкнуты. Поэтому вероятность перепутать эти два устройства очень незначительна.

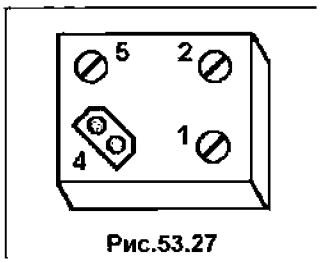


Рис.53.27

На рис. 53.27 представлен внешний вид наиболее распространенного пускового реле напряжения, представляющего собой герметичную коробку черного цвета. Если прозвонить клеммы реле с помощью омметра, можно обнаружить, что между клеммами 1 и 2 сопротивление равно 0, а между 1-5 и 2-5 оно одинаково и составляет, например, 8500 Ом (заметим, что клеммы 4 не включаются в схему и используются только для удобства соединения и разводки проводов на корпусе реле).

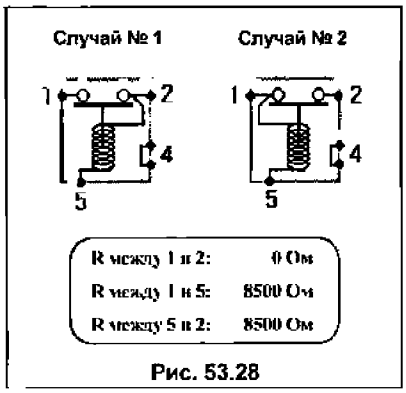


Рис. 53.28

Контакты реле наверняка находятся между клеммами 1 и 2, поскольку сопротивление между ними равно нулю, *однако к какой из этих клемм подключен один из выводов катушки* определить нельзя, так как результат при измерениях будет одинаковым (см. схему на рис. 53.28).

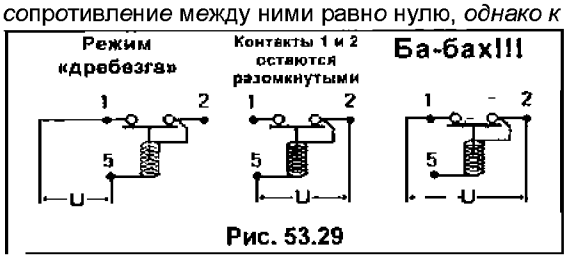


Рис. 53.29

Если у вас есть схема реле, проблем с определением общей точки не будет. В противном случае вам потребуется выполнить дополнительно маленький опыт, то есть подать питание вначале на клеммы 1 и 5, а затем 2 и 5 (измеренное между ними сопротивление составило 8500 Ом, следовательно один из концов катушки подключен либо к клемме 1, либо к клемме 2).

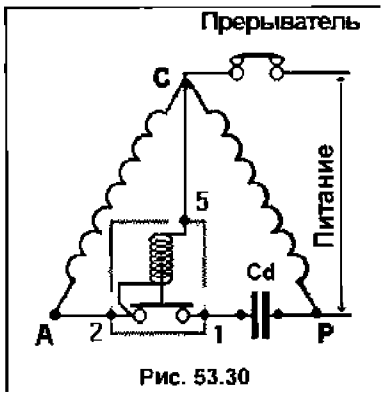


Рис. 53.30

Допустим, что при подаче напряжения на клеммы 1-5, реле будет работать в режиме «дребезга» (как зуммер) и вы отчетливо различите постоянное замыкание и размыкание его контакта (представьте последствия такого режима для двигателя). Это будет признаком того, что клемма 2 является общей и один из концов катушки подключен именно к ней. В случае неуверенности вы можете проверить себя, подав питание на клеммы 5 и 2 (контакты 1 и 2 разомкнутся и будут оставаться разомкнутыми).

ВНИМАНИЕ ! Если вы подадите напряжение на клеммы 1 и 2 (клеммы нормально замкнутых контактов), то получите короткое замыкание, что может быть очень опасным (см. рис. 53.29)!

Чтобы выполнить такую проверку, вы должны использовать напряжение 220 Вольт, если реле предназначено для оснащения двигателя на 220 Вольт (настоятельно рекомендуем использовать в цепи плавкий предохранитель, чтобы защитить схему от возможных ошибок при подключении). Однако может так случиться, что контакты реле не будут размыкаться ни при подаче питания на

клеммы 1 и 5, ни при его подаче на клеммы 2 и 5, хотя катушка будет исправной (при прозвонке омметром сопротивление 1-5 и 2-5 одинаково высокое). Это может быть обусловлено самим принципом, заложенным в основу работы схемы с реле напряжения (сразу после данного абзаца мы его рассмотрим), который требует для срабатывания реле повышенного напряжения. Чтобы продолжить проверку, вы можете увеличить напряжение до 380 Вольт (реле при этом ничего не угрожает, так как оно способно выдержать напряжение до 400 Вольт).

Изучим теперь работу реле напряжения в схеме, представленной на рис. 53.30 и находящейся пока без питания.

Как только на схему подается питание, ток проходит через тепловое реле защиты и основную обмотку (С-»Р). Одновременно он проходит через пусковую обмотку (С->А), нормально замкнутые контакты 2-1 и пусковой конденсатор (Cd). Все условия для запуска соблюдены и двигатель начинает вращение.

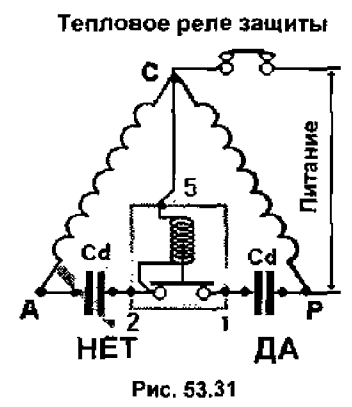


Рис. 53.31

По мере того, как двигатель набирает обороты, в пусковой обмотке наводится дополнительное напряжение, которое добавляется к напряжению питания.

В конце запуска наведенное напряжение становится максимальным и напряжение на концах пусковой обмотки может достигать 400 Вольт (при напряжении питания 220 вольт). Катушка реле напряжения сконструирована таким образом, чтобы разомкнуть контакты точно в тот момент, когда напряжение на ней превысит напряжение питания на величину, определенную разработчиком двигателя. Когда контакты 1-2 разомкнуться, катушка реле остается запитанной напряжением, наведенным в пусковой обмотке (эта обмотка, намотанная на основную обмотку, представляет собой как бы вторичную обмотку трансформатора).

Во время запуска очень важно, чтобы напряжение на клеммах реле в точности соответствовало напряжению на концах пусковой обмотки. ***Поэтому пусковой конденсатор всегда должен включаться в схему между точками 1и Р, а не между А и 2 (см. схему на рис. 53.31).***

Отметим, что при размыкании контактов 1-2 пусковой конденсатор полностью исключается из схемы.

Существует множество различных моделей реле напряжения, отличающихся своими характеристиками (напряжением замыкания и размыкания контактов...).

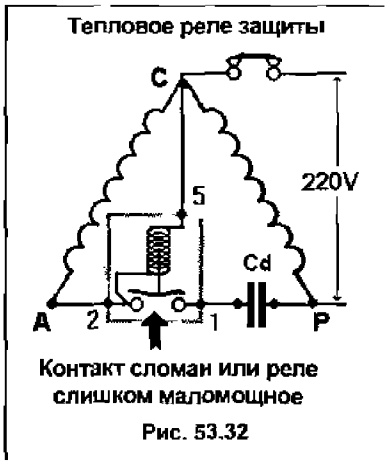


Рис. 53.32

Поэтому при необходимости замены неисправного реле напряжения нужно для этого использовать реле той же самой модели.

Если реле для замены не вполне соответствует двигателю - это значит, что либо его контакты при запуске не будут замкнуты, либо будут замкнуты постоянно. *Когда при запуске контакты реле оказываются разомкнутыми,* например из-за того, что реле слишком маломощное (оно срабатывает при 130 Вольтах, то есть сразу после подачи напряжения и пусковая обмотка запитана только как вторичная обмотка), двигатель не сможет запуститься, будет гудеть и отключится тепловым реле защиты (см. рис. 53.32).

Отметим, что такие же признаки будут иметь место в случае поломки контакта.

В крайнем случае, всегда можно проверить эту гипотезу, замкнув на мгновение накоротко контакты 1 и 2. Если двигатель запустится, значит контакт отсутствует.

Когда контакт остается постоянно замкнутым, например, из-за того, что реле напряжения слишком мощное (оно срабатывает при напряжении 390 Вольт, в то время как напряжение на концах пусковой обмотки не превышает 270 Вольт), *пусковая обмотка будет постоянно запитана.* Заметим, что такая же проблема может возникнуть, если



Рис. 53.33

«приварились» контакты реле вследствие чрезмерного тока или если оборван провод в катушке реле (см. рис. 53.33).

При этом компрессор потребляет огромный ток и в *лучшем случае* он будет отключен тепловым реле защиты (в худшем случае он сгорит). При наличии пускового конденсатора, последний, постоянно оставаясь под напряжением, при каждой попытке запуска будет сильно перегреваться и очень быстро разрушится.

Нормальную работу пускового реле напряжения легко проконтролировать с помощью трансформаторных клещей и амперметра, установив клещи в цепь пусковой обмотки и конденсатора (на схеме рис. 53.33 можно зажать в клещи провод, подходящий к клеммам 1 или 2 реле). *Если реле работает, в момент запуска ток достигает максимума, а как только контакт разомкнется, он упадет до нуля.*

Заметим, что измеряя напряжение между клеммами 5 и 2 при вращающемся двигателе, вы сможете узнать величину наведенного в пусковой обмотке напряжения (даже если двигатель рассчитан на 220 Вольт, при измерении используйте шкалу на 600 или 1000 Вольт).

Может, наконец, случиться так, что катушка реле напряжения окажется замкнутой накоротко (см. рис. 53.34).

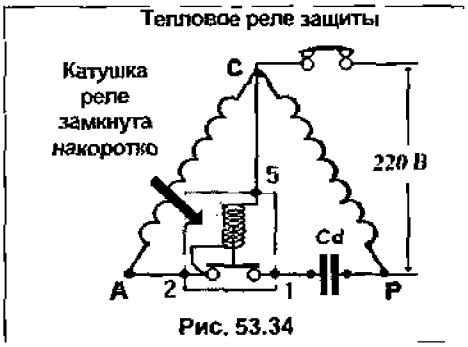


Рис. 53.34

В этом случае через катушку протекает очень большой ток и ее обмотка, выполненная как правило из очень тонкого провода, представляет собой плавкий предохранитель и расплавляется.

Появляются признаки того, что контакты 1 и 2 постоянно замкнуты и прибывший на место ремонтник обнаруживает, что катушка перегорела. Напомним, что в случае перегрузки двигателя (например, из-за роста давления конденсации, что приводит к увеличению потребляемого тока), пусковое реле тока может сработать и вновь подать напряжение питания на пусковую обмотку. С реле напряжения этого произойти не может, так как его работа зависит только от скорости вращения двигателя, а не от величины потребляемого тока.



Рис. 53.35

Перед тем, как приступить к изучению запуска с помощью термистора (СТР), скажем несколько слов о запуске с помощью центробежного выключателя (см. рис. 53.35), которым еще оснащены некоторые однофазные двигатели и некоторые модели тепловых насосов.

Замкнутый при остановленном двигателе контакт размыкается, как только число оборотов достигает примерно 80% от номинала. Неисправности центробежного выключателя имеют, как правило,
механическую основу (заклинивание, плохой контакт) и их рассмотрение выходит за рамки настоящего руководства.

Запуск при помощи термистора (СТР).

Термистор, или терморезистор (СТР* - сокращение, в переводе означает - положительный температурный коэффициент, то есть повышение сопротивления при росте температуры) включается в цепь так, как показано на рис. 53.36.

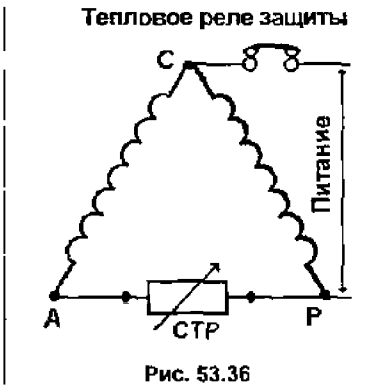


Рис. 53.36

При неподвижном роторе мотора СТР холодный (имеет окружающую температуру) и его сопротивление очень низкое (несколько Ом). Как только на двигатель подается напряжение, запитывается основная обмотка. Одновременно ток проходит через низкое сопротивление СТР и пусковую обмотку, в результате чего двигатель запускается. Однако ток, текущий через пусковую обмотку, проходя через СТР, нагревает его, что обусловливает резкое повышение его температуры, а следовательно и сопротивления. По истечении одной-двух секунд температура СТР становится более 100°С, а его сопротивление легко превышает 1000 ом.

Прим. ред. Иногда встречается термин PTC, который означает то же самое, что и СТР.

Резкое повышение сопротивления СТР снижает ток в пусковой обмотке до нескольких миллиампер, что эквивалентно отключению этой обмотки так, как это сделало бы обычное пусковое реле. Слабый ток, не оказывая никакого влияния на состояние пусковой обмотки, продолжает проходить через СТР, оставаясь вполне достаточным, чтобы поддерживать его температуру на нужном уровне. Такой способ запуска используется некоторыми разработчиками, если момент сопротивления при запуске очень малый, например, в установках с капиллярными расширительными устройствами (где при остановке неизбежно выравнивание давлений). Однако, когда компрессор остановился, *длительность остановки должна быть достаточно большой,* чтобы не только обеспечить выравнивание давлений, но и главным образом *охладить СТР* (по расчетам для этого нужно как минимум 5 минут). Всякая попытка запуска двигателя при горячем СТР (имеющим, следовательно, очень высокое сопротивление) не позволит пусковой обмотке запустить двигатель. За такую попытку можно поплатиться значительным возрастанием тока и срабатыванием теплового реле защиты. Терморезисторы представляют собой керамические диски или стержни и основным видом неисправностей этого типа пусковых устройств является их растрескивание и разрушение внутренних контактов, наиболее часто обусловленное попытками запуска при горячих СТР, что неизбежно влечет за собой чрезмерное повышение пускового тока (см. рис. 53.37). При неисправности СТР его нужно заменить точно такой же моделью.

Примечание. Мы часто указывали на важность соблюдения идентичности моделей при замене неисправных элементов электрооборудования (тепловые реле защиты, пусковые реле...) на новые, либо на те, которые рекомендуется для замены разработчиком. Мы советуем также при замене компрессора менять и комплект пусковых устройств (реле + конденсатор(ы)).

D) Обобщение наиболее часто встречающихся схем пусковых устройств.

В документации различных разработчиков встречается множество схем с несколько экзотическими названиями, которые мы сейчас разъясним. Воспользовавшись этим случаем, мы пополним наши знания и увидим роль рабочих конденсаторов.

Для лучшего понимания дальнейшего материала напомним, что в отличие от пусковых конденсаторов рабочие конденсаторы рассчитаны на постоянное нахождение под напряжением и что конденсатор включается в схему последовательно с пусковой обмоткой, позволяя повысить крутящий момент на валу двиаатвля.

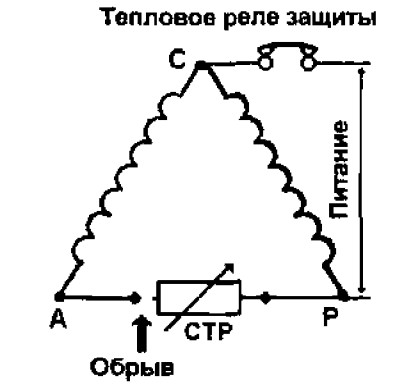


Рис. 53.37

1) Схема PSC (Permanent Split Capacitor) - схема с постоянно подключенным конденсатором является самой простой, поскольку в ней отсутствует пусковое реле.

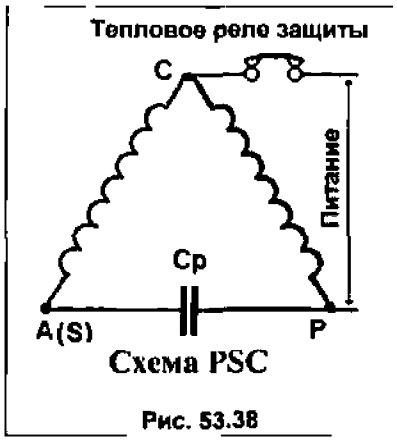


Рис. 53.38

Конденсатор, постоянно находясь под напряжением (см. рис. 53.38) должен быть рабочим конденсатором. Поскольку с ростом емкости такой тип конденсаторов быстро увеличивается в размерах, их емкость ограничивается небольшими значениями (редко более 30 мкФ).

Следовательно, схема PSC используется, как правило, в небольших двигателях с незначительным моментом сопротивления на валу (малые холодильные компрессоры для капиллярных расширительных устройств, обеспечивающих выравнивание давлений при остановках, вентиляторные двигатели небольших кондиционеров).

При подаче напряжения на схему постоянно подключенный конденсатор (Ср) дает толчок, позволяя запустить двигатель. Когда двигатель запущен, пусковая обмотка остается под напряжением вместе с последовательно включенным конденсатором, что ограничивает силу тока и позволяет повысить крутящий момент при работе двигателя.

2) Схема СТР. изученная ранее, называется также PTC (Positive Temperature Coefficient) и используется в качестве относительно простого пускового устройства.

Она может быть усовершенствована добавлением постоянно подключенного конденсатора, как показано пунктиром на схеме рис. 53.39.

При подаче напряжения на схему (после остановки длительностью не менее 5 минут), сопротивление термистора СТР очень низкое и конденсатор Ср, будучи замкнутым накоротко, не влияет на процесс запуска (следовательно, момент сопротивления на валу должен быть незначительным, что требует выравнивания давлений при остановке).

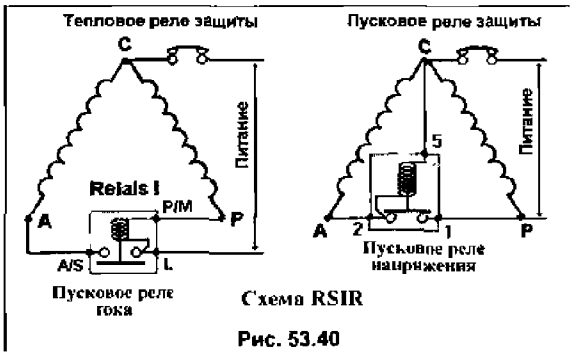


Рис. 53.40

В конце запуска сопротивление СТР резко возрастает, но вспомогательная обмотка остается подключенной к сети через конденсатор Ср, который позволяет повысить крутящийся момент при работе двигателя (например, при росте давления конденсации).

Поскольку конденсатор все время находится под напряжением, пусковые конденсаторы в схемах этого типа использовать нельзя.

3) Схема RSIR (Resistance Start Induction Run) использует пусковое реле без конденсатора (см. рис. 53.40).

Используемое в схеме пусковое реле может быть реле тока (наиболее частый случай) или реле напряжения. Результат один и тот же.

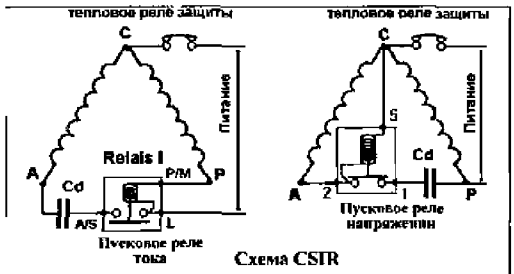


Рис. 53.41

Поскольку конденсатор в схеме отсутствует, пусковой момент достаточно слабый, и данная схема используется, в основном, в небольших домашних холодильниках с капиллярным расширительным устройством, обеспечивающим выравнивание давлений при остановках.

4) Схема CSIR (Capacitor Start Induction Run) аналогична схеме RSIR, в которую добавлен пусковой конденсатор (см. рис. 53.41).

Данная схема используется в случаях, когда есть опасность возрастания момента сопротивления на запуске. Повышение пускового момента на валу двигателя обеспечивается при помощи пускового конденсатора. Схема может быть использована в холодильных контурах с термостатическим ТРВ.

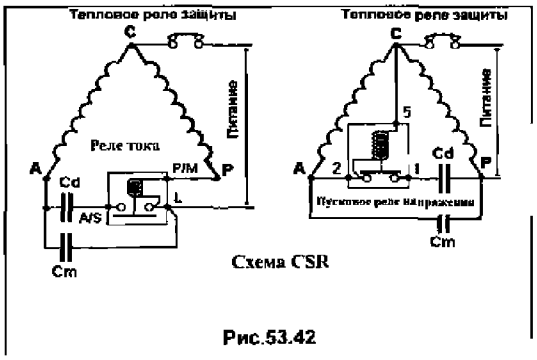


Рис.53.42

5) Схема CSR (Capacitor Start and Run) аналогична схеме CSIR, в которую добавлен рабочий конденсатор (Cm), как показано на рис. 53.42.

Такая схема позволяет обеспечить сразу и повышенный пусковой момент и повышенный момент при работе двигателя.

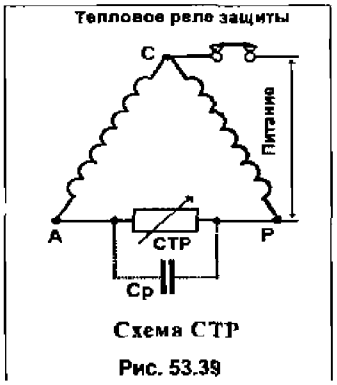


Рис. 53.39

При запуске установленные параллельно Cd и Cm, емкости которых складываются, помогают запустить двигатель, а когда запуск оканчивается и двигатель выходит на номинальный режим, конденсатор Cd исключается, и пусковая обмотка остается запитанной через конденсатор Cm.

Использование рабочего конденсатора позволяет повысить крутящий момент двигателя при его работе, например, в составе теплового насоса, у которого в зимнем режиме может заметно возрасти степень сжатия (а следовательно, и момент сопротивления).

Одновременно рабочий конденсатор позволяет увеличить cosФ двигателя, что приводит к снижению потребляемого тока (проверить это можно очень быстро, измерив силу тока при наличии конденсатора Cm, а затем после его отключения: можно убедиться, что после отключения Cm полная сила потребляемого тока растет и зачастую компрессор начинает сильнее гудеть).

Вспомним, что для контроля электрических параметров однофазного двигателя дополнительно к ознакомлению с надписями на его корпусе необходимо использовать трансформаторные клещи с целью измерения полного потребляемого двигателем тока.

Никогда не пренебрегайте также измерением силы тока, который проходит через конденсаторы.

6) Многоскоростные двигатели

Принципиальная схема ступенчатого регулирования скорости вращения вентиляторного двигателя, устанавливаемого во многих кондиционерах, приведена на рис. 53.43.

Принцип регулирования скорости заключается в снижении напряжения на клеммах двигателя, что уменьшает крутящий момент и приводит к падению числа оборотов.

Для этого в цепь питания двигателя с пусковой схемой типа PSC последовательно включается индуктивное сопротивление. Когда переключатель установлен в положение МС (малая скорость), на сопротивлении создается падение напряжения, которое приводит к уменьшению напряжения, питающего двигатель, в результате чего последний вращается в режиме МС. При положении переключателя БС (большая скорость) индуктивное сопротивление исключается из цепи, и двигатель питается полным напряжением сети, вращаясь в режиме БС.

53.2. УПРАЖНЕНИЕ 2

Однофазный двигатель с напряжением питания 220 В, оснащенный рабочим конденсатором с емкостью 3 мкФ, вращает вентилятор кондиционера

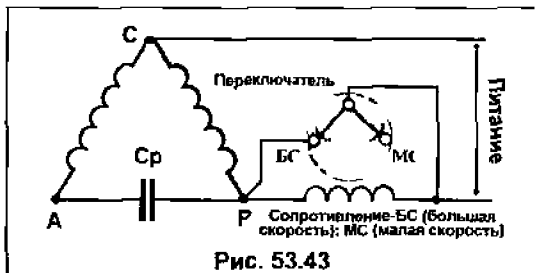


Рис. 53.43

Переключатель имеет 4 клеммы: Вход (В), Малая скорость (МС), Средняя скорость (СС), Большая скорость (БС), позволяющие скоммутировать двигатель с сетью таким образом, чтобы выбрать требуемое значение (МС, СС или БС) числа оборотов.

Из двигателя выходят 5 проводов различного цвета: Голубой (Г), Красный (К), Черный (Ч), Желтый (Ж) и Зеленый (З).

В таблице 53.1 приведены величины, полученные в результате измерения сопротивлений между каждой из двух пар проводов (например, между проводами Ж и З сопротивление составляет 270 Ом).

Табл.53.1

	г	К	Ч	Ж	З
Г	-	-	-	-	-
К	110ом	-	-	-	-
ч	110ом	220 ом	-	-	-
ж	290 ом	*400* ом	*180* ом	-	-
З	*200* ом	*310* ом	*90* ом	*270* ом	-

Нарисуйте внутреннюю схему двигателя.

Ответ:

Табл.53.2

	г	К	Ч	Ж	З
Г	-	-	-	-	-
К	110ом	-	-	-	-
Ч	110ом	220 ом	-	-	-
ж	290 ом	400 ом	180 ом	-	-
З	200 ом	310 ом	90 ом	270 ом	-

Самое слабое сопротивление находится между Ч и Ж (90), значит, это основная обмотка.

Тогда вспомогательная обмотка будет между Ч (который, по видимому, соединен с общей точкой) и Ж, поскольку здесь Р=180 0м.
Первое гасящее сопротивление расположено между Ч и Г (110 Ом), второе между Г и К (также 110 Ом).

Набросаем согласно нашему предположению внутреннюю схему двигателя, сверяясь с данными измерения сопротивлений в таблице 53.2 (например, между Г и Ж должно быть 290 Ом, а между Г и З 200 Ом).

Остается только включить в схему переключатель, помня о том, что максимальная скорость вращения (БС) достигается, если двигатель напрямую подключен к сети (см. рис. 53.44). И напротив, минимальное число оборотов будет обеспечено при самом слабом напряжении питания, следовательно при задействовании максимального значения гасящего сопротивления.

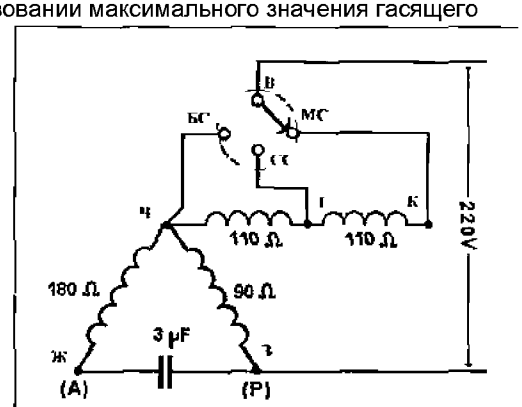


Рис. 53.44

7) Однофазные двигатели с двумя направлениями вращения.

Такие двигатели, редко встречающиеся в настоящее время, могут однако использоваться в качестве привода открытых компрессоров. Чтобы изменить направление вращения двигателя, достаточно крест-накрест поменять точку соединения пусковой и основной обмоток.

В качестве примера на схеме рис. 53.45 показано, как конец пусковой обмотки стал началом, а начало -концом.

Заметим, что в этом случае направление прохождения тока по пусковой обмотке изменилось на противоположное, что позволяет дать в момент запуска импульс магнитного поля в обратном направлении.

Наконец, отметим также двухпроводные двигатели с «витком Фраже» или с «фазосдвигающим кольцом», широко используемые для привода небольших вентиляторов с низким моментом сопротивления (как правило, лопастных). Эти двигатели очень надежные, хотя и имеют малый крутящий момент, и при их включении в сеть отсутствуют какие-либо особые проблемы, поскольку они имеют всего два провода (конечно, плюс заземление).

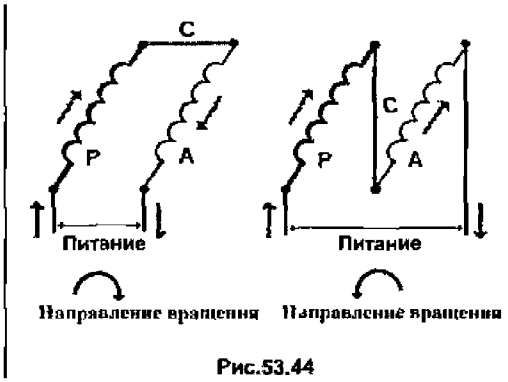


Рис.53.44

54. РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ 54.1. ВВЕДЕНИЕ

Большинство неисправностей холодильных установок вызывают отключение системы управления электрическими предохранительными устройствами и установка (или ее часть) перестает работать. Попав в такую ситуацию, очень многие ремонтники -дилетанты лихорадочно нажимают на кнопки запуска агрегатов, перенастраивают регулирующие и предохранительные устройства, пытаются вручную запустить установку, рискуя вызвать серьезную аварию.

Однако структурный анализ позволяет избежать огромных потерь времени на поиски неисправности и ***отремонтировать установку сразу,*** не приводя к другим поломкам. В самом деле, для того, чтобы ***очень быстро определить,*** какой электрический узел (предохранительный или какой-либо другой) отключил установку, достаточно знать *несколько основных очень простых правил.*

Вместо того, чтобы спрашивать себя «что могло отключить установку» и искать неисправность наугад, ремонтник, очень быстро определив место дефекта, сможет задаться основным вопросом: «почему сработало данное предохранительное устройство и как сделать, чтобы этого не происходило в дальнейшем?» Он найдет время осуществить полный контроль установки и сможет предотвратить повторение неисправностей. *Такая манера поведения будет на пользу всем, кто бы они ни были: ремонтник, потребитель или предприниматель.*

При ремонте электрооборудования цепей управления имеются два варианта:
- либо произошло *отключение* установки от сети предохранительными устройствами или какими-либо средствами системы автоматики, и тогда электрический шкаф или щит с электрооборудованием может оставаться под напряжением, что в максимальной степени способствует поиску неисправностей и диагноз может быть установлен очень быстро (ремонт с использованием вольтметра);
- либо произошло *короткое замыкание или пробой на массу, в* результате чего установка или ее часть отключилась от сети.

В этом случае ремонтник не может подать напряжение на щит и должен будет использовать омметр. Этот последний способ всегда более длительный и сложный, поскольку требует, *чтобы по крайней мере два вывода узла.* котооый нужно поовеоить. были отсоединены

А) Ремонт цепей управления с помощью вольтметра.

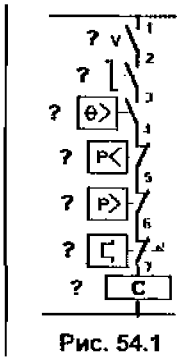


Рис. 54.1

Когда какой-либо прибор (например, контактор в схеме на рис. 54.1) не срабатывает, это может быть из-за того, что не замкнут контакт 1-2 средства автоматики V, или плохой контакт в рубильнике 2-3, или остается разомкнутым контакт задающего термостата 3-4, или сработал прессостат НД 4-5, высокого давления 5-6, термореле 7 ?

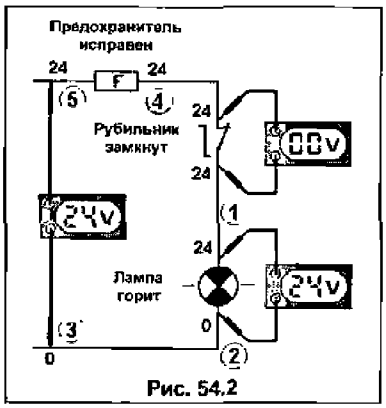


Рис. 54.2

А может быть обрыв в катушке контактора С? Или оборван один из проводов? И еще, и еще, и еще...

Видно, что возможных причин огромное количество. Однако очень быстро определить точно место нахождения дефекта почти также просто, как в детской игре.

Достаточно иметь вольтметр и немного навыка.

Чуть дальше мы вернемся к рассмотрению схемы на рис. 54.1. А сейчас, чтобы лучше понять используемый способ, рассмотрим простой пример схемы, запитанной напряжением 24В и состоящей из плавкого предохранителя, рубильника и электролампы (см. рис. 54.2).

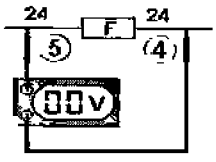


Рис. 54.3

Если при исправных элементах цепи и зажженной лампе замерить напряжение между точками 1 и 2 схемы, то вольтметр покажет 24 Вольта.

Однако вольтметр измеряет разность потенциалов. **Условимся, что потенциал точки 1 равен 24 , а точки 2 - 0В** (разность между этими потенциалами и составит 24-0=24В),

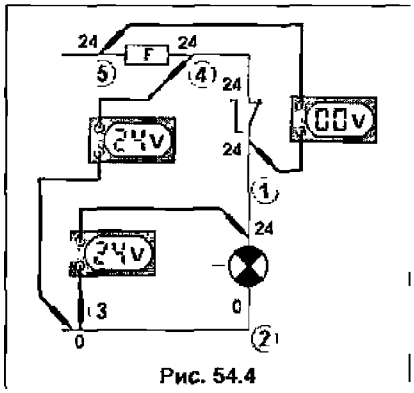


Рис. 54.4

Договоримся также, что все точки цепи, связанные между собой проводом или замкнутым контактом, имеют один и тот же потенциал. Тогда потенциал точки 3 такой же, как точки 2, то есть 0В. Точно так же потенциал точек 4 и 5 равен 24В.

Вольтметр, помещенный между точками 5 и 3 будет показывать разность потенциалов между этими двумя точками, то есть 24-0=24В. Точно также вольтметр, помещенный на клеммах замкнутого рубильника покажет 24-24=ОВ. Следуя этому же правилу между точками 5 и 4 вольтметр покажет 24-24 =ОВ (см. рис. 54.3).

Между точками 5 и 1 будет 24-24=ОВ (см. рис. 54.4).

Между точками 4 и 3 будет 24-0=24В, между точками 1 и 3 будет 24-0=24В и так далее.

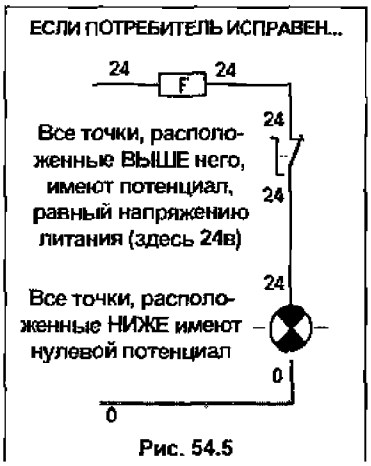


Рис. 54.5

Как видите, предсказать показание вольтметра очень просто, какими бы ни были точки замера.

Таким образом, когда потребитель (сигнальная лампочка, контактор, реле) ***исправен,*** все точки, расположенные ***сверху*** от него имеют тот же потенциал, что и напряжение питания (220В, 24В...).

С другой стороны, точки, расположенные ***ниже*** потребителя, находятся при нулевом потенциале. *Когда потребитель не работает, поиск дефекта с помощью вольтметра будет основываться как раз на этом принципе (см. рис. 54.5).*

Рассмотрим теперь первый шаг по поиску неисправности, если лампа погасла, хотя рубильник включен. Один из зажимов вольтметра поместим в точку 7 (см. рис. 54.6), потенциал которой равен 0В и которая будет служить базовой точкой.

При каждом замере в нашем примере вольтметр может показывать либо 0В, либо 24В.

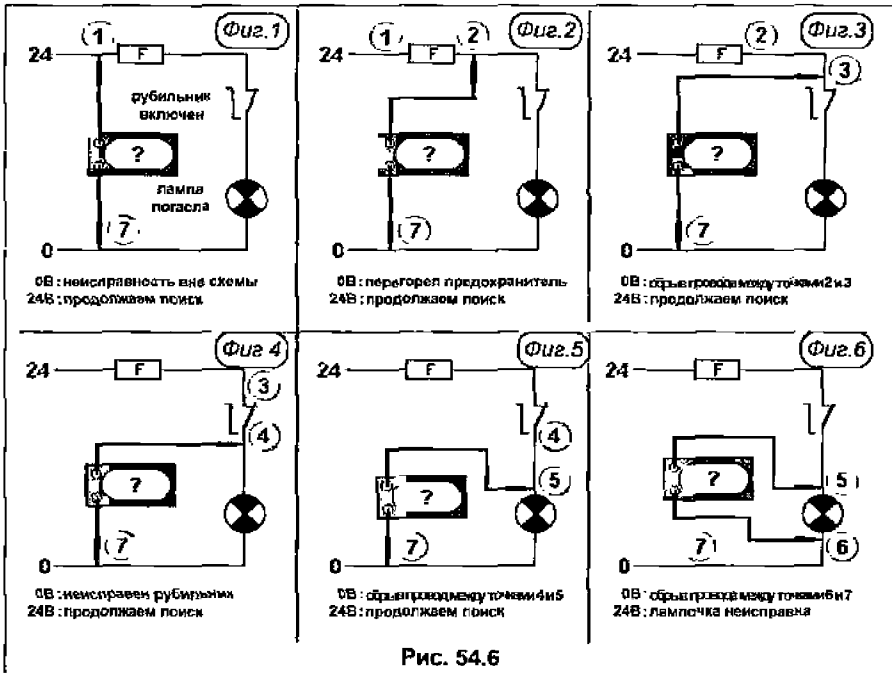


Рис. 54.6

Фиг. 1. Помещаем вольтметр между точками 1 и 7 (показания должны составлять 24В). Если показания равны Ов, значит напряжение на схему не подано. Тогда нужно будет искать неисправность за пределами схемы. Если показания равны 24В, значит напряжение подано и неисправность находится в схеме. Можно утверждать, что потенциал точки 1 равен 24В, а потенциал точки 2 равен ОВ. Измерения нужно продолжить.

Фиг. 2. Поместим вольтметр между точками 7 и 2 (показания должны составлять 24В). Если показания равны ОВ, значит потенциал 24В, имеющийся в точке 1, не поступает в точку 2. Можно утверждать: что в

предохранителе имеется обрыв. Если потенциал равен 24В, можно утверждать, что предохранитель исправен, и продолжить измерения.

Фиг.3. Поместим вольтметр между точками 7 и 3 (показания должны составлять 24В). Если показания равны 0В, значит потенциал 24В, имеющийся в точке 2, не поступает в точку 3. Можно утверждать, что провод, соединяющий эти две точки, оборван. Если показания равны 24В, можно утверждать, что провод исправен, и продолжить измерения.

Фиг.4. Поместим вольтметр между точками 7 и 4 (показания должны составлять 24В). Если показания равны 0В, значит потенциал 24В, имеющийся в точке 3, не поступает в точку 4. Можно утверждать, что контакт в рубильнике отсутствует. Если показания равны 24В, можно утверждать, что контакт рубильника замкнут, и продолжить измерения.

Фиг. 5. Поместим вольтметр между точками 7 и 5 (показания должны соответствовать 24В). Если показания равны Ов, значит потенциал 24В, имеющийся в точке 4, не поступает в точку 5. Можно утверждать, что провод, соединяющий две эти точки, оборван. Если показания равны 24В, можно утверждать, что провод исправен, и продолжить измерения.

Фиг. 6. Поместим вольтметр между 5 и 6 (показания должны составлять 24В). Если показания равны ОВ, значит потенциал Ов, имеющийся в точке 7, не поступает в точку 6. Можно утверждать, что провод, соединяющий две эти точки, оборван. Если показания равны 24В, можно утверждать, что провод между точками 7 и 6 исправен. Поскольку при этом напряжение 24В к потребителю доходит, а он не работает, можно утверждать, что причина неисправности находится в самом потребителе.

Как можно заключить, этот метод сразу позволяет найти место дефекта, каким бы он ни был, и тогда остается только исправить его.

Однако этот метод можно улучшить, снизив количество измерений.

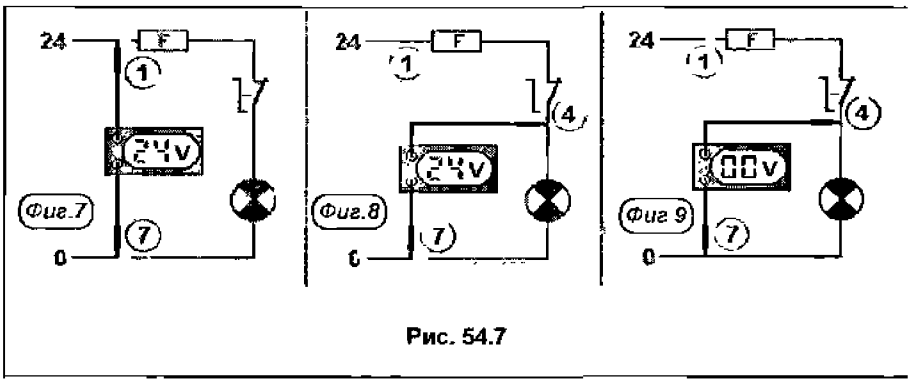


Рис. 54.7

Поместив вольтметр между точками 1 и 7 (см. фиг. 7 на рис. 54.7). Как и раньше, если он показывает ОВ, значит напряжение на схему не поступает и нужно будет искать неисправность вне схемы. Если он показывает 24В, напряжение подано и неисправность находится в схеме.

Выполним замер в ***середине*** *схемы,* например, в точке 4. В зависимости от показаний вольтметра могут быть два противоположных варианта.

- Если показания равны 24В, значит потенциал 24В, имеющийся в точке 1, поступает в точку 4. *Можно, следовательно, утверждать, что предохранитель и рубильник, а также соединяющие их провода исправны* и дефект **обязательно** находится в нижней части схемы (см. фиг.8), либо в лампочке, либо в подводящих проводах.

- Если вольтметр показывает ОВ, значит **обязательно** потенциал 24В, имеющийся в точке 1 не поступает в точку 4 и дефект находится в верхней части схемы *(либо в предохранителе, либо в рубильнике, либо в связывающий их проводах).*

Этот метод, заключающий в прозвонке цепи посередине, позволяет с помощью единственного измерения поставить вне подозрений половину цепи и выделить зону, в которой находится дефект.

Такой метод особенно целесообразен для управляющих целей, состоящих из многочисленных контактов различной аппаратуры54.

Вновь рассмотрим схему, ранее изображенную на рис. 54.1 (см. рис. 54.8). Неисправность проявляется в том, что не срабатывает контактор. Начинаем прозванивать контур на рис. 54.8.

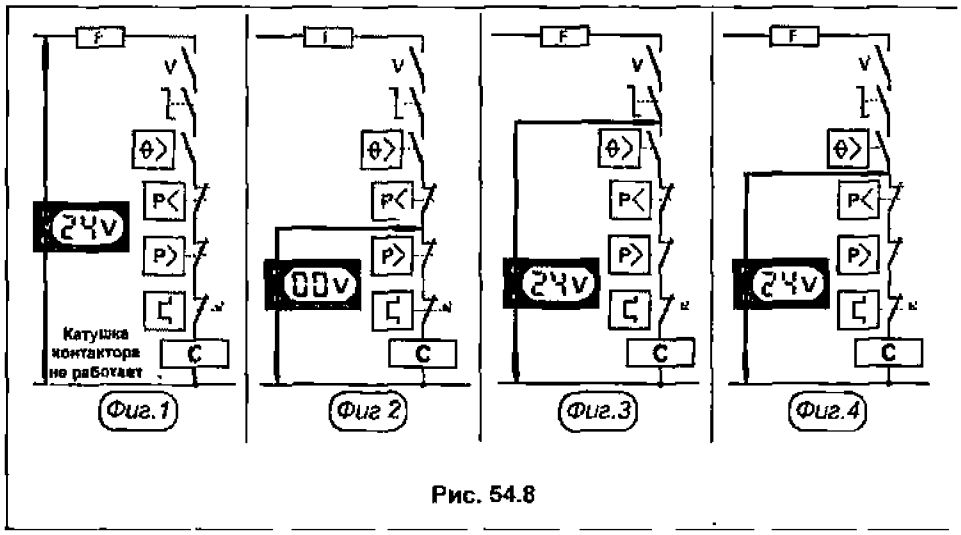


Рис. 54.8

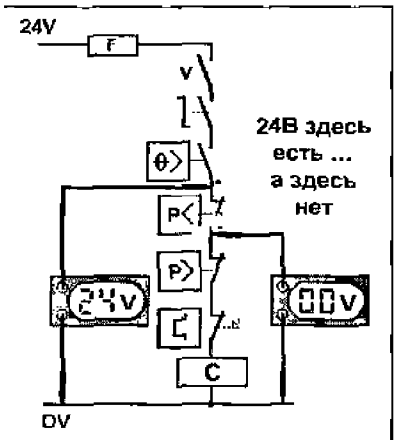
Фиг.1. При замере напряжения питание вольтметр показывает 24В. Следовательно, можно утверждать, что неисправность находится внутри схемы. Под подозрением находится вся схема.

Фиг. 2. Сохраняя нижнюю точку в качестве базовой с потенциалом 0В, выберем для замера какую-либо точку посередине схемы (например, клемму на выходе прессостата НД). Вольтметр показывает 0В, то есть потенциал 24В не поступает на эту клемму, значит обрыв находится *выше* выбранной точки (контакт V, или рубильник, или задающий термостат, или прессостат НД или один из соединительных проводов). Вся верхняя часть схемы остается под подозрением.

Фиг.3. Оставляя в качестве базовой ту же нижнюю точку с потенциалом 0В, выберем теперь для замера точку на выходе из рубильника. Вольтметр показывает, что на клемме выхода из рубильника потенциал 24В присутствует, что ставит вне подозрений контакт V и рубильник. Остаются только два подозрительных элемента схемы (задающий термостат и прессостат НД), а также возможно соединяющие их провода.

Фиг. 4. Выполнив замер на клемме входа в прессостат НД, видим, что потенциал 24В на ней присутствует.

Итак, 24В присутствуют на входе в прессостат НД, но отсутствуют на выходе из него (см. рис. 54.9). Следовательно, можно с уверенностью утверждать, что обрыв находится в контактной группе прессостата НД.



Разрыв цепи в прессостате НД

Рис. 54.9

Теперь ремонтник должен определить, по какой причине цепь в прессостате НД разорвана. Может быть давление в контуре ниже, чем точка срабатывания прессостата НД (если да, то почему упало давление), как настроен прессостат НД, как он установлен и подключен к цепи.

54.2. УПРАЖНЕНИЕ

Что покажет вольтметр при измерении напряжения на клеммах контактной группы прессостата НД в нашем примере?

Ответ

Что покажет вольтметр на клеммах разомкнутого контакта прессостата НД?

Мы знаем, что в точке 1 присутствует потенциал 24В, о чем говорит измерение между этой точкой и нулевым проводом (см. схему на рис. 54.10). Однако у нас нет никакой уверенности относительно потенциала точки 2 и сейчас мы увидим, что могут иметь место два случая.

Случай №1. *Вольтметр показывает разность потенциалов 24В.*

Так как потенциал точки 1 равен 24В, это позволяет нам утверждать, что потенциал точки 2 действительно 0В и, следовательно, между точками 2 и 3 существует непрерывность цепи.

Таким образом, мы можем утверждать, что контакт прессостата ВД замкнут, также как и контакт термореле. Более того, мы теперь наверняка знаем, что все соединения (кабели, провода...) между точками 2 и 3 также исправны. Мы можем, кроме того, заключить из результатов измерения, что катушка контактора С находится в исправном состоянии, поскольку
нулевой потенциал свободно проходит через нее (она представляет из себя ни что иное, как длинный медный провод).

В результате данные измерения без риска ошибиться позволяют утверждать, что все точки схемы, расположенные выше точки 1, имеют потенциал 24В, а все точки, лежащие ниже точки 2, имеют нулевой потенциал. Мы сможем также быть уверенными в том, что контактор С заработает при замыкании контакта прессостата НД.

Случай N° 2. Вольтметр показывает *разность потенциалов* 0В (см. рис. 54.11).

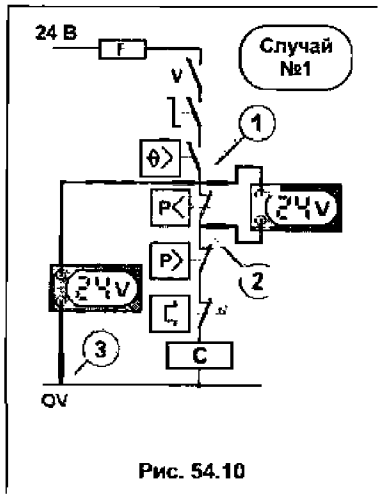


Рис. 54.10

Так как потенциал точки 1 равен 24В, это позволяет нам утверждать, что потенциал точки 2 не равен 0В (иначе вольтметр показывал бы 24-0=24В).

Поскольку потенциал точки 2 не равен 0В, то есть потенциалу точки 3, это обязательно говорит о наличии по крайней мере еще одного обрыва между этими двумя точками (допустим, например, что разомкнут контакт термореле).

Потенциал 0В, имеющийся в точке 3, без проблем проходит через медный провод катушки контактора и в точке 4 он также равен 0В. С другой стороны, если контакт термореле разомкнут, то в точке 5 *нулевой потенциал отсутствует,* поскольку он не может пройти через контакт термореле.

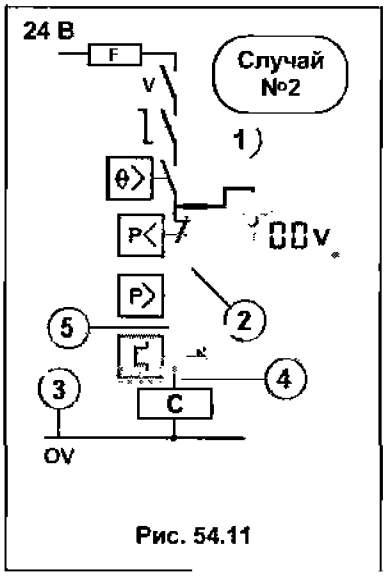


Рис. 54.11

Итак, между точками 2 и 5 нет никакого потенциала (ни 0В, ни 24В), потому что на концах отрезка 2-5 имеются разрывы цепи. Закрепить один из зажимов вольтметра в точке 2, это все равно, что оставить его на столе в помещении или бросить на открытом воздухе.

Поэтому вольтметр, у которого к электрической цепи подключен только один зажим, всегда будет показывать ОВ(см. рис. 54.12).

Таким образом, можно утверждать, что на любой электрической клемме могут быть реализованы 3 возможных значения потенциала:

• Потенциал напряжения питания (как правило, 24 или 220 Вольт), который мы будем называть «фазой».

• Нулевой потенциал, который мы называем «нейтралью» (нулевым проводом).

• Отсутствие потенциала, которое мы назовем «ничто».

Если вольтметр показывает какое-то напряжение (например, 24В), то независимо от того, в каких точках управляющей цепи производится измерение, мы сможем утверждать, что меряем напряжение между «фазой» и «нейтралью» (24-0=24В).

И напротив, если вольтметр показывает Ов, *мы абсолютно ничего не сможем утверждать. Действительно, вольтметр может измерять напряжение:*
• между двумя одинаковыми фазами (24-24=ОВ);
• между двумя нулевыми проводами (0-0=ОВ);
• между фазой и ничем (24-ничто=ОВ);
• между ничем и ничем (0-0=ОВ).

Вот почему когда мы будем искать неисправность с помощью вольтметра, мы всегда должны будем размещать его так, чтобы он показывал напряжение, так как только в этом случае мы будем уверены в наличии фазы и нуля. Дальше поиск неисправности сведется к нахождению разрыва в цепи (то есть момента, когда показания изменятся от 24В до 0В), который может быть как на фазе, так и на нулевом проводе.

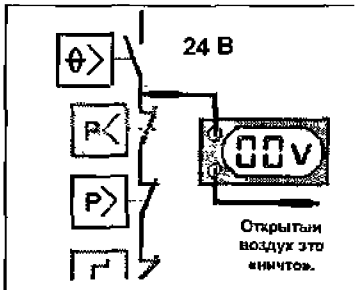


Рис. 54.12

Чтобы уточнить эти условия, возьмем другой пример. Рассмотрим теперь схему на рис. 54.13, представляющую предохранительную цепь с прессостатами ВД и НД, терморегулятором и термореле.
При выключенной схеме катушка **RS (14-15)** не запитана. В *отсутствие неисправностей, нормальный потенциал в* точках 1-7 равен 24В, а в точках 8-16 равен 0В.

Если в этот момент нажать кнопку «запуск» **(6-9),** фаза поступит в точку **14,** катушка **RS** получит питание и перейдет на режим самоудержания контактами **RS (7-8).** Поэтому катушка остается под напряжением, когда вы отпустите кнопку «запуск».

Потенциал точек от 8 до 14, при выключенной схеме равный 0В, станет равным 24В. Тогда точки от 1 до 14 будет иметь потенциал 24В, а точки 15 и 16 останутся с нулевым потенциалом.

Рассмотрим теперь, как действовать при поиске неисправности, если после нажатия на кнопку «запуск» катушка RS не срабатывает,*(вы имеете полное право поразмышлять, прежде чем читать дальше).*

Для того, чтобы отыскать неисправность, мешающую работе катушки RS, мы выполним все необходимые измерения без *нажатия на кнопку пускателя.* Мы советуем также зафиксировать базовую точку измерения (на фазе или нулевом проводе) с помощью зажима типа «крокодил». Так мы сможем работать с максимальным удобством, оставляя одну руку постоянно свободной.



Рис. 54.13

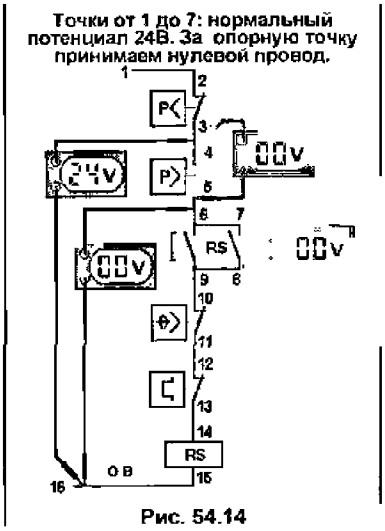


Рис. 54.14

1). Поиск неисправности на фазе (например, обрыв в цепи прессостата ВД 4-5).

Поскольку нормальный потенциал в точках от 1 до 7 соответствует потенциалу фазы (здесь это 24В), *возьмем в качестве базовой точки точку на нулевом проводе,* например, точку 16, в которой зафиксируем один из проводов вольтметра. Чтобы уменьшить число замеров, используем способ замеров посередине, с которым мы познакомились выше (см. рис. 54.14).

За опорную точку принимаем нулевой провод.
Второй провод вольтметра подключим, например, к точке 4 (нормальный потенциал 24В). Тогда вольтметр покажет 24В, что позволяет нам утверждать, *что выше точки 4 все нормально* (питание 24В проходит на схему, прессостат НД замкнут и вся проводка исправна). Теперь коснемся вторым проводом вольтметра, например, точки 5, на выходе из прессостата ВД, где показание вольтметра будет равны 0. Мы сможем заключить, что фаза, имеющаяся в точке 4, не проходит через контакты прессостата ВД, следовательно контакты разомкнуты. Остается только найти причину того, что они разомкнуты.

Примечание: Поскольку кнопка «запуск» отжата и катушка RS не работает, вольтметр, помещенный между точкой 4 (потенциал 24В) и точкой 5 (потенциал «ничто») будет показывать 0В.

С другой стороны, если при нажатой кнопке «запуск» вольтметр, помещенный между точками 4 и 5 покажет 24В, это будет признаком того, что потенциал точки 5 равен 0В. Следовательно, никаких других разрывов в линии 16-9-6-5 нет (катушка RS исправна, термореле и терморегулятор замкнуты, контакты кнопки работают нормально и все провода, соединяющие эту аппаратуру, исправны). Конечно, вольтметр, помещенный между точкой 7 (потенциал «ничто») и точкой 8 (или неважно какой другой точкой цепи) будет всегда показывать 0В).

2) Поиск неисправности в нулевом проводе (например, при разрыве контакта термореле 12-13).

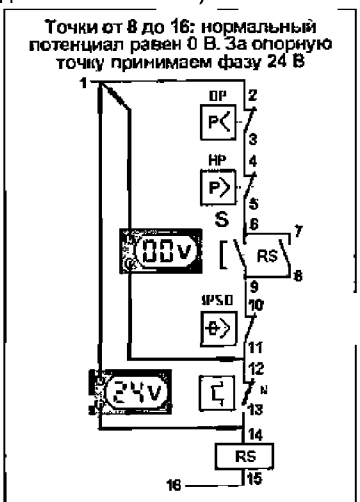


Рис. 54.15

Если 24В нормально доходят до точек 6 и 7, а нажим на кнопку пускателя не приводит к срабатыванию катушки RS, неисправность действительно находится между точками 8 и 16. Чтобы проверить эти точки, *нормальный потенциал которых равен 0В, возьмем в качестве опорной какую-либо точку на фазе (например, точку 1),* на которой закрепим один из проводов вольтметра (см. рис. 54.15).

Для контроля опорной точки вторым проводом вольтметра коснемся точки 16, вольтметр должен показать 24В (эта проверка позволяет быстро убедиться в том, что в точке 1 действительно присутствует фаза и что питание на схему подано).

Далее, чтобы уменьшить число замеров, измерение начнем от середины. Коснемся вторым проводом, например, точки 12. Поскольку нормальный потенциал этой точки равен 0В, вольтметр должен был бы показать 24В. Однако он показывает 0В, а это значит, что нулевой потенциал не попадает в точку 12, следовательно *вниз от точки 12 имеется разрыв цепи* (или разомкнуто термореле, или оборван провод катушки RS или имеется обрыв в проводах, соединяющих эту аппаратуру). Тогда второй провод подключаем к выходу термореле (точка 13). Вольтметр показывает 24В, и мы можем утверждать, что потенциал 0В действительно имеется в точке 13 (следовательно, между точками 13 и 16 никаких разрывов нет). Поскольку имеющийся в точке 13 потенциал Ов не проходит в точку 16, мы можем утверждать, что контакт термореле разомкнут.

ЗАПОМНИТЕ: Для прозвонки контактов линии, нормальным потенциалом которой является фаза, в качестве опорной точки необходимо брать нулевой провод. И напротив, для прозвонки контактов нулевой линии в качестве опорной точки необходимо брать фазу.

54.3. УПРАЖНЕНИЯ

Упражнение!. Прибыв для ремонта схемы, представленной на рис. 54.15, вы находите, что катушка RS не работает. При нажатии на кнопку S «запуск» она срабатывает, но тотчас же отключается, как только вы отпускаете кнопку.

Попытайтесь найти все *гипотезы,* способные объяснить эту неисправность, и способ их проверки с помощью вольтметра.

Упражнение 2. ***При первом включении схемы*** рис. 54.15 катушка RS после нажатия на кнопку пускателя не срабатывает. При отпущенной кнопке между контактами 1 и 9 и контактами 16 и 6 имеется напряжение 24В. При нажатой кнопке между контактами 1 и 9 имеется 0В, между контактами 16 и 6 имеется 24В.

Что могло произойти?

Решение упражнения 1. *При нажатии на кнопку S* «запуск» катушка RS работает. Это обстоятельство указывает нам, что на схему несомненно попадает напряжение 24В и что разрыв в цепи аппаратуры и соединительных проводах отсутствует, а кнопка вполне работоспособна.

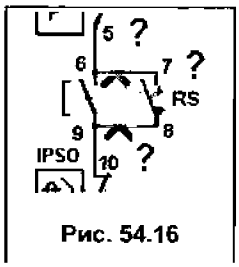


Рис. 54.16

С другой стороны, как только кнопка отпускается, катушка отключается. Это неизбежно означает, что в цепи самоподдержания имеется обрыв и тогда могут рассматриваться 3 равнозначных варианта: либо обрыв соединения 6-7, либо не замыкается контакт RS 7-8, либо обрыв соединения 8-9 (см. рис. 54.16). Если ремонтнику особенно не повезет, он может столкнуться с комбинацией этих трех неисправностей! Для проверки соединения 6-7 с помощью вольтметра зададимся следующим вопросом: *каким должен быть нормальный потенциал точки 6 при выключенной кнопке?* Поскольку ответом будет «фаза», в качестве опорной точки выбираем нулевой провод, то есть точку 16.

Коснувшись вторым проводом вольтметра точки 6, увидим, что вольтметр показывает 24 В, то есть фаза в точке 6 присутствует (что вполне нормально, поскольку при нажатии на кнопку S катушка RS срабатывает).

Поместив второй провод в точку 7, можно получить 2 варианта (см. рис. 54.17):
• Если вольтметр покажет 24В, это значит фаза проходит в точку 7. Имея в виду, что контакты RS разомкнуты и катушка RS отключена, можно утверждать, что соединение 6-7 исправно.

• Если вольтметр показывает 0В, значит фаза, имеющаяся в точке 6, не проходит в точку 7, что является несомненным признаком обрыва в соединении 6-7.

Для проверки соединения 8-9 зададимся следующим вопросом: *каков нормальный (при отключенной кнопке S) потенциал точки 97* Ответом на этот вопрос будет «нейтраль», поэтому в качестве опорной точки принимаем фазу, то есть точку 1 (см. рис. 54.18).

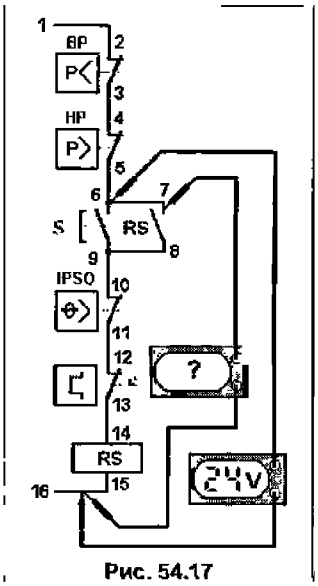


Рис. 54.17

Коснувшись вторым проводом точки 9 и обнаружив 24В, заключаем, что 0В присутствует в этой точке (в чем можно было не сомневаться, поскольку при нажатии на кнопку S катушка RS срабатывает).

Поместив второй провод в точку 8, мы снова можем получить 2 варианта:

• Если вольтметр показывает 24В, значит нулевой потенциал присутствует в точке 8. Как и в предыдущем случае, поскольку контакты RS разомкнуты и катушка RS не работает, это является несомненным признаком исправного состояния соединения 8-9.

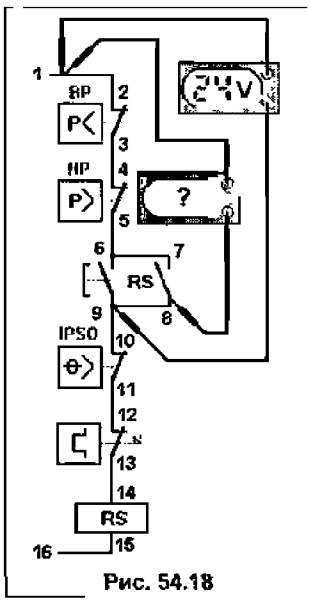


Рис. 54.18

• Если вольтметр показывает 0В, значит нулевой потенциал, имеющийся в точке 8, не проходит в точку 9. Тогда это является признаком того, что соединение 8-9 разорвано.

Если оба соединения 6-7 и 8-9 исправны, а катушка RS при нажатии на кнопку S не остается в режиме самоудержания, значит контакты RS 7-8 обязательно неисправны.

Никогда не забывайте, что при прозвонке цепи, в нормальном состоянии подключенной к фазе, в качестве опорной точки необходимо выбирать нулевой провод. С другой стороны, при прозвонке нулевой точки или цепи в качестве опорной точки нужно брать фазу.

Решение упражнения №2. ***При первом включении схемы*** после нажатия на кнопку S катушка RS не срабатывает. Рассмотрим результаты замеров (см. рис. 54.19).

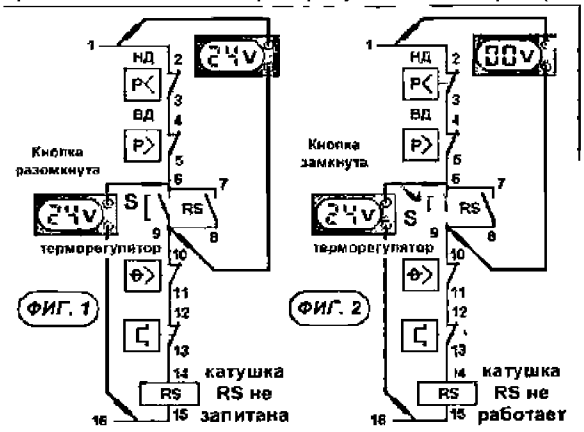


Рис. 54.19

Фиг.1. ***Контакты кнопки S разомкнуты*** и вольтметр показывает 24В между точками 1 и 9.

Это является признаком того, что в точке 1 присутствует фаза, а в точке 9 нулевой потенциал. Поскольку нулевой потенциал поступает в точку 9, значит контакты терморегулятора и термореле замкнуты, а соединительные провода между точками 9 и 16, также как и обмотка RS, исправны.

Между точками 16 и 6 вольтметр также показывает 24В. Это означает, что фаза, имеющаяся в точке 1, действительно поступает в точку 6. Следовательно, контакты обоих прессостатов замкнуты и все соединения между точками 1 и 6 исправны.

Таким образом, два этих замера позволяют нам утверждать, что все контакты предохранительных устройств замкнуты, а провода цепи (от точки 1 до точки 6 и от 9 до 16) исправны, также, как и обмотка катушки RS.
Теоретически при нажатии на кнопку S обмотка должна срабатывать, однако этого не происходит. Можно предположить, что контакты кнопки при нажатии на нее не замыкаются.

Фиг.2. ***При замкнутых контактах кнопки S*** между точками 6 и 16 вольтметр показывает 24В. Уже известно, что ноль находится в точке 16, а фаза в точке 6, поэтому данное измерение не представляет никакого интереса и совершенно бесполезно.

С другой стороны, замер при нажатой кнопке S показывает, что напряжение между точками 1 и 9 меняется от 24В до 0В, Следовательно, можно немедленно сделать вывод... Кстати, перед тем как читать дальше, что вы скажете об этой ситуации?

Кнопка S разомкнута, в точке 1 присутствует 24В, а в точке *9* имеем 0В (см. фиг. 3 на рис. 54.20).

После нажатия на кнопку S напряжение между точками 1 и *9* меняется с 24В на 0В (см. фиг.4 на рис. 54.20;. Следовательно, это признак того, что контакты кнопки замкнулись, пропустив фазу из точки 6 в точку *9* (24-24=0В). Таким образом, наше первое предположение о неисправности контактов кнопки не подтверждается.
Порассуждаем немного: поскольку фаза легко проходит в точку *9* при нажатии кнопки S, значит она проходит и в точку 14, так как цепь *9*-14 исправна.

Это легко проверить, поместив вольтметр между точками 14 и 15, после чего мы увидим, что вольтметр показывает 24В на клеммах катушки, но реле RS не срабатывает (см. рис. 54.21).

Мы могли бы подумать, что в обмотке реле имеется обрыв, однако мы с уверенностью знаем, что это невозможно, поскольку обмотка пропускает нулевой потенциал (см. фиг.3 на рис. 54.20).

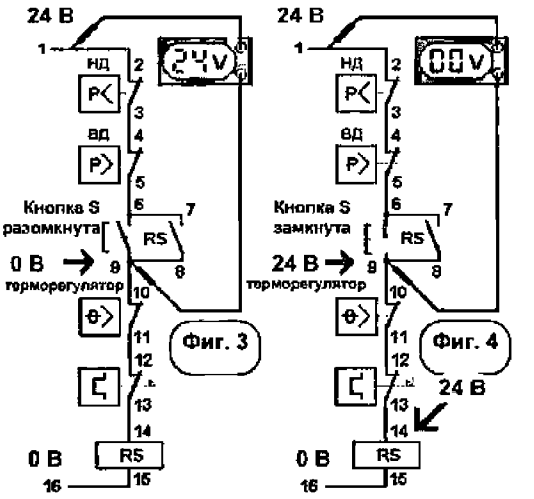


Рис. 54.20

Итак, обрыва в катушке нет, но реле, запитанное напряжением 24В, не срабатывает. Значит, либо катушка не оказывает воздействие на сердечник реле по причине механического повреждения (но в этом случае при подаче напряжения можно было бы отчетливо слышать гудение или вибрации), либо реле не срабатывает просто потому, что *напряжение питания недостаточно.*

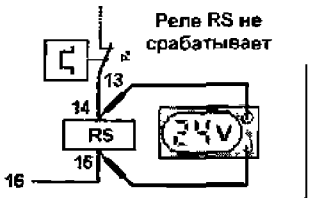


Рис. 54.21

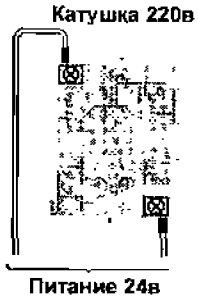


Рис. 54.22

В нашем случае, поскольку речь идет о *первом включении схемы,* скорее всего электромонтер по ошибке поставил реле, рассчитанное на напряжение 220В (или 380В), в цепь с напряжением питания 24В (см. рис. 54.22), которое является слишком слабым и не обеспечивает срабатывание реле (заметим, что как правило, номинальное напряжение катушки указывается снаружи на корпусе реле).

Рассмотрим теперь, как проверить с помощью вольтметра плавкие предохранители.

Иногда случается, что плавкий предохранитель перегорает вследствие резкого возрастания тока, как правило, обусловленного коротким замыканием. После этого вся аппаратура, установленная после предохранителя (реле, контакторы, сигнальные лампы...) перестает работать. Столкнувшись с такой проблемой, многие нерешительные ремонтники разбирают патроны с плавким предохранителем и поозванивают их омметром.

Посмотрим, как можно очень быстро проверить предохранители ничего не разбирая с помощью простого вольтметра.

Пусть надо проверить 2 предохранителя, установленных на нулевом проводе (FN) и на фазе (FL) так, как показано на схеме рис. 54.23. Питание подходит по нулевому проводу (1) и фазе (2). Выход на щит с электрооборудованием производится с точек 3 и 4.

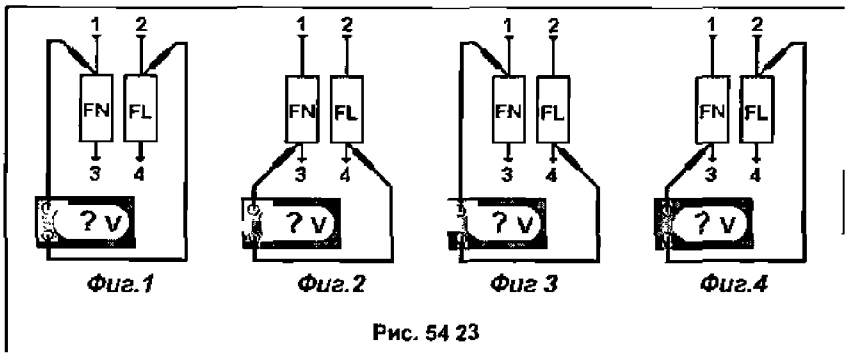


Рис. 54 23

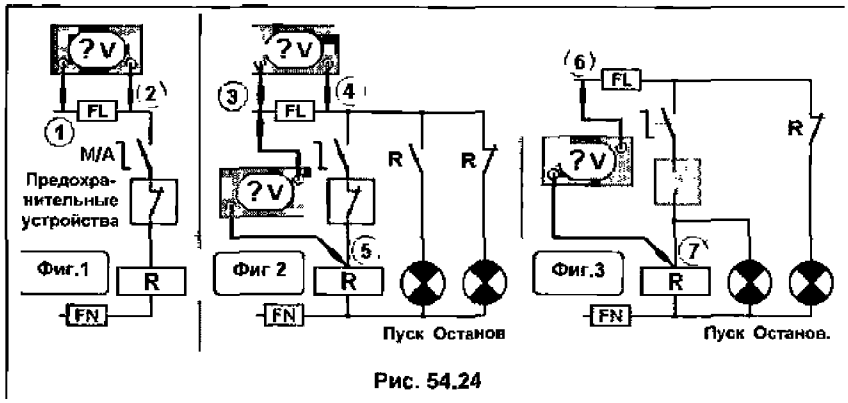


Рис. 54.24

Фиг.1. Установим вольтметр вверху между точек 1 и 2. Если он показывает 0, значит неисправность находится за пределами схемы и нужно проверить трансформатор. Если напряжение 24В, значит все нормально и измерения продолжаются.

Фиг.2. Поместим вольтметр между точками 3 и 4, на выходе из предохранителей. Если он показывает 24В, оба предохранителя целы и неисправность находится в схеме. При 0В один или оба предохранителя перегорели и измерения продолжаются.

Фиг.3. Установим вольтметр между 1 (на входе нуля) и 4 (на выходе фазы). Если он показывает 0, значит фазовый предохранитель FL не пропускает фазу от точки 2 к точке 4: можно, следовательно, утверждать, что он перегорел. Если показания вольтметра равны 24В, значит предохранитель нормально пропускает ток от точки 2 к точке 4, то есть он обязательно исправен.

Фиг.4. Поместим вольтметр между точками 2 (вход фазы) и 3 (выход нуля). Если показания равны 0В, предохранитель FN не проводит ток от точки 1 к точке 3, следовательно, можно утверждать, что он сгорел. Если вольтметр показывает 24В, предохранитель нормально проводит ток между точками 1 и 3: можно утверждать, что он исправен.

54.4. УПРАЖНЕНИЯ

Рассмотрим схемы, представленные на рис. 54.24.

Фиг.1: Предохранитель FL перегорел. Все *другие элементы исправны.* Что покажет вольтметр между точками 1 и 2, если рубильник M/A (пуск/останов) выключен? А если включен?

Фиг.2. Предохранитель FL перегорел. *Все другие элементы исправны.* Что покажет вольтметр между точками 3 и 4, когда рубильник M/A выключен? *Если вдобавок к этому в обмотке катушки R имеется обрыв,* что покажет вольтметр между точками 3 и 5 (рубильник M/A выключен и включен)?

Фиг.3. Обмотка катушки R оборвана. *Все другие элементы исправны.* Что покажет вольтметр между точками 6 и 7 при выключенном рубильнике M/A? А при включенном?

Как обычно, ниже приводятся ответы, однако не спешите прочитать их, подумайте...

Решение.

Вновь рассмотрим схему фиг.1 (см. рис. 54.25).

Предохранитель FL перегорел но все остальные элементы исправны. То есть потенциал 24В (например) заблокирован в точке 1 и ни в коем случае не может пройти через предохранитель FL.

Поскольку за исключением предохранителя все нормально, нулевой потенциал без проблем проходит FN, обмотку R и предохранительные устройства. То есть потенциал Ов постоянно находится под рубильником M/A.

Если рубильник M/A выключен, потенциал ОВ не может пройти через него, и потенциал точки 2 суть «ничто» Следовательно, вольтметр покажет 24-«ничто»=ОВ.

Если рубильник M/A включен, потенциал ОВ поступает в точку 2 и тогда вольтметр покажет 24-0=24В.



Рис. 54.25

Во всех случаях, когда на концах предохранителя появляется напряжение, это означает, что предохранитель сгорел. Однако если напряжение на концах предохранителя отсутствует, это вовсе не обязательно означает, что предохранитель исправен.

Рассмотрим теперь схему на рис. 54.26.

Предохранитель FL сгорел. Значит 24В присутствует в точке 3 и не может пройти в точку 4.

Обмотка реле R не запитана, реле сработать не может, и его нормально замкнутый контакт R, включенный в схему последовательно с сигнальной лампой «Останов» (см. поз.5), обязательно замкнут. Но лампа ни что иное, как обычное сопротивление, поэтому потенциал ОВ постоянно присутствует в точке 4 и вольтметр покажет 24В независимо от положения рубильника M/A.

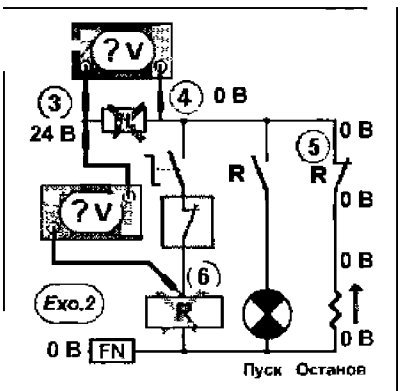


Рис. 54.26

Если обмотка R оборвана и рубильник M/A выключен, потенциал точки 6 суть «ничто» и вольтметр покажет ОВ. С другой стороны, если рубильник включен, потенциал ОВ, имеющийся в точке 4, может пройти в точку бив этот момент, вольтметр покажет 24В.

Рассмотрим схему на рис. 54.27.

Обмотка реле R оборвана и рубильник выключен, нормально замкнутый контакт реле R замкнут и сигнальная лампа остановки горит. Потенциал 0В без проблем проходит через сопротивление сигнальной лампы пуска и находится в точках 7 и 8.

Поэтому вольтметр показывает 24В, *хотя катушка реле оборвана.* Заметим, что если нормально разомкнутый контакт реле R установлен последовательно с сигнальной лампой пуска (в точке 8), нулевой потенциал не сможет пройти в точку 7 и тогда вольтметр будет показывать 0В.

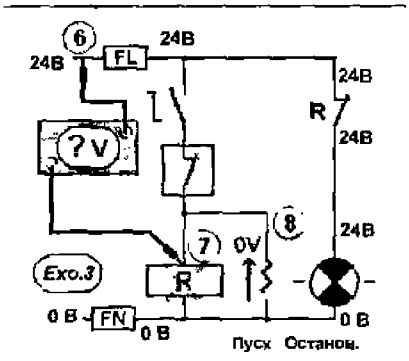


Рис. 54.27

Если включить рубильник, потенциал 24В приходит в точки 7 и 8, и сигнальная лампа пуска загорится, хотя реле не сработает. Поэтому одновременно будут гореть и сигнальная лампа пуска и сигнальная лампа останова. Конечно, вольтметр при этом будет показывать 0В, потому что потенциалы точек 6 и 7 будут равны 24В.

Если *вы смогли решить эти несколько упражнений не читая подсказок и при этом не попались в коварно расставленные автором ловушки, значит вы все поняли, и в будущем у вас не возникнет никаких проблем при использовании простого вольтметра для обнаружения громадного большинства электрических поломок.*

B) Ремонт с использованием омметра

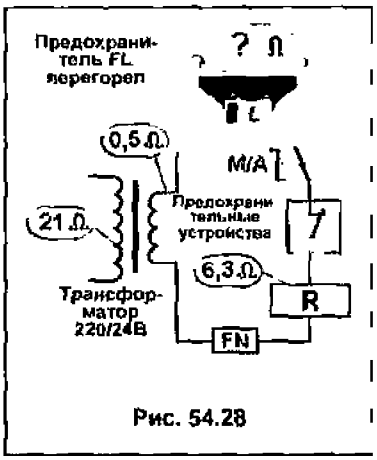


Рис. 54.28

Этот способ должен быть использован только тогда, когда электрический щит (шкаф с электрооборудованием) невозможно оставлять под напряжением (как правило, это относится к случаям замыкания на массу или короткого замыкания в одном из потребителей), так как при этом требуется полное отключение установки от сети.

Чтобы проиллюстрировать проблемы, возникающие при поиске неисправностей с помощью омметра, рассмотрим небольшую схему на рис. 54.28, запитанную через трансформатор 220/24В. Первичная обмотка трансформатора имеет сопротивление 21 Ом, вторичная - 0,5 Ом, и катушка реле R имеет сопротивление 6,3 Ом.

Перед тем, как подключить омметр, познакомимся на схеме рис. 54.29 с первой опасностью такого способа поиска неисправностей. В самом деле, если схема находится под напряжением, мы видим, что при включенном рубильнике на концах предохранителя имеется напряжение 24В. Поэтому как только мы подключим к предохранителю омметр, он немедленно «задымится» (представьте повреждение в цепи с напряжением 220 или 380В!). Опасность ошибок так велика, что всегда нужно отключать шкаф от сети.

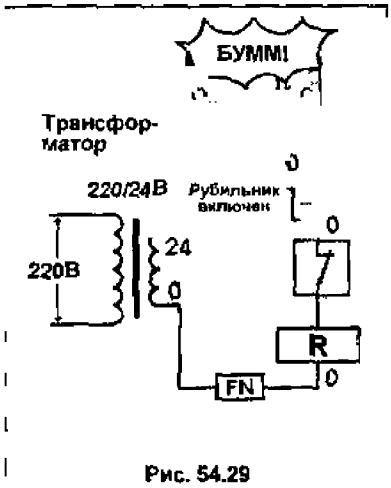


Рис. 54.29

Перед подключением омметра к контуру, необходимо обязательно убедиться в том, что напряжение в нем отсутствует.

54.5. УПРАЖНЕНИЯ

Упражнение 1. На схеме рис. 54.28 перегорел предохранитель FL.

Что покажет подключенный к его концам омметр, когда рубильник выключен и когда включен?

Упражнение 2. На схеме рис. 54.30 сопротивление *холодной* лампочки 18 Ом. Если предохранитель FL тоже перегорел, что покажет подключенный к его концам омметр, когда рубильник выключен и когда включен.

Ответы см. ниже...

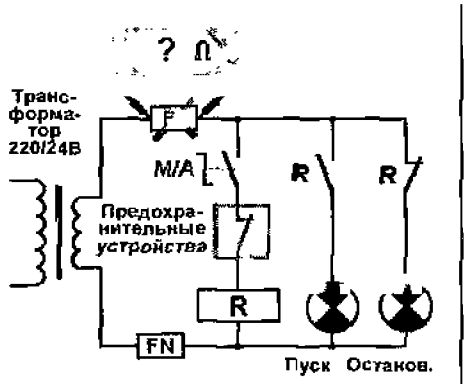


Рис. 54.30

Решение упражнений.

Упражнение 1. Еще раз напомним, что перед подключением омметра *схема должна быть обязательно обесточена*. То есть в этот момент вся установка или ее часть должна быть остановлена, (см. рис. 54.31).

Если остановка небольшого агрегата (малая холодильная камера, небольшой кондиционер...) не доставляет больших неудобств, то для больших установок (промышленный холод, кондиционирование производственных и публичных зданий...) это, как правило, не так.

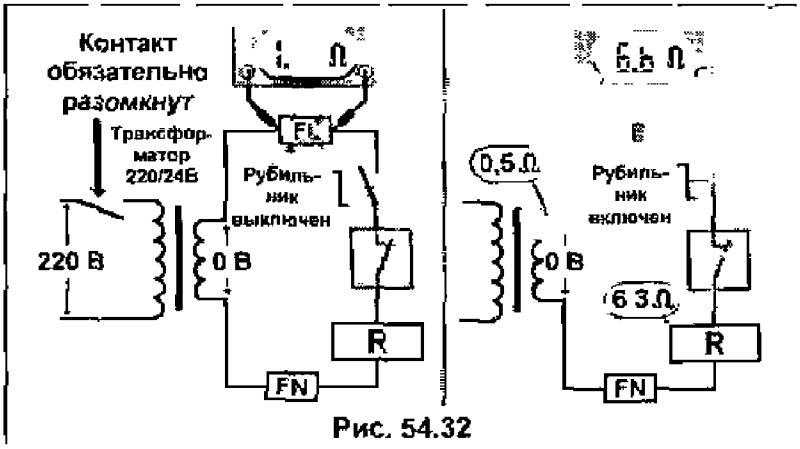


Рис. 54.32

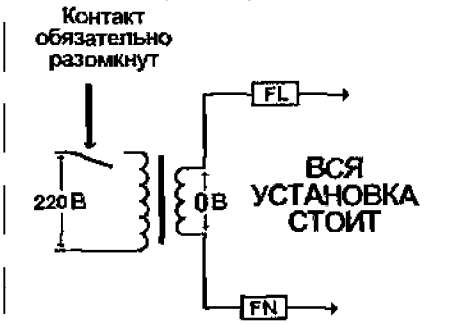


Рис. 54.31

При выключенном рубильнике (см. рис. 54.32) электроны, испускаемые элементом питания омметра, не могут циркулировать по схеме. Поэтому омметр покажет сопротивление, равное бесконечности. Перегорание предохранителя можно обнаружить.

При *включенном рубильнике* сопротивление вторичной обмотки (0,5 Ом) и соединенной с ней последовательно обмотки реле (6,3 Ом) дадут показания омметра, равные полному сопротивлению, то есть 6,3+0,5=6,80м. Сопротивление первичной обмотки на показания омметра не влияет.

Упражнение 2. При *выключенном рубильнике* (см. схему на рис. 54.33) сопротивление катушки реле R исключается из цепи.

Сопротивление вторичной обмотки трансформатора (0,50м) и сигнальной лампочки останова (180м) включены в цепь последовательно. Омметр покажет полное сопротивление, то есть 0,5+18=18,50м.

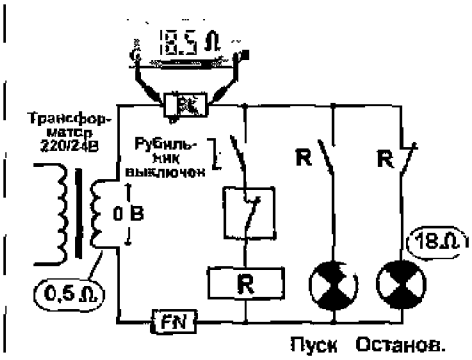


Рис. 54.33

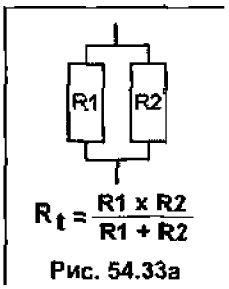


Рис. 54.33а

Перед тем, как посмотреть, что произойдет при включенном рубильнике, напомним, что при параллельном соединении двух сопротивлений R1 и R2 полное сопротивление Rt, получаемое в результате такого соединения, будет равно произведению R1 на R2, деленному на сумму R1+R2 (см. рис.54.33а).

Отметим, что полное сопротивление Rt соединенных параллельно нескольких сопротивлений всегда *меньше самого малого из всех этих сопротивлений* (10 Ом, соединенных параллельно с 15 Омами, дадут полное сопротивление Rt=150/25=60м)

Заметим также, что полное сопротивление двух параллельно соединенных одинаковых сопротивлений равно половине одного из этих сопротивлений (10 Ом, соединенных параллельно с 10 Омами дадут полное сопротивление Rt=100/20=5 0М).

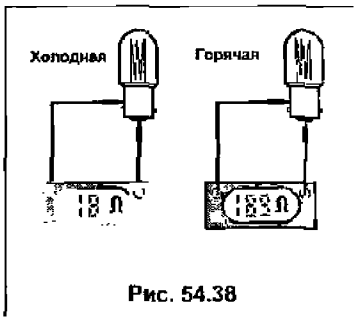


Рис. 54.38

При включенном рубильнике катушка R соединена параллельно с сигнальной лампой останова (см. рис. 54.34).

Тогда полное сопротивление двух этих потребителей будет равно 4,7 Ом. Поскольку сопротивление 4,7 Ом включено в цепь последовательно с вторичной обмоткой трансформатора, полное сопротивление схемы равно 4,7+0,5=5,20ма. Следовательно, эту величину и покажет омметр.

Итак, чем больше будет в схеме параллельно соединенных элементов, тем меньше будет сопротивление, показываемое омметром (это иногда приводит к *ошибочному* заключению о том, что контакт замкнут, так как измеряемое сопротивление оказывается очень низким). Поэтому перед подключением омметра к какому-либо элементу обязательно нужно отключить от этого элемента как минимум один провод.

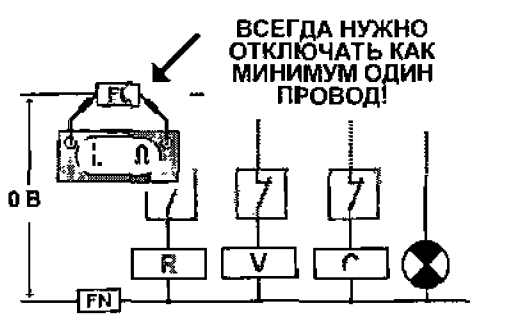


Рис. 54.35

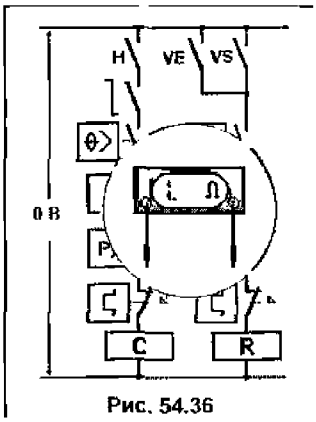


Рис. 54.36

***Это единственный способ избежать ошибок (см.* рис. 54.35).**

Конечно, нужно также всегда отключать питание и для прозвонки какого-либо потребителя одну из его клемм оставлять свободной.

Таким образом, чтобы прозванивать цепь контактов омметром, необходимо каждый раз отключать одну из двух клемм очередного контакта, потом вновь подключать к ней провода, что всегда является гораздо более длительной и нудной процедурой по сравнению с проверкой цепи с помощью вольтметра (см. рис, 54.36)!

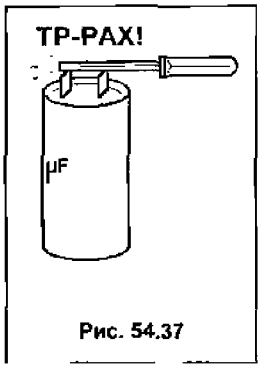


Рис. 54.37

Напомним также, что при проверке конденсаторов (см. рис. 54.37) перед тем, как дотрагиваться до их выводов и подключать к ним измерительную аппаратуру, конденсаторы необходимо разрядить.

Наконец, отметим следующее. При формулировке упражнения мы говорили о сопротивлении холодной лампы. Это упоминание заслуживает небольшого пояснения. Действительно, волосок лампы накаливания имеет температуру свыше 2000°С, когда лампа горит. Однако с ростом температуры сопротивление волоска повышается.

Так, для обычной лампы накаливания ее сопротивление в нагретом состоянии примерно в 10 раз больше сопротивления холодной лампы (см. рис. 54.38).

Поэтому в нашем примере лампа, имеющая в холодном состоянии сопротивление, например 18 0м, будучи нагретой повышает свое сопротивление примерно до 190 Ом.

Отметим также, что при подаче напряжения на холодную лампу, сопротивление которой в 10 раз меньше, чем горячей, потребляемый ею ток становится в 10 раз больше (к счастью, продолжительность действия этого заброса тока крайне короткая.)

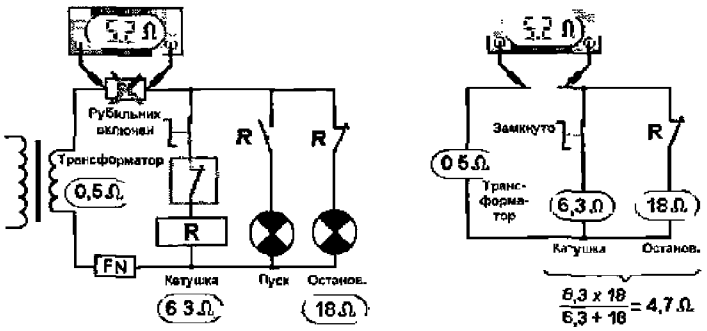


Рис. 54.34

В *заключении запомним следующее:*

- Поиск электрических неисправностей должен производиться преимущественно с помощью вольтметра с тем, чтобы ускорить процесс выявления незамкнутых контактов или обрыва проводов в потребителях. Очень практичным при этом является метод поиска дефектов «от середины».

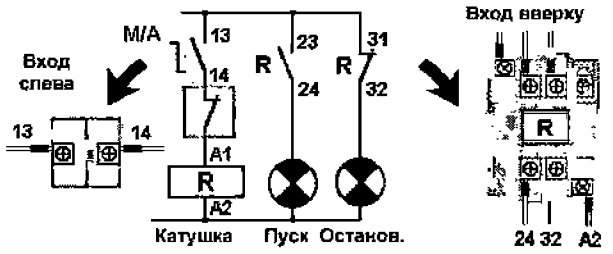


Рис. 54.39

Если ремонтник не имеет в своем распоряжении схемы электрооборудования (или если в схеме полно ошибок), метод вольтметра все равно остается лучшим решением. Действительно, достаточно немного здравого смысла и экспериментов, чтобы несмотря ни на что достичь желаемого результата. Поиск неисправностей при этом просто будет немного дольше. Отметим, что профессиональный монтер подключает вход любого потребителя либо сверху, либо слева (подключение производится в том же порядке, в котором мы читаем книгу, то есть слева направо и сверху вниз, см. схему на рис. 54.39).

Использование омметра должно быть зарезервировано только для исключительных случаев, когда установку нельзя оставлять под напряжением. Это будут случаи, когда подача напряжения на установку приводит к срабатыванию дифференциального автомата тока утечки (один из элементов замкнуло на массу), перегоранию плавкого предохранителя или срабатыванию автомата защиты (короткое замыкание в одном из элементов цепи).

Омметр потребуется также, если вы захотите проверить обмотку электродвигателя или конденсатор, или отыскать нужные клеммы в аппаратуре с большим количеством выводов (например, пусковое реле или многоступенчатый термостат).

Вам не остается ничего другого, как использовать для ремонта вольтметр, чтобы на практике убедиться в справедливости наших рекомендаций. Если вначале вы будете немного нерешительны, не падайте духом и будьте настойчивы: Вы очень быстро восстановите потерянное время!

55. РАЗЛИЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

1) Какие последствия может вызвать повышенное напряжение в сети?

Все производители электроаппаратуры приводят допустимый диапазон изменения напряжения питания, в пределах которого их аппаратура работает нормально. Например, если прибор может работать при напряжении 220В±10%, это означает, что *минимальное* напряжение его питания составляет 220-22=198В, а *максимальное* 220+22=242В. Понятно, что если напряжение питания ниже 198В или выше 242В, разработчик не может гарантировать нормальную работу своего прибора.

Проблему повышенного напряжения достаточно легко понять, потому что во всех случаях, каким бы ни был тип потребителя, перенапряжение всегда приводит к росту потребляемого тока. Если перенапряжение значительное или продолжительное по времени, защита потребителя от перегрева является задачей тепловых и электромагнитных предохранительных устройств. Если перенапряжение слабое, короткое или редко возникающее, потребителю, как правило, ничто не угрожает.

С другой стороны, если перенапряжение очень значительное (например, при грозовом разряде, напряжение которое может превышать многие миллионы Вольт), всплеск силы тока может быть таким, что потребитель сгорит, прежде чем на этот всплеск среагируют предохранительные устройства.

Если на лампочку напряжением 24В/3Вт подать 24В (см. рис. 55.1), она горит, потребляя мощность 3Вт. Однако если на нее подать напряжение 240В (то есть в 10 раз больше), она мгновенно перегорает.

Это происходит потому, что потребляемая мощность пропорциональна квадрату напряжения ($P=u^2/R$). Таким образом, подключая лампочку к источнику питания с напряжением, в 10 раз большим номинального, мы заставляем ее поглощать мощность, возросшую в 100 раз (то есть 300Вт, что соответствует небольшому электронагревателю).

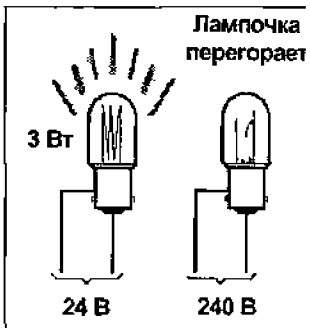


Рис. 55.1

2) Какие последствия может вызвать падение напряжения в сети ?

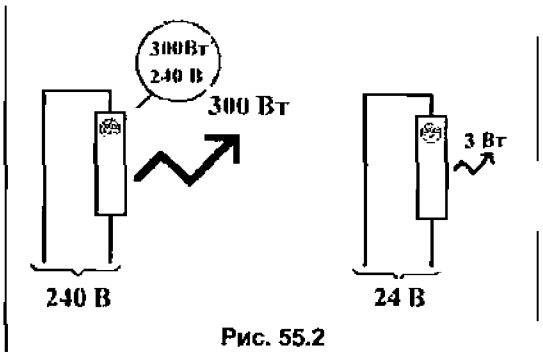


Рис. 55.2

В случае падения напряжения проблема определения последствий гораздо более сложная, поскольку последствия зависят от типа потребителя электроэнергии. По крупному можно выделить две основные категории потребителей: *типа сопротивления и типа двигатели.*

Для потребителя типа сопротивления падение напряжения всегда приводит к эквивалентному снижению потребляемого тока (напомним закон Ома: I=U/R).

Так, при низком напряжении сопротивление потребляет более слабый ток, что не влечет за собой абсолютно никакой опасности его повреждения. Например (см. рис. 55.2), сопротивление, потребляющее 300 Вт при 240В, будет потреблять только 3 Вт, если оно находится под напряжением 24В! Конечно, это может быть очень плохо, если речь идет, например, об электронагревателе картера компрессора.

Для потребителя типа двигатели необходимо различать двигатели, приводящие в действие устройства с большим моментом сопротивления (см. рис. 55.3), например, поршневые холодильные компрессоры, и приводные двигатели механизмов с низким моментом сопротивления (например, осевой вентилятор, для вращения которого достаточно легкого дуновения ветра).

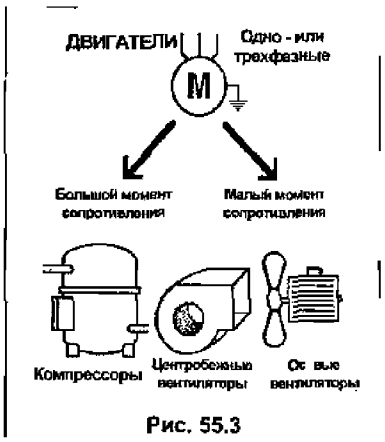


Рис. 55.3

Центробежные вентиляторы находятся между этим двумя категориями, однако большинство из них имеет такие характеристики, с которыми трудно выдержать заметное падение напряжение питания. Поэтому их, как правило, относят к категории агрегатов с большим моментом сопротивления.

Прежде всего вспомним, что момент на валу двигателя, то есть его способность приводить в движение какой-либо агрегат, зависит от квадрата напряжения питания.

Так, если двигатель предназначен для работы при напряжении 220В, то в случае падения напряжения до 11О В (то есть в 2 раза меньше) его крутящий момент на валу упадет в 4 раза (см. рис. 55.4).

Если во время падения напряжения *момент сопротивления приводимого агрегата очень велик* (например, у компрессора), двигатель останавливается. При этом он начинает потреблять ток, равный величине пускового тока, и это происходит в течение всего периода вынужденной остановки. В результате двигатель опасно перегревается и остается только надеяться, что встроенная защита или тепловое реле защиты очень быстро отключат питание.



Рис. 55.4

С другой стороны, *если момент сопротивления приводимого устройства низкий* (например, у небольшого осевого вентилятора), снижение напряжение питания обусловливает уменьшение скорости вращения, потому что мотор при этом имеет меньшую располагаемую мощность.

Как раз именно это свойство используется в большинстве многоскоростных двигателей, вращающих вентиляторы в индивидуальных кондиционерах (см. рис. 55.5).

В положении БС (Большая Скорость) сопротивление замкнуто накоротко и к мотору подается 220В. Он вращается тогда с номинальной скоростью.

В положении МС (Малая Скорость) сопротивление включено последовательно с обмоткой двигателя, что обусловливает заметное падение напряжения на двигателе. Крутящий момент на валу падает, и вентилятор вращается с пониженной скоростью.

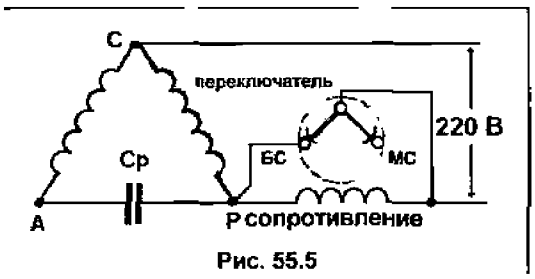


Рис. 55.5

При этом падает и потребляемый ток. Это свойство широко используется при изготовлении электронных регуляторов скорости на основе тиристоров, специально предназначенных для регулирования давления конденсации путем изменения скорости вращения осевых вентиляторов, устанавливаемых в конденсаторах с воздушным охлаждением (см. рис. 55.6).

Эти регуляторы, называемые иногда вентилями тока или преобразователями, работают, как и большинство регуляторов - ограничителей, по принципу «срезания» части амплитуды переменного тока.

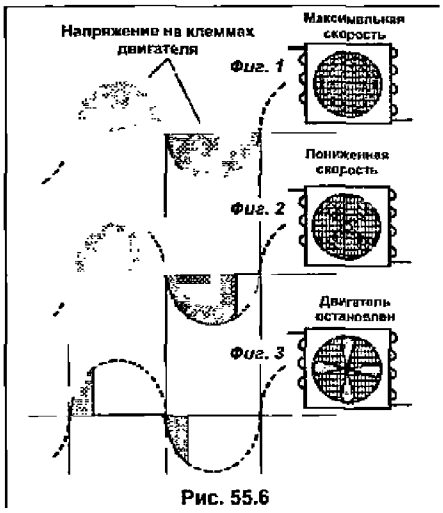


Рис. 55.6

Фиг.1. Высокое давление конденсации, регулятор скорости полностью пропускает полупериоды сети.
Напряжение на клеммах двигателя (соответствующее заштрихованной области) равно напряжению в сети и двигатель вращается с максимальной скоростью, потребляя номинальный ток.

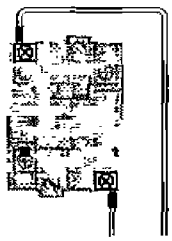
Фиг. 2. Давление конденсации падает, в действие вступает регулятор, срезая часть каждого полупериода, поступающего на вход в двигатель (в каждом полупериоде он на короткое мгновение отключает питание). Среднее напряжение на клеммах двигателя падает (см. заштрихованную область) и скорость, также как и потребляемый ток, падают.

Фиг.3. Если среднее напряжение становится настолько слабым, что крутящий момент двигателя оказывается меньше, чем момент сопротивления вентилятора, мотор останавливается и начинает греться.
Поэтому регуляторы скорости как правило настраиваются на предельно допустимое значение минимальной скооости.

Примечание: метод «срезания» части амплитуды переменного тока может использоваться только тогда, когда однофазные двигатели предназначены для привода агрегатов с низким моментом сопротивления.
Падение напряжения может происходить и в сети внешней энергосистемы: мы хорошо знаем последствия кратковременного отключения напряжения или падения напряжения, которые приводят к снижению яркости освещения. Мы знаем также, что необходимо соблюдать правила подбора сечения питающих проводов, чтобы ограничить падение напряжения на них до приемлемой величины. Однако иногда падение напряжения может иметь и другие причины, не относящиеся напрямую к потери напряжения в подводящих проводах.

Например, катушка электромагнита реле 24В (вполне обычная), позволяющая управлять небольшим контактором, представленным на рис. 55.7, в момент срабатывания электромагнита потребляет ток 3А, а в режиме удержания потребляемый ток составляет О,3А (то есть в 10 раз меньше).

То есть электромагнит при включении потребляет ток, равный десятикратному току режима удержания. Хотя продолжительность включения очень короткая (около 20мс), это иногда может оказывать заметное влияние в больших командных цепях, имеющих много контакторов или реле. Действительно, рассмотрим схему на рис. 55.8.



Катушка 24В
ток срабатывания 3А,
ток удержания 0,3А

Рис. 55.7

В ней установлено 20 контакторов, от С1 до С20 (поскольку размеры страницы ограничены, контакторы с С2 до С19 на схеме не показаны).

После выключения тока все 20 контакторов находятся в ждущем режиме. Как только ток включится, они *одновременно* сработают.

Поскольку каждый контактор потребляет при срабатывании 3А, через вторичную обмотку трансформатора пойдет ток, равный 3х20=60А.
Если вторичная обмотка имеет сопротивление 0,3 Ома, *то падение напряжения* на ней в момент срабатывания контакторов составит 0,3х60=18 В. Тогда напряжение питания контакторов составит всего 6 В (см. рис. 55.9), и они могут не сработать.

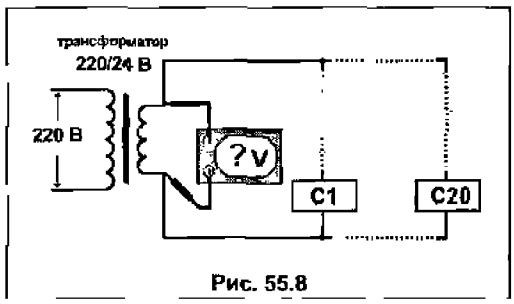


Рис. 55.8

При этом и трансформатор и проводка будут *сильно перегреваться, а* контакторы начнут гудеть, но не смогут перебросится в режим удержания, что будет продолжаться до тех пор, пока не сгорит предохранитель или не сработает автомат защиты.

Если вторичная обмотка трансформатора имеет сопротивление 0,2 Ома, в момент включения питания контакторов падение напряжения на ней составит 0,2х60=12В. Контакторы при этом будут запитаны только 12 Вольтами вместо 24, и утверждать, что они сработают, нет никаких оснований. Если же они не сработают, ток в цепи останется аномально высоким, также как и в предыдущем примере.

Проблема сопротивления вторичной обмотки объясняет, почему напряжение холостого хода на выходе трансформатора более значительное, чем напряжение под нагрузкой. Чем больше потребляемый ток, тем ниже выходное напряжение.

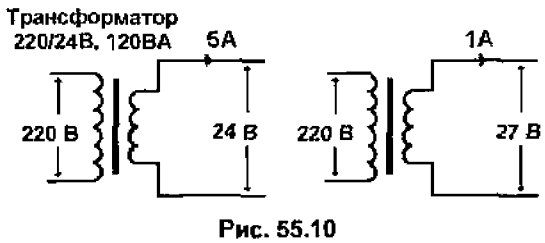


Рис. 55.10

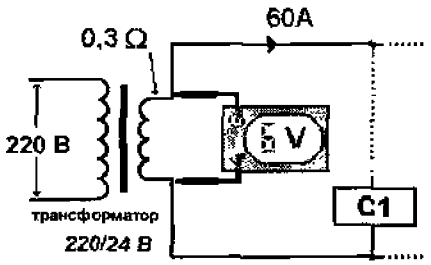


Рис. 55.9

В примере на рис. 55.10 трансформатор 220/24В имеет мощность 120 ВольтАмпер и запитан напряжением 220В. Когда трансформатор выдает ток 5А, замер выходного напряжения дает нам величину 24В (24х5-120ВА).

Однако, когда потребляемый ток падает до 1А, выходное напряжение повышается, достигая, например, 27В. Это напряжение, вызванное влиянием сопротивления провода вторичной обмотки. Если ток падает, выходное

напряжение растет. И наоборот, если потребляемый ток больше 5А, выходное напряжение становится ниже 24В и трансформатор начинает перегреваться (напомним, что нагрев зависит от квадрата тока). Итак, слишком маломощный трансформатор может вызвать серьезные проблемы: *Поэтому нельзя пренебрегать подбором мощности трансформаторов !*

3) Как настраивать тепловое реле ?

Реле тепловой защиты предназначено, главным образом, для защиты двигателя от ***незначительной по величине, но продолжительной перегрузки*** по току. Напомним, что двигатель нагревается пропорционально квадрату потребляемого тока ($P=RxI^2$). Таким образом, если потребляемый ток возрастает в 2 раза (см. рис. 55.11), нагрев двигателя увеличивается в 4 раза.

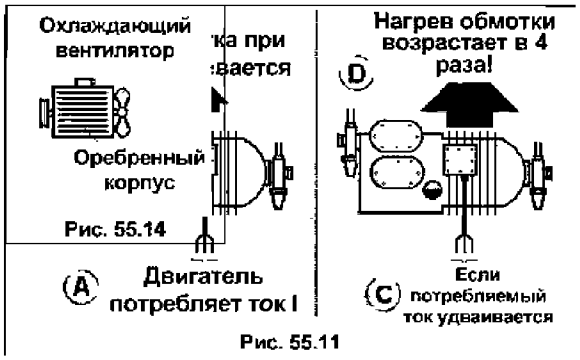


Рис. 55.11

Конечно, идеальным вариантом тепловой защиты был бы такой вариант, при котором двигатель очень быстро отключался бы от сети при превышении заданного значения силы тока. Однако в этом случае возможно срабатывание реле тепловой защиты на пусковом режиме, когда сила тока в некоторые моменты может в 8 раз превосходить номинальное значение. Поэтому используемая конструкция (на основе 3 биметаллических пластин) позволяет запустить двигатель без нежелательных отключений. Это достигается за счет установки в тепловое реле нагревательного элемента, который выбирается с учетом времени, необходимого для отключения двигателя в зависимости от тока, проходящего через нагревательный элемент.

Кривая на рис. 55.12 построена для наиболее благоприятного случая, когда биметаллические пластины нагревательного элемента уже горячие (если эти пластины холодные, время отключения возрастает).

Для теплового реле, настроенного на 10А, при токе 10А отключения не происходит вообще, что представляется вполне нормальным. Если ток растет до 15А, тепловое реле отключит двигатель примерно через 80с. При токе 40А отключение произойдет через 6с, а при токе 60А - через 3с.

Рассмотрим теперь кривую на рис. 55.13, построенную для реле, настроенного на те же 10А, но для случая, когда тепловое реле должно защищать 3-х фазный двигатель в случае обрыва одной из фаз (двигатель работает только с двумя обмотками).

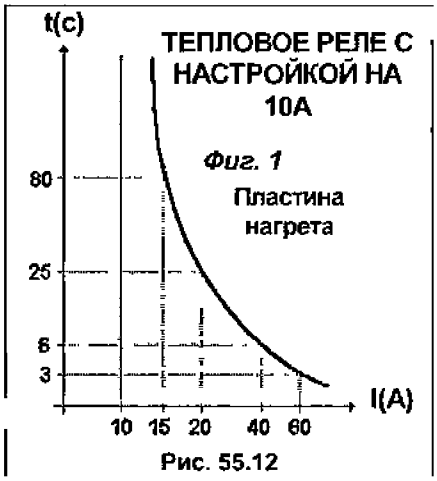


Рис. 55.12

Если оставшиеся две обмотки потребляют 10А, тепловое реле отключит двигатель примерно через 240 секунд (4 минуты).

Если ток вырастает до 15А, отключение произойдет примерно через 40 секунд. При токе в 20А тепловому реле для отключения двигателя потребуется 18 секунд, для 60А - 3 секунды.

Как видим, настроенное на 10А тепловое реле в случае аномалий отключает защищаемый двигатель через достаточно длительный отрезок времени.

Поэтому тепловое реле никогда не следует настраивать на величину тока, превышающую номинальное значение (указанное на пластинке, прикрепленной к корпусу двигателя).

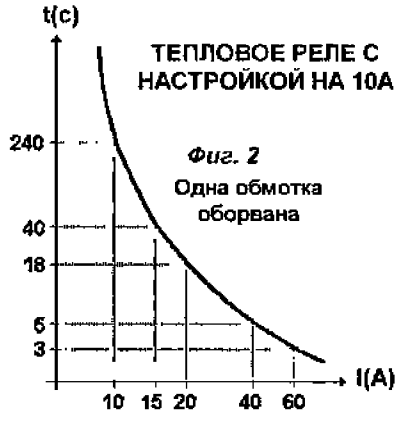


Рис. 55.13

Часто случается, что двигатель потребляет ток *ниже*, чем указано на его корпусе. Это объясняется тем, что сила тока, указанная на корпусе, соответствует току, потребляемому при номинальном значении развиваемой двигателем мощности. Например, компрессор, оснащенный конденсатором с воздушным охлаждением, зимой потребляет ток ниже (давление конденсации меньше), чем летом (давление конденсации больше). Реле тепловой защиты в этом случае должно быть настроено на максимальное значение потребляемой силы тока, **не превышающее, однако, силы тока, указанной на корпусе** (иначе для чего нужна табличка с характеристиками двигателя?).

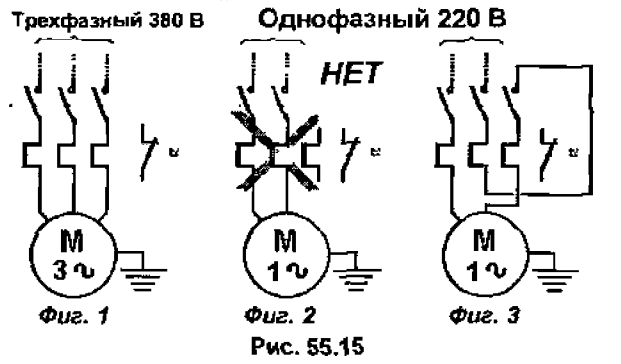
В двигателе, представленном на рис. 55.14, перегрев обусловлен неисправностью охлаждающего вентилятора (лопасти погнуты или проскальзывают на валу). При этом тепловое реле не может реагировать на аномальное повышение температуры двигателя или его обмоток.

То же самое произойдет, если оребренный корпус двигателя чрезмерно загрязнится: охлаждение обмоток ухудшится. и двигатель начнет сильно перегреваться. *В этом случае реле тепловой защиты также не сможет ничего сделать, поскольку потребляемый ток не возрастает.* Только встроенная тепловая защита (предусмотренная разработчиком) способна обнаружить опасное повышение температуры и во время выключить двигатель. С другой стороны, повышение потребляемой двигателем силы тока может быть вызвано механическими неисправностями (например, заклинивание подшипника в двигателе или приводимом агрегате). Это повышение силы тока (которое будет происходить довольно медленно, с той же скоростью, что и увеличение силы трения в подшипнике) вызовет рано или поздно отключение двигателя тепловым реле или встроенной тепловой защитой, если она существует (в этом случае двигатель оснащен двойной системой тепловой безопасности, что может быть тем более полезным, поскольку двигатель является важнейшим элементом установки).

Чтобы дополнить наши сведения о тепловых реле, напомним, что они выполняют свои функции для каждой из обмоток в отдельности. Это означает, что если 3 биметаллических пластинки нагреваются по разному (например, если в одной из обмоток имеется обрыв, две других нагреваются), реле отключает двигатель (см. кривую на рис. 55.13).

Функция дифференциального межфазного реле, которую при этом выполняет тепловое реле, дает неоспоримые преимущества в случае использования трехфазного двигателя (см. фиг.1 на рис. 55.15), однако требует специальной схемы подключения в случае использования однофазного двигателя.

В самом деле, если подключить реле так, как показано на фиг.2 рис. 55.15, правая пластина не будет нагреваться и через несколько минут после начала работы реле выключит двигатель.



Фиг. 1 Фиг. 2 Фиг. 3

Рис. 55.15

То есть реле необходимо подключать таким образом, чтобы все три биметаллические пластины пропускали одинаковый ток (см. фиг. 3 на рис. 55.15).

Наконец, напомним, что тепловое реле оказывается совершенно бесполезным для защиты от перегрева электронагревателей, поскольку этот тип потребителя рассчитан на постоянную силу тока (I=U/R). Если в электронагревателе произошло короткое замыкание, гораздо более эффективным средством его защиты является простой плавкий предохранитель, который к тому же, значительно дешевле.

4 Для чего нужны плавкие предохранители серий gI и aM?

Мы видели, что тепловое реле служит для защиты двигателя от продолжительного, но небольшого превышения номинальной силы тока. Однако в случае короткого замыкания потребителя тепловое реле будет слишком инерционным и громадный ток, проходящий в цепи при коротком замыкании, может привести к значительным повреждением (расплавлению проводов и кабелей, пожару). Поэтому для защиты установки от короткого замыкания используются плавкие предохранители.

Рассмотрим рабочую кривую промышленного плавкого предохранителя серии gl, рассчитанного на номинальный ток 10А (см. рис. 55.16).

При токе 10А, проходящем через этот предохранитель, последний никогда не расплавится (что априори представляется нормальным). Если ток достигает 25А, предохранитель расплавится через 6 секунд, а при токе 60А - через 0,1 секунды.

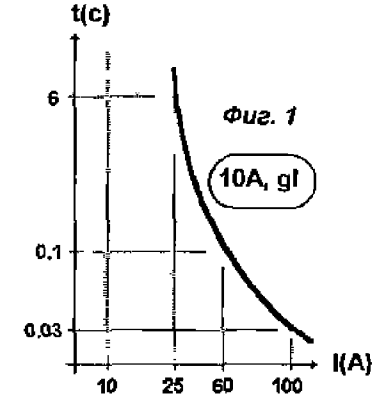


Рис. 55.16

Такой предохранитель нельзя использовать для защиты от короткого замыкания двигателя с номинальным током 10А. В самом деле, если пусковой ток достигнет значение 60А, а продолжительность пускового периода превысит 0,1 секунды, (что случается очень часто), предохранитель расплавится при первой же попытке запуска двигателя.

Следовательно эта серия предохранителей (gl) может использоваться для защиты от короткого замыкания таких потребителей, у которых пусковой ток либо вовсе не отличается от номинального (например, электронагреватели), либо продолжительность пускового периода чрезвычайно короткая (например, лампы накаливания, подобные тем, которые приведены на рис. 54.38).

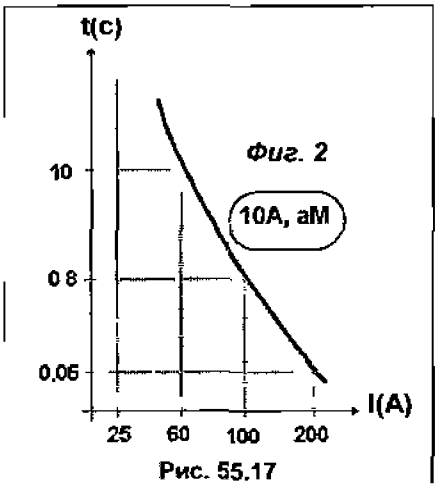


Рис. 55.17

Рассмотрим теперь рабочую кривую плавкого предохранителя серии aM (совместимого с двигателем), также рассчитанного на номинальный ток 10 А(см. рис. 55.17).

Видно, что предохранитель этой серии способен бесконечно долго выдерживать ток 25А без отключения потребителя. При прохождении через него тока в 60А он выдерживает до расплавления 10 секунд (вместо 0,1 сек для серии gl), что вполне достаточно для запуска двигателя. С другой стороны, при возникновении короткого замыкания он очень быстро отключит сеть от потребителя, ограничивая ток короткого замыкания вполне допустимой величиной.

Следовательно, эта серия предохранителей (aM) предназначена для защиты от короткого замыкания потребителей, имеющих продолжительный период действия пускового тока (например, электродвигатели) или характеризующихся очень высоким значением пускового тока с коротким временем действия *(например, первичная обмотка трансформатора, что менее распространено)*.

Подбор плавких предохранителей (и электромагнитных автоматов защиты, которые все шире приходят им на смену) является достаточно сложной и зачастую не вполне изученной задачей, хотя они могут оказаться причиной многих аномалий в работе установки. ***Поэтому автор призывает вас*** *к изучению многочисленной технической документации различных разработчиков этих устройств, если вы желаете пополнить ваши знания в данной области.*

Прим. ред. В настоящее время широко используются регулируемые автоматы защиты двигателей, которые совмещают в себе функции теплового реле и предохранителей типа aM, что позволяет при правильном подборе и настройке автомата надежно защитить двигатель. Поэтому все выше указанное о тепловых реле и предохранителях типа aM можно отнести и к регулируемым автоматам защиты двигателей. Тем не менее при выборе автомата мы рекомендуем строго следовать рекомендациям производителя.

Вместо предохранителей типа gl в настоящее время широко используются нерегулируемые автоматы защиты.

56. РАЗЛИЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

1) Полезно ли для обезвоживания нарушать вакуум в контуре?

При каждом вмешательстве в работу холодильного контура, требующем его вскрытия, в него может попадать воздух. Но мы знаем, что в атмосферном воздухе содержатся пары воды, которые могут оказаться причиной возникновения опасных кислот при контакте влаги с большинством обычных хладагентов, (дальше мы увидим, что для новых хладагентов типа HFC и новых масел эта проблема будет еще серьезней).

Чтобы исключить такую опасность абсолютно необходимо воспрепятствовать попаданию воздуха в контур. Поэтому любое вмешательство в работу контура с его вскрытием должно производиться с соблюдением определенных правил и требований, обстоятельно изложенных во многих учебниках.

Несмотря на это мы напомним, что при демонтаже какого-либо узла для его обслуживания (например, ТРВ), *если в момент его демонтажа он покрыт конденсатом или льдом снаружи, то внутри него, в корпусе или в патрубках, также начнет конденсироваться влага (см. рис. 56.1).*

В результате количество влаги, попадающее таким путем в контур, оказывается очень большим, и этот вид ошибки, часто совершаемой неопытными ремонтниками, становится причиной сгорания встроенных двигателей герметичных компрессоров.

Перед заправкой новой установки (или установки, которую опорожнили для проведения технического обслуживания) хладагентом необходимо не только проверить ее герметичность, но и удалить атмосферный воздух (насыщенный влагой), который обязательно находится внутри контура.



Рис. 56.1

Для удаления воздуха и влаги контур вакуумируют. Однако применяемые при этом вакуумные насосы не столь совершенны, чтобы полностью удалить воздух из контура. Поэтому после окончания вакуумирования в нем всегда остается какое-то количество воздуха и влаги (см. рис. 56.2). *Заметим, что влаги в контуре остается тем больше, чем хуже вакуумный насос и чем больше оператору не хватает времени или мастерства.*

Чтобы повысить качество обезвоживания, часто используется такой прием, как заполнение холодильного контура после вакуумирования азотом марки «R» (холодильного качества, то есть совершенно обезвоженным). *Заметим, что использование хладагента для заполнения отвакуумированного контура, ранее широко распространенное, отныне запрещено (особенно, если речь идет о хладагентах категории CFC) по соображениям охраны окружающей среды.*

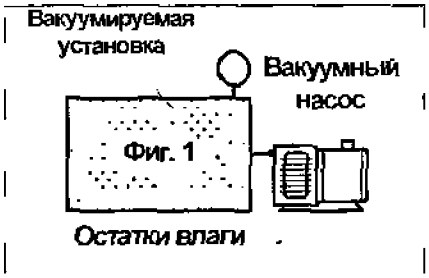


Рис. 56.2

Следовательно, установку наддувают азотом до давления, слегка превышающего атмосферное, например, на 0,5 бара (см. рис. 56.3).

Большое количество азота, поданное в контур, без проблем поглощает небольшой объем влаги, оставшийся в контуре после вакуумирования. *Следовательно, сухой азот становится влажным азотом.* После этого давление в контуре стравливают в атмосферу до величины, например 0,1 бара избыточного (см. рис. 56.4).



Рис. 56.3

При этом из контура часть влажного азота выходит. Следовательно, сбрасываемый азот уносит с собой из контура часть влаги и внутри контура влаги остается обязательно меньше, чем ранее.

Если теперь вновь отвакуумировать установку, влажный азот будет из нее удален, а вместе с ним и та часть влаги, которая оставалась в контуре после первого вакуумирования (см. рис. 56.5).

Когда повторное вакуумирование будет закончено, при той же глубине вакуума, что и на рис. 56.2, в контуре обязательно будет гораздо меньше влаги, чем ранее.

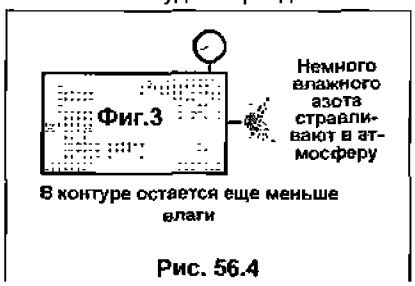
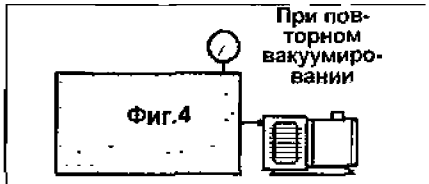


Рис. 56.4

Такой прием особенно привлекателен тем, что он позволяет удалить из контура гораздо больше влаги, чем простое вакуумирование.



Вместе с влажным азотом удаляется еще часть влаги

Рис. 56.5

Заметим, что повторяя эту операцию, то есть наддувая установку сухим азотом еще раз, можно удалить из контура еще какую-то часть остающейся там влаги. Впрочем, часто рекомендуемый способ обезвоживания контура заключается в трехкратном осуществлении такого приема (способ тройного вакуумирования).

Примечание. *Длительность вакуумирования может быть снижена в 2 раза за счет максимально возможного уменьшения потерь давления во всасывающем патрубке вакуумного насоса. Для вакуумирования используйте шланги из вакуумной резины минимальной длины и максимально возможного диаметра. Избегайте использования в соединительных патрубках обратных клапанов с шаровыми запорными элементами (такие клапаны приводят к большим потерям давления) и убирайте запорные шарики из соединений. При любом используемом способе обезвоживания емкость фильтра-осушителя должна позволять улавливать всю остаточную влагу, которая будет еще находиться в контуре.*

2). Почему при заправке газовой фазой баллон с хладагентом охлаждается?

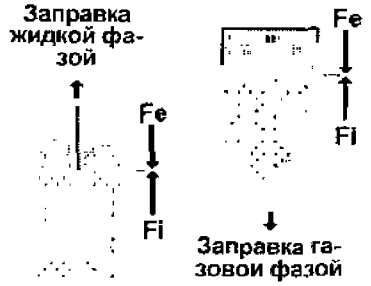


Рис. 56.6

В большинстве случаев, особенно когда количество заправляемого в установку хладагента достаточно велико, а специалист, осуществляющий заправку, имеет большой опыт, заправка установки с целью выигрыша во времени производится жидким хладагентом. Однако иногда, например при необходимости введения в контур небольшого количества хладагента, можно подавать в установку хладагент, находящийся в газовой фазе. *(Дальше мы увидим, что для некоторых новых хладагентов, представляющих собой смесь нескольких индивидуальных веществ, заправку нужно обязательно осуществлять только в жидкой фазе).*

Все заправочные баллоны не оснащены одновременно и жидкостным и газовым вентилем. Если на баллонах установлен только один вентиль, большинство из них оборудуются сифонной трубкой, погруженной в жидкость и доходящей почти до самого днища баллона, поэтому чтобы через эту трубку на вход вентиля поступал только газ, баллон, как правило, нужно переворачивать.

Перед тем, как продолжить изложение, вспомним первую часть настоящего руководства (см. *раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов).* Жидкость смирно покоится на дне баллона, будучи подверженной действию двух взаимно уравновешенных сил (см. рис. 56.6): наружной(внешней) силы **Fe** и внутренней силы **Fi.**

Так как эти силы находятся в равновесии, жидкий хладагент не может закипать. Для того, чтобы жидкость начала кипеть, достаточно, чтобы или повысилась внутренняя сила Fi (например, если жидкость подогреть), или уменьшилась внешняя сила Fe (например, если баллон сообщить с атмосферой).

Допустим, что вначале баллон и его содержимое находятся при температуре окружающей среды (например, 20°C) и соединим его с всасывающим патрубком компрессора (см. схему на рис. 56.7).

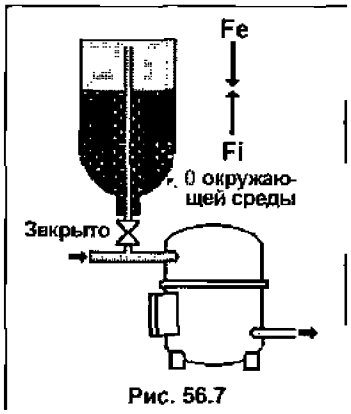


Рис. 56.7

Вентиль баллона закрыт и 2 силы Fe и Fi равны между собой. Следовательно, жидкость смирно покоится в баллоне. Поскольку баллон перевернут, его верхнее днище стало нижним, и конец сифонной трубки находится в зоне, где присутствует только газ. Теперь представим, что включили компрессор. Давление во всасывающей магистрали начнет быстро падать (поскольку в установке не хватает хладагента).

Для того, чтобы начать заправку, откроем вентиль на баллоне, **в *этот момент давление в баллоне гораздо выше, чем давление в контуре,*** компрессор всасывает пары хладагента, находящиеся в верхней части баллона, что тотчас же приведет к быстрому падению Fe.

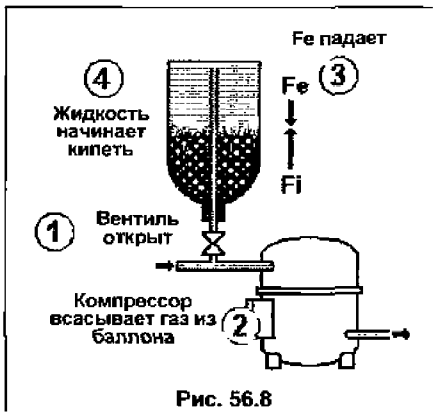


Рис. 56.8

Так как Fi становится больше, чем Fe, равновесие сил нарушается и жидкость начинает кипеть (см. рис. 56.8).

Но для кипения жидкости необходимо тепло.

Заключенная в баллоне жидкость может отбирать необходимое для своего кипения тепло только у самой себя, баллона и окружающей среды. Поэтому по мере продолжения заправки та часть баллона, где находится жидкость, охлаждается.

Если количество газа, заправляемое в контур, велико, то количество жидкости, которая должна испариться, чтобы образовать этот газ, также велико. Чем больше количество испаряющейся жидкости, тем больше нужно будет тепла для ее испарения. *Вот почему баллон может охладиться настолько, что на всей поверхности баллона, которая соприкасается с жидкостью, может появиться снежная шуба (см. рис. 56.9).*

Но поскольку температура жидкости падает, давление в баллоне также уменьшается.

Итак, по мере продолжения заправки газом давление в баллоне уменьшается в соответствии с соотношением «давление-температура» для данной жидкости. Одновременно НД в контуре растет, поскольку признаки нехватки хладагента постепенно исчезают.

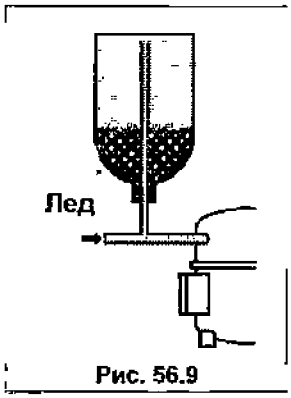


Рис. 56.9

Таким образом, ΔP между баллоном и контуром по мере продолжения заправки падает. Поэтому по мере продолжения заправки уменьшается количество всасываемого газа *(в пределе, если давление в баллоне стало бы равным давлению в контуре, хладагент не смог бы вовсе перетекать из баллона в компрессор).*

Следовательно, заправка установки хладагентом в газовой фазе является длительной процедурой и может быть использована только при небольших количествах заправляемого хладагента.

Примечание: Если непременно требуется заправлять установку газовой фазой, процедуру заправки можно ускорить, например, оборудуя баллон специальным обогревателем, опоясывающим его корпус, или погружая баллон в горячую воду (не более 45°C), чтобы воспрепятствовать охлаждению жидкости.

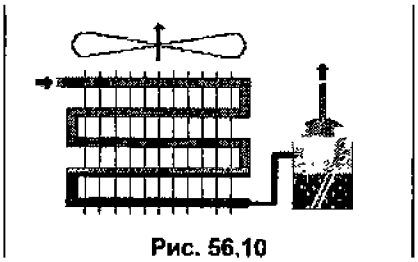
Внимание, опасность! Никогда не подогревайте баллон открытым огнем или пламенем горелки, (температура пламени может превышать 2000 °C). Баллон очень быстро может взорваться прямо в ваших руках!

Воспользуемся случаем, чтобы упомянуть о неисправности, которая может возникнуть, если сифонная трубка в ресивере с жидким хладагентом сломана (к счастью, довольно редкой).

В этом случае в жидкостной магистрали могут находиться только всасываемые из ресивера пары и компрессор очень быстро выключается по команде предохранительного прессостата НД.

Низкое давление Fe, устанавливающееся при этом над жидкостью, обусловливает очень интенсивное испарение в ресивере (а, следовательно, и охлаждение последнего), что приводит к новой попытке запуска.

Ремонтник сможет легко распознать неисправность, заставляя компрессор работать и констатируя сильное охлаждение нижней части ресивера (см. рис. 56.10).


Рис. 56.10

3). Как контролировать влажностный режим?

Эта тема настолько широка и сложна, что сама по себе, она заслуживает освещения в отдельном объемном учебнике.

При этом она не является предметом рассмотрения нашего руководства, которое полностью посвящено проблемам ремонта. Способы увлажнения или осушения воздуха, используемые при его кондиционировании, подробно рассмотрены во многих источниках. Однако информация, касающаяся поддержания нормального влажностного режима в холодильных камерах, встречается гораздо реже. Вместе с тем, в зависимости от природы и типа продукции, помещаемой в холодильные камеры, неблагоприятный влажностный режим может вызвать такие же нежелательные последствия, как и слишком высокая или слишком низкая температура.

Для начала спросим себя, откуда берется иней, который появляется на ребрах и трубках испарителя (см. рис. 56.11)?



Рис. 56.11

Если имеется иней, значит есть вода, которая конденсируется на холодной поверхности испарителя, а потом замерзает, когда температура испарителя становится отрицательной. ***Но откуда берется вода?*** С одной стороны, эта вода попадает в камеру вместе с наружным воздухом (теплым и влажным), который проникает туда, например, при каждом открытии дверей. С другой стороны вода содержится в заложенных на хранение продуктах, которые выделяют влагу. В самом деле, большинство продуктов питания содержит значительное количество воды, потому что более 70% массы отдельных продуктов состоит исключительно из воды

Например, говяжье мясо может содержать более 72% воды, а это означает, что на 1000 кг говядины приходится 720 кг воды. Сильно преувеличивая, представим себе физиономию мясника, который, купив и положив на хранение в свой холодильник 1000 кг говядины, найдет там спустя какое-то время только 280 кг сухой и черной **«тухлятины»,** поскольку 720 кг воды превратились в иней на испарителе и вытекли через сточный патрубок в результате ряда последовательных циклов размораживания.

Продолжая этот пример ,заметим, что чем суше воздух в холодильной камере, тем больше будет высыхать и чернеть находящееся там мясо. И наоборот, если воздух в камере слишком влажный, мясо высыхает гораздо меньше , однако оно приобретает скверный липкий вид, *причем обе этих неприятности могут происходить, даже если температура холодильной камеры поддерживается точно в заданных пределах*.

В обоих случаях наш мясник должен будет срезать испорченные куски мяса, чтобы придать ему достойный вид, что дополнительно увеличит потерю веса.

Вот почему для каждого продукта существуют свои температурные и влажностные режимы, обеспечивающие наилучшую его сохранность. Например, поддержание температуры в холодильной камере на уровне +2° С при относительной влажности от 45 до 80% позволяет решить проблемы нашего незадачливого мясника. В общем случае *при поддержании заданной температуры* особых проблем не возникает: достаточно, чтобы номинальная холодопроизводительность установки отвечала требуемому значению, а регулятор температуры был бы в исправном состоянии имел нужную настройку.

О*днако для поддержания требуемой влажности* необходимо, чтобы вначале был соответствующим образом подобран испаритель.

В самом деле, легко представить себе, *что для одного и того же продукта* с понижением температуры испарения будет понижаться температура испарителя, следовательно на нем будет образовываться больше инея и воздух в камере будет осушаться сильнее (а вместе с воздухом и помещенный в камеру продукт). Действительно, представляется очевидным, что при температуре испарения -4°С инея будет меньше, чем при -20°С, а следовательно сохраняемые продукты при температуре испарения -4°С высыхают меньше, чем при -20°С.

При температуре в холодильной камере +2°С, если давление испарения соответствует температуре -4°С, полный перепад ΔΘполн. равен 6°, а если давление испарения соответствует температуре -20°С, полный перепад ΔΘполн. равен 22°С.

Таким образом, можно утверждать, что чем выше ΔΘполн., тем сильнее будет осушаться воздух в холодильной камере.

Жирная кривая на рис. 56.12 позволяет нам дать понятие относительной влажности, которую можно обеспечить в холодильной камере в зависимости от ΔΘполн. испарителя.

Итак, при ΔΘполн. равном 6°C, влажность в камере будет близка к 87%, тогда как при Дбполн., равном 22°C, она составит около 77%.

Вот почему для обычного торгового холодильного оборудования большинство испарителей выбираются исходя из условия обеспечения ΔΘполн. между 6 и 10°C.



Дядя Стена - заядлый холодильщик

Рис. 56.13

Относительная влажность воздуха в холодильной камере



Рис. 56.12

57. ПРОБЛЕМЫ СЛИВА И ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХЛАДАГЕНТА

Проблемы, связанные с выбросом хладагентов в атмосферу уже давно очень широко обсуждаются в средствах массовой информации. Крайне неблагоприятное воздействие хладагентов типа CFC (и в меньшей мере типа HCFC) на озоновый слой и на повышение парникового эффекта в настоящее время хорошо известно.

После подписания известного Монреальского протокола, нравится нам это или нет, международные инстанции начали осуществлять политику, предусматривающую окончательное запрещение ***эксплуатации хладагентов категории CFC*** (R11, R12, R500, R502...) к 2000-му ***году с полной остановкой их производства после 31.12.94s.***

Производство хладагентов категории ***HCFC*** должно снижаться, начиная с 01.01.96г. с тем, чтобы окончательно прекратиться в начале XXI-го века. Полная остановка их производства, предусмотренная вначале к 2030-му году, под давлением некоторых стран возможно произойдет к 2015 году.

Во *вновь разрабатываемых и создаваемых установках* в настоящее время становится необходимым использование хладагентов категории HFC (R134a, R404A...), которые считаются экологически чистыми, следовательно данное обстоятельство должно учитываться уже на стадии проектирования.

В *существующих установках, уже использующих хладагенты категории CFC,* сложности со снабжением этими хладагентами высокие цены на них должны обусловить их замену переходными хладагентами категории HCFC (FX10, FX56, DP40, HP80, HP81...) всякий раз, когда будет представляться такая возможность, помня однако, что эти хладагенты являются смесями на основе R22, то есть хладагента категории HCFC, призванного в обозримое время исчезнуть.

Параллельно с этими ограничениями, например, государственные органы власти Франции начинают вполне профессионально интересоваться предприятиями, имеющими холодильные установки, в которые заправляется больше 2 кг хладагента.

Такие предприятия (закон от 07.12.92) должны представить полный комплект сведений об уровне профессиональной подготовки монтажников и эксплуатационников, а также документацию на установку, чтобы быть зарегистрированными в ближайшей префектуре после заключения национальной комиссии CFC Французской Ассоциации Холода (AFF). Они должны также соблюдать новые правила эксплуатации установок (технические и организационные) при том, что законодательство вполне может еще более ужесточиться.

Вместе с тем, независимо от экологических и административных ограничений, предстоящий дефицит CFC (в ближайшее время) и HCFC (в обозримом будущем) должен заставить специалистов осознать грядущие проблемы.

Отсюда становится понятной важность проблемы повторного использования хладагентов, в особенности категории CFC, с целью возможности, по крайней мере в первое время, продолжать эксплуатацию существующих установок с минимальными издержками. Действительно, поскольку повторное использование хладагентов разрешено Монреальским протоколом, это может позволить частично подстраховаться, в основном от предполагаемого дефицита CFC.

Предметом настоящего раздела является *краткий обзор* технических принципов и основ операций по сливу, очистке и повторному использованию традиционных хладагентов, используемых в кондиционерах и холодильном торговом оборудовании.

А) Баллоны для слива хладагентов.

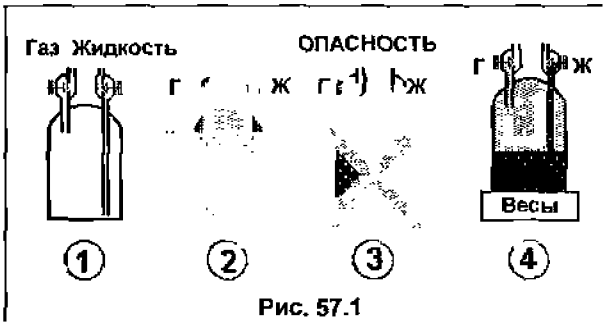


Рис. 57.1

Эти баллоны, окрашенные в стандартный зеленый цвет (под хлор), поступают в распоряжение потребителей от поставщиков хладагентов. ***Они поставляются отвакуумированными, и в дальнейшем мы увидим, что это будет очень полезно для нас.***

На фиг.1 рис. 57.1 изображен баллон для хладагента в состоянии поставки.

Большинство баллонов снабжены двумя вентилями. Жидкостный вентиль «Ж» внутри баллона соединяется с сифонной трубкой, доходящей до нижнего днища баллона. Газовый вентиль «Г» связан с трубкой, доходящей до максимального уровня заполнения баллона (80%).

На фиг.2 и 3 показаны допустимый и недопустимый уровень заполнения баллона. ***Баллоны никогда нельзя заполнять больше, чем на 80% их объема, а также хладагентами, марка которых не указана на их наружной поверхности.*** *В самом деле, давление в переполненном баллоне (или баллоне, заправленном непредусмотренным хладагентом) может достигать таких величин, что появится огромный риск очень тяжелой аварии (при 20 °С давление насыщенных паров R12 составляет 4,7 бара, R502 - 10 бар, а R23 -более 40 бар).*

Фиг.4 Поэтому любая операция по сливу хладагента в баллон требует предварительного знания (или оценки) массы хладагента, содержащегося в установке, с целью подбора одного или нескольких баллонов для слива, приспособленных для данного хладагента и имеющих достаточный объем. Использование весов (см. фиг.4 на рис. 57.1) необходимо, чтобы максимальная масса хладагента в баллоне не превышала допустимого значения в зависимости от ее объема. Например, для обычных CFC сливной баллон полезным объемом 12 литров может содержать максимум 12,5 кг хладагента (баллон на 27 литров вмещает 24 кг, на 88л - 86 кг).

В частности, во время процедуры слива хладагента из установки никогда не покидайте рабочее место (даже на мгновение, говоря себе: «я сейчас вернусь»), если нет абсолютной уверенности в том, что используемый сливной баллон сможет принять весь оставшийся хладагент, с заполнением, не превышающим 80% его полезного объема.

В случае поломки весов контроль заполнения баллона можно осуществлять с помощью газового вентиля «Г», слегка открыв его и следя за тем, чтобы из него выходил только газ (поскольку такой способ связан с выбросом хладагента в атмосферу, его использование, конечно, должно быть максимально ограниченным). Если из газового вентиля начинает выходить жидкость (момент начала выхода жидкости легко фиксируется), значит его уровень в баллоне достиг или превысил 80%.

Поскольку сливаемый хладагент предназначен для повторного использования, напомним, что отныне предприятие может получить премию за каждый килограмм повторно используемого хладагента при соблюдении некоторых условий (с точностью до незначительных допустимых величин в баллоне не должно быть другого хладагента, воды или масла).

Поэтому никогда не следует смешивать 2 разных хладагента в одном сливном баллоне.

Кроме того, что получившаяся смесь будет непригодна для повторного использования, ее уничтожение является очень дорогостоящей процедурой. Точно также количество масла, воздуха или воды, присутствующее в сливаемом хладагенте, должно быть крайне незначительным, поэтому при работе по сливу необходимо принять максимум предосторожностей (очистка шлангов, перекачивающих агрегатов и т.д.). Добавим, что каждый баллон, предназначенный для слива в него хладагента, должен иметь паспорт с указанием типа хладагента, максимально допустимой заправляемой массы, юридического названия предприятия, фамилии холодильщика, причем этот паспорт всегда поставляется вместе с баллоном во избежание ошибок. Дополнительные технические характеристики баллонов вы сможете узнать, обратившись к вашему поставщику.

Перед тем, как более подробно рассмотреть различные способы слива, напомним, что в жидком состоянии хладагент занимает гораздо меньший объем, чем то же количество того же хладагента в газообразном состоянии (см. *раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагента).*

Поэтому по мере возможности слив хладагента всегда предпочтительнее осуществлять в жидком состоянии, чем в газообразном, потому что в этом случае продолжительность процедуры слива может быть сокращена в 30-40 раз!

Это замечание особенно существенно при больших количествах сливаемого хладагента. Когда вся жидкость будет перелита в баллон, в установке остается хладагент в газовой фазе, которая составляет порядка 10% от полной массы заправки. Эта фаза должна быть извлечена из контура с помощью станции регенерации (установки для сбора хладагента), *причем те 10% заправки, находящиеся в газовой фазе, которые пройдут через компрессор станции регенерации, создают гораздо меньшую опасность повреждения компрессора, особенно если извлекаемый хладагент загрязнен кислотами.*

Каким бы ни был используемый способ слива хладагента, отныне запомним, что все соединительные магистрали между баллоном и станцией регенерации (установкой для сбора хладагента) должны иметь минимально возможные потери давления с целью максимального ускорения процедуры слива.

В некоторых случаях продолжительность слива может быть снижена более, чем на 40% только за счет использования коротких шлангов 3/4" вместо длинных шлангов 1/4".

B) Слив жидкого хладагента под действием силы тяжести

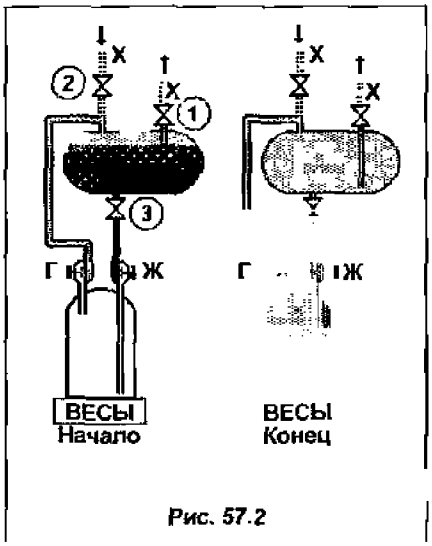


Рис. 57.2

Для использования этого метода необходимо, чтобы установка имела *сливной вентиль* (поз.3 на рис. 57.2) б *нижней части* жидкостного ресивера. Вентиль выхода жидкости (поз.1) должен быть закрыт, а *компрессор установки должен работать.* Вентиль (поз.2) должен позволять отключение жидкостного ресивера и допускать возможность соединения газового вентиля сливного баллона (Г) с газовой полостью жидкостного ресивера.

Наконец, необходимо, чтобы сливной баллон (соответствующей вместимости) мог быть размещен под жидкостным ресивером.

Имея в виду конструкцию большинства установок, вы поймете, что этот метод может быть использован достаточно редко!

Когда осуществлены все условия и установка при помощи чистых шлангов подключена к баллону, перед началом слива необходимо снять показания весов, прежде чем жидкость из ресивера через вентиль поз.3 и жидкостный вентиль (Ж) начнет поступать в баллон.

Поскольку баллон отвакуумирован, никогда не трогайте вентиль (Г)! *В самом деле, в ресивере жидкость находится под давлением, а баллон отвакуумирован, поэтому разность давлений позволит обеспечить громадный расход сливаемой жидкости.* По мере заполнения баллона разность давлений между ресивером и баллоном будет уменьшаться, и расход сливаемой жидкости также начнет падать. Наблюдая за показаниями весов можно заметить: если вначале процесса слива масса жидкости в баллоне растет быстро, то по мере выравнивания давлений ее рост замедляется, хотя в ресивере еще остается жидкость!

Только когда расход сливаемой жидкости прекратится или станет слишком слабым, можно будет открыть вентиль (Г) баллона, что обеспечит завершение слива жидкости под действием силы тяжести то есть самотеком. *(Внимание! Баллон обязательно должен находиться под резервуаром.)*

ВНИМАНИЕ: Постоянно наблюдайте за показаниями весов с тем, чтобы никогда не превысить максимально допустимое заполнение баллона.

Когда вся жидкость перельется в баллон, показания весов будут оставаться неизменными. Тогда внутри установки останется только газ (около 10% массы полной начальной заправки), и нужно будет заканчивать опорожнение установки с использованием агрегата перекачки, что мы будем рассматривать ниже.

Описанный метод, основанный на принципе сообщающихся сосудов, имеет преимущества, которые заключаются в том, что для его реализации требуется очень мало дополнительного оборудования, а слив происходит достаточно быстро. Следовательно, этот метод особенно привлекателен в случаях, когда количество сливаемого хладагента значительно. К сожалению, очень немногие установки имеют конструкцию, позволяющую использовать данный метод.

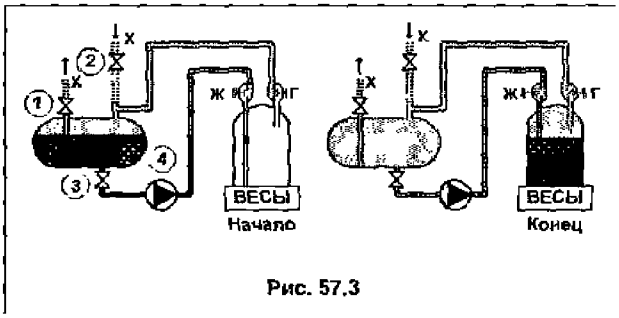


Рис. 57.3

C) Слив жидкого хладагента с помощью жидкостного насоса

Когда установка оборудована вентилями, необходимыми для применения метода самотека (который мы только что рассмотрели), но нет возможности разместить баллон под ресивером, можно рассмотреть использование жидкостного насоса (см. рис. 57.3).
Как и в предыдущем случае, для накопления жидкости в ресивере необходимо, чтобы работал компрессор, а вентиль выхода жидкости (поз.1 на рис. 57.3) был закрыт. Далее ресивер отключают вентилем поз. 2 и соединяют его газовую полость с вентилем (Г) баллона. Всасывающий патрубок насоса (4) подключают к сливному вентилю (3).

Внимание: Поршневые насосы при работе выталкивают перекачиваемую среду (они, следовательно, достаточно шумные). Их конструкция позволяет им всасывать как жидкость, так и газ, без разницы. Однако центробежные насосы предназначены только для всасывания жидкости, они не могут слишком долго всасывать пары без риска очень серьезных разрушений.

Поэтому центробежный насос должен быть установлен *как можно ниже под ресивером и соединен с ним как можно более коротким шлангом максимально возможного диаметра.* Эти предосторожности позволят избежать по мере возможности испарения жидкости, вызванного падением давления на входе в насос *(см. раздел 18. Проблема внезапного вскипания хладагента в жидкостной магистрали)*.

Этот метод позволяет очень быстро перекачать хладагент (с расходом до десятка килограмм в минуту) и, следовательно, является наиболее привлекательным для установок с очень большим количеством хладагента **Поскольку перекачка происходит очень быстро, баллон также быстро заполняется. Поэтому еще более внимательно следите за показаниями весов, чтобы не превысить максимально допустимое заполнение баллона.**

Когда вся жидкость будет перекачана в баллон, показания весов перестанут расти и нужно будет очень быстро остановить центробежный насос во избежание его повреждения (смотровое стекло на входе в насос может служить превосходным индикатором состояния всасываемого потока).

Тогда в установке останется только газ (около 10% от полной массы начальной заправки) и опорожнение установки надо будет заканчивать с использованием станции регенерации (установки для сбора хладагента).

D) Слив жидкого хладагента за счет разности температур

Этот метод требует, чтобы вентиль выхода жидкости из жидкостного ресивера был оснащен патрубком отбора давления (см. поз.1 на рис. 57.4), позволяющим накапливать хладагент в ресивере в то время, как выходной патрубок этого вентиля соединен со сливным баллоном (этот момент в дальнейшем мы поясним).

Нужно также, чтобы баллон был более холодным, чем ресивер. Для этого потребуется лед и какая-нибудь ванна (например, большое ведро, как показано на рис. 57.4), либо помещение баллона в действующую холодильную камеру.

Внимание! Низкие температуры приводят к охрупчиванию материала стенок баллона, поэтому его нельзя охлаждать ниже -20°C.

После того, как ресивер соединен с баллоном гибким шлангом (по *возможности максимального диаметра и наиболее коротким)* до начала перекачки жидкости через вентиль поз.1 и жидкостной вентиль «Ж» баллона необходимо зафиксировать показания весов.

После этого открыть вентиль «Ж», в результате чего жидкость благодаря вакууму, имеющемуся в баллоне, начнет перетекать в него из ресивера с большим расходом. ***Поэтому, как и в предшествующем методе, в сливном баллоне необходимо наличие вакуума.***

Далее жидкость продолжает перетекать в сливной баллон благодаря разности температур между баллоном и ресивером. При этом, чем больше эта разность, тем быстрее происходит перекачка жидкости (чтобы поддерживать баллон достаточно холодным, необходимо постоянно добавлять лед в ведро). ***Чтобы не допустить переполнения баллона, следует внимательно наблюдать за показаниями весов!***

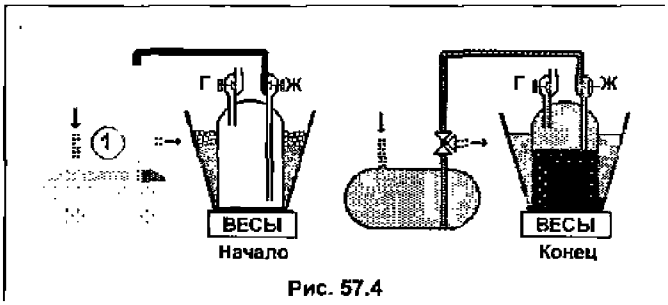


Рис. 57.4

Когда вся жидкость перельется в баллон, показания весов будут оставаться неизменными. В установке останется только газ (около 10% от полной массы начальной заправки) и опорожнение нужно будет заканчивать с помощью станции регенерации.

Этот метод, использующий принцип холодной стенки Ватта (эффект, изучавшийся нами в разделе 28. Проблема перетекания жидкого хладагента), характеризуется тем, что требует сравнительно немного дополнительного оборудования и обеспечивает достаточно быструю перекачку, как и все методы слива хладагента в жидкой фазе.

Более того, он может быть использован для гораздо большего числа установок, чем метод самотека, рассмотренный выше. Однако требования к конструкции выходного вентиля ресивера (поз.1), которые обусловливают возможность использования данного метода, нуждаются в некоторых пояснениях.

Е) Проблемы выходного вентиля жидкостного ресивера

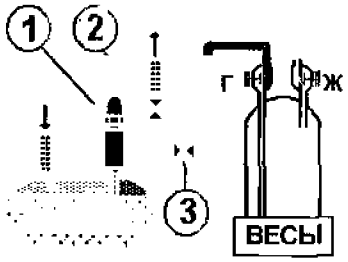


Рис. 57.5

Если вентиль выхода жидкости из ресивера (поз.1 на рис. 57.5) **не имеет патрубка отбора давления,** то для обеспечения слива хладагента схему установки требуется доработать, добавив в нее два дополнительных вентиля согласно рис. 57.5.

Далее подготовка к сливу происходит следующим образом. При открытом вентиле поз.1 и закрытом вентиле поз.2 запускается компрессор и жидкий хладагент скапливается в ресивере. При этом вентиль 3, подключенный к сливному баллону, соединен непосредственно с сифонной трубкой ресивера, что позволяет слить хладагент из ресивера в баллон.

Будем надеяться, что в настоящее время разработчики, наконец, будут оснащать установку всем необходимым, чтобы облегчить слив хладагента.

С другой стороны, даже если выходной вентиль снабжен патрубком отбора давления, могут иметь место два варианта.

1) Выходной вентиль установлен горизонтально (см. рис. 57.6)

Фиг.1. Шток вентиля находится в крайнем заднем положении, перекрывая магистраль отбора давления (ОД) и позволяя в этот момент соединить ресивер со сливным баллоном. Одновременно жидкостной ресивер (ЖР) свободно сообщается с жидкостной магистралью (ЖМ).

Фиг.2. Шток вентиля до упора введен вперед, перекрывая жидкостную магистраль (ЖМ). В этом положении появляется возможность с помощью компрессора собрать весть хладагент, находящийся в установке, в жидкостном ресивере. Одновременно сифонная трубка жидкостного ресивера (ЖР) соединена с патрубком отбора давления (ОД), что позволяет перекачивать хладагент из ресивера в сливной баллон.

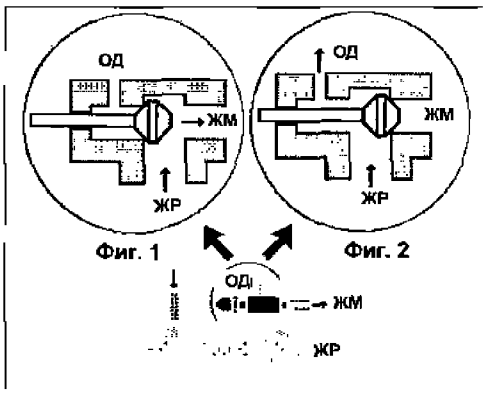


Рис. 57.6

2) Выходной вентиль установлен вертикально (см. рис. 57.7)

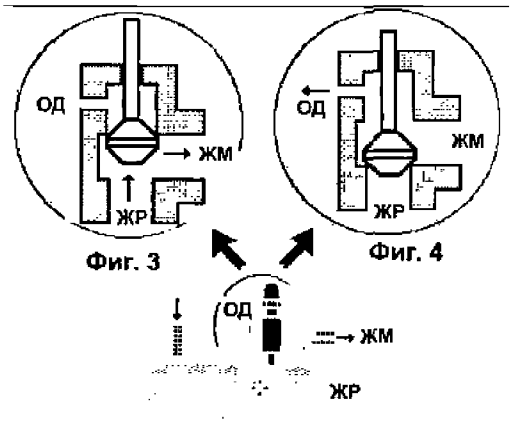


Рис. 57.7

Фиг.3. Шток вентиля до упора выведен назад, перекрывая магистраль отбора давления **(ОД)** и позволяя тем самым соединить вентиль со сливным баллоном. Одновременно жидкостной ресивер **(ЖР)** свободно сообщен с жидкостной магистралью **(ЖМ).** *Отметим, что данная ситуация в точности повторяет представленную на фиг. 1 рис. 57.6.*

Фиг.2. Шток вентиля до упора введен вперед, перекрывая выход из жидкостного ресивера (ЖР). В этом положении также появляется возможность с помощью компрессора собрать весь хладагент, находящийся в установке, в жидкостном ресивере.

Жидкостная магистраль, испаритель и всасывающая магистраль в этом случае будут содержать только пары хладагента при невысоком давлении. (Что добиться такого результата, необходимо шунтировать прессостат НД или настроить его на выключение компрессора при давлении, слегка превышающем атмосферное.)

Однако этот вариант отличается от предшествующего тем, что магистраль отбора давления **(ОД)** теперь соединена с жидкостной магистралью **(ЖМ),** в которой находится только немного газа, вместо того, чтобы сообщаться с жидкостным ресивером **(ЖР),** в котором находится весь хладагент в жидкой фазе.

Слив жидкости из ресивера становится при этом невозможным, как если бы выходной вентиль не имел патрубка отбора давления (решение для этого случая приведено выше в начале пункта Е).

Таким образом, прежде чем приступить к процедуре слива, будьте очень осмотрительны и изучите различные возможные варианты (если они существуют; перед тем, как окончательно определить выбранный вами способ опорожнения установки.

F) Слив жи ⊥кого хл · ⊥агента с использованием комп•ессо•а становки

Такой способ требует, чтобы компрессор установки был в работоспособном состоянии, имелась возможность подключения к всасывающей магистрали, а выходной вентиль жидкостного ресивера был оборудован патрубком отбора давления (в противном случае схема установки должна быть доработка и оснащена 2 дополнительными вентилями как показано на схеме рис. 57.5). При перечисленных условиях появляется возможность собрать весь хладагент в жидкостном ресивере и подключить к установке сливной баллон так, как показано на схеме рис. 57.8.

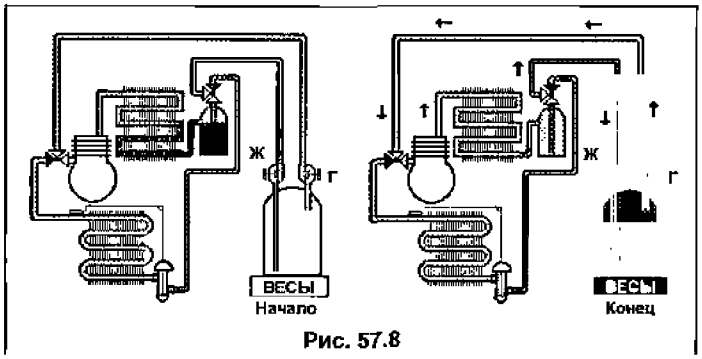


Рис. 57.8

Конечно, при этом следует использовать как можно более короткие шланги с максимально возможным диаметром. После продувки шлангов и фиксации показаний весов можно будет открыть вентиль «Ж».

Благодаря вакууму, имеющемуся в сливном баллоне, в него пойдет большой расход жидкости. Поэтому, как всегда, в баллоне необходимо сохранять вакуум! Когда расход замедлится, нужно запустить компрессор, который будет всасывать находящиеся в сливном баллоне пары и нагнетать их в жидкостный ресивер, повышая в нем давление (если давление конденсации слишком мало, может оказаться интересным такое решение, как ухудшение теплообмена конденсатора с окружающей средой).

Данный способ позволяет одновременно понижать давление в баллоне и повышать его в ресивере. Более того, всасывание паров, находящихся в баллоне над свободной поверхностью жидкости, позволяет охлаждать сливной баллон *(см. раздел 56. Различные проблемы холодильного контура).* Такая разность давлений и температур позволяет очень быстро осуществить перекачку жидкости. **Внимательно наблюдайте за показаниями весов с тем, чтобы ни в коем случае не превысить максимально допустимый уровень жидкости в баллоне.**

Когда вся жидкость будет перелита в баллон, показания весов перестанут расти.

Тогда в установке останутся только пары хладагента (около 10% массы полной начальной заправки) и ее опорожнение нужно будет заканчивать с использованием станции регенерации.

G) Слив жидкого хладагента с использованием внешнего компрессора

Предыдущий способ, использующий собственный компрессор установки, имеет свои ограничения. В самом деле, расход всасываемого газа, проходящего по шлангу (даже если речь идет о большом шланге с диаметром 1/2"), оказывается явно недостаточным, когда мы имеем дело с огромным компрессором (представим себе, что его всасывающий патрубок имеет диаметр 2"5/8!). В этом случае предохранительный прессостат НД очень быстро выключит компрессор (или давление всасывания очень быстро упадет практически до нуля, если прессостат шунтирован).

Нам известны последствия слишком частых запусков компрессора *(см. раздел 30. Проблема повышенной частоты включения компрессора)*. В этом случае вместо того, чтобы использовать собственный компрессор установки, можно будет использовать небольшой внешний компрессор, например, компрессор станции регенерации (установки для сбора хладагента).

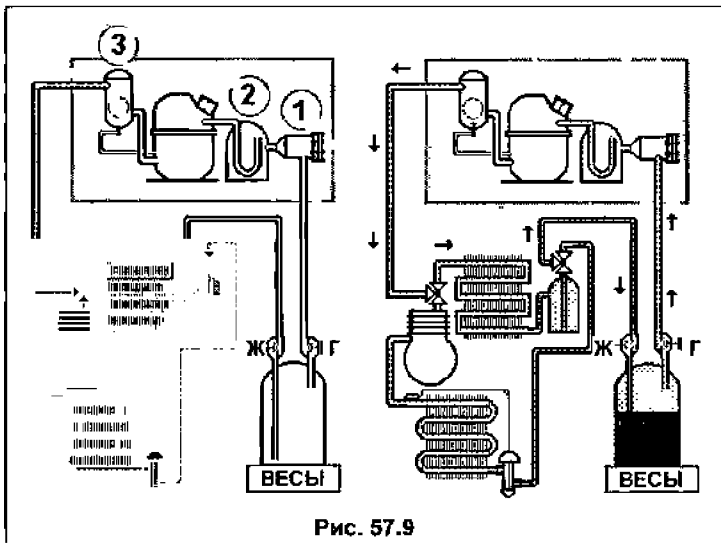


Рис. 57.9

Для максимально возможной защиты компрессора перекачивающего агрегата на входе в него устанавливают, как правило, антикислотный фильтр (см. поз.1 на рис. 57.9) и отделитель жидкости (поз.2), а на выходе - отделитель масла (поз.3).
Поскольку этот метод предполагает *всасывание паров* хладагента из сливного баллона и *нагнетание* хладагента в контур, *нужно, чтобы конденсатор станции регенерации не работал*. Для этого станция регенерации либо оснащается набором вентилей, обеспечивающих перепуск хладагента минуя конденсатор, либо отключается система охлаждения конденсатора, либо конденсатор закрывается листами картона. Тогда можно будет перегнать весь хладагент из контура в ресивер и подключить к нему сливной баллон в соответствии со схемой, приведенной на рис. 57.9. Как обычно, для этого используются наиболее короткие шланги максимально возможного диаметра. После продувки шлангов и фиксации показаний весов можно открыть вентиль (Ж). Благодаря вакууму, имеющемуся в баллоне, в него пойдет большой расход жидкости. Поэтому, как всегда, нужно принять меры к сохранности вакуума в сливном баллоне.

Когда расход замедлится, нужно будет запустить станцию регенерации, которая начнет всасывать пары хладагента из баллона и нагнетать их в установку. **ВНИМАНИЕ! Во избежание возможности серьезной поломки никогда не допускайте, чтобы на вход станции регенерации попадала жидкость!** (Для контроля состояния всасываемого потока на всасывающей магистрали станции регенерации можно установить смотровое стекло большого диаметра).

Этот способ позволяет одновременно *понижать давление* в сливном баллоне и *повышать его в ресивере*. Кроме того, всасывание паров, находящихся над свободной поверхностью жидкости в сливном баллоне, позволяет охлаждать последний *(см. раздел 56. Различные проблемы холодильного контура.)*. Такая разница давлений и температур позволяет очень быстро перекачать жидкий хладагент. **Как обычно, внимательно наблюдайте за показаниями весов, чтобы ни в коем случае не превысить максимально допустимый уровень заполнения баллона!**

Когда вся жидкость будет перелита в баллон, показания весов перестанут расти, тогда в установке останутся только пары хладагента (примерно 10% от полной массы начальной заправки), и опорожнение установки нужно будет заканчивать с использованием станции регенерации по схеме, изложенной ниже.

ПРИМЕЧАНИЕ: Этот способ может быть еще более простым, если ресивер установки вдобавок ко всему позволяет обеспечить доступ к паровой фазе, находящейся в нем, например с помощью вентиля удаления неконденсирующихся примесей (см. поз.1 на рис. 57.10).

При наличии такого вентиля после перекачки всего жидкого хладагента в ресивер можно действовать так, как показано на схеме рис. 57.10, с теми же предосторожностями, что и ранее.

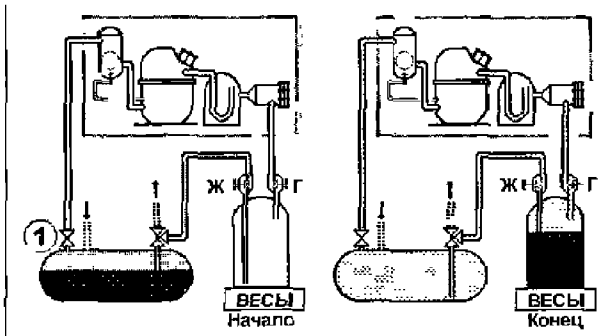


Рис. 57.10

Заметим, что *поршневые жидкостные насосы* позволяют всасывать газ с таким же успехом, как компрессор. Поэтому насосы такого типа также могут быть использованы применительно к данному способу (однако никогда не используйте для этого способа центробежные насосы).

ПРИМЕЧАНИЕ: Во всех способах слива жидкого хладагента, которые мы только что рассмотрели, установка смотрового стекла соответствующих размеров (лучше 3/8", чем 1/4" и 1/2", чем 3/8") на шланге, связанном с вентилем (Ж), позволяет облегчить наблюдение за развитием событий.

H) Частичное удаление паров хладагента: Использование станции регенерации для завершения слива жидкого хладагента из установки

Когда слив жидкого хладагента из установки окончен, в ней в виде паров остается примерно 10% полной массы начальной заправки.

Завершить работу по удалению этих паров позволяет обычная станция регенерации. Для этого станцию регенерации соединяют со сливным баллоном так, как показано на схеме рис. 57.11, не забывая об установке манометров.

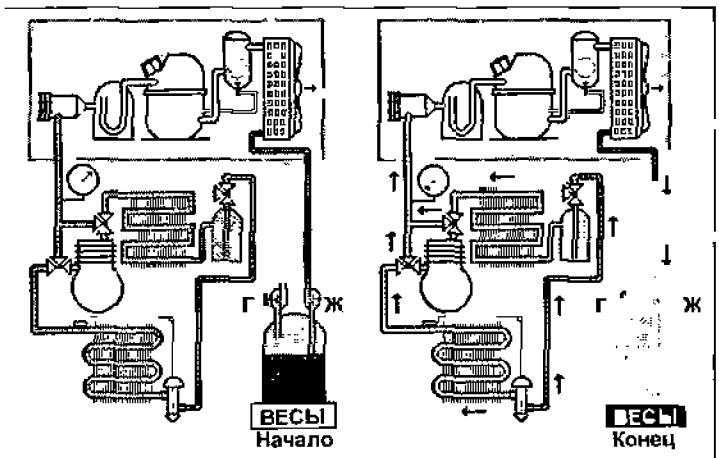


Рис. 57.11

Как обычно, при этом используют самые короткие, по возможности, шланги с максимально допустимым диаметром, особенно при подключении к запорным вентилям компрессора.
После продувки шлангов и фиксации показаний весов запускают перекачивающий агрегат. Всасываемые из установки пары будут нагнетаться в конденсатор станции регенерации, а затем направляться в сливной баллон в жидком состоянии.
Не забывайте следить за показаниями весов, чтобы ни в коем случае не превысить максимально допустимый уровень заполнения баллона.

Манометр позволяет оценить остаточное давление паров в контуре опорожняемой установки с тем, чтобы принять решение об окончании процедуры опорожнения (этот момент мы будем обсуждать в пункте К настоящего раздела).

I) Опорожнение установки за счет удаления всего хладагента в паровой фазе с использованием станции регенерации

Если доступ к жидкому хладагенту, находящемуся в установке, обеспечить никак нельзя, остается возможность ее опорожнения за счет удаления хладагента в газовой фазе. Этот метод, безусловно, является очень длительным и, следовательно, должен использоваться только для небольших установок, содержащих незначительное количество хладагента.

Он также создает большие нагрузки на станцию регенерации. В самом деле, весь хладагент, находящийся в установке, должен пройти через агрегат, при этом хладагент может иметь повышенную агрессивность из-за находящихся в нем кислот (если контур загрязнен), иметь следы масла, не совместимого с компрессором перекачивающего агрегата (проблемы смазки), а условия работы этого компрессора очень неблагоприятные (высокая степень сжатия, низкий расход всасываемого газа, следовательно, плохое охлаждение двигателя...).

Указанные обстоятельства требуют частого обслуживания перекачивающего агрегата, особенно смены противокислотного фильтра и замены масла компрессора. (Во *избежание больших неприятностей вы должны будете тщательно следовать рекомендациям разработчика станции регенерации).*

Для осуществления данного способа станцию регенерации соединяют со сливным баллоном согласно схеме на рис. 57.12, не забывая при этом об установке манометра.

Как обычно используют по возможности самые короткие шланги самых больших диаметров, особенно для подключения к запорным вентилям компрессора. Если доступ внутрь установки отсутствует и вы задумаете обеспечить его сами (например, с помощью специального быстромонтируемого вентиля, обеспечивающего прокалывание какой-либо магистрали), напоминаем, что компрессор станции регенерации никогда не должен всасывать жидкость. Действительно, отделитель жидкости, установленный на входе в компрессор станции регенерации предназначен только для защиты от *незначительных гидравлических ударов* и ни в коем случае не может защитить от непрерывного потока большого количества жидкости.

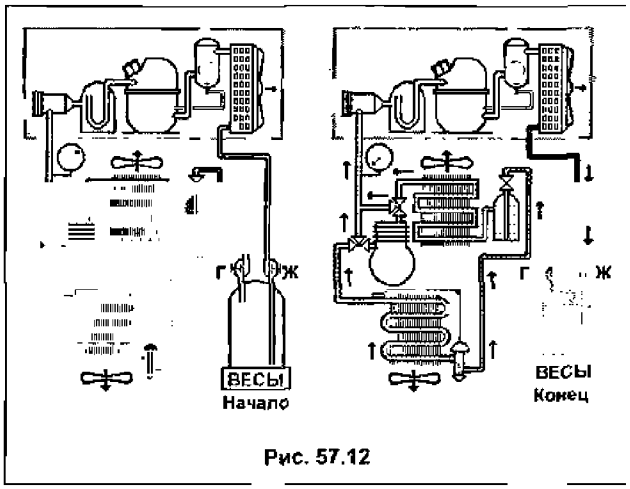


Рис. 57.12

ВНИМАНИЕ! Никогда не соединяйте всасывающую магистраль станции регенерации с зоной холодильной установки, в которой может находиться жидкость.

Существует и еще одна проблема. Так как в установке хладагент находится как в жидком, так и в газообразном состоянии, а перекачивающий агрегат может всасывать только пары, нужно быть уверенным в том, что жидкий хладагент сможет испаряться с достаточной скоростью парообразования. Однако жидкость при испарении требует тепла (см. *раздел 56. Различные проблемы холодильного контура.)*.

Поэтому все зоны установки, содержащие жидкость, по мере перекачки и уменьшения давления в контуре будут сильно охлаждаться (см. рис. 57.13). Так, при давлении в контуре 0 бар изб. жидкий R22 будет иметь температуру минус 40°C, R12 охладится до -30°C, а температура R502 упадет до -45°C!

Для того, чтобы создать как можно лучшие условия для перекачки, следует передать жидкости как можно больше тепла. Если вся жидкость до начала перекачки находится в ресивере, его нужно будет подогреть. С другой стороны, если жидкость находится в испарителе и конденсаторе, для подвода к ней тепла достаточно будет включить вентиляторы, чтобы тем самым ускорить процедуру опорожнения установки.

При использовании этого метода не обязательно весь хладагент собирать в ресивере. Напротив, необходимо задействовать вентиляторы испарителя и конденсатора.

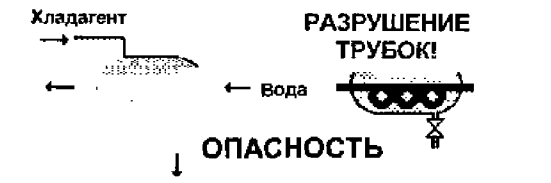


Рис. 57.14



Рис. 57.13

После продувки шлангов, фиксации показаний весов и включения вентиляторов небольшую порцию паров можно будет отсосать благодаря вакууму, имеющемуся в баллоне (что гораздо менее выгодно, чем всасывать жидкость), а затем запустить станцию регенерации. Всасываемые пары нагнетаются в конденсатор станции регенерации и потом передавливаются в сливной баллон в жидком состоянии. **Как всегда, внимательно отслеживайте показания весов, чтобы ни в коем случае не превысить максимально допустимый уровень заполнения баллона!** Манометр позволяет оценивать остаточное давление паров хладагента в опорожняемой установке с целью определения момента окончания процедуры опорожнения (мы будем обсуждать этот момент в пункте К настоящего раздела).

J) Извлечение паровой фазы: Опасность для установок, оснащенных теплообменниками, содержащими воду

Мы видели, что при извлечении хладагента в газовой фазе из контура холодильной установки все части установки, в которых еще находится жидкость, будут очень сильно охлаждаться за счет испарения этой жидкости. *Для установок, оборудованных конденсаторами или испарителями с водяным охлаждением, последствия такого падения температуры испаряющейся жидкости могут быть особенно катастрофическими.*

В самом деле, опасность замерзания воды в трубках теплообменника очень велика, а если вода в трубках замерзнет, они немедленно разрушатся и холодильный контур. будет контактировать с водяным контуром (см. рис. 57.14).

Следовательно, в таких установках в процессе извлечения хладагента из них обязательно следует поддерживать циркуляцию воды во всех теплообменниках.

Эта необходимая предосторожность дает двойную выгоду. Во-первых, она исключает опасность замерзания воды в трубках, а во вторых способствует испарению хладагента (циркулирующая вода будет охлаждаться как в конденсаторе, так и в испарителе), что, уменьшит таким образом продолжительность опорожнения. **Если поддерживать циркуляцию воды невозможно, нужно будет обязательно слить ее из соответствующих теплообменников.**

K) Различные проблемы

При каком давлении нужно останавливать станцию регенерации? Правилами предусматривается, что остаточное давление в конце опорожнения не должно превышать 0,6 бар абс. (-0,4 бар по манометру), если объем контура менее 200 литров, и 0,3 бар абс. (-0,7 бар изб.) в остальных случаях.

Бывает, что достичь этих величин оказывается очень трудно. В самом деле, чем больше падает давление в контуре, тем меньше паров всасывает компрессор станции регенерации, и тем больше возрастает степень сжатия: ясно, что это приводит к огромному перегреву компрессора. Если компрессор слишком долго работает в таких условиях, он, как правило, отключается предохранительным термореле (в противном случае он сгорает).

С целью бережного отношения к станциям регенерации попытаемся не включать их на слишком длительный срок. Когда установка содержит мало хладагента, ее опорожнение в газовой фазе может это позволить. Однако если **заправка превышает несколько килограмм, идеальным решением всегда будет слив максимального количества хладагента в жидком состоянии** (следовательно, без необходимости его испарения) с последующим завершением процедуры опорожнения при помощи перекачивающего агрегата, *который будет тогда всасывать только пары.*

Такая процедура всегда будет гораздо более быстрой. Тем *не менее будем внимательны, так как производительность станции регенерации должна быть адаптирована к объему установки.* В самом деле, для установки, у которой (даже после слива жидкого хладагента) в газовой фазе его остается, например, 20кг, мы не должны упускать из вида, что станции регенерации, имеющая производительность 1 кг/час, должен будет работать 20 часов, в то время как станция регенерации с производительностью 80 кг/час будет работать только четверть часа.

Примечание: При всех способах слива хладагента в жидкой фазе его накопление в ресивере предпочтительнее обеспечивать с использованием собственного компрессора холодильной установки. Конечно, если компрессор не может работать, допустимо оставить в некоторых частях контура какое-то количество жидкого хладагента. Тем не менее, нужно быть уверенным в том, что в ресивере также имеется жидкий хладагент. В этом случае, если возможен доступ к ресиверу, следует использовать один из способов опорожнения установки, вначале сливая хладагент в жидкой фазе, а затем удаляя газовую фазу с использованием станции регенерации. *Тогда вам нужно будет испарять только жидкость, находящуюся в застойных зонах вместо того, чтобы испарять всю жидкость, заправленную в контур: Тем самым вы сбережете ресурс станции регенерации и конечно получите выигрыш во времени.*

Можно ли использовать станцию регенерации для любого хладагента? *Станции регенерации рассчитаны на удаление из контура вполне определенных типов хладагентов и не могут быть использованы для перекачки любого типа.* Например, агрегат, предназначенный для перекачки хладагентов типа R12, R22, R500 и R502 нельзя будет использовать для перекачки хладагента типа R134a (и наоборот), если с самого начала это не было предусмотрено его разработчиком. В частности, это обусловлено несовместимостью между собой масел, используемых для каждого из этих хладагентов.

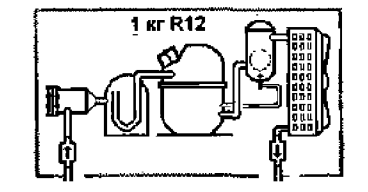


Рис. 57.15

(Ознакомьтесь с инструкцией разработчика станции регенерации).

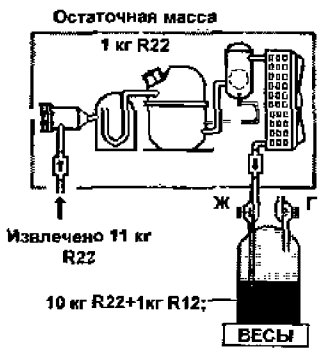


Рис 57.16

Если разработчик допускает использование станции регенерации для перекачки разных хладагентов (например, R12 и R22), следует быть особенно внимательным к массе хладагента, которая может оставаться в агрегате по окончании перекачки (этим количеством нельзя пренебрегать, поскольку оно может превышать 2 кг). При переходе от одного хладагента к другому **вы *должны обязательно удалить из станции регенерации остатки прежнего хладагента,*** иначе появляется опасность смешивания хладагентов. Чтобы понять, в чем тут дело, представим, что вначале станция регенерации использовалась для опорожнения холодильной установки, работающей на R12 (см. рис. 57.15).

Допустим, что по окончании процедуры опорожнения во внутренних полостях станции регенерации осталось 1 кг R12. Далее ***с помощью этой же станции регенерации без ее опорожнения*** приступили к откачке хладагента R22 из другой холодильной установки. Если при этом из нее извлечено 11 кг R22, допуская для простоты, что в перекачивающем агрегате осталось то же количество R22 (то есть 1 кг), то в сливном баллоне окажется 10 кг Р22+1кг R12 (то есть непригодная к повторному использованию смесь, которую поставщик должен будет уничтожить, см. рис. 57.16).

Отметим, что если извлечено только 5 кг R22, то в сливном баллоне окажется смесь из 4 кг R22 и 1 кг R12. Заметим также, что если в первом контуре R12 был загрязнен кислотами, то баллон теперь будет содержать смесь R12 и R22, также загрязненную кислотами. Вообразите себе последствия, если вы решите повторно

использовать этот хладагент для заправки другой установки.

Извлечем из этого следующий урок. Во-первых, после каждой операции необходимо опорожнять станцию регенерации, в точности следуя предписаниям изготовителя. И во-вторых, опасно сливать хладагент из одной холодильной установки для его последующей заправки в другую.

Будем также осторожны, используя шланги с самозапирающимися соединениями, что позволяет избегать при их демонтаже выброса содержимого шлангов в атмосферу. Эти шланги должны быть четко промаркированы во избежание смешивания хладагентов. Кроме того, самозапирающиеся соединения приводят к потерям давления в шлангах, что может весьма заметно повысить продолжительность операций слива.

Как подготовить хладагент к повторному использованию?

В настоящее время в продаже имеются устройства, позволяющие подготовить хладагент к повторному использованию перед заправкой в установку, которые иногда объединены с перекачивающим агрегатом. Одно из таких устройств, используемое для большинства обычных хладагентов, представлено на рис. 57.17.



Дядя Степа-ясновидец

Рис. 57.18

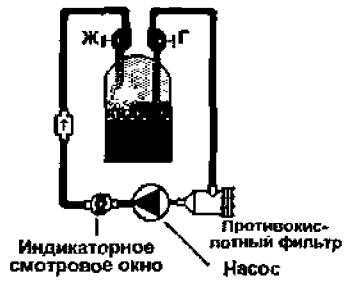


Рис. 57.17

Насос обеспечивает циркуляцию загрязненного хладагента через антикислотный фильтр-осушитель и индикаторное смотровое стекло, позволяющее контролировать отсутствие влаги в хладагенте. Это устройство позволяет удалить только влагу и кислоты. Оно ни в коем случае не может обеспечить получение абсолютно чистого хладагента, если в нем имеются примеси другого хладагента или значительные следы масла.

Оборудованием, необходимым для полной очистки хладагентов и подготовки их к повторному использованию, располагают только поставщики хладагентов.

58. ПРОБЛЕМЫ, ВЫЗВАННЫЕ ПОЯВЛЕНИЕМ НОВЫХ ХЛАПАГЕНТОВ

До подписания Монреальского протокола в сентябре 1987 г. большинство холодильщиков были людьми, не знавшими печали. Годами они довольно-таки неплохо использовали имеющиеся в их распоряжении хладагенты и вполне успешно осваивали их. В холодильном торговом оборудовании наиболее часто это были R12 и R502, в кондиционерах - R22 (см. рис. 58.1).

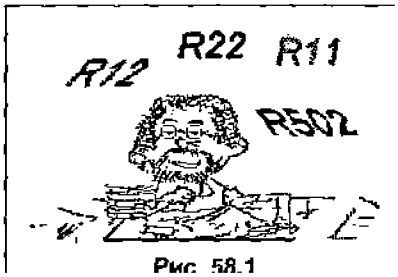


Рис. 58.1

И вот в Монреале нам сказали, что R12 и R502 (также, как и RII, R113, R114, R115, R500) являются хлорфторуглеродами (категория CFC), которые разрушают озоновый слой, и что такие хладагенты должны исчезнуть через 10 лет (см. рис. 58.2)! Однако срок наступления этого события представлялся достаточно отдаленным, и хладагенты категории CFC продолжали успешно использоваться большинством холодильщиков, тем более что достойных вариантов их замены не существовало, за исключением разработки новых установок на R22, когда это было возможным.

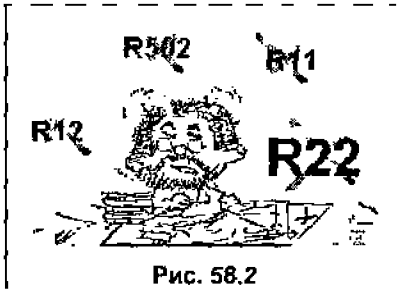


Рис. 58.2

В июне 1990г. в Лондоне к перечисленным хладагентам, объявленным экологически вредными, добавили R13 и R503. Более того, к 2040г. было предусмотрено изъятие из обращения другой категории хладагентов - хлорфторуглеводородов (HCFC). На этот раз под прицелом был, в основном, R22, поскольку он начал получать распространение в холодильном торговом оборудовании. Не считая аммиака (почти не используемого при малых мощностях), не оставалось, следовательно, ничего другого, как надеяться на появление новых экологически чистых хладагентов.

После многочисленных изменений первоначального протокола, его положения в настоящее время уточнены, поскольку начиная с 1 января 1995г. производство CFC должно быть прекращено (к повторному использованию могут быть допущены только слитые из установок и регенерированные CFC). HCFC пока что получают отсрочку до 2015 года с замораживанием потребления на уровне 1996 года и графиком снижения производства начиная с 2004 года. В течение всего этого времени химики не бездействовали, и в результате их работы на рынке появилось множество новых соединений, либо предназначенных для вновь разрабатываемых установок, либо позволяющих эксплуатировать существующие установки.

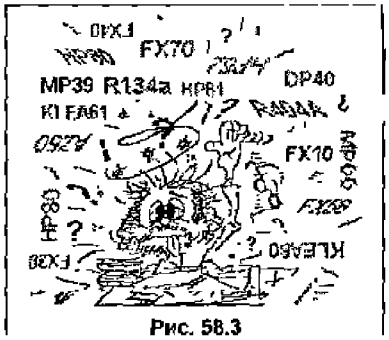


Рис. 58.3

• **Для вновь разрабатываемых установок** предлагается использовать хладагенты категории фторуглеводородов (HFC), имеющих ничтожное воздействие на окружающую среду. Среди этих хладагентов, рассматриваемых как окончательные, сегодня наиболее известны R134a и R404A.

• **Для существующих установок, работающих на CFC,** когда снабжение хладагентами с целью их текущего обслуживания окажется невозможным, могут быть использованы переходные хладагенты, позволяющие, в основном, не спеша переоборудовать эти установки с минимальными доработками (FX56, DP40, FX10, HP80...). Эти промежуточные хладагенты являются смесями хладагентов категорий HFC и HCFC, следовательно, они подпадают под ограничения, установленные для R22 и также в перспективе должны будут исчезнуть. Таким образом, их нужно использовать только для того, чтобы продлить эксплуатацию существующих установок с минимальными издержками.

Верные стилю и духу настоящего руководства, мы будем избегать глубокой теории при изложении (максимально упрощенном) практических проблем (иногда очень сложных), связанных с использованием новых хладагентов. Зная природу этих проблем, читатель в дальнейшем найдет средства для их преодоления.

A) Общие проблемы, возникающие при использовании HFC в новых установках

В отличие от CFC (R12, R502...), новые хладагенты HFC не содержат хлора. Они имеют нулевой потенциал разрушения озона и весьма незначительное влияние на парниковый эффект (приводящий к перегреву земной

атмосферы). Они рассматриваются как окончательные и должны будут использоваться во вновь разрабатываемых установках. На сегодня речь идет главным образом о следующих областях использования:

• **R134a** должен окончательно заменить R12 в области высоких и средних температур.

• **R404A** должен окончательно заменить R502 в области средних и низких температур. Чтобы упростить вам жизнь, заметим, что этот хладагент называют также FX70 (производитель Elf Atochem) или HP62 (производитель Du Font de Nemours)!

Использование хладагентов HFC порождает отдельные проблемы при сборке установок и при их обслуживании. *Заметим, что большинство из этих проблем уже существовали с другими хладагентами, но самой природой HFC они усилились.*

• **МАСЛА:** Проблема масел является основной, поскольку при малейшей ошибке компрессор может разрушиться. Используемые до настоящего времени с хладагентами CFC (R12, R502...) и HCFC (R22...) масла совершенно несовместимы с хладагентами HFC. Поэтому компрессоры, предназначенные для работы с новыми хладагентами HFC, заправляются специальным маслом, называемым «эфирное масло», в отношении которого необходимо знать следующее.

• ***Эфирные масла чрезвычайно гигроскопичны.*** Например, они очень быстро насыщаются влагой, как только вы откроете канистру на воздухе. Поэтому количество воды, которое попадает в контур одновременно с маслом, может оказаться очень большим.

Поскольку смесь эфир +HFC +вода может образовывать ***крайне агрессивную и опасную фторводородную кислоту,*** вы должны соблюдать максимальные предосторожности по части обезвоживания при всех работах, связанных с вскрытием контура. Особенно внимательно следите за собственной безопасностью (глаза, руки...), работая с загрязненным маслом.

Поэтому канистру с эфирным маслом нельзя оставлять открытой на воздухе более 15 минут (предельное время) и масло, содержащееся в ней, следует полностью использовать (не берите канистру на 25 л, если компрессору требуется 1 л!). Предосторожности по обезвоживанию при разборке и сборке установки должны отвечать всем правилам и соблюдаться с величайшей строгостью.

В частности, новый компрессор, заправленный эфирным маслом, поставляется полностью обезвоженным. Во время сборки установки его внутренние полости должны оставаться совершенно изолированными от окружающей среды, чтобы избежать загрязнения масла влагой, которая содержится в окружающем воздухе.

Когда сборка закончена и герметичность контура проверена, рекомендуется отвакуумировать его, оставляя внутренние полости компрессора изолированными от контура. Для этого необходимо один штуцер отбора давления расположить на вентиле выхода жидкости из ресивера (конденсатора), а другой - на всасывающем трубопроводе (или установить их). Только когда установка будет герметична и обезвожена, можно будет открыть вентили компрессора и осуществить окончательное вакуумирование.

Операции по вакуумированию должны производиться особенно тщательно, а используемые фильтры - осушители должны иметь максимально возможную производительность (предпочтительно с антикислотной функцией), чтобы снизить до минимума опасность выхода из строя компрессора.

• ***Эфирные масла не допускают смешивания.*** Заметим, что некоторые эфирные масла содержат антиокислительные и (или) противоизносные добавки, которые улучшают характеристики масел. Однако природа этих добавок у различных производителей неодинакова, что может привести к несовместимости масел между собой. Кроме того, при смешивании масел результирующая вязкость смеси становится непрогнозируемой, что может нанести ущерб процессу смазки компрессора.

Таким образом, следует избегать смешивания двух различных эфирных масел, опасность чего появляется, главным образом, при доливке масла, даже если эта опасность незначительна, и вы используете два смазочных масла, применение которых порознь соответствует инструкциям разработчика.

Однако главная проблема заключается в том, что эфирные масла очень быстро перестают смешиваться с HFC в присутствии масел другого семейства. Потеря смешиваемости происходит особенно быстро и, следовательно, опасно, если эфирное масло загрязнено минеральным маслом (повсеместно используемым с R12), и в меньшей степени, когда речь идет об алкилбензольном масле (или его смеси с минеральным), иногда используемом с R22 и R502 (при низких температурах испарения).

Однако, если смешиваемость масла и хладагента ухудшается, масло, которое нормально циркулирует в установке, теряет возможность возвращения в картер и разрушение компрессора гарантировано!

В зависимости от условий работы (прямой цикл расширения, затопленный испаритель, высокая или низкая температура испарения, испаритель над или под компрессором, большая протяженность трубопроводов...) ***максимально допустимое содержание минерального масла в эфирном не должно превышать 1%*** (в настоящее время в продаже имеются многочисленные комплекты для быстрой оценки состава масляных смесей). Поэтому ремонтник, вскрывающий контур, который заполнен HFC, должен быть особенно внимателен.

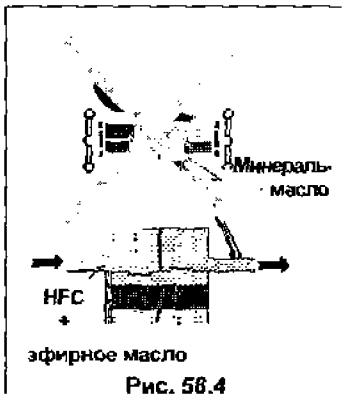


Рис. 58.4

В *частности, комплекты манометров, используемые для контроля давления хладагентов, должны быть различными для категорий CFC и HFC с тем, чтобы избежать случайного смешивания эфирного и минерального масел, которые могут оставаться в соединениях (см. рис. 58.4).*

• ***Эфирное масло является более плохим растворителем, но обладает лучшими очищающими свойствами, чем старые масла.*** Это означает, что мелкие частицы, которые ранее присутствовали в контуре в растворенном виде, теперь не будут растворяться. С другой стороны, различные загрязнения стенок (нагар, окалина), будут интенсивнее смываться, и масло будет загрязняться и чернеть гораздо быстрее, чем раньше, если внутренняя поверхность стенок контура не была предварительно доведена до безупречного состояния.

Поэтому качество сборочных работ, особенно при монтаже установки, должно быть безупречным, а сами работы должны проводиться с неукоснительным соблюдением всех правил. Например, пайка должна производиться только в среде нейтрального газа (сухой азот) во избежание образования окислов. Используемые фильтры должны быть как можно тоньше (чтобы улавливать загрязнения), причем настоятельно рекомендуется установка фильтра на всасывающей магистрали.

• **МАТЕРИАЛЫ:** *Используемый компрессор должен быть предназначен для работы на HFC* (главным образом, когда речь идет о компрессоре с встроенным двигателем). Более того, отдельные узлы также должны быть специально разработаны для использования совместно с HFC. Рассмотрим, для чего это необходимо:

• ***По возможности следует избегать резьбовых соединений,*** *так как молекулы HFC имеют гораздо меньшие размеры, чем молекулы традиционных хладагентов.* В результате установка, герметичная при работе на CFC (R12, R502), вполне может оказаться «дырявой» для HFC. По этой причине компрессоры открытого типа не особенно рекомендуются для работы с HFC.

По этой *же причине предпочтительнее использовать резьбовые соединения, причем пайку желательно выполнять припоем с повышенным содержанием серебра, так как такие соединения гораздо менее пористые.* ***Если вы все-таки используете резьбовые ниппельные соединения, развальцовка трубок должна выполняться особенно тщательно, а развальцованные концы должны быть в превосходном состоянии (см. рис. 58.5).*** *Точно также, гибкие шланги или трубки, когда они используются, должны быть специально разработаны для HFC (повышенной герметичности, химически совместимые).*

• **ТРВ должен быть предназначен** для конкретного типа HFC (например, если используемый хладагент -R134a, ТРВ должен быть предназначен именно для R134a). Другие принципы подбора, монтажа и настройки ТРВ такие же, как для обычных хладагентов.

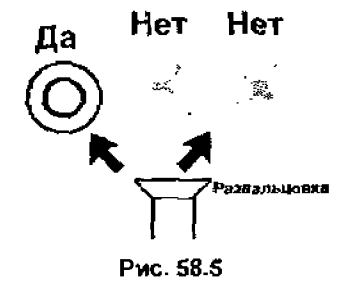


Рис. 58.5

• **Фильтр-осушитель** должен быть специальной модели HFC с гораздо более мелким фильтром, чтобы подходить по размеру к новым молекулам. Заметим, что из-за повышенной гигроскопичности эфирных масел эти фильтры-осушители зачастую имеют повышенную (примерно на 20% по отношению к обычным хладагентам) поглощающую способность, и желательно, чтобы они выполняли еще функцию антикислотных фильтров (напоминаем, что смесь эфир +HFC +вода, к сожалению, имеет склонность образовывать фторводородную кислоту, еще более разрушительную, чем соляная кислота!).

• **Смотровое стекло** должно быть предназначено для работы в качестве индикатора влажности специально для HFC, *то есть быть гораздо более чувствительным.* Индикатор этого нового типа смотровых стекол меняет цвет в присутствии гораздо меньшего содержания влаги, что позволяет обнаружить отклонения гораздо раньше (и, следовательно, быстрее принять меры). *Если индикатор поменял окраску, нужно проверить кислотность масла, заменить его при необходимости и обязательно поменять фильтр-осушитель на антикислотную модель.*

• **Теплообменники** (испарители, конденсаторы...), используемые с обычными хладагентами, как правило, совместимы с HFC. Поправочный коэффициент мощности (даваемый изготовителем) применяется при их подборе в зависимости от используемого хладагента.

• **Различные узлы** (регулирующие вентили, ручные вентили, электромагнитные клапаны, маслоотделители...) одинаковы, но подбирать их нужно с учетом поправочного коэффициента, зависящего от типа хладагента (Тем не менее, нужно быть внимательным, так как изготовленные из некоторых ранее применявшихся материалов уплотнительные прокладки могут оказаться менее надежными при работе в среде HFC). Жидкостные ресиверы для HFC обычно одинаковы с ресиверами, используемыми для других хладагентов.

Обязательные правила.

• **Конструкция холодильных контуров** должна отвечать понятию замкнутости. Дополнительно к полной герметичности при работе, последующие операции по их техническому обслуживанию должны осуществлять с минимальной потерей хладагента. В конструкции установки обязательно должна предусматриваться возможность полного извлечения из нее хладагента *(см. раздел 57. Проблемы слива и повторного использования хладагентов)*.

• **Расположение трубопроводов** и реализуемые в них минимальные скорости должны обеспечивать нормальную циркуляцию масла *(см. раздел 37. Проблема возврата масла.)*.

В настоящее время для подбора трубопроводов под новые хладагенты имеются расчетные номограммы.

• **Проблемы перетекания** существовали и для обычных хладагентов *(см. раздел 28. Проблема перетекания жидкого хладагента.)*. Поскольку хладагенты категории HFC имеют склонность к еще более сильному перетеканию, при их применении рекомендуется обязательно обеспечивать электроподогрев картера во время остановок и останавливать компрессор с предварительным вакуумированием *(см. раздел 29. Остановка холодильных компрессоров)*. Если компрессор оснащен масляным насосом, рекомендуется устанавливать масляный прессостат.

• **Поиск утечек** нельзя осуществлять с помощью галогенной лампы, так как HFC не содержат хлора (см. *раздел 15. Поиск утечек хладагента.)*.

• **Инструмент** должен быть приспособлен к новым хладагентам (которые не допускают присутствия минеральных масел и хлора).

В частности, необходимо иметь в наличии набор манометров со шлангами, предназначенными исключительно для использования в установках, заправленных HFC. Вследствие высокой гигроскопичности эфирных масел операции вакуумирования необходимо выполнять особенно тщательно. Поэтому рекомендуется использовать двухступенчатые вакуумные насосы. Напоминаем, что продолжительность вакуумирования может быть сокращена вдвое только за счет использования коротких шлангов диаметром 3/8" (вместо длинных шлангов 1/4").

• **Эфирные масла** более чувствительны к загрязнениям, чем обычные масла. Поскольку срок службы компрессора напрямую зависит от качества его смазки, анализ масла является эффективным средством оценки состояния установки (также, как анализ крови свидетельствует о состоянии здоровья человека). Раннее обнаружение отклонений позволит своевременно предпринять необходимые меры, прежде чем станет слишком поздно.

Для этого достаточно прямо в месте нахождения установки просто проконтролировать смотровое стекло-индикатор влажности (специально предназначенный для HFC), оценить цвет и запах масла и провести профилактическую проверку его кислотности (Внимание: некоторые эфирные масла с большим количеством присадок могут при проверке менять окраску даже в отсутствие кислот).

Для ответственных установок или в случае сомнений может потребоваться полный лабораторный анализ (с помощью детектора pH или системы DEHON, например). Такой анализ, проводимый регулярно, позволяет отслеживать изменения основных характеристик масла (вязкость, кислотность, содержание воды, очень

точно содержание металлических частиц, диэлектрическую прочность...) во времени и, следовательно, очень быстро обнаруживать малейшие отклонения, делая соответствующие выводы о последствиях.



Рис. 58.6

- **Промывку загрязненного контура,** например, вследствие сгорания компрессора, нельзя делать с использованием CFC R11. Сейчас начинают появляться новые жидкости для промывки, которые не загрязняют контур, обеспечивают качественную промывку, но также имеют и недостатки. В ожидании столь же эффективного, но менее дорогостоящего решения в настоящее время для промывки контура часто рекомендуется относительно дорогой способ промывки эфирным маслом (или эфиром).

- **Требуется очень точное определение марки масла и хладагента, используемых в установке.** Огромное количество хладагентов и их названий (FX10, R11, R12, R13, R13B1, FZ20, R22, R23, R32, MP#, DP40, FX40, AZ50, FX56, FX57, KLEA60, KLEA61, HP62, KLEA66, MP66, R69L, FX70, HP80, HP81, R113, R114, R115, R123, R124, R125, R134a, R141b, R142b, R143a, R152a, R218, FX220, R245a, R290, R402A, R403A, R403B, R404A, R407A, R407B, R500, R502, R503, R507, R600a, R717, AC9000...), даже неполное перечисление уже утомляет, тогда как мы; к со*жалению, не преувеличиваем!*

- **ОСОБЕННОСТИ ХЛАДАГЕНТОВ HFC.** В настоящее время для R134a и R404A имеется полный набор оборудования.

- **R134a** является индивидуальным веществом (в отличие от R404A, который представляет собой смесь индивидуальных веществ). Это означает, что заправку R134a можно производить как в жидкой фазе, так и в газовой (чего нельзя делать с R404A).

- R134a предназначен для полной и окончательной замены R12. Его использование должно ограничиваться применением при температурах испарения выше -15°C...-20°C, так как при более низких температурах его характеристики заметно уступают характеристикам R12.

- Несмотря на трудный старт (всегда нелегко менять свои привычки), он уже широко используется многими разработчиками и должен распространяться все больше и больше (по мере снижения его цены), особенно в крупносерийных и моноблочных агрегатах.

- Заметим, что масса R134a, заправляемая в контур, как правило, на 10...20% ниже по отношению к R12 из-за разницы удельной массы этих веществ.

- **R404A** представляет собой смесь трех соединений категории HFC (44% R125+52% R143a+4% R134a) и предназначен для замены R502 в большинстве областей использования при средних и низких температурах с почти одинаковыми условиями функционирования.

В отличие от R502, который является так называемой азеотропной смесью (то есть при изменении агрегатного состояния ведет себя как индивидуальное вещество), R404A является псевдоазеотропной смесью. Это означает, что при постоянном давлении температура, при которой происходит изменение агрегатного состояния (кипения в испарителе и конденсации в конденсаторе) может изменяться в узком диапазоне.

Этот температурный гистерезис, называемый интервалом возгонки, «сдвигом» или температурой скольжения объясняется тем, что вначале стремится к испарению более летучий компонент (например, в смеси эфира и воды эфир испаряется раньше, чем вода). Более интенсивное испарение самого летучего компонента изменяет характеристики остающейся смеси (она обогащается менее летучими компонентами), при этом одновременно меняется соотношение между температурой и давлением насыщенного пара.

R404A имеет гистерезис менее 1 °C, что может считаться пренебрежимо малой величиной (откуда и происходит его название псевдоазеотропной смеси). ***Однако явление гистерезиса требует, чтобы заправка установки всегда производилась жидким R404A, а не газом, даже при дозаправке.***

Действительно, заправка газом будет способствовать введению в контур самого летучего компонента в ущерб остальным, что может заметно изменить характеристики работы установки.

Заметим, что наличие утечек из областей, где хладагент представляет собой гомогенную среду (переохлажденная жидкость или перегретый пар) не меняют состава смеси. Если утечка происходит из области, где хладагент находится в состоянии насыщенных паров (смесь жидкости и пара), скорость утечки каждого из компонентов почти одинакова для случая, когда мы имеем дело с азеотропной или

псевдоазеотропной смесью. Поэтому для R404A эксперименты показали, что утечка такого рода относительно незаметно меняет состав остающейся смеси (к счастью)!

Отметим, что в одних и тех же условиях функционирования R502 и R404A имеют практически одинаковую удельную массу. Следовательно, расход через ТРВ будет одинаковым и заправка тоже. Наконец, при использовании R404A рекомендуется устанавливать ТРВ с внешним уравниванием давления.

Поставщики хладагентов, как правило, с удовольствием сообщат вам все дополнительные сведения в зависимости от ваших потребностей (номограммы, диаграммы состояния, результаты сравнительных исследований, советы и рекомендации...). Так что не стесняйтесь пользоваться их консультациями.

B) Проблемы, возникающие в существующих установках с исчезновением хладагентов CFC

Число установок, которые в настоящее время работают на хладагентах категории CFC (R12, R502...), довольно внушительно. Техническое обслуживание этих установок *обязательно потребует, не сегодня так завтра,* дозаправки. При этом вам либо удастся раздобыть хладагент CFC (заплатив за него бешеные деньги), либо не удастся. И тогда нужно будет предусмотреть возможность замены CFC другим хладагентом.

Как мы только что увидели, использование хладагентов категории HFC (R134a, R404A...) во вновь создаваемых установках само по себе требует соблюдения многочисленных предосторожностей и порождает некоторые проблемы. То есть замена CFC на HFC в существующей установке является очень сложной и дорогостоящей операцией, и предусматривать ее было бы легкомысленно. В *самом деле,* ***нужно будет обязательно удалить из контура следы минерального масла*** *(для чего потребуется одна или несколько очень тщательных промывок контура),* установить комплектующие, предназначенные для работы на HFC (ТРВ, фильтр-осушитель, смотровое стекло...), а иногда даже поменять компрессор.

Чтобы обойти эти сложности, в настоящее время разработано множество так называемых переходных хладагентов. Каждый из них имеет свои особенности и предназначен для замены существующих CFC. Однако напоминаем, что все переходные хладагенты являются смесями на основе хладагента категории HCFC R22. То есть их продолжительность жизни такая же, как у R22 (снижение производства, начиная с 2004 года, и полное прекращение производства к 2015 году).

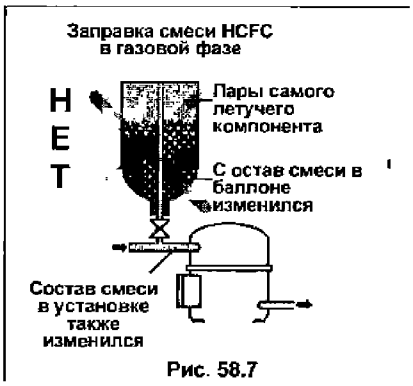


Рис. 58.7

Следовательно, их использование должно быть ограничено существующими установками, работающими на CFC, с *целью максимального продления срока их службы* с минимальными затратами до тех пор, пока их общее состояние (или объем работ, необходимых для их поддержания в рабочем состоянии) будут оправдывать затраты на покупку и монтаж новой установки, работающей на хладагентах категории HFC.

• **Использование смесей HCFC:** *Для продления жизни существующих установок, использующих CFC, мыслится полностью отказаться от CFC и заменить их смесями HCFC, обеспечивающими с максимально возможной точностью те же выходные и внутренние параметры установок, что и CFC, и следовательно, требующими минимального объема доработок установок.*

• **Преимущества смесей HCFC:** *Дополнительно к минимальным потребностям в доработке существующих установок основное преимущество смесей HCFC заключается в том, что они совместимы с маслами, традиционно используемыми с CFC.*
* Это свойство чрезвычайно упрощает процедуру замены, потому что часто можно использовать одно и то же масло. В крайнем случае нужно будет слить старое масло и заменить его тем же количеством алкилбензольного масла или смесью минерального и алкилбензольного масла, рекомендуемыми производителем компрессора, при этом никакой промывки контура не потребуется.
Недостатки смесей HCFC: Эти смеси имеют температурный гистерезис (температуру скольжения) при изменении агрегатного состояния (известное понятие интервала возгонки применительно к R404A раскрыто нами выше). Однако для HCFC этот гистерезис вовсе не является пренебрежимо малым, поскольку для некоторых переходных смесей, заменяющих R12, он может превышать 8°C (для смесей, заменяющих R502, он, как правило, менее 2°C).

Поэтому заправка или дозаправка установок хладагентами HCFC должна обязательно проводится только в жидкой фазе (см. рис. 58.7).

При работе с такими смесями холодильщик не сможет определять температуру хладагента в испарителе или конденсаторе по показаниям манометра (как он мог это делать при работе с R12, R22 и R502) по причине неоднозначности соотношения «давление-температура» из-за известного температурного гистерезиса.

Следовательно, нужно иметь в распоряжении таблицы производителя (или специальную линейку с номограммами, что более удобно для монтажной площадки), дающие различные зависимости между давлением и температурной для используемой смеси.

Однако при данном давлении из-за температурного гистерезиса таблицы (или линейка) дают две разных температуры: точку росы Θр и температуру вскипания Θв.

Точка росы указывает температуру паров в конце испарения или в начале конденсации (100% паров без всякого перегрева). И наоборот, точка вскипания представляет собой температуру жидкости в начале испарения или в конце конденсации (100% жидкости без всякого переохлаждения).

Чтобы не сбивать ремонтника с толку этой немного специфической терминологией, сравним работу на R12 (гистерезис равен 0°С) с работой на смеси HCFC, которую мы будем называть «X» и гистерезис которой равен, например, 7°С (для максимального упрощения будем считать потери давления в испарителе равными нулю). Данные по R12 и смеси HCFC»X» приведены в табл. 58.1.

Табл.58.1

	R12	СМЕСЬ HCFC «X»	
Рабс	*Θ°кипения*	*Θ^росы(пары)*	*Θвскипания/жидкость!*
2,5 bar	*-6°C*	*-4°C*	*-11°C*

На схеме рис. 58.8 приведены испарители, залитые R12 и HCFC «X».

При давлении на выходе из испарителя (манометр НД) 1,5 бара (то есть 2,5 абс) температура кипения R12 равна -6°С. Это означает, что парожидкостная смесь в испарителе в течение всего процесса испарения жидкости остается при температуре -6°С.

Однако в случае смеси HCFC «X» при том же давлении на выходе из испарителя на входе в него (в начале испарителя) жидкость имеет температуру около -11 °С (Θвскипания), постепенно повышаясь по мере испарения

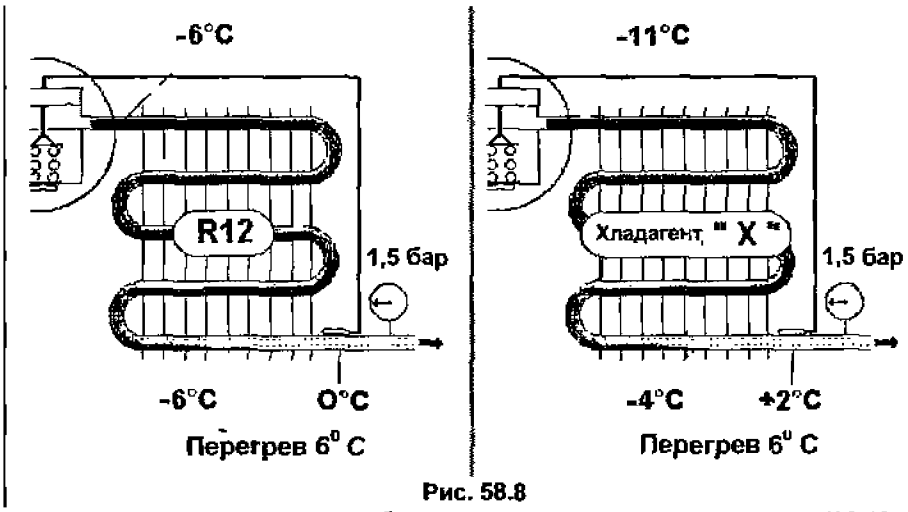


Рис. 58.8

и продвижения в испарителе, чтобы в конце него достичь температуры -4°С (Θросы), когда испарится последняя капля жидкости.

В обоих случаях после этого температура паров на выходе из испарителя повышается в результате одного и того же перегрева (здесь 6°С), достигаемого в месте крепления термобаллона ТРВ.

Рассмотрим теперь, что происходит в конденсаторе (см. табл. 58.2 и рис. 58.9).

Табл. 58.2

	R12	СМЕСЬ HCFC «X»	
Рабс	*θкипения*	*θросы (пары)*	*(θ'вскипания (жидкость]*
11 bar	*45°C*	*50°C*	*43°C*

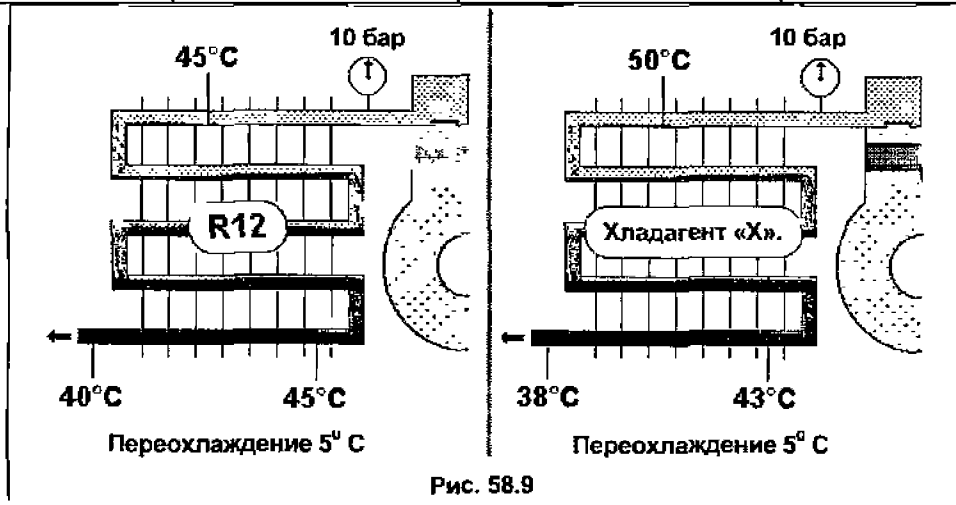


Рис. 58.9

При давлении на входе в конденсатор 10 бар (то есть 11 бар. абс), показываемом манометром ВД, температура конденсации R12 равна 45°C. Это означает, что парожидкостная смесь R12 остается при температуре 45°C в течение всего процесса конденсации.

Однако в случае смеси HCFC «X» при том же давлении температура парожидкостной смеси в начале конденсатора составляет 50°C (θросы), а далее по мере продвижения по конденсатору и продолжения конденсации постепенно падает, достигая 43°C (θвскип.), когда сконденсируется последняя молекула пара.

После этого в обоих случаях сконденсировавшаяся жидкость переохлаждается на одну и ту же величину (здесь 5° C) до тех пор, пока не дойдет до выхода из конденсатора.

На рис. 58.10 показано, как пользоваться специальной линейкой с нанесенными на нее номограммами «давление-температура», проградуированной в единицах избыточного давления.

Запомните, что в случае хладагента с большим гистерезисом перегрев паров нужно оценивать по отношению к точке росы (пар), а переохлаждение жидкости по отношению к точке вскипания (жидкость).

При работе с хладагентом «X» неопытный ремонтник может посчитать, что перегрев повышен, так как составляет 2-(-11)=13°C вместо 6°C на самом деле, или переохлаждение повышено, так как составляет 50-38=12°C вместо 5°C на самом деле, и на основе необычных данных строить предположения о неисправностях.



Рис. 58.10

Однако он может также посчитать, что перегрев завышен, в то время как компрессор «глотает» жидкость, или что переохлаждение нормальное, тогда как оно равно нулю. **Так что,**
будьте особенно внимательны при работе с этими жидкостями и рассчитывайте на приобретение опыта их эксплуатации!

ПРИМЕЧАНИЕ: На практике на выходе из ТРВ уже имеется парожидкостная смесь (порядка 80% жидкость +20% пара для большинства установок). Это означает, что реально температура вскипания достигается *внутри ТРВ*. Следовательно, температура на входе в испаритель выше, чем температура вскипания, что приводит к снижению действительного гистерезиса (см. рис. 58.11).
Более того, потери давления в испарителе снижают давление хладагента на выходе из испарителя, а следовательно уменьшается и его температура (действительная точка росы ниже, чем теоретическая), что также приводит к уменьшению действительного гистерезиса. Такое двойное уменьшение приводит к тому, что хладагенты с небольшим гистерезисом можно считать квазиазеотропными (например, переходные смеси для замены R502). Однако переходные смеси для замены R12 обладают гораздо более значительным гистерезисом (до 8°C), пренебрегать которым невозможно.

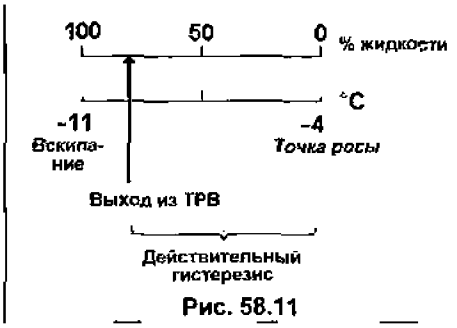


Рис. 58.11

С П•о е• •а пе•еобо• •ования становок по• смеси HCFC

Прежде чем предусматривать переоборудование установки, необходимо предварительно очень серьезно изучить финансовые и технические возможности такого переоборудования. Например, в каком состоянии находится установка? Сколько времени она эксплуатируется? Нормально ли она работает? Какие хладагенты могут быть использованы с установленным компрессором? Какой переходный хладагент HCFC выбрать? Какова величина заправки CFC в установку? Какой предстоит объем работ? Какие дополнительные затраты потребуются для переоборудования установки непосредственно под R22? Или под хладагенты HCF (R134a, R404A...)?

Когда решение о переоборудовании установки принято и выбран переходный хладагент HCFC, необходимо будет следовать процедуре, предписанной изготовителем компрессора (из-за проблем смазки, которые сами по себе могут перевесить все остальные проблемы) и производителем нового хладагента (который в совершенстве знает свою продукцию).

Для сведения мы проводим наиболее общую последовательность действий при переоборудовании установки (она может претерпевать изменения в зависимости от типа первоначально заправленного хладагента CFC и выбранного для замены хладагента HCFC).

1). Нужно составить перечень значений рабочих параметров установки при работе на существующем хладагенте CFC (Как минимум: давление, температуры, перегрев, переохлаждение, АО испарителя и конденсатора, потребляемый ток). В случае обнаружения отклонений, их причину необходимо обязательно устранить до начала переоборудования, поскольку чудес, как правило, не бывает, и при переходе на новый хладагент они не исчезнут. **Очень важно добиться, чтобы установка была абсолютно герметичной (контур, который каждую неделю нужно дозаправлять, должен быть отремонтирован).** Индикатора влажности внутри смотрового стекла должен показывать, что контур сухой, а контроль кислотности масла компрессора должен свидетельствовать об отсутствии кислот (настоятельно рекомендуется провести полный анализ компрессорного масла).

2). После закрытия вентиля выхода жидкости из ресивера и перекачки всего хладагента в жидкостной ресивер нужно будет слить CFC, для экономии времени желательно в жидкой фазе (см. *раздел 57. Проблемы слива и повторного использования хладагентов.)*. После откачки из установки остатков хладагента, находящихся в контуре в газовой фазе, нужно будет взвесить весь слитый хладагент (результаты взвешивания понадобятся нам при выполнении операций, изложенных в пункте 4). Наконец, можно слить масло, соблюдая правила обращения с обычными маслами.

3). Залить свежее масло в компрессор (в соответствии с инструкциями разработчика компрессора) в том же количестве, которое было слито при выполнении операций, перечисленных в п.2. Нужно будет также поменять фильтр-осушитель (рекомендуется установить фильтр на всасывающей магистрали компрессора), а затем очень тщательно отвакуумировать контур, чтобы как можно лучше удалить из него любые следы CFC (заменяющий хладагент уже является смесью, так не будем добавлять в него еще и CFC!).

4). После этого можно начинать заправку находящейся под вакуумом установку смесью HCFC обязательно в жидкой фазе. В зависимости от хладагента нужно будет залить в контур, желательно через жидкостную магистраль, порядка 70...80% от массы слитого ранее (см. п.2) хладагента CFC, а затем запустить компрессор.

ЗАМЕТЬТЕ, ЧТО ТРВ НЕ МЕНЯЕТСЯ, НЕСМОТРЯ НА ЗАМЕНУ ХЛАДАГЕНТА.

Так, ТРВ для R12 может быть использован в установке, заправленной FX56. Точно также ТРВ для R502 может работать в установке, заправленной FX10 или HP80.

Это вполне нормально, потому что термодинамические характеристики переходных хладагентов очень близки к характеристиках CFC, и таким образом специальный ТРВ не требуется.* Во время периода выхода установки на номинальный режим необходимо особенно внимательно наблюдать за значением перегрева с тем, чтобы поддерживать его в приемлемых пределах (в частности, обращать внимание на недопущение гидроударов!).

ПРИМЕЧАНИЕ. Будьте осторожны! Может случиться так, что ТРВ для R12 окажется в составе установки, работающей на R134a или ТРВ для R502 будет установлен в контуре, заправленном R404A. Если это произойдет, автор желает вам (также, как и установке), чтобы природа хладагента была установлена как можно скорее!

В зависимости от используемого переходного хладагента (и его температурного гистерезиса) может потребоваться настройка перегрева, а иногда и смена сопла ТРВ (поставщик хладагента даст вам все нужные сведения). Наконец, если потребуется дозаправить установку, *делать это нужно всегда только в жидкой фазе.*

ОЧЕНЬ ВАЖНО: Хладагент HP80 (производство Du Pont) содержит 38% R22, 60% R125 и 2% R290 (пропан). Хладагент FX10 (производство Atochem) содержит 45% R22 и 55% R134a. Хотя их химический состав существенно отличается, каждый из этих 2 хладагентов является переходной смесью для замены R502.

Нетрудно догадаться, что ни в коем случае нельзя смешивать между собой HP80 и FX10!

ВНИМАНИЕ! РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ ЯВЛЯЮТСЯ СМЕСЯМИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ. КАЖДЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ИСПОЛЬЗУЕТ РАЗНЫЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ПРОПОРЦИЯХ. ПОЭТОМУ НИКОГДА НЕЛЬЗЯ СМЕШИВАТЬ ЭТИ ХЛАДАГЕНТЫ МЕЖДУ СОБОЙ.

5). В конце процедуры переоборудования следует проверить настройку задающей аппаратуры (термостаты, прессостаты) и предохранительных устройств, ***осуществить поиск возможных утечек и обязательно промаркировать установку (указав тип хладагента и марку масла).***

Перечень значений основных рабочих параметров после переоборудования позволит вам выполнить объективное сравнение полученных результатов. Как правило, рекомендуется также осуществить профилактический контроль характеристик масла с целью предупреждения последующих отклонений.

Первое издание настоящего руководства насчитывало 277 страниц. Его переработка и дополнение потребовали сотен часов работы. Если вы думаете, что данный труд оказался полезным и что руководство может пригодиться при ремонте, расскажите об этом другим и приобретите его. Заранее вам благодарны.

Это новое руководство ремонтника специально предназначено для использования с обучающими программами Frigodep, Frigodiag (а вскоре и Frigolec). Если вы можете воспользоваться PC-совместимым компьютером, запросите у нас бесплатную демонстрационную дискету, иллюстрирующую возможности этих программ, послав запрос по почте или по факсу. Вы не пожалеете об этом.

129347 г. Москва И-347, ОСТРОВ

Прим. ред. Не все специалисты согласны с этим мнением. Например, Danfoss производит специальные ТРВ для смесей HCFC, предназначенные для каждой конкретной модели.

ВЫ прочли одну из лучших книг по работе с холодильными установками,скажите спасибо тем кто сделал для вас электронную версию этого полезного пособия.