Котзаогланиан

ПОСОБИЕ

ДЛЯ РЕМОНТНИКА



Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения

Перевод с французского *В.Б.Сапожникова* Техническая редакция *В.И.Велюханова*

Издательство Московского университета

ЗАО "ОСТРОВ" 1999
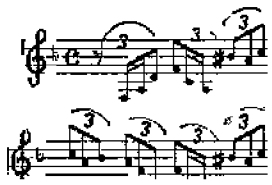
ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА

При подготовке данного руководства был использован практический опыт различных специалистов, многие годы связанных с обслуживанием и ремонтом кондиционеров и холодильных установок Цель этого руководства заключается в том, чтобы в доступной и простой форме ответить на основные вопросы, возникающие в повседневной практике ремонтников, а также помочь тем, кто желает обучаться ремонту холодильных установок или повысить свою квалификацию В книге отсутствует описание холодильных технологий, а рабочие процессы и явления, составляющие основу холодильных циклов, сознательно преподносятся в упрощенном виде с тем, чтобы быть понятными даже неподготовленному читателю

Преимущества такого изложения вы сможете быстро оценить, если будете использовать простые технические рекомендации, приведенные в книге, в своей практической деятельности на монтажных площадках и при ремонте.

Вместе с тем, вы должны иметь в виду, что данная книга может быть дополнена специальными компьютерными программами для обучения ремонту холодильного оборудования, которые являются частью комплексного метода обучения, призванного быстро повысить эффективность ваших действий.

Эти программы, названные автором в) FRIGODEP, FRIGODIAG и® FRIGOLEC, составлены в таком же ключе, что и настоящий учебник, предназначены для компьютеров типа PC (и совместимых с ними), и позволяют обучать ремонту с использованием ПЭВМ.



Не воспользоваться преимуществами одновременного обучения с использованием руководства и программы все равно, что пытаться оценивать хорошую музыку, только читая партитуру.

Более полная новая версия Fngodep должна появиться в 1998 году

[a)] Программа обучения ремонту холодильного электрооборудования FRIGOLEC уже разработана и будет издана в 1997 году

ЕСЛИ ВЫ ЖЕЛАЕТЕ ПОЛУЧИТЬ БЕСПЛАТНУЮ ДИСКЕТУ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ О НАШЕЙ ПРОДУКЦИИ (ОПИСАНИЯ ПРОГРАММ И УЧЕБНИКОВ, ЦЕНЫ И Т.П.), СООБЩИТЕ НАМ СВОИ КООРДИНАТЫ ПО АДРЕСУ:

129347, г. Москва И-347, *ОСТРОВ* Телефакс: (095) 581 30 39, 582 60 11, 582 63 22
Телефакс: (095) 742 25 **18**

©1994 КОТЗАОГЛАНИАН © 1996

Перевод Сапожникова В.Б.

Техническая редакция

Велюханова В.И.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов	10
1.1 Основные закономерности	10
1.2 Упражнение	13
2. Конденсаторы с воздушным охлаждением	14
2.1 Нормальная работа	14
2.2 Переохлаждение в конденсаторах с воздушным охлаждением	16
2.3 Анализ случаев аномального переохлаждения	16
3. Испаритель с прямым циклом расширения	20
3.1 Нормальная работа	20
3.2 Перегрев хладагента в испарителях	21
4. Работа терморегулирующего вентиля (трв)	22
5. Анализ причин аномального перегрева	23
6. Влияние перегрева на холодопроизводительность	25
7. Влияние температуры охлаждаемого воздуха	26
7.1 Упражнение	27
8. Терморегулирующий вентиль	28
8.1 Производительность ТРВ	28
8.2 Замечания по поводу пульсаций ТРВ	30
8.3 Метод настройки ТРВ	31
8.4 Упражнение	32
9. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность	33
9.1 Упражнение	35
10. Влияние величины давления нагнетания на силу тока, потребляемого электромотором компрессора	36
11. Аномальные провалы давления испарения	37
12. Сравнение кондиционеров и холодильных установок для торгового оборудования	38
13. Устранение неисправностей. Введение	42
14. Слишком слабый ТРВ	43
14.1 Анализ симптомов	43
14.2 Обобщение признаков свидетельствующих о низкой пропускной способности ТРВ	46
14.3 Алгоритм выявления низкой пропускной способности ТРВ	47
14.4 Заключение	48
14.5 Практические аспекты устранения неисправности, обусловленной низкой пропускной способностью ТРВ	49
15. Поиск утечек хладагента	54
15.1 Упражнение	57
16. Проблема заправки хладагентом	58
17. Нехватка хладагента в контуре	62
17.1 Анализ симптомов	62
17.2 Обобщение симптомов	65
17.3 Алгоритм диагностирования	66
17.4 Заключение	67
17.5 Практические аспекты	68
18. Проблема внезапного вскипания хладагента в жидкостной магистрали	70
18.1 Упражнения	74

19. Преждевременное дросселирование хладагента	76
19.1 Анализ симптомов	76
19.2 Обобщение симптомов	80
19.3 Алгоритм диагностирования	81
19.4 Заключение	82
19 5 Практические аспекты устранения преждевременного дросселирования	83

20. Слишком слабый испаритель	86
20.1 Анализ симптомов	86
20.2 Обобщение симптомов	89
20.3 Алгоритм диагностирования	90
20.4 Заключение	91
20.5 Практические аспекты устранения неисправности	92

21. Разрушение клапанов	103

22. Слишком слабый компрессор	110
22.1 Анализ симптомов	110
22.2 Обобщение симптомов	112
22.3 Алгоритм диагностирования	113
22.4 Заключение	114
22.5 Практические аспекты устранения неисправности	115

23. Чрезмерная заправка	119 119
23.1 Анализ симптомов	122 123
23.2 Обобщение симптомов 23 3 Алгоритм диагностирования	124 125
23.4 Заключение	
23.5 Практические аспекты устранения неисправности	

24. Проверка наличия в контуре неконденсирующихся примесей	126

25. Неисправности, обусловленные наличием в контуре неконденсирующихся примесей	129
25.1 Обобщение симптомов	131
25.2 Алгоритм диагностирования	132
25.3 Практические аспекты устранения неисправности	134

26. Слишком слабый конденсатор	135
26.1 Анализ симптомов	135
26.2 Обобщение симптомов	138
26.3 Алгоритм диагностирования	139
26.4 Заключение	140 141
26.5 Практические аспекты устранения неисправности	

27. Основные неисправности Упражнение	151

28. Проблема перетекания жидкого хладагента	153

29 Остановка холодильных компрессоров	161
29.1 Упражнение 1	162
29.2 Упражнение 2	162
29.3 Упражнение 3	164
29.4 Упражнение 4	165

30 Проблема повышенной частоты включения компрессоров	167 171
30.1 Упражнение 1	172
30.2 Упражнение 2	
31. Регулятор производительности	175
31.1 Способ применения	175
31.2 Упражнение	179
32 Почему нужно регулировать конденсаторы с воздушным охлаждением	184

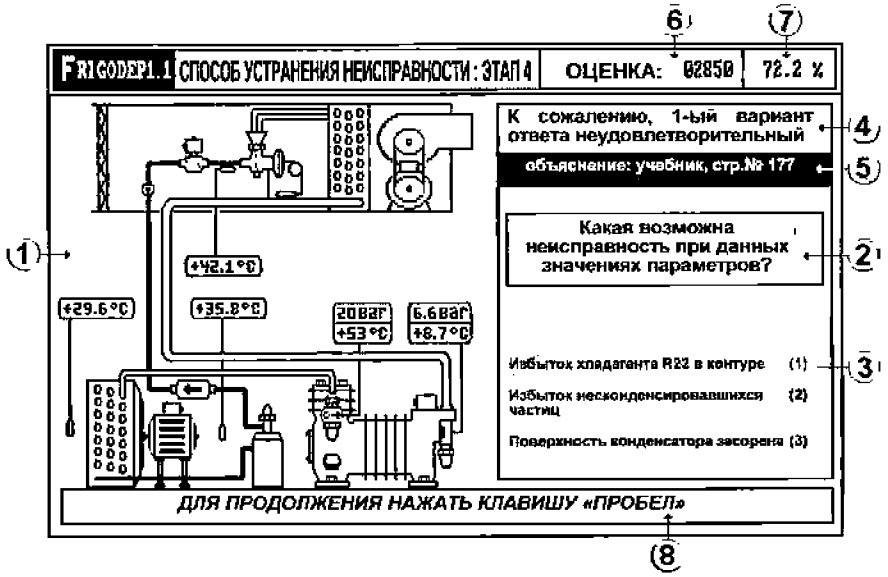
33 Проблема запуска компрессоров при низких наружных температурах	186
34 Проблема продолжительности переходного режима при запуске в холодное время	189

35. Регулирование работы конденсаторов с воздушным охлаждением с помощью регулятора давления конденсации	191
36. Регулирование с помощью регулятора давления конденсации Анализ неисправностей	193
37. Проблема возврата масла	201
38. Упражнение. Набор из 12 ошибок	211
39. Набор из 12 ошибок. Ответ	213
40. Как на ощупь оценить температуру?	215
41. Измерение расхода воздуха	218
42. Советы ремонтнику	220
43. Рассуждения перед началом ремонта Упражнение	222
44. Решение упражнения	223
45. Подключение испарителей	226
46. Термостатические расширительные вентили (ТРВ). Дополнительные сведения 46.1 Упражнение	230 233
47. Проблема управляющего тракта ТРВ	237
48 Регуляторы давления в картере 48.1 Упражнение	242 244
49. Проблема термобаллона ТРВ	247
50. Прессостатический расширительный вентиль 50.1 Упражнение	251 254
51. Капиллярное расширительное устройство 51.1 Упражнение 1 51.2 Упражнение 2	255 255 262
52. Четырехходовой клапан обращения цикла 52.1 Упражнения 1 и 2 52.2 Упражнение 3 и 4	263 271 272
53. Однофазные электродвигатели 53.1 Упражнение 1 53.2 Упражнение 2	276 280 291
54. Ремонт электрооборудования 54.1 Введение 54.2 Упражнение 54.3 Упражнение 54.4 Упражнение 54.5 Упражнение	293 293 297 300 303 305
55 Различные проблемы электрооборудования	308
56 Различные проблемы холодильного контура	314
57 Проблемы слива и повторного использования хладагентов	319
58 Проблемы вызванные появлением новых хладагентов	330

Краткое описание комплекта FRIGODEP

Каждый комплект обучающей программы Frigodep содержит дискету для цветного дисплея, руководство пользователя и учебник ремонтника. После ввода программы на экране появляется одна из типовых схем установки (см. рисунок) с пояснениями и описанием ситуации.

Ситуация отображена на экране с указанием величин основных параметров.



Программа задает вопрос обучаемому об оценке представленной ситуации.
Высвечивается несколько возможных вариантов ответа. В данном случае обучаемый выбрал 1 вариант ответа (избыточная заправка).
Программа указывает, правильный ли ответ.
Программа указывает обучаемому, на какой странице учебника он сможет исправить ошибку (если ответ неправильный), или найти дополнительную информацию при правильном ответе.
Высвечивается общая оценка действия обучаемого в баллах....
... То же самое в процентах по отношению к реальным действиям, принятым за 100%.
Программа указывает обучаемому, что делать.

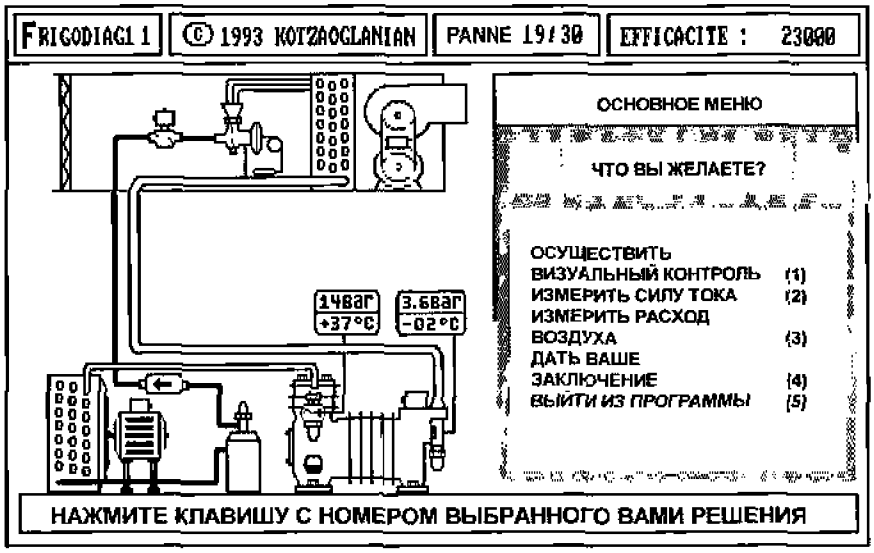
Разработанный автором данного руководства комплект программы по повышению квалификации не требует специальных знаний в области ПЭВМ и информатики. Чтобы овладеть всеми 6-ю этапами обучения, достаточно знать основы холодильной техники, при этом гарантируется значительный прогресс.

На первых трех этапах с помощью средств компьютерной графики и ***мультипликации*** на экране поэлементно монтируется холодильный контур вплоть до момента его ввода в эксплуатацию. При этом в процессе монтажа обучаемому задаются вопросы, которые позволяют контролировать ход обучения и накопление учащимися знаний по ремонту и монтажу. ***Автоматическая коррекция ответов обеспечивает самоконтроль со стороны обучаемого.***
Следующие 3 этапа посвящены диагностированию и способам устранения типовых неисправностей, наиболее часто встречающихся в холодильных контурах, находящихся в эксплуатации.

Узнавая способы ремонта, обучаемый, во-первых, избегает ненужных действий при устранении неисправностей, а во-вторых, приобретает навыки эффективного устранения неисправностей, которые уже зарекомендовали себя на практике.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ КОМПЛЕКТА FRIGODIAG

Каждый комплект обучающей программы Frigodiag содержит дискету для цветного дисплея, руководство пользователя и учебник ремонтника.



Разработанная автором настоящего учебника программа за счет использования средств мультипликации и компьютерной графики воспроизводит на экране характеристики и поведение холодильной установки в реальном масштабе времени при моделировании по случайному закону 30 наиболее типичных неисправностей. Работа с программой чрезвычайно проста и не требует специальных знаний в области ПЭВМ и информатики.

Для первых 13 неисправностей (уровень I) обучаемый может измерить температуру всех характерных точек холодильного контура и протестировать его. После этого он должен диагностировать первопричину неисправности (недостаточная или избыточная заправка, малая пропускная способность ТРВ, нехватка воздуха для охлаждения конденсаторной батареи, поломка клапана и т.д.).
Для следующих 17 неисправностей обучаемый получает *доступ к более совершенному арсеналу средств,* с *помощью которых он сможет:*

Проверить характеристики приборов и агрегатов.
Осмотреть механические элементы и при необходимости демонтировать их.
Снять показания сигнальных табло и проверить электрические соединения.
Осуществить поиск утечки хладагента
Измерить силу тока различных потребителей.
Измерить расход воздуха.

После этого он должен точно установить причину неисправности (слабое натяжение приводного ремня вентилятора, грязный фильтр; разрушен всасывающий клапан компрессора, разрушен нагнетательный клапан компрессора, слишком малое сопло ТРВ и т.д.).

Программа Frigodiag (естественное продолжение программы Frigodep) с ее удивительной реалистичностью, диалоговым режимом работы и простотой в обращении является идеальным инструментом для обучения ремонтников.

БЕСПЛАТНУЮ ДЕМОНСТРАЦИОННУЮ ДИСКЕТУ МОЖНО ЗАПРОСИТЬ ПО АДРЕСУ:

129347, г. Москва И-347, ОСТРОВ Телефакс: (095) 581 30 39, 582 60 11,582 63 22
Телефакс: (095) 742 25 18

1. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ХЛАДАГЕНТОВ

1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

Соотношение между температурой и давлением является одним из основных факторов, определяющих состояние хладагента как в испарителе, так и в конденсаторе, а также в обычной емкости с хладагентом. Ниже приведены более подробные объяснения влияния температуры и давления на состояние хладагента

А) Кипение воды при понижении давления:

Мы знаем, что для доведения воды до кипения при атмосферном давлении достаточно нагреть ее до 100°С.

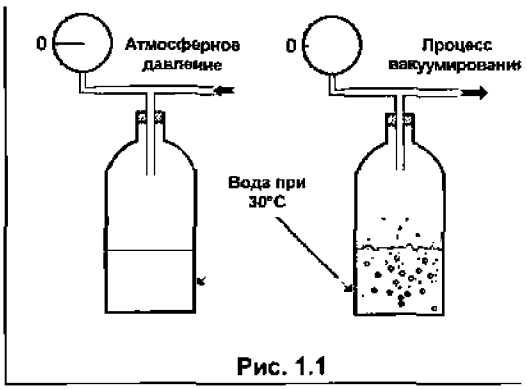


Рис. 1.1

Вместе с тем, при вакуумировании холодильного контура с целью его обезвоживания, вода, которая может находиться в контуре, имеет температуру окружающей среды, то есть гораздо ниже 100°С.

С помощью простого опыта, схема которого приведена на рис. 1.1, можно показать действие вакуумирования на процесс закипания воды:
Пусть прозрачная емкость с водой, например, при температуре 30°С соединена с атмосферой, то есть находится при атмосферном давлении.

Видно, что вода неподвижна и не кипит.

Однако при подключении емкости к мощному вакуумному насосу после начала вакуумирования можно заметить, что вода начинает закипать, хотя ее температура составляет только 30°С.

Это явление может быть объяснено следующим образом:

- Поверхность воды находится под действием двух сопряженных сил, которые направлены друг против друга (см. рис. 1.2).
- Первая сила F, - внутренняя сила в жидкости, направленная снизу вверх и стремящаяся вытеснить воду из сосуда.

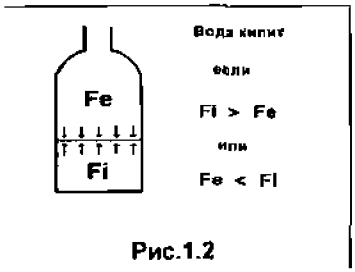


Рис.1.2

- Вторая сила Fe - наружная сила, которая, напротив, стремится удержать воду внутри сосуда.

До тех пор, пока противоположно направленные силы Fi и Fe уравновешены, они взаимно нейтрализуются и в сосуде ничего не происходит.

Вакуумирование вызывает кипение воды:

Потому что понижает давление над жидкостью и тем самым уменьшает силу Fe.

Следовательно, когда в результате вакуумирования сила Fe становится меньше силы Fi,вода не может оставаться внутри сосуда и начинает выходить из него в виде пара: вода кипит (испаряется).

Подогрев воды также вызывает ее кипение:

Поскольку одновременно увеличивает внутреннюю силу Fi действующую в жидкости.

Точно также, когда в результате подогрева сила Fi становится больше силы Fe, наружная сила не может больше удерживать воду в сосуде и начинается ее испарение.

* Прим.ред. Модель процесса кипения, приведенная автором, не является строго научной, но помогает в доступной форме объяснить процессы кипения и конденсации.

Итак, чтобы вызвать кипение жидкости, достаточно либо повысить внутреннюю силу (подогревая жидкость), либо понизить внешнее давление над ее свободной поверхностью (вакуумируя сосуд).

B) Как вызвать кипение воды. поливая сосуд холодной водой:

В предыдущем эксперименте мы вскипятили воду, вакуумируя сосуд и нарушая тем самым равновесие между силами Fi] и Fe.

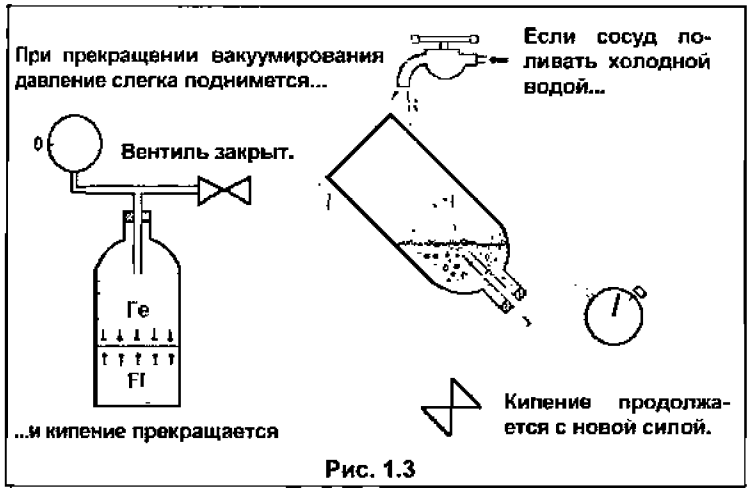


Рис. 1.3

Когда вода полностью закипит, закроем изолирующий вентиль сосуда на выходе из него (см. рис. 1.3). Кипение полностью прекращается.
Это объясняется тем, что молекулы пара, образующиеся в процессе кипения жидкости, скапливаясь над ее поверхностью, поднимают давление в сосуде.
Когда подъем давления становится достаточным для установления нового состояния равновесия между силами Fe и Fi кипение сразу же останавливается.

Однако будучи прекращенным, кипение начинается с новой силой, если сосуд поливать холодной водой.

Это явление, на первый взгляд крайне парадоксальное, объясняется тем, что небольшая масса водяных паров, содержащихся в емкости, охлаждается *значительно быстрее,* чем большая масса воды.

В результате пары воды сжимаются сильнее, чем жидкость, и внешняя сила Fe (действующая в паровой фазе) уменьшается быстрее, чем внутренняя сила Fi (действующая в жидкости).
Когда сила Fe становится ниже силы Fi, их равновесие нарушается, и кипение естественно возобновляется (этот легко осуществимый эксперимент, который позволил автору выиграть множество пари, может быть поставлен с помощью прибора, известного под названием колбы Франклина).

C) Разница в удельной массе жидкости и ее пара.

Говоря об удельной массе тела, укажем, что под этим понятием подразумевается масса единицы объема данного тела (например, мы знаем, что 1 литр воды имеет массу 1 килограмм).
Для R22 1 литр жидкости при температуре 20°C имеет массу около 1,2 килограмма, однако 1 литр паров R22 при той же температуре и атмосферном давлении имеет массу порядка 0,038 кг, то есть в 1,2/0,038=31 раз меньшую.

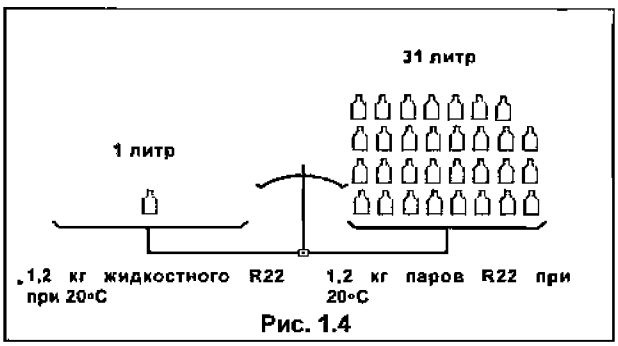


Рис. 1.4

Следовательно при 20°C и атмосферном давлении 31 литр паров R22 имеет такую же массу, как 1 литр жидкости R22(см. рис. 1.4).

Таким образом, в результате испарения жидкого R22 при 20°C образующиеся пары занимают объем, **в 31 раз больший,** чем объем жидкости, из которой они образовались.

Поэтому диаметр жидкостных линий в холодильных контурах всегда меньше, чем диаметр патрубков нагнетания, хотя давления в этих двух магистралях почти одинаковы.

D) Соотношение между давлением и температурой:

Холодильные манометры, которые мы обычно используем, показывают соотношение между давлением паров и температурой для 3-х типов хладагентов, наиболее часто используемых в последние годы (R12, R22 и R502). Однако в дальнейшем мы будем должны все больше и больше привыкать к новым хладагентам (R134a, R404A и т.п.).

С целью закрепления наших знаний в области поведения хладагентов при разных температурах рассмотрим рис. 1.5 и попробуем представить, что происходит внутри сосуда, **содержащего *R22 в* жидкой фазе,** когда его температура растет:

В первом сосуде жидкий R22 находится при температуре 20°C и манометр показывает, что давление в емкости составляет 8 бар.

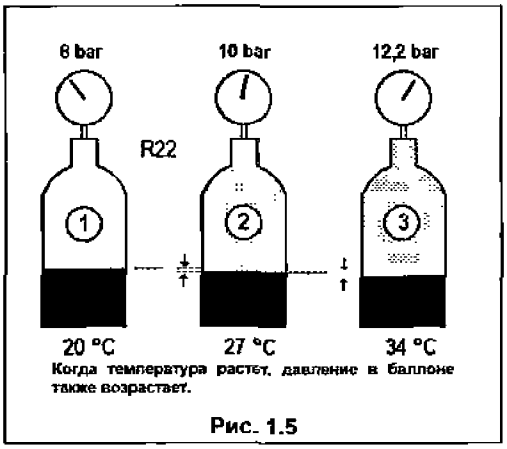


Рис. 1.5

Если температура возрастает, небольшое количество жидкости испаряется, что приводит к понижению уровня жидкости в сосуде и небольшому приросту объема паров.

Однако, принимая во внимание то, что для размещения объема паров, образовавшихся в результате испарения некоторого объема жидкости, требуется пространство, примерно в 30 раз большее, чем объем, который занимала испарившаяся жидкость, пары в сосуде сжимаются и давление в нем повышается по мере того, как растет температура.

Поэтому во втором сосуде, температура которого составляет 27°C, манометр показывает давление 10 бар.
Если температура продолжает расти и доходит, например, до 34°C, количество паров увеличивается гораздо более быстро, чем понижается уровень жидкости, и давление в нашем случае достигает 12,2 бар.

Таким образом, при росте температуры жидкости внутренняя сила Fi, увеличивается, что приводит к испарению необходимого количества жидкости.

Высвобождающийся за счет этого объем оказывается слишком малым для образовавшегося количества паров, происходит их сжатие, давление растет, одновременно растет внешняя сила Fe и так до тех пор, пока не установится равновесие сил Fe и Fi.

Итак, в замкнутом сосуде состояние смеси паров с порождающей их жидкостью (их называют насыщенными парами или парожидкостной смесью в состоянии насыщения) подчиняется очень точному соотношению (зависящему от природы жидкости) между температурой жидкости и давлением насыщенных паров.

1.2. УПРАЖНЕНИЕ

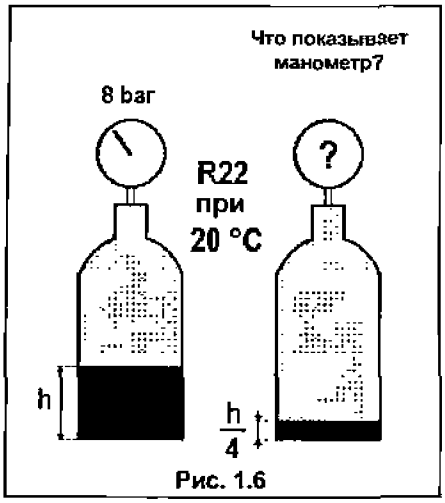


Рис. 1.6

Пусть две емкости, содержащие смесь жидкости и пара хладагента R22, находятся при одной и той же температуре, равной 20°C (см.рис.1.6).

В первой емкости высота жидкости в 4 раза больше, чем во второй. Зная, что в первой емкости давление составляет 8 бар, определить, какое давление покажет манометр, соединенный со 2-й емкостью.

Решение:

Внутренняя сила в жидкости (F,) зависит только от температуры и природы жидкости (R22, R134a, R12 и т.п.).

При одной и той же температуре устанавливается равновесие, следовательно давление абсолютно не зависит от количества жидкости.

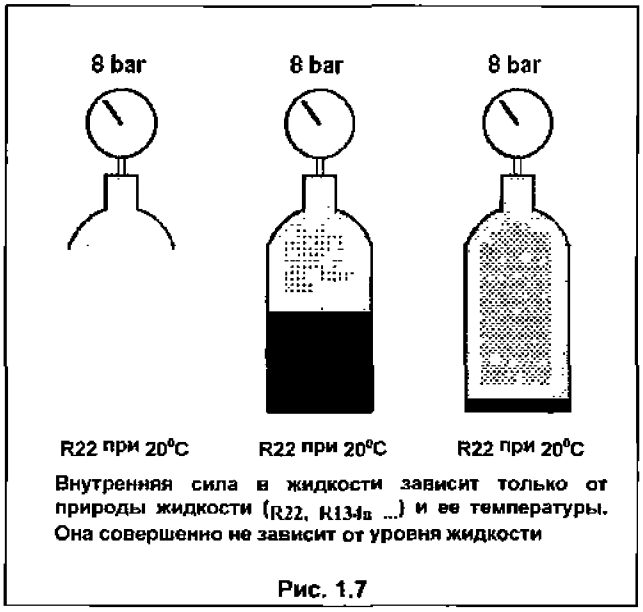


Рис. 1.7

Для того, чтобы смогли реализоваться соотношение между давлением насыщенного пара и температурой, достаточно одной молекулы жидкости, находящейся при данной температуре в контакте с паровой фазой (см.рис.1.7).

В соответствии с этим, давление в любом сосуде, содержащем R22 в жидком состоянии при температуре 20°C, будет равно 8 барам независимо от уровня жидкости.

Заметим, что давление совершенно не зависит от уровня жидкости и определяется только ее температурой (иначе как можно было бы градуировать холодильные манометры по температуре?).

С быстрым распространением новых хладагентов следует говорить скорее о температуре, чем о давлении в контуре. Тогда Ваши выводы и рассуждения не будут зависеть от используемого хладагента, и Вы получите значительный выигрыш во времени!

2. КОНДЕНСАТОРЫ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

2.1. НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА.

Рассмотрим схему на рис. 2.1, представляющую в разрезе конденсатор с воздушным охлаждением при нормальной работе.

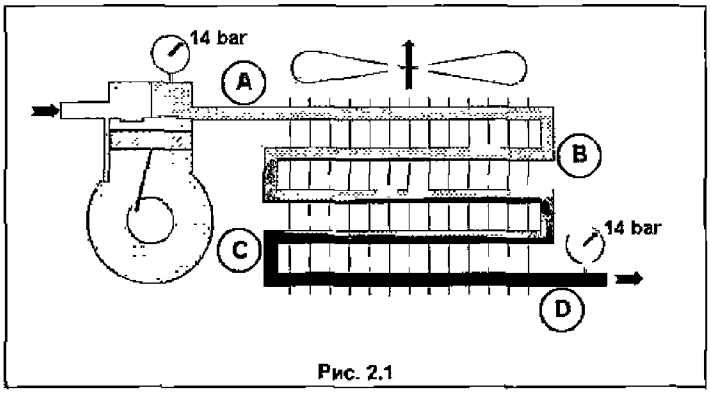


Рис. 2.1

Точка A: пары R22, перегретые до температуры около 70°C, покидают нагнетающий патрубок компрессора и попадают в конденсатор при давлении около 14 бар.

Линия A-B: перегрев паров снижается при постоянном давлении.

Точка B: появляются первые капли жидкости R22. Температура равна 38°C, давление по-прежнему около 14 бар.

Линия B-C: молекулы газа продолжают конденсироваться. Появляется все больше и больше жидкости, остается все меньше и меньше паров.

Давление и температура остаются постоянными (14 бар и 38°C) в соответствии с соотношением «давление-температура» для R22.

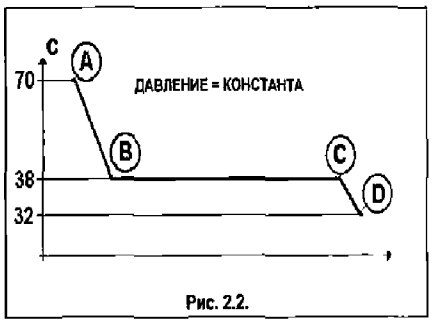


Рис. 2.2.

Точка C: последние молекулы газа конденсируются при температуре 38°C и кроме жидкости в контуре ничего нет. Температура и давление остаются постоянными, составляя около 38°C и 14 бар соответственно.

Линия C-D: весь хладагент сконденсировался, жидкость под действием воздуха, охлаждающего конденсатор с помощью вентилятора, продолжает охлаждаться.

Точка D: на выходе из конденсатора R22 только в жидкой фазе. Давление по-прежнему около 14 бар, но температура жидкости понизилась до примерно 32°C. Изменение фазового состояния R22 в конденсаторе можно представить следующим образом (см.рис.2.2)

От A до B: снижение перегрева паров R22 от 70°C до38°C (зона A-B является зоной снижения перегрева в конденсаторе).

В точке B появляются первые капли жидкости R22.

От B до C: конденсация R22 при 38°C и 14 барах (зона B-C является зоной конденсации в конденсаторе).

В точке C: сконденсировалась последняя молекула пара.

От C до D: переохлаждение жидкого R22 от 38°C до32°C (зона C-D является зоной переохлаждения жидкого R22 в конденсаторе). **В течение всего этого процесса давление остается постоянным, равным показанию манометра ВД (в нашем случае 14 бар).**

Рассмотрим теперь, как ведет себя при этом охлаждающий воздух (см.рис.2.3).

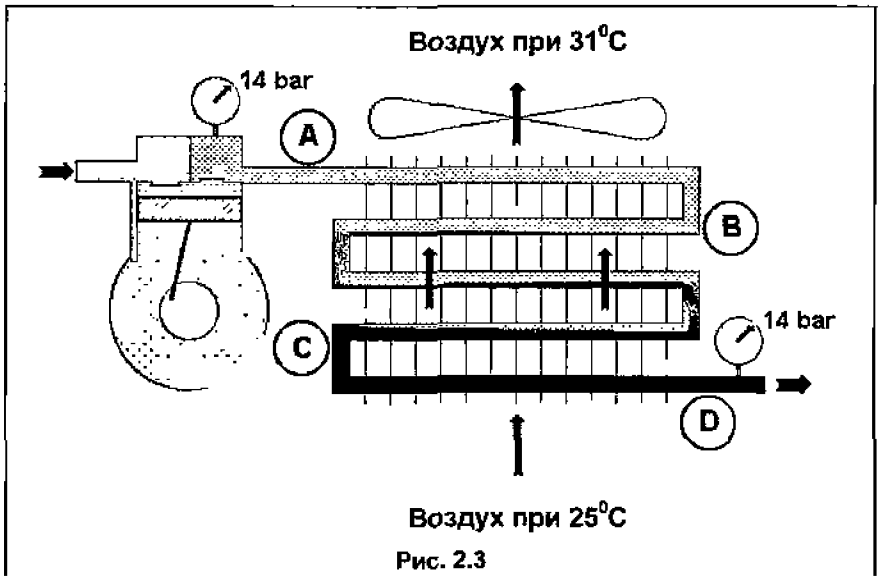


Рис. 2.3

Наружный воздух, который охлаждает конденсатор и поступает на вход с температурой 25°С, нагревается до 31 "С, отбирая тепло, выделяемое хладагентом.
Мы можем представить изменения температуры охлаждающего воздуха при его прохождении через конденсатор и температуру конденсатора в виде графика (см. рис. 2.4), где:

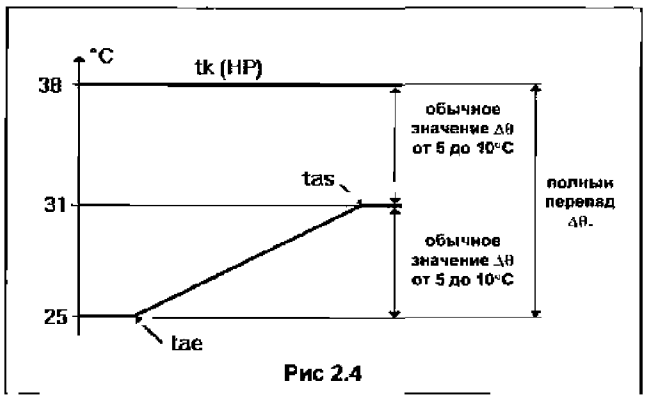


Рис 2.4

tae - температура воздуха на входе в конденсатор;

tas - температура воздуха на выходе из конденсатора;

tk - температура конденсации, считываемая с манометра ВД;

$\Delta\Theta$ (читается: дельта тэта) - разность (перепад) температур.

В общем случае в конденсаторах с воздушным охлаждением перепад Del Q=(tas - tae) имеет значения от 5 до 10°С (в нашем примере 6°С - см. рис.2.4).

Значение перепада между температурой конденсации и температурой воздуха на выходе из конденсатора также имеет порядок от 5 до 10°С (в нашем примере 7°С - см. рис.2.4).

Таким образом, полный перепад температуры (ti< - tae) может составлять от 10 до 20°С **(как правило, его значение находится вблизи 15°С,** а в нашем примере он равен 13°С - см. рис.2.4).

Понятие полного перепада очень важно, так как для данного конденсатора эта величина остается почти постоянной.

Используя величины, приведенные в вышеизложенном примере, можно говорить, что для температуры наружного воздуха на входе в конденсатор, равной 30°С (то есть tae=30°С), температура конденсации ti< должна быть равна:

Tae +$\Delta\Theta$полн.=30+13=43 С.

что будет соответствовать показанию манометра ВД около 15,5 бар для R22.

Заметим, что рекомендуемые значения $\Delta\Theta$ для конденсаторов с воздушным охлаждением одинаково справедливы как для торгового холодильного оборудования, так и для установок искусственного климата.

2.2. ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЕ В КОНДЕНСАТОРАХ С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Одной из наиболее важных характеристик при работе холодильного контура является вне всякого сомнения степень переохлаждения жидкости на выходе из конденсатора.
Переохлаждением жидкости будем называть разность между температурой конденсации жидкости при данном давлении и температурой самой жидкости при этом же давлении.
Мы знаем, что температура конденсации воды при атмосферном давлении равна 100°С. Следовательно, когда вы выпиваете стакан воды, имеющий температуру 20 °С, с позиции теплофизики вы пьете воду, переохлаждённую на 80 °С.

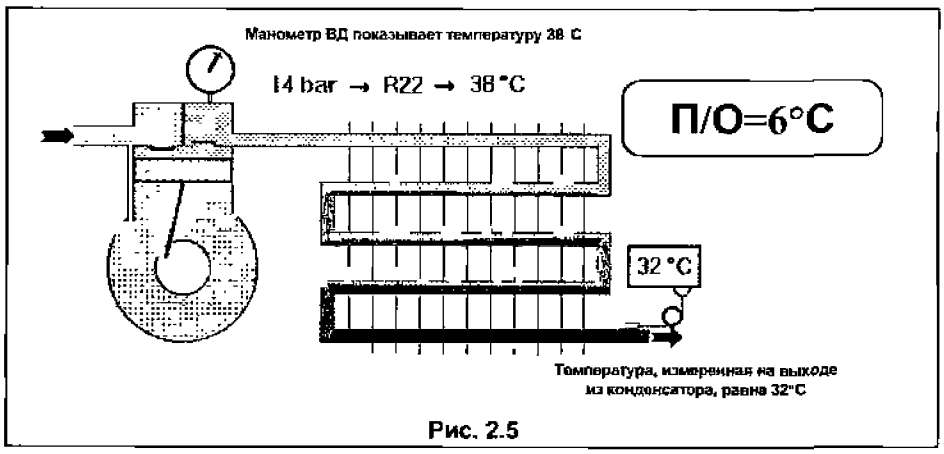


Рис. 2.5

В конденсаторе переохлаждение определяется как разность между температурой конденсации (считывается с манометра ВД) и температурой жидкостной магистрали, измеряемой на выходе из конденсатора (или в ресивере).

В примере, приведенном на рис. 2.5, переохлаждение П/0=38-32=6°С.

Нормальная величина переохлаждения хладагента в конденсаторах с воздушным охлаждением находится, как правило, в диапазоне от 4 до 7"С.

Когда величина переохлаждения выходит за пределы обычного диапазона температуры, это часто указывает на аномальное течение рабочего процесса.
Поэтому ниже мы проанализируем различные случаи аномального переохлаждения.

2.3. АНАЛИЗ СЛУЧАЕВ АНОМАЛЬНОГО ПЕРЕОХЛАЖДЕНИЯ

Одна из самых больших сложностей в работе ремонтника заключается в том, что он не может видеть процессов, происходящих внутри трубопроводов и в холодильном контуре.

Тем не менее, измерение величины переохлаждения может позволить получить относительно точную картину поведения хладагента внутри контура.

Заметим, что большинство конструкторов выбирают размеры конденсаторов с воздушным охлаждением таким образом, чтобы обеспечить переохлаждение на выходе из конденсатора в диапазоне от 4 до 7°С. Рассмотрим, что происходит в конденсаторе, если величина переохлаждения выходит за пределы этого диапазона.

А) Пониженное переохлаждение (как правило, меньше 4°С).

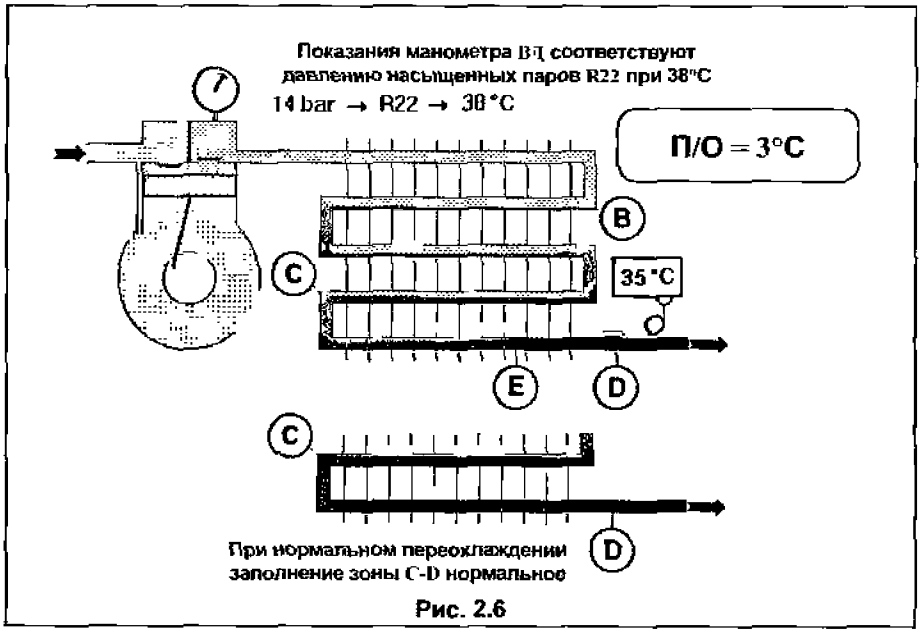


Рис. 2.6

На рисунке 2.6 приведено различие в состоянии хладагента внутри конденсатора при нормальном и аномально малом переохлаждении.

tв = tc = te = 38°C = температуре конденсации tk; за мер температуры в точке D дает значение *t*o = 35°C, переохлаждение = *3°C*.

Пояснение: когда холодильный контур работает нормально, последние молекулы пара конденсируются в точке С.

Далее жидкость продолжает охлаждаться, и по всей длине зона C-D трубопровода заполнена жидкой фазой, что позволяет добиваться нормальной величины переохлаждения (например, 6°С).
В случае нехватки хладагента в конденсаторе зона C-D залита жидкостью не полностью, имеется только небольшой участок этой зоны, полностью занятый жидкостью, и ***его длины недостаточно, чтобы обеспечить нормальное переохлаждение.***

В результате при измерении переохлаждения в точке D вы обязательно получите его значение ниже нормального (в примере на рис. 2.6 - 3°С).
И чем меньше будет хладагента в установке, тем меньше будет его жидкой фазы на выходе из конденсатора и тем меньше будет степень переохлаждения.

В пределе при значительной нехватке хладагента в контуре холодильной установки на выходе из конденсатора будет находиться парожидкостная смесь, температура которой будет равна температуре конденсации, то есть переохлаждение будет равно 0°С (см. рис. 2.7).

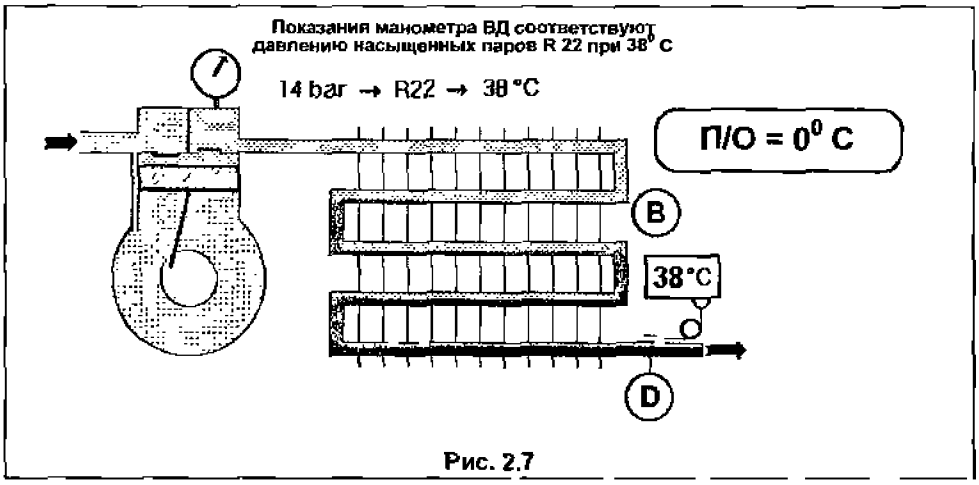


Рис. 2.7

tв = td= температуре конденсации tк (38°С);

Величина переохлаждения П/0=td - tk =38-38 = 0°С.

Таким образом, недостаточная заправка хладагента всегда приводит к уменьшению переохлаждения.

Отсюда следует, что грамотный ремонтник не будет без оглядки добавлять хладагент в установку, не убедившись в отсутствии утечек и не удостоверившись, что переохлаждение аномально малое.

Отметим, что по мере дозаправки хладагента в контур уровень жидкости в нижней части конденсатора будет повышаться, вызывая увеличение переохлаждения.
Перейдем теперь к рассмотрению противоположного явления, то есть слишком большого переохлаждения.

B) Повышенное переохлаждение (как правило, больше 7°C)

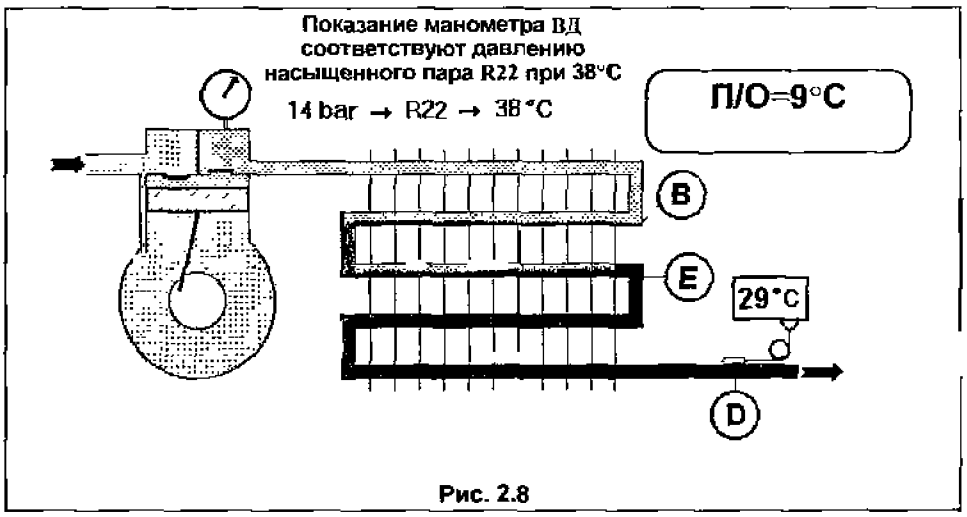


Рис. 2.8

tв = te = tk = 38°C; *td* = 29°C, следовательно переохлаждение П/0 = 38 - 29 = 9°C

Пояснение: выше мы убедились, что недостаток хладагента в контуре приводит к уменьшению переохлаждения.

С другой стороны, чрезмерное количество хладагента будет накапливаться в нижней части конденсатора.

В этом случае длина зоны конденсатора, залитая полностью жидкостью *увеличивается* и может занимать весь участок E-D, количество жидкости, находящееся в контакте с охлаждающим воздухом, возрастает, и величина переохлаждения, следовательно, тоже становится больше (в примере на рис. 2.8. П/0=9°C).

В заключение укажем, что измерения величины переохлаждения являются идеальными для диагностики процесса функционирования классической холодильной установки.

Слишком малое переохлаждения (менее 4°C) свидетельствует о недостатке хладагента в конденсаторе. Повышенное переохлаждение (более 7°C) указывает на избыток хладагента в конденсаторе.
В ходе детального анализа данные этих измерений, типовых неисправностей мы увидим, как в каждом конкретном случае безошибочно интерпретировать.

Упражнение

Выберите из 4 вариантов конструкций конденсатора с воздушным охлаждением, представленных на рис.2.9, тот, который, по вашему мнению ,является наилучшим. Объясните почему?

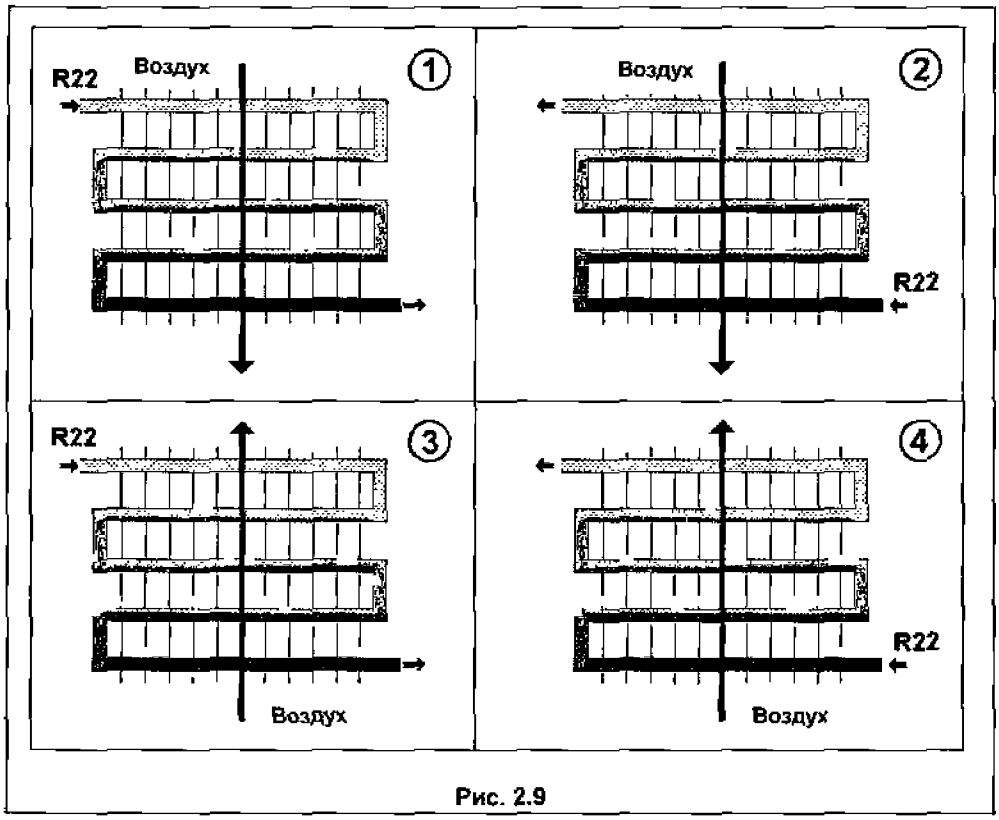


Рис. 2.9

Ответ:

Под действием силы тяжести жидкость накапливается в нижней части конденсатора, поэтому вход паров из компрессора всегда должен располагаться сверху. Следовательно, варианты 2 и 4 представляют собой, по меньшей мере странное решение, которое не будет работоспособным.

Разница между вариантами 1 и 3 заключается, главным образом, в температуре воздуха, который обдувает зону переохлаждения.

В 1 варианте воздух, который обеспечивает переохлаждение, поступает в зону переохлаждения уже подогретым, поскольку он прошел через конденсатор.

Наиболее удачным следует считать конструкцию 3 варианта, так как в нем реализован теплообмен между хладагентом и воздухом по принципу противотока. Этот вариант имеет наилучшие характеристики теплообмена и установки в целом.

Подумайте об этом, если вы еще не решили, какое направление прохождения охлаждающего воздуха (или воды) через конденсатор вам выбрать.

3. ИСПАРИТЕЛЬ С ПРЯМЫМ ЦИКЛОМ РАСШИРЕНИЯ

3.1. НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА

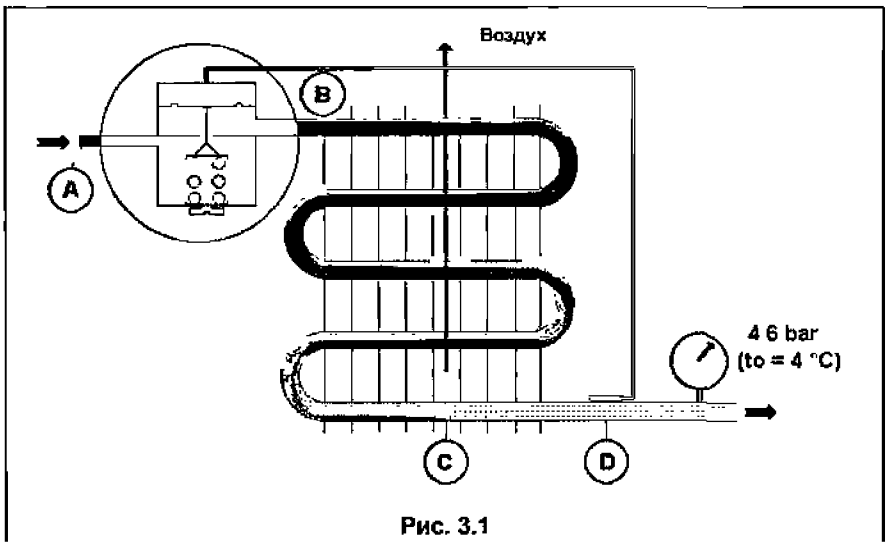


Рис. 3.1

На рис.3.1 представлена схема испарителя с прямым циклом расширения, используемого в холодильном контуре установки искусственного климата, которая работает при указанных на схеме значениях температуры и давления в нормальном режиме.

Точка A: жидкий R22 при давлении 14 бар, переохлажденный до температуры примерно 32°C, поступает в ТРВ (в целях упрощения показан ТРВ с внутренним уравниванием).

Точка B: после прохода через калиброванное отверстие ТРВ жидкость дросселируется. Давление падает до величины около 4,6 бар. Часть жидкости испарилась, обеспечив тем самым охлаждение парожидкостной смеси до температуры около 4°C.

Состав смеси в точке B: примерно 15% пара и около 85% жидкости, температура 4°C, давление 4,6 бар.

Зона между B и C: парожидкостная смесь, продвигаясь через испаритель, поглощает тепло и продолжает испаряться. В смеси остается все меньше и меньше жидкости и появляется все больше и больше пара. Давление и температура остаются постоянными, равными 4,6 бар и 4°C соответственно, согласно соотношению между температурой и давлением насыщенных паров для R22.

Точка C: последняя молекула жидкости испарилась при давлении 4,6 бар и температуре 4°C. Следовательно, в этой точке имеем 100% пара при 4°C

Зона между C и D: трубопровод с парами находится в контакте с охлаждаемым воздухом, температура паров повышается по мере прохождения зоны C-D. Давление остается постоянным и равным 4,6 бар, но температура повышается.

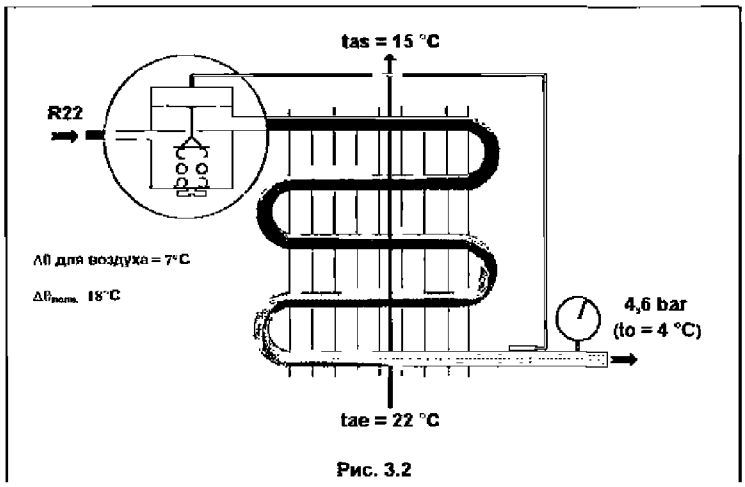


Рис. 3.2

Точка D: температура термобаллона ТРВ равна, например, 11°C, следовательно пары между точками C и Д перегреты на 7°C.

Рассмотрим теперь, что происходит с воздухом, проходящим через испаритель (см. рис. 3.2).

tae - температура воздуха на входе в испаритель;

tas - температура воздуха на выходе из испарителя;

to - температура в испарителе, соответствующая показанию манометра НД.

В примере на рис.3.2 воздух поступает в испаритель при температуре 22°C и охлаждается до 15°C, отдавая тепло хладагенту.

Перепад температуры для воздуха составляет:

ΔΘвозд =tae - tas = 22 - 15 = 7°C

При этом давление испарения составляет 4,6 бар, что соответствует температуре испарения 4°C для R22, то есть полный перепад температур между температурой воздуха на входе в испаритель tae и температурой хладагента to, составляет:

$$\Delta\theta_{возд} = t_{ae} - t_o = 22 - 4 = 18°C$$

Рекомендуемые значения перепадов ΔΘ для испарителей установить довольно сложно, поскольку они зависят от влажности окружающего воздуха в установках искусственного климата и величины снежной «шубы» на испарителях в холодильных установках для торгового оборудования.

Однако как правило для испарителей, охлаждающих воздух, могут быть приняты следующие значения перепадов: Для установок искусственного климата: ΔΘвозд. от 6 до 10°C и ΔΘполн. от 16 до 20°C;

Для торгового оборудования: ΔΘвозд. от 3 до 5°C и ΔΘполн. от 6 до 10°C.

3.2. ПЕРЕГРЕВ ХЛАДАГЕНТА В ИСПАРИТЕЛЯХ

Одной из наиболее важных характеристик холодильного контура является, без всякого сомнения, величина перегрева паров хладагента на выходе из испарителя.

Перегревом пара называют разность между температурой этого пара и температурой испарения жидкости, из которой этой пар образовался, при постоянном давлении.

Для испарителей перегрев пара представляет собой разность между температурой, измеренной с помощью термобаллона ТРВ, и температурой испарения, соответствующей показаниям манометра НД (в большинстве случаев потерями давления в трубопроводе всасывания можно пренебречь ввиду их малости).

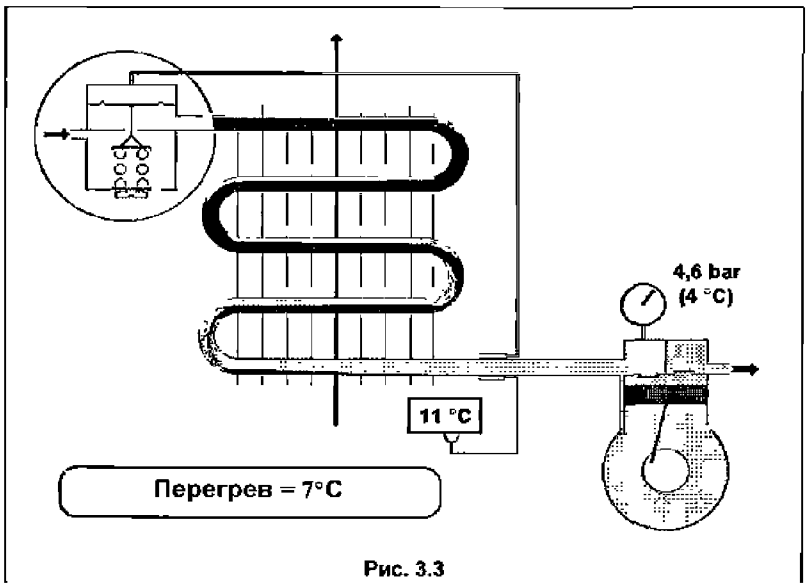


Рис. 3.3

В примере, приведенном на рис. 3.3, перегрев составляет 7°C.

Обычно считается, что в испарителях с прямым циклом расширения величина перегрева должна составлять от 5 до 8°C.

Если ремонтник замечает, что перегрев выходит за пределы этого диапазона, можно говорить об аномалиях в работе установки.

4. РАБОТА ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЕНТИЛЯ (ТРВ)

На рисунке 4.1.представлена схема испарителя с прямым циклом расширения, запитанного через ТРВ с внутренним уравниванием.

FB - сила открытия ТРВ, вызванная давлением, существующим внутри термобаллона, направленная сверху вниз и действующая на мембрану сверху (точка **b**);

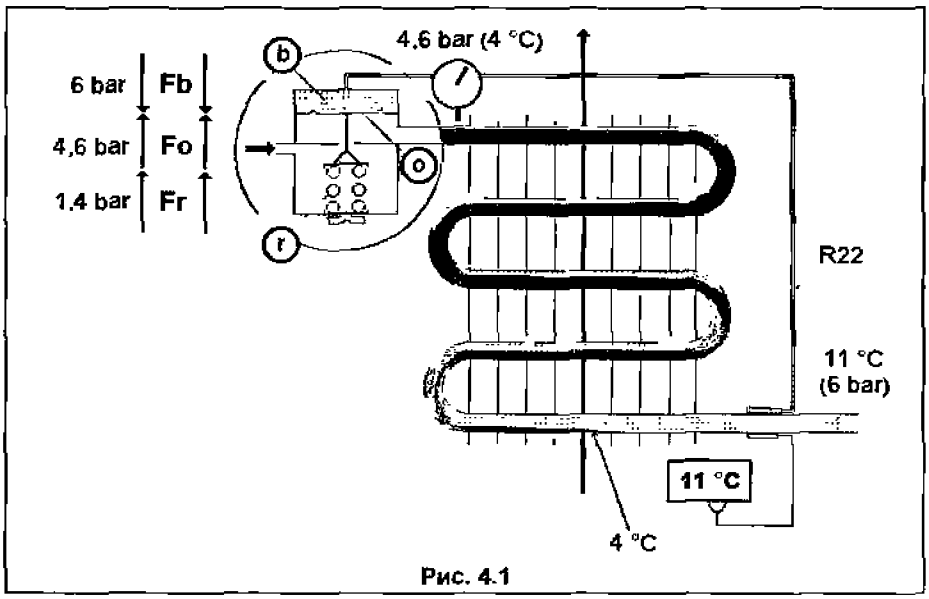


Рис. 4.1

Fo - сила закрытия ТРВ, вызванная давлением испарения PO, направленная снизу вверх и действующая на мембрану снизу (точка 0);

Fr - сила закрытия ТРВ, вызванная упругостью регулировочной пружины (точка r), направленная снизу вверх и действующая на запорную иглу ТРВ.

Запорная игла ТРВ уравновешена, когда Fb=Fo+Fr.

Если давление Po=4,6 бар, а регулировочная пружина создает усилие в 1,4 бара, эти два давления суммируются и создают давление закрытия, равное 6 барам. Следовательно, ТРВ не сможет открыться до тех пор, пока давление открытия в термобаллоне не превысит 6 бар, то есть пока температура R22, содержащегося в термобаллоне, не достигнет 11°C.

Когда температура термобаллона превысит 11 °C, давление открытия станет больше 6 бар и ТРВ откроется. Если температура термобаллона опустится ниже 11 °C, давление в нем станет меньше 6 бар, и ТРВ закроется.

Таким образом настройка регулировочной пружины ТРВ на давление в 1,4 бара позволяет поддерживать постоянную разницу в 7°C между температурой испарения и температурой термобаллона.

Если изменить настройку регулировочной пружины, изменится и перегрев. Этим способом в случае необходимости можно регулировать работу ТРВ.

Более подробно различные схемы ТРВ рассмотрены в разделе 46 «Терморегулирующие вентили ТРВ».

5. АНАЛИЗ ПРИЧИН АНОМАЛЬНОГО ПЕРЕГРЕВА

Правильно рассчитанная и смонтированная холодильная установка, у которой мощность ТРВ соответствует мощности испарителя, может быть настроена на перегрев в диапазоне от 5 до 8°C как в случае использования ее в торговом оборудовании, так и в кондиционерах.

A) Чрезмерно большой перегрев (как правило, выше 8°C)

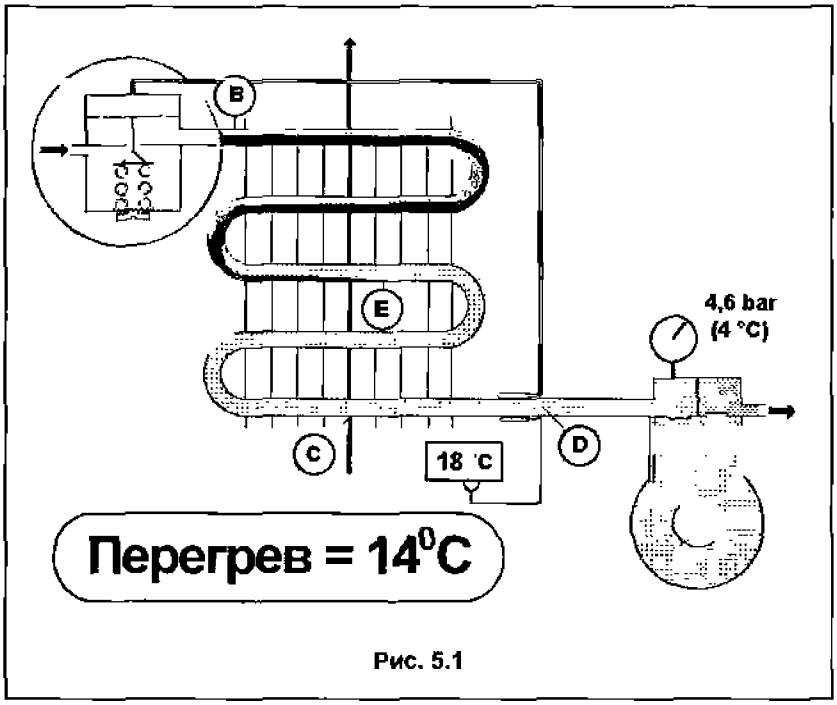


Рис. 5.1

$t_в = t_e =$ **температуре испарения =** 4°C

Если температура точки D равна 18°C, то перегрев равен 14°C.

Пояснение: При нормальной работе холодильного контура последние молекулы жидкости испаряются в точке C (см.рис.5.1).

При дальнейшем прохождении по испарителю (участок C-D) пары нагреваются. В том случае, когда парами заполнен только участок C-D, обеспечивается нормальный перегрев (например, 7°C).

В случае нехватки хладагента в испарителе, когда последние молекулы жидкости испарятся, например, в точке E, длина участка трубопровода, заполненного только парами, возрастает (на рис.5.1 это участок E-D), что приводит к значительному перегреву. При этом замер температуры в точке D может дать значение 18°C, то есть перегрев составит 14°C.

B) Чрезмерно малый перегрев (как правило, ниже 5°C)

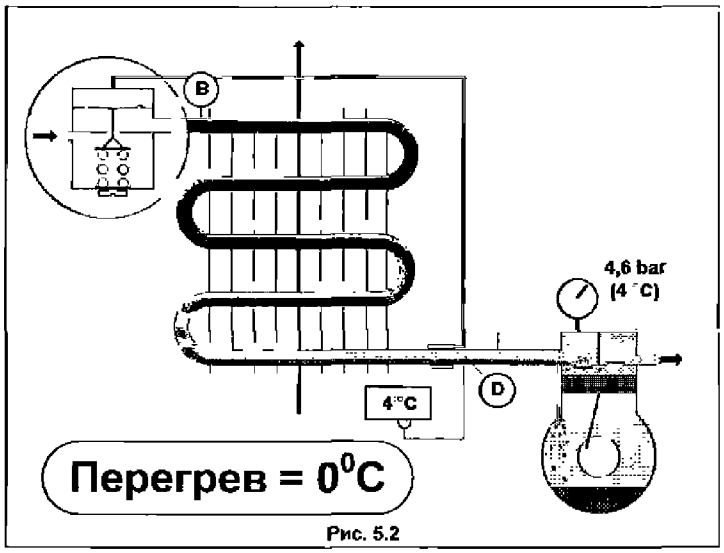


Рис. 5.2

В примере на рис.5.2 температура в точке B равна температуре в точке D, то есть температуре испарения 4°C. Перегрев отсутствует и жидкий хладагент будет поступать на вход в компрессор.

Этот режим, как мы увидим в дальнейшем, чрезвычайно опасен, поскольку чреват гидроударами в компрессоре и может вызвать серьезные повреждения.

К сожалению, такой режим довольно часто возникает, если ремонтники начинают экспериментировать с ТРВ, закрывая и открывая его невпопад, точно не установив цель этих экспериментов.

Опыт показывает, что после изменения настройки ТРВ нужно выждать не менее 20 минут, чтобы установка вышла на новый режим.

Несмотря на то, что в нормально работающих установках открытие ТРВ действительно приводит к повышению давления испарения (НД), ***нужно тем не менее знать, что в функции ТРВ не входит регулировка НД.***
ТРВ предназначен для оптимального заполнения испарителя при любых тепловых нагрузках и обеспечения постоянного перегрева всасываемых паров.

6. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА НА ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Заметим, что в данном случае холодопроизводительность зависит от количества жидкого хладагента, находящегося в испарителе.

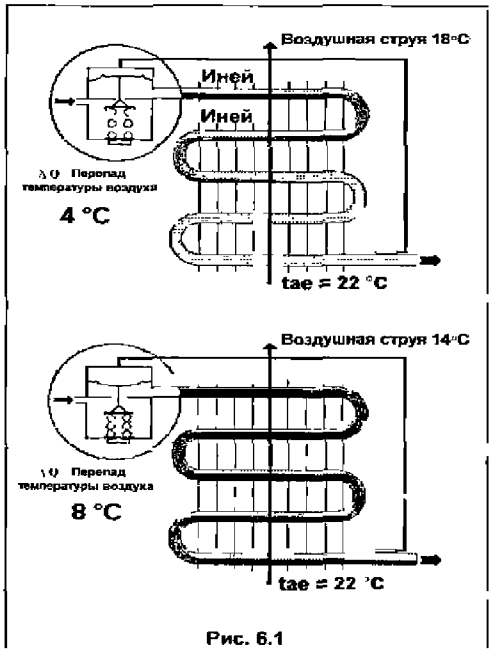


Рис. 6.1

Действительно, если 1 кг жидкости R22 может поглотить 50 Вт (средняя величина для кондиционеров), то испаритель, содержащий 10 кг жидкости R22, сможет поглотить в десять раз больше, то есть 500 Вт тепла. **Отсюда следует, что чем больше жидкого хладагента находится в испарителе, тем больше возрастает холодопроизводительность** Таким образом, чтобы повысить холодопроизводительность, нужно стремиться к заполнению испарителя максимальным количеством хладагента, *как можно больше снижая перегрев, но при этом не допуская попадание жидкости на вход в компрессор.*

Если перегрев слишком большой, значит отверстие ТРВ практически закрыто и пропускает очень мало жидкости.

Холодопроизводительность испарителя, содержащего мало жидкости, низкая и перепад температуры охлаждаемого воздуха на входе и выходе очень малый. Давление испарения упало и на выходе из ТРВ трубопровод снаружи покрывается инеем.

Если перегрев слишком низкий, значит отверстие ТРВ

полностью открыто и пропускает много жидкости.

Поскольку испаритель содержит много жидкости, хладопроизводительность высокая и перепад температуры для охлаждаемого воздуха представляется нормальным, однако в компрессор могут попадать губительные для него частицы жидкости.

На рис.6.1 представлены два предельных варианта заполнения испарителя, между которыми при настройке перегрева необходимо выбирать разумный компромисс. 6

7. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЕМОГО ВОЗДУХА

На схеме рис.7.1 представлена схема участка испарителя с прямым циклом расширения, который предназначен для перегрева паров хладагента. **ТРВ настроен таким образом, чтобы при нормальной работе установки перегрев паров составлял 7°С.**

Когда охлаждаемый воздух приходит к испарителю с начальной температурой 25°С, для того, чтобы обеспечить перегрев паров 7°С, достаточно участка трубопровода испарителя длиной А-В. При этом давление испарения составляет 5,2 бар (то есть давление насыщенных паров R22 при 7°С), что эквивалентно полному перепаду температуры ΔΘполн. (разность между температурой воздуха на входе tae и температурой испарения to) 18°С, величине,принятой для кондиционеров. Поскольку установка работает нормально, температура окружающей среды падает и, следовательно, температура воздуха на входе в испаритель также уменьшается. Предположим, что через некоторое время температура воздуха на входе в испаритель понизилась до 20°С. Поскольку настройка ТРВ не меняется, он продолжает поддерживать перегрев почти постоянным и равным 7°С

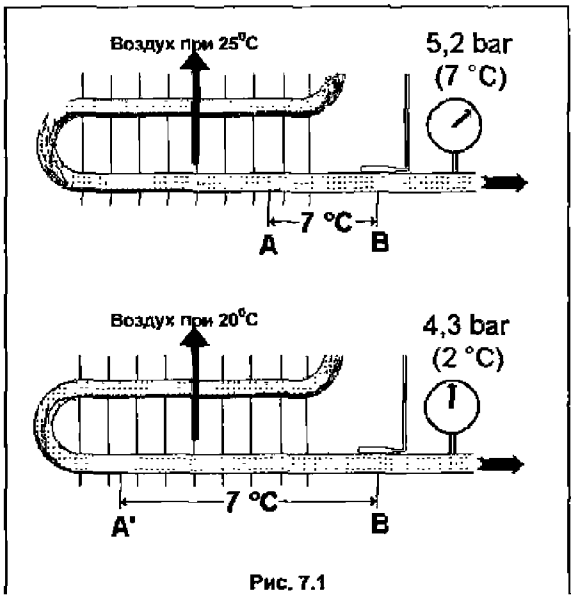


Рис. 7.1

Но для того, чтобы обеспечить тот же перегрев паров при более низкой температуре воздуха, необходимо увеличить длину участка трубопровода испарителя, на котором происходит теплообмен между парами хладагента и воздуха.

Поэтому для наружного воздуха с температурой 20 °С длина участка теплообмена А'-В, обеспечивающего перегрев 7°С, гораздо больше длины участка А-В, обеспечивающего перегрев паров в те же 7°С, но для воздуха с температурой 25 °С.

Примечание: ***ТРВ,*** **настроенный на постоянный перегрев, работает очень точно. Когда в испаритель поступает более горячий воздух, то есть когда потребность в холодопроизводитепьности возрастает, испаритель оказывается заполненным большим количеством жидкости.**

.

Если воздух более холодный, ТРВ начинает закрываться, количество жидкости в испарителе уменьшается и холодопроизводительность падает. При этом давление испарения тоже падает.

Иначе говоря, когда температура воздуха на входе в испаритель уменьшается, проходное сечение ТРВ сужается, чтобы сохранить заданный перегрев, вызывая тем самым падение давления испарения (НД).

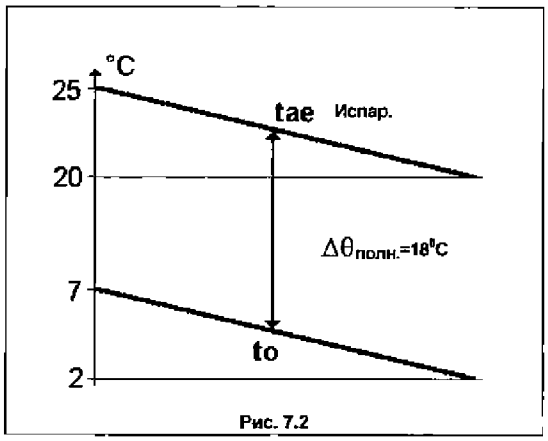


Рис. 7.2

Рассмотрим, как меняется НД, когда тепловая нагрузка уменьшается (см.рис.7.2).

Из рис.7.2 видно, что чем больше падает температура воздуха на входе в испаритель (tae), тем более закрывается ТРВ, чтобы сохранить заданный перегрев, и тем больше уменьшается температура испарения (to).

При этом следует отметить, что полный перепад температуры ΔΘполн. остается практически постоянным, если не меняется давление конденсации (ВД), то есть если оно правильно отрегулирована.

7.1. УПРАЖНЕНИЕ

После ввода в эксплуатацию кондиционера установлено, что при температуре воздуха на входе в испаритель 22°C температура испарения to=2°C. При какой минимальной температуре воздуха на входе в испаритель регулирующий термостат должен будет выключить компрессор?

Решение.

В данном кондиционере полный перепад ΔΘполн.=22-2=20°C (верхний предел). Если температура воздуха на входе в испаритель достигнет 20°C, температура испарения хладагента будет составлять 0°C, что может вызвать начало роста снежной шубы на испарителе со всеми вытекающими отсюда неприятностями для работы кондиционера.

Следовательно, регулирующий термостат должен быть настроен таким образом, чтобы выключать компрессор при температуре воздуха на входе в испаритель не ниже 20°C.

8. ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЙ ВЕНТИЛЬ

8.1. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРВ

Рассмотрим рис.8.1, иллюстрирующий изменения расхода воды через поливальный шланг в зависимости от давления в подводящей магистрали.

В обоих случаях вода истекает из шланга в атмосферу. Однако очевидно, что массовый расход воды M1 при давлении в магистрали 3 бара больше, чем расход M2 при давлении 1 бар. Следовательно

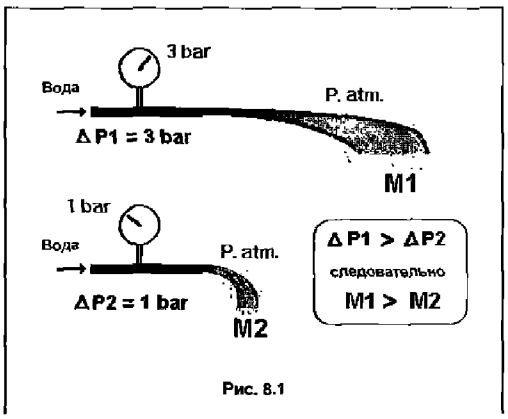


Рис. 8.1

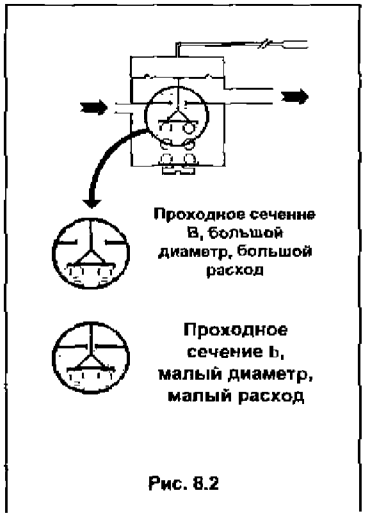


Рис. 8.2

можно сделать вывод о том, что при падении давления в подводящей магистрали (уменьшении перепада ДР по отношению к атмосферному давлению) расход воды, истекающей из шланга падает. Точно также падает расход жидкости через данный ТРВ, когда перепад давления между входом в ТРВ и выходом из него уменьшается, и наоборот, при повышении перепада давления расход возрастает.

Но чем больше возрастает расход жидкости хладагента через ТРВ, тем больше увеличивается его производительность, повышая мощность установки.

Примечание: не смешивайте производительность ТРВ с холодопроизводительностью и поглощающей способностью испарителя.

Производительностью ТРВ называют максимальный расход, который способен пропускать данный элемент при фиксированном перепаде давления ΔР и полностью открытом отверстии.

Следовательно, производительность зависит, в частности, от диаметра проходного сечения сменного клапанного узла (патрона) установленного внутри ТРВ. Эта зависимость иллюстрируется схемой на рис.8.2.

Проходное сечение В, имея больший диаметр, чем проходное сечение б позволит при одном и том же перепаде давления пропускать больший расход жидкости.

Один и тот же ТРВ, оснащенный клапанным узлом с проходным сечением В, будет следовательно иметь большую производительность, чем оснащенный патроном сечения **б**.

Конечно, производительность ТРВ должна быть как минимум равна холодопроизводительности испарителя (ТРВ должен пропускать столько же жидкости, сколько способен испарить испаритель).

В качестве примера рассмотрим данные таблицы 8.1, по выбору ТРВ для установки на R22 с номинальной холодопроизводительностью 3,5 кВт).

Для данного проходного сечения производительность ТРВ указана в зависимости от температуры испарения (to) и температуры конденсации (tk).

Табл. 8.1

Данные по производительности ТРВ отверстие №2, хладагент - R22, номинальная мощность 1 Тоn США (3,5 кВт).			
Tk ↓ To →	10 °C (5,8 бар)	5 °C (4,8 bar)	0 °C (4 бар)
50°C(18,4бар)	3,16кВт	3,26 кВт	3,32 кВт [1]
40°C(14,4бар)	2,78 кВт	2,94 кВт	3,07 кВт
35°C(12,5 бар)	2,53 кВт [3]	2,72 кВт	2,88 кВт [2]

Точка 1: ТРВ с производительностью 3,32 кВт при tк=50°C и to=0°C (перепад давления ΔP =18,4-4=14,4 бар).

Точка 2: ТРВ с производительностью 2,88 кВт при tк=35°C и to=0°C (перепад давления ΔP =12,5-4=8,5 бар).

Точка 3: ТРВ с производительностью 2,53 кВт при tк=35°C и to=10°C (перепад давления ΔP =12,5-5,8=6,7 бар).

Таким образом, для постоянной температуры испарения 0°C производительность падает с 3,32 кВт до 2,88 кВт при снижении перепада с 14,4 бар (точка 1) до 8,5 бар (точка 2), то есть примерно на 13%.

С другой стороны, при постоянной температуре конденсации 35°C производительность ТРВ падает с 2,88 до 2,53 кВт, когда перепад ΔP падает с 8,5 бар (точка 2) до 6,7 бар (точка 3), то есть примерно на 12%.

Следовательно, для одного и того же ТРВ располагаемая производительность зависит главным образом от рабочего перепада давления.

В общем случае ТРВ маркируются (обозначаются) по их производительности. Большинство разработчиков ТРВ включают в обозначение номинальную производительность ТРВ, указывающую значение этой величины (часто в Тоn производительности США) для определенных условий работы (например, +5°/+32°C при переохлаждении 4°C).

Так, например, ТРВ фирмы DANFOSS марки TEX5-3 имеет номинальную производительность 3 Тоn, фирмы SPORLAN марки GFE2C - 2 Тоn и фирмы ALCO марки TIE4HW-4 Тоn.

Заметим, что номинальная производительность указывает только порядок величины, а конкретное ее значение, которое будет реализовано на практике, определяется рабочим перепадом давления и паспортом ТРВ, позволяющим установить точное значение производительности для данного диаметра проходного сечения в зависимости от условий работы.

8.2. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПОВОДУ ПУЛЬСАЦИЙ ТРВ

Рассмотрим схему рис. 8.3, на которой изображен испаритель, запитанный через ТРВ.
Представим, что испаритель снабжен двухканальным регистратором температуры, который измеряет:
1) в первом канале температуру термобаллона ТРВ;
2) во втором канале температуру парожидкостной смеси на выходе из ТРВ (то есть температуру испарения).
Разница между этими двумя характеристиками дает нам, следовательно, величину перегрева.
Рассмотрим зарегистрированные значения этих величин (разница по времени между двумя вертикальными линиями составляет 1 минуту).
В момент времени to хорошо отрегулированный ТРВ обеспечивает перегрев 7°С. Установка работает совершенно стабильно с требуемым перегревом.

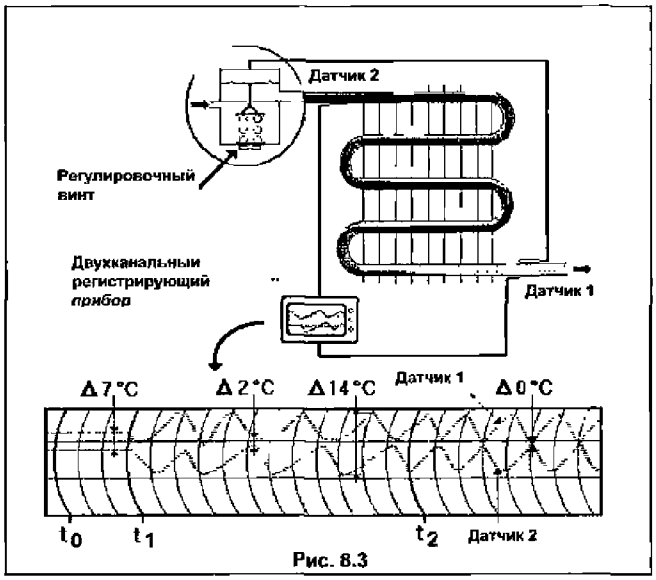


Рис. 8.3

В момент времени to откроем ТРВ на один оборот винта.

Сразу можно заметить, что очень быстро ТРВ выйдет на пульсирующий режим работы с изменением перегрева от 2 до 14°С.

Наблюдая за манометром НД, вы увидите, что давление испарения будет также пульсировать, почти в точности совпадая по частоте с изменениями кривой 2.

В момент времени *t* 1 откроем ТРВ еще на один оборот. Очень быстро частота пульсаций возрастает, и перегрев будет колебаться между 0 и 12°С.

Дотронувшись рукой до всасывающего трубопровода, вы отчетливо ощутите периодические гидроудары, которые передаются в компрессор. Более того, корпус компрессора станет аномально холодным.

Итак, открытие ТРВ с каждым оборотом регулировочного винта повышает его производительность.

Пульсации ТРВ указывают на то, что пропускная способность ТРВ гораздо выше пропускной способности испарителя.

Отрицательные аспекты пульсаций

Поскольку температура испарения пульсирует, это автоматически приводит к пульсациям низкого давления и, под воздействием этого, пульсируют значения всех основных параметров установки:

- **пульсирует температура воздушной струи,** проходящей через испаритель, потому что непрерывно меняется холодопроизводительность (заметим, что холодопроизводительность меняется с изменением количества жидкости, находящегося в испарителе);
- **пульсирует высокое давление,** потому что непрерывно меняется холодопроизводительность, и как следствие меняется количество хладагента, поступающего в конденсатор;
- **пульсирует сила тока,** потребляемая компрессором, потому что постоянно меняются высокое и низкое давления.

Легко понять, что оставлять установку в состоянии пульсации крайне нежелательно!
Внимание: если вы и дальше будете открывать ТРВ, вращая регулировочный винт, пульсации, в конце концов прекратятся. Низкое давление застабилизируется, а температуры 1 и 2 будут иметь одинаковое значение.

В этом случае компрессор будет постоянно работать в условиях, когда на входе в него имеются неиспарившиеся частицы жидкости (правда неизвестно, сколько времени он проработает в таком режиме, который может привести к очень серьезным неисправностям).

8.3. МЕТОД НАСТРОЙКИ ТРВ

В настоящее время имеется большое количество документов и технических инструкций разработчиков, в которых подробно описывается конструкция ТРВ, их работа, технология их подбора и монтажа.

В большинстве документов указывается, что ТРВ настроены на заводе-изготовителе и, как правило, не требуют дополнительной регулировки.

Вместе с тем, возникает вопрос: как настроить ТРВ, если по какой-либо причине появится необходимость дополнительной регулировки?

Мы рекомендуем следующий метод. Дополнительно к обычно используемым манометрам нужно установить электронный термометр, датчик которого следует укрепить на термобаллоне ТРВ (см. рис. 8.4).

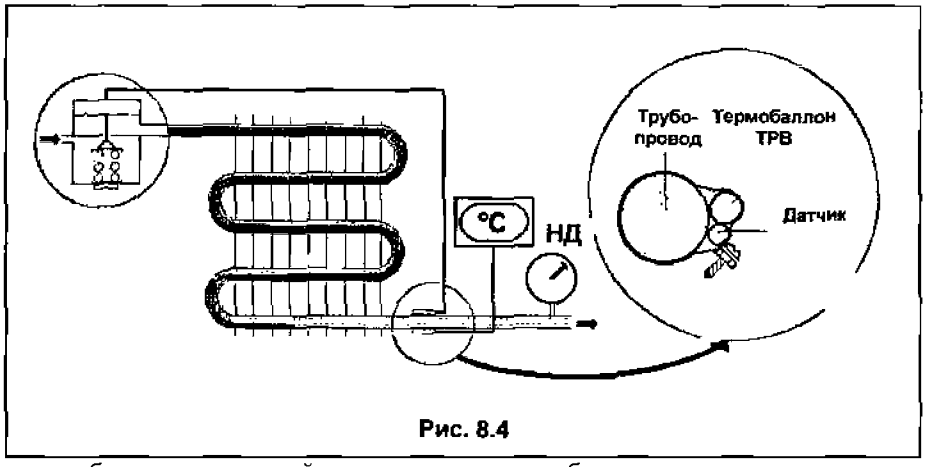


Рис. 8.4

Чтобы сохранить стабильность настройки во времени, необходимо производить ее при температуре в охлаждаемом объеме, близкой к температуре отключения компрессора (настройка, обеспечивающая стабильность при температуре 25°С, может привести к пульсации при температуре 20°С).

Не допускается производить настройку ТРВ при высокой температуре в охлаждаемом объеме!

Рекомендуемая технология настройки заключается в том, чтобы сначала вывести ТРВ на предельный режим, при котором начинаются пульсации.

Для этого при постоянной величине перегрева (показания термометра и манометра НД не меняются) нужно медленно открывать ТРВ до тех пор, пока не начнутся пульсации.

Если при этом появляются пульсации перегрева (пульсации показаний термометра и манометра), нужно закрывать ТРВ до тех пор, пока пульсации не прекратятся.

Внимание! *Никогда не вращайте регулировочный винт больше, чем на один оборот (предельный режим, приводящий к пульсациям, может наступить при вращении винта на 1/4 или даже на 1/8 оборота).*

После каждого изменения настройки (поворота регулировочного винта) следует выждать не менее 15 минут (в дальнейшем это позволит вам сэкономить время на настройку).
Когда установка выйдет на пульсирующий режим, достаточно слегка закрыть ТРВ (например, на пол-оборота),

В этом случае ТРВ будет настроен на минимально возможный перегрев, который обеспечивается данной установкой, заполнение испарителя жидким хладагентом будет оптимальным, а пульсации прекратятся.

Примечание: в течение настройки давление конденсации должно оставаться относительно стабильным, но его величина должна быть максимально приближена к номинальным условиям работы, так как от нее зависит производительность ТРВ.

При настройке могут возникнуть две сложности

1) Вам не удается добиться пульсаций.

Это означает, что ТРВ, будучи даже полностью открытым, имеет производительность ниже, чем производительность испарителя.

В общем случае это может происходить по следующим причинам: либо проходное сечение ТРВ слишком мало, либо в установке не хватает хладагента, либо на вход в ТРВ поступает недостаточно жидкости.

2) Вам не удается исключить пульсации после их возникновения.

Это означает, что ТРВ, будучи даже полностью закрытым, сохраняет производительность выше, чем пропускная способность испарителя.

В общем случае это связано с тем, что либо проходное сечение ТРВ слишком велико, либо испарителю не хватает производительности.

Настройка прекращается, когда перегрев достигает слишком большого значения (это наступает, когда ТРВ практически перекрыт, давление испарения аномально малое, и полный перепад температур Д6 слишком большой). ***Это означает, что испаритель производит меньше паров, чем способен поглотить компрессор, то есть мощность испарителя недостаточна.***

ПРИМЕЧАНИЕ: *аномалии, которые могут обусловить перечисленные выше проблемы, возникающие при настройке ТРВ (слишком малый или слишком большой ТРВ, плохая подпитка жидкостью, нехватка хладагента в контуре, нехватка производительности испарителя),* ***более подробно будут проанализированы при детальном изучении каждой из этих неисправностей.***

Здесь же мы сформулируем основной вывод из данного раздела: настройка ТРВ может оказаться трудоемким и длительным процессом, поэтому не приступайте к процедуре настройки, не будучи абсолютно уверенным, в глубоком понимании наших рекомендаций.

Во всех случаях, когда вы приступаете к настройке ТРВ, ***обязательно в качестве меры предосторожности заметьте начальную настройку*** *(начальное положение регулировочного винта) и точно подсчитывайте число оборотов регулировочного винта, которое вы сделали (точная регулировка может быть обеспечена поворотом винта всего на 1/8 оборота).*

8.4. УПРАЖНЕНИЕ

Какая из двух схем, представленных на рис.8.5 вам представляется более удачной? Почему?

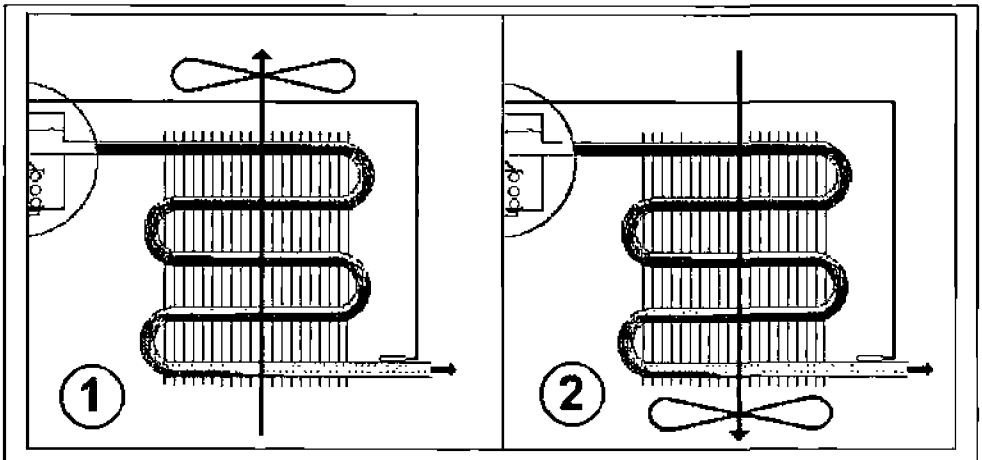


Рис. 8.5

Ответ:

В варианте 2 зону перегрева испарителя обдувает уже охлажденный воздух.

Напротив, в варианте 1 воздух, который обдувает зону перегрева, имеет более высокую температуру. Мы уже изучили влияние температуры воздуха на заполнение испарителя и на холодопроизводительность (см. раздел. 7,рис.7.1).

Следовательно, схема 1 обеспечивает лучшее заполнение испарителя и является более предпочтительной с точки зрения улучшения холодопроизводительности.

9. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА МАССОВЫЙ РАСХОД И ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Рассмотрим 3 позиции на рис.9.1, показывающие ход поршня холодильного компрессора при всасывании.

В рассматриваемом примере этот объем содержит пары хладагента при давлении 15 бар. Поскольку низкое давление равно 4 барам, всасывающий клапан закрыт.

Поз.1. Поршень находится в верхней мертвой точке (точка А). Поскольку поршень не должен ударяться в клапанную коробку, в верхней части цилиндра предусмотрено свободное пространство, обеспечивающее механическую безопасность (его называют мертвым объемом).

Поз.2. По мере опускания поршня в цилиндре пары хладагента, которые были сжаты в мертвом объеме до давления в 15 бар, начинают расширяться и их давление уменьшается. Всасывающий клапан не сможет открыться до тех пор, пока давление в цилиндре не упадет несколько ниже 4 бар, что произойдет, например, в точке В. Ход поршня между точками А и В, следовательно, служит только для расширения паров и в этот период ни одна молекула газа не может проникнуть в цилиндр.

Поз.3. Поршень приходит в нижнюю мертвую точку (точка С). Цилиндр целиком заполнен парами хладагента при давлении 4 бара, однако в компрессор на самом деле поступило только то количество газа, которое содержится в пространстве между точками В и С.

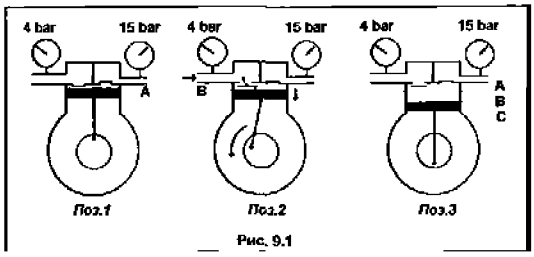


Рис. 9.1

Таким образом, в связи с тем, что в цилиндре существует так называемый мертвый объем, ход поршня между точками А и В является бесполезным ходом и компрессор начинает работать на всасывание только между точками В и С.

Теперь рассмотрим ход поршня при сжатии (см. рис. 9.2).

Поз.4. Поршень находится в нижней мертвой точке (точка С) и в компрессор поступило только то количество газа, которое содержится между точками В и С.

Поз.5. По мере того, как поршень поднимается, давление в цилиндре возрастает (следовательно, всасывающий клапан закрыт) до тех пор, пока рост давления не приведет к открытию нагнетательного клапана и вытеснению газа при давлении 15 бар в коллектор ВД.

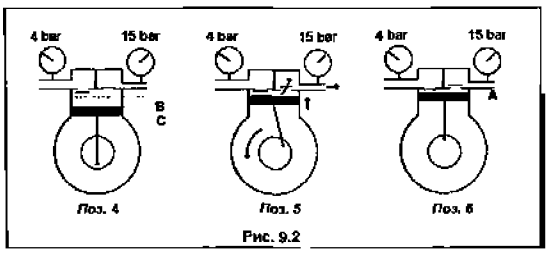


Рис. 9.2

Поз.6. Поршень возвращается в верхнюю мертвую точку. **Вредное пространство цилиндра содержит точно такое же количество паров при давлении 15 бар, что и в поз. 1 на рис. 9.1.**

Итак, подведем итог нашим рассуждениям. По мере опускания поршня компрессор всасывает только такое количество паров, которое содержится между точками В и С при давлении 4 бара. При подъеме поршня компрессор нагнетает только то количество газа, которое предварительно поступило в цилиндр.
Следовательно. при нагнетании компрессор вытесняет точно такое же количество паров. которое вошло в него при всасывании.

Посмотрим, что произойдет, если давление всасывания упадет.

Если давление всасывания станет, например, равным 2 барам вместо 4, клапан всасывания будет открываться, когда давление в цилиндре при всасывании упадет чуть ниже 2 бар.
Следовательно, поршень должен опуститься гораздо ниже, чтобы газ, заключенный во вредном пространстве при 15 барах, расширился до давления 2 бара.
В связи с этим бесполезный объем поршня, заключенный между точками А и В будет более значительным, а масса газа. поступающего в компрессор при всасывании, уменьшится.

Таким образом, чем больше падает давление всасывания, тем больше уменьшается масса газа, поступающего в компрессор при всасывании.

А что будет, если возрастет давление нагнетания?

Если давление нагнетания станет, например, равным 20 барам вместо 15 бар, газ, заключенный во вредном пространстве при нахождении поршня в верхней мертвой точке также будет сжат до давления в 20 бар. Следовательно, чтобы при всасывании давление в цилиндре смогло упасть до величины, несколько меньшей 4 бар и открылся клапан всасывания, поршень должен опуститься гораздо ниже.

В связи с этим бесполезный ход поршня между точками А и В также увеличится, а масса газа, поступающего в цилиндр при всасывании, уменьшится.

Итак, чем больше растет давление нагнетания, тем больше падает масса газа, поступающая в компрессор при всасывании.

Влияние давления на массовый расход

Мы смогли убедиться, что массовый расход хладагента при обращении в контуре зависит от значений давлений всасывания и нагнетания, при которых работает компрессор, и что выход массы газа через вентиль нагнетания точно такой же, как вход через вентиль всасывания.

Следовательно, массовый расход строго одинаковый в любой точке контура и меняется только фазовое состояние хладагента (жидкость или пар). При этом, если давление нагнетания растет, массовый расход падает, если давление всасывания падает, массовый расход также падает.

Влияние на холодопроизводительность

В осредненных условиях функционирования небольшого кондиционера массовый расход R22 величиной 1 кг/час способен обеспечить поглощение испарителем около 50 Вт (то есть 0,05 кВт) тепла.

Если расход составляет 100 кг/час, холодопроизводительность достигает 100хО,05=5кВт.

При массовом расходе 80 кг/час холодопроизводительность падает до 80хО,05=4кВт.

Следовательно, холодопроизводительность прямо пропорциональна массовому расходу. Если массовый расход падает, точно так же падает холодопроизводительность.
Поскольку массовый расход зависит от рабочих значений давлений всасывания и нагнетания, от них же точно так же зависит и холодопроизводительность.

Если давление нагнетания растет, массовый расход падает и холодопроизводительность падает.

Если давление всасывания падает, массовый расход падает и холодопроизводительность падает.

Эти изменения холодопроизводительности нельзя не принимать во внимание, поскольку расчеты показывают, что при уменьшении температуры испарения на 1°С потери холодопроизводительности составляют от 3 до 5%, а при повышении температуры конденсации на 1° теряется около 1% холодопроизводительности.

9.1. УПРАЖНЕНИЕ

В холодильной установке манометр ВД (нагнетание) показывает 16,5 бар, манометр НД (всасывание) - 4,5 бара.

Если та же установка работает при ВД=15,4 бара (то есть более низком) и НД=4,2 бара (также более низком) каким будет массовый расход?

Повысится ли он (поскольку упало ВД) или уменьшится (поскольку упало НД)?
В качестве подсказки учтите, что одним из параметров, определяющих, измерение массового расхода является степень сжатия, то есть отношение ВД/НД (нагнетание/всасывание).
Ответ:

Массовый расход действительно зависит от степени сжатия в компрессоре (доказательство этого не является предметом рассмотрения настоящего учебника).

Степень сжатия определяется отношением ВД/НД, причем оба этих значения должны быть выражены в абсолютных величинах (вспомните ваши старые знания в области холодильной техники).

Отметит, что манометры оттарированы в относительных (избыточных) величинах.

Когда манометр показывает 0 бар относительных (избыточных), это показание означает 0 по отношению к атмосферному давлению.
По отношению к абсолютному вакууму абсолютное давление будет равно 1 атмосфере (то есть около 1 бара). Поэтому показания манометра 4,5 бара избыточных соответствует около 5,5 бар абсолютных. *Следовательно, в первом случае степень сжатия равна :*
ВДабс.//НДабс. =17,5/5,5=3,18

во *втором случае степень сжатия будет равна :*

ВДабс./НДабс. =16,4/5,2=3,15.
Поскольку во втором случае степень сжатия компрессора упала, массовый расход будет возрастать и следовательно, возрастет холодопроизводительность.

10. ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СИЛУ ТОКА ПОТРЕБЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОМОТОРОМ КОМПРЕССОРА

Задачей холодильного компрессора является всасывание паров, образующихся в испарителе, и их нагнетание при высоком давлении в конденсатор. Чтобы обеспечить сжатие паров, электромотор должен привести поршни компрессора в возвратно-поступательное движение и снабдить их необходимой энергией для перемещения внутри цилиндров. Энергия, которую должен передать

электромотор компрессора поршням, зависит главным образом от сил, препятствующих подъему поршней во время цикла сжатия газа в цилиндрах.

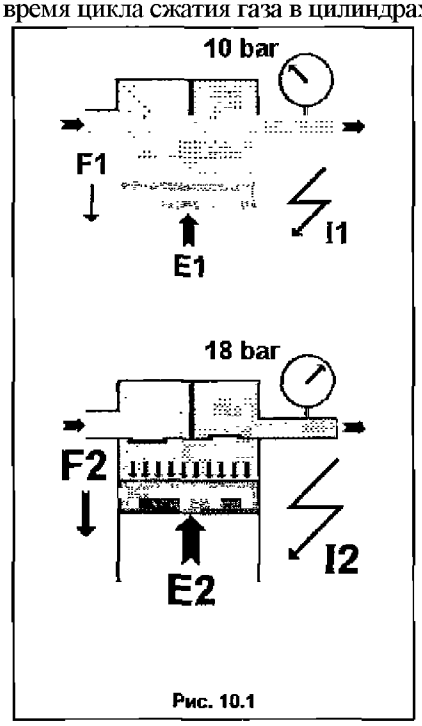


Рис. 10.1

Помимо механических напряжений, силы, противодействующего перемещению поршней, в основном обусловлены величиной давления нагнетания. Так, если давление нагнетания равно 10 бар, на верхнюю часть поршня действует результирующая сила F1, соответствующая давлению в 10 бар (см. рис. 10.1). Электромотор должен передать поршню энергию E1, чтобы преодолеть силу F1 обеспечить подъем поршня и сжатие газа до давления в 10 бар. Чтобы получить эту энергию E1, мотор потребляет из сети ток величиной J1].

Если давление нагнетания поднимается, например, до 18 бар, новая сила F2, действующая на верхнюю часть поршня и соответствующая 18 барам, будет несомненно больше, чем предыдущая сила F1, то есть

F2>Fr

Чтобы обеспечить сжатие паров, двигатель должен передать компрессору большую энергию E2, то есть

E2>El.

Наконец, чтобы получить эту энергию E2 из сети, мотор должен потребить ток величиной

J2>J1.

Таким образом, чем больше увеличивается давление нагнетания, тем больше растет сила тока, потребляемого электромотором компрессора из сети (расчеты показывают, что прирост давления нагнетания на величину, эквивалентную повышению температуры конденсации на 1°, соответствует росту потребляемой электроэнергии примерно на 3%).

10. ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СИЛУ ТОКА ПОТРЕБЛЯЕМОГО ЭЛЕКТРОКОМПРЕССОРА

11. АНОМАЛЬНОЕ ПАДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ИСПАРЕНИЯ

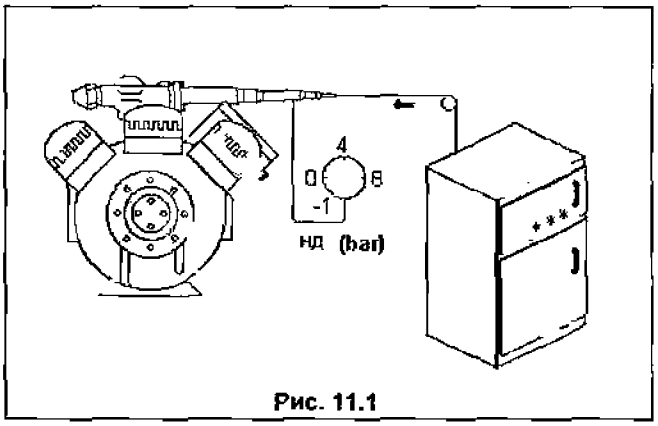


Рис. 11.1

Упрощенная процедура выбора испарителя и компрессора холодильной установки сводится к следующему. Сначала рассматривают тепловой баланс на выходе холодильной установки, чтобы определить потребную холодопроизводительностью испарителя, (например, 10 кВт).

Используя техническую документацию производителя подбирают испаритель, способный поглотить 10 кВт в заданных условиях эксплуатации. Затем с помощью термодинамических таблиц для хладагентов определяют массовый расход выбранного хладагента, который должен циркулировать в контуре холодильной установки, чтобы поглотить эти 10 кВт (например, для кондиционера на R22 это составит около 200 кг/час). После этого вычисляют объем паров, образующихся в испарителе при испарении 200 кг/час R22 (допустим 8 *м^3/час*).

Наконец, подбирают компрессор, способный отсосать эти 8 *м^3/час* паров хладагента при выбранных значениях давления испарения и конденсации (например, 16 бар и 4,2 бара соответственно). *Когда установка начнет работать, эти 8 м^3/час паров R22, произведенные испарителем и поглотившие 10 кВт, будут полностью отсосаны компрессором, причем давление на выходе из испарителя составит 4,2 бара.*

Если по какой-либо причине испаритель выработает паров меньше, чем 8 *м^3/час,* компрессор будет способен отсосать паров больше, чем испаритель может произвести, и давление испарения обязательно упадет

Чтобы лучше понять это, представим себе величину давления испарения, которая будет реализована, если огромный компрессор подключить к испарителю маленького домашнего холодильника (см.рис.11.1).

Итак, аномальное падение давления испарения обязательно свидетельствует о том, что компрессор всасывает большее количество паров, чем может произвести испаритель.

12. СРАВНЕНИЕ КОНДИЦИОНЕРОВ И ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Предметом настоящего раздела является сравнение конструкции и характеристик классических холодильных установок, работающих на R12 (с одной холодильной камерой), и небольших кондиционеров с прямым циклом расширения, работающих на R22, при одинаковых холодопроизводительностях.

A) Сравнение условий работы конденсаторов:

Представим себе две установки, одна из которых является торговым холодильником, а другая кондиционером (см.рис. 12.1). Установки оборудованы одной и той же моделью конденсатора с воздушным охлаждением, обеспечивающей полный перепад Д6полн^15°С. Рассмотрим, что происходит с конденсатором при одной и той же температуре наруж. Воздуха30°С . Поскольку полный перепад ΔΘполн. одинаков для обеих установок, следовательно **при одной и той же температуре наружного воздуха в них реализуются совершенно одинаковые значения температуры конденсации.**

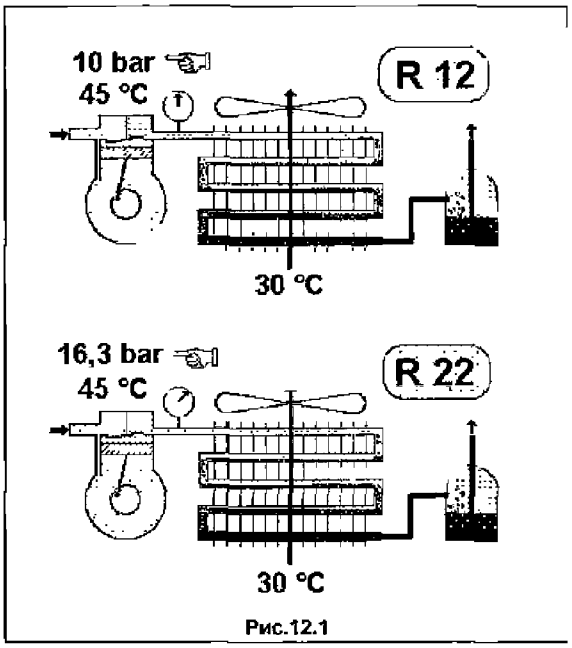


Рис.12.1

В нашем случае при наружной температуре 30°С и конденсаторе, подобранном так, чтобы полный перепад составил 15°С, температура конденсации будет равна 45°С, **каким бы ни был используемый в установках хладагент.**

Тем не менее, поскольку соотношение между температурой конденсации и давлением насыщенных паров различно для разных хладагентов, манометр высокого давления будет показывать около 10 бар в установке на R12 и около 16,3 бар в установке на R22 (если установка заправлена RI34a, манометр ВД покажет 10,6 бар).

Большинство остальных параметров для этих двух конденсаторов (перепад температур охлаждающего воздуха на входе и выходе, переохлаждение жидкости на выходе из конденсатора) будет практически одинаковыми или с очень небольшими отклонениями друг от друга. **Ремонтник, который руководствуется ,прежде всего значениями температур, а не давлений, сможет легко обнаружить возможные отклонения в работе конденсатора независимо от типа установки и марки используемого хладагента.**

. B) Сравнение условий работы испарителей

Для торгового холодильника, в холодильной камере которого предполагается поддерживать плюсовую температуру, например +4°С, полный перепад, как правило, может составлять от 6 до 10°С (в зависимости от рода продуктов, которые в ней размещаются) с перепадом температуры воздуха от 3 до 5°С.

В примере, приведенном на рис. 12.2, температура испарения составляет -4°С, что соответствует давлению 1,7 бар для R12, которое и показывает манометр, установленный на выходе из испарителя.

В результате того, что испаритель находится при отрицательной температуре, на нем появляется иней (снежная шуба), откуда следует необходимость(периодической разморозки установок этого типа.

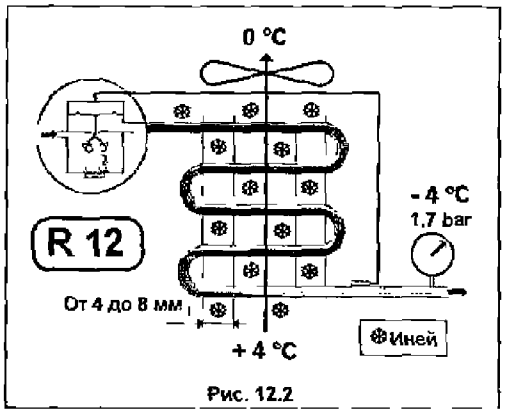


Рис. 12.2

Чтобы предотвратить быстрое покрытие испарителей этого типа снежной шубой, оребрение в них располагается со сравнительно большим шагом (см.рис.12.2), составляющим 4...8 мм. ***В классических кондиционерах*** температура в охлаждаемом объеме гораздо более высокая, чем в торговых холодильниках, поэтому полный перепад температур в них может достигать больших значений и составлять от 16 до 20°С Перепад температуры воздуха в кондиционерах находится, как правило, в диапазоне от 6 до 10 °С. В примере на рис. 12.3 чтобы достичь температуры воздуха, равной 21°С, давление испарения соответствует температуре +3°С и находится на уровне около 4,4 бар для R22. Температура испарения остается в любом случае плюсовой, поэтому опасность покрытия испарителя снежной шубой отсутствует.

Поскольку в кондиционерах испаритель не покрывается инеем, теплообменные ребра в нем, можно располагать очень близко друг к другу (на расстоянии 1...2 мм), о*беспечивая тем самым резкое увеличение поверхности теплообмена в очень небольшом объёме* **Таким образом, испарители, используемые в кондиционерах, имеют гораздо меньшие размеры по сравнению с испарителями в торговых холодильниках при одинаковой холодопооизводительности.**

. С) Общие замечания

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие выводы.

Рабочие температуры конденсаторов с воздушным охлаждением практически одинаковы как в кондиционерах, так и в торговом холодильном оборудовании.

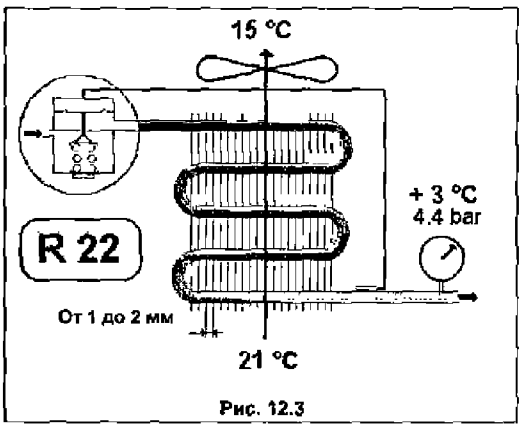


Рис. 12.3

Основная разница между этими двумя типами холодильных установок проявляется в перепадах температур при работе испарителей.

Нужно отметить также, что рабочие давления для R12 (или R134a) гораздо ниже, чем для R22, что может ввести в заблуждение начинающего ремонтника при переходе от одной установки к другой.

Поэтому при устранении неисправностей мы рекомендуем, прежде всего обращать внимание на рабочие значения температур, а не давлений, поскольку температуры не зависят от вида используемого хладагента. С распространением в практике новых хладагентов это существенно упростит вашу работу.

Грамотный холодильщик должен быть способен без труда устранять неисправности. как в торговом холодильном оборудовании, так и в небольших кондиционерах с прямым циклом расширения

Внимание! Если вам приходится устранять неисправность в установке незнакомой конструкции и при этом возникает необходимость осуществлять дозаправку хладагента, вы должны обязательно проверить марку содержащегося в контуре хладагента (ошибка в определении марки хладагента является непоправимой). ***Впрочем, действующее законодательство все больше и больше предъявляет к холодильщикам требования ясно указывать на установках марку хладагента и масла, используемых в контуре.***

Действительно, далеко не все холодильные установки работают на R12. Ограничения на применение хлорфторуглеродов (CFC) уже заставили многих холодильщиков использовать R22 (а в последнее время все чаще и чаще R134a) в холодильных установках для торгового оборудования, причем появление переходных хладагентов на основе хлорфторуглеводоровов (HCFC) еще больше усложняет положение (см. раздел 58 «Пооблемы. вызванные появлением новых хладагентов). С доугой стоооны. не во всех кондиииионеоах используется R22

Если тип хладагента не указан на установке и вы сомневаетесь в его марке несмотря на обозначения, приведенные на манометрах, вам следует взглянуть на нижнюю часть ТРВ, где марка хладагента обозначена либо цифровым кодом, либо цветом. К сожалению, в том случае, когда установка была переоборудована под хладагент переходного типа, эти сведения нельзя считать надежными. Никогда не стесняйтесь обратиться за сведениями о хладагенте к клиенту: он располагает документацией на свою установку и очень часто хорошо знает ее историю.

Для более наглядного сравнения двух типов холодильных установок ниже мы приводим две схемы (рис.12.4 и 12.5) на которых отмечены значения порядков величин основных рабочих параметров, которые обычно

ХОЛОДИЛЬНАЯ УСТАНОВКА НА R12 ДЛЯ ТОРГОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Величины различных параметров, указанные на схеме, реализуются при нормальном режиме работы

t исп. =*t возд.на входе в исп.*- ΔΘ полн.исп.

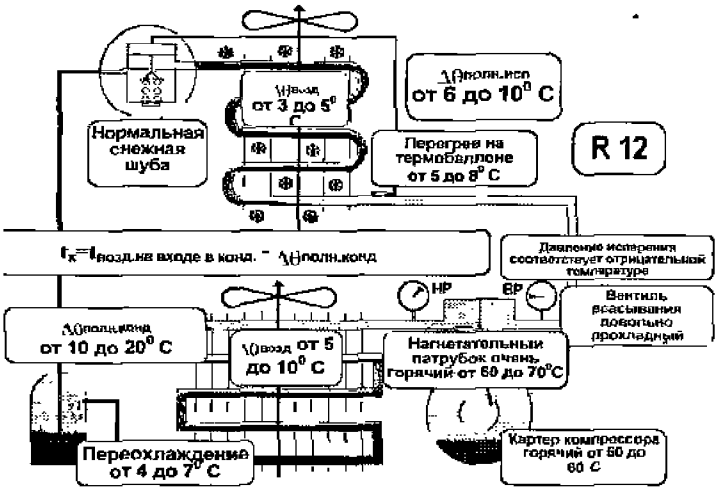


Рис. 12.4

ПРИМЕЧАНИЕ: указанные диапазоны температур справедливы и в случае использования R134a.

КОНДИЦИОНЕР НА R22

Величины различных параметров, указанные на схеме, реализуются при нормальной работе

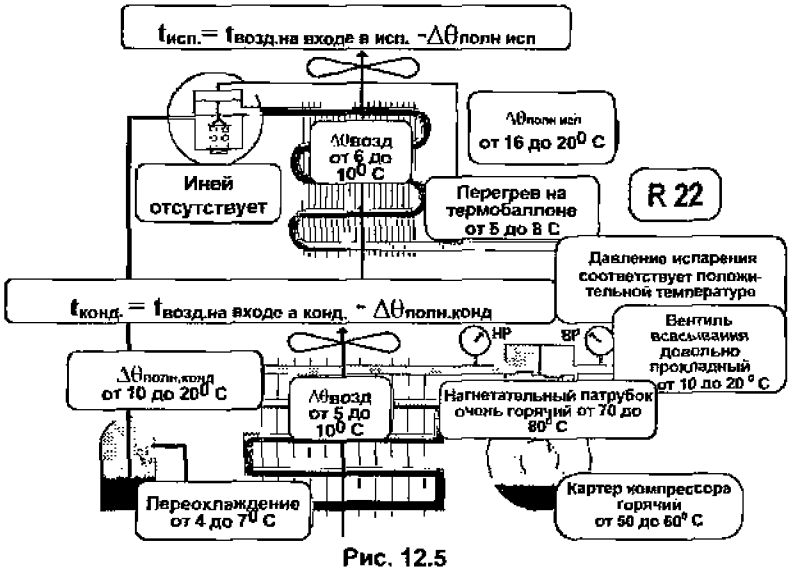


Рис. 12.5

13. УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ. ВВЕДЕНИЕ

Опыт ремонта холодильных установок показывает, что по меньшей мере 99% процентов всех неисправностей, возникающих на установках (как в кондиционерах, так и в торговых холодильниках), могут быть разбиты на 8 основных семейств.

Первые четыре семейства неисправностей приводят к снижению холодопроизводительности при одновременном аномальном падении давления испарения.

1). Слишком слабый ТРВ (производительность ТРВ недостаточна).

2). Нехватка хладагента (в контур заправлено недостаточное количество хладагента).

3). Преждевременное дросселирование хладагента (на жидкостной линии перед ТРВ имеется паразитное гидросопротивление).

4). Производительность испарителя недостаточна.

Пятое семейство неисправностей приводит также к снижению хладопроизводительности. но при повышенном значении давления испарения.

5). Слишком слабый компрессор (мощность компрессора недостаточна).

Три последних семейства неисправностей приводит к аномальном росту давления конденсации.

6). Наличие несконденсировавшихся частиц (в контуре присутствует чрезмерно большое количество неконденсирующихся примесей).

7). Чрезмерная заправка (в контур заправлено избыточное количество хладагента).

8). Слишком слабый конденсатор (производительность конденсатора недостаточна)

Мы подробно опишем каждое из этих 8 семейств, анализируя их влияние на различные параметры работы установок и изучим наиболее яркие их симптомы. На основе этого анализа мы каждый раз будем предлагать методологию их диагностики, которая позволяет очень быстро, надежно и безошибочно выявлять причину той или иной неисправности.

Наконец, для каждого из 8 семейств мы дадим многочисленные конкретные примеры устранения неисправностей с тем, чтобы ремонтник смог связать теорию с практикой и реализовать полученные знания на своем рабочем мес

14. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ 14.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

Неисправность, обусловленная ***недостаточной пропускной способностью ТРВ,*** охватывает большое число различных отказов, при которых появляются точно такие же симптомы. Предметом рассмотрения настоящего раздела является изучение этих симптомов.

А) Влияние на систему ТРВ/испаритель:

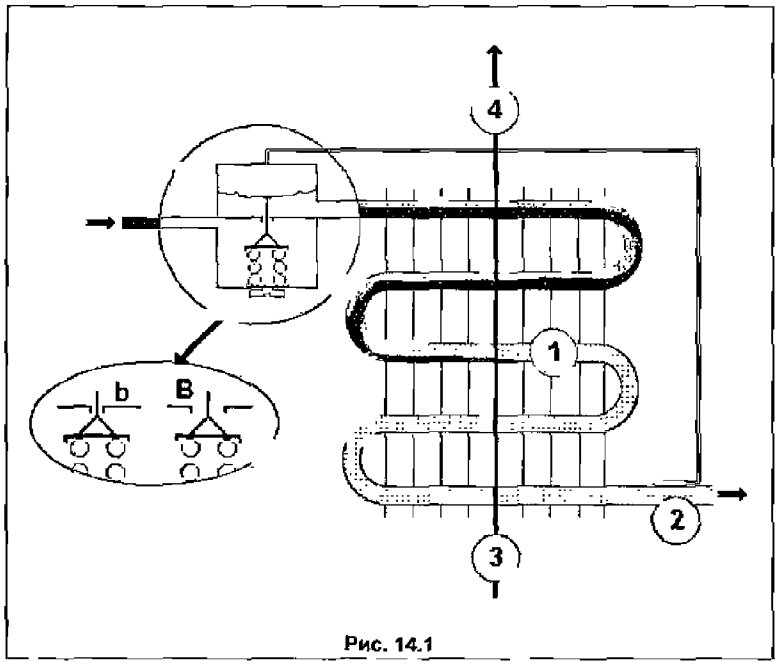


Рис. 14.1

Чтобы проиллюстрировать неисправность, обусловленную малой пропускной способностью ТРВ, возьмем в качестве примера ТРВ, в котором отверстие имеет слишком малый диаметр вследствие ошибки при выборе сменного проходного сечения (сечение b было установлено вместо сечения В, см. рис. 14.1). В *результате расход жидкости становится недостаточным и последняя капелька испаряется внутри испарителя очень рано* ***(точка 1).***

Поскольку последняя капелька испарилась слишком рано, пары будут находиться под действием проходящего через испаритель воздуха в течение очень длительного времени, что обусловлено увеличением длины участка перегрева по сравнению с нормой.

. Поэтому температура в термобаллоне ***(точка 2,)*** будет аномально высокой (б *пределе температура линии всасывания может стать почти равной температуре окружающей среды).*

Испаритель очень слабо заполнен хладагентом, массовый расход R22 и холодопроизводительность падают. В том месте, которое охлаждается, температура растет, и клиент вынужден обращаться с просьбой об устранении неисправности, поскольку *«стало очень жарко».*

Поскольку температура в охлаждаемом объеме выросла, увеличилась также и температура воздуха на входе в испаритель ***(точка 3)***. Ввиду того, что на вход в испаритель поступает слишком теплый воздух ***(точка 3),*** *а* холодопризводительность низкая, воздух охлаждается плохо и температура воздушной струи в ***точке 4*** аномально высокая.

B) Влияние на систему испаритель/компрессор

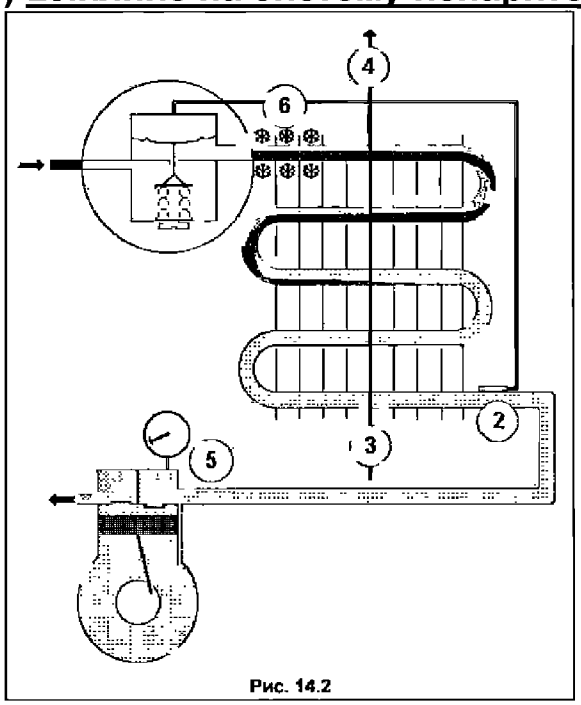


Рис. 14.2

При прохождении через испаритель каждый килограмм жидкости, который испаряется, поглощая тепло, производит некоторое количество пара.

Поскольку ТРВ не пропускает достаточного количества жидкости, количество производимого пара очень сильно падает.

Однако компрессор может потенциально поглотить гораздо больше пара, чем производит испаритель, поэтому давление испарения становится *аномально малым* ***{точка 5*** *на* рис.14.2).

Ввиду того, что давление испарения имеет тенденцию к падению, а температура воздуха на входе в испаритель повышается, полный перепад температуры на испарителе становится *аномально высоким*.

При падении давления испарения температура испарителя также падает в соответствии с соотношением температура-давление для данного хладагента.

Одновременно повышается температура термобаллона ***(точка 2)*** и *перегрев обязательно будет очень высоким*.

Если мы имеем дело с кондиционером, то при
нормальном функционировании температура испарения всегда выше 0°С.

Однако в связи с тем, что производительность ТРВ недостаточна, давление испарения слишком низкое, температура испарителя может оказаться отрицательной, и трубопровод на выходе из ТРВ будет в этом случае покрываться инеем, образующимся из конденсата паров, которые содержатся в охлаждаемом воздухе ***(точка 6*** на рис. 14.2).

C) Влияние на систему компрессор/конденсатор

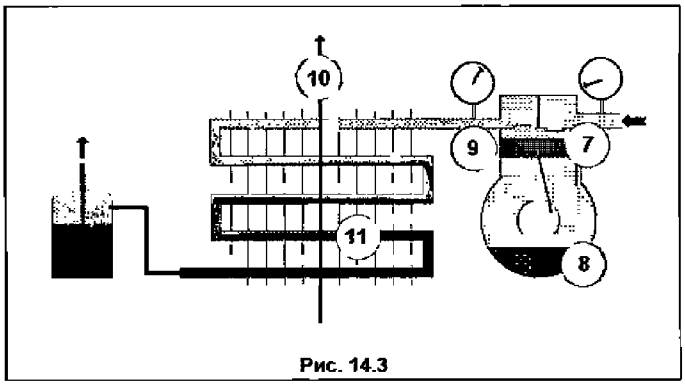


Рис. 14.3

В связи с тем, что перегрев очень большой и температура термобаллона повышена, температура всасываемых в компрессор паров также повышена.

Охлаждение электродвигателей герметичных или полугерметичных компрессоров осуществляется за счет всасываемых паров, однако поскольку их температура повышена, охлаждение электродвигателя будет ухудшаться.

Как следствие, компрессор станет более горячим (вместо того, чтобы быть холодным) в зоне вентиля всасывания ***(точка 7*** на рис.14.3), а в нижней части картера (в зоне, где находится масло) он будет чрезвычайно горячим ***(точка*** *8).*

Таким образом, по причине большого перегрева на линии всасывания весь компрессор будет аномально горячим

. 14. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ

Заметим, что повышенная температура газа в магистрали всасывания приводит к тому, что температура газа в нагнетающей магистрали ***(точка 9)*** будет также более высокой.

Больше того, мы увидели, что холодопроизводительность стала аномально низкой. Однако параметры конденсатора были выбраны из условия теплоотдачи, рассчитанной по нормальной холодопроизводительности.

Поэтому получается, что конденсатор становится переразмеренным!

Если используемый в установке способ регулировки давления конденсации не позволяет изменять расход воздуха через конденсатор, перепад температуры воздуха на конденсаторе становится ниже обычного, и на выходе из него ***(точка 10)*** температура воздуха будет менее высокой.

Кроме того, обусловленная малой пропускной способностью ТРВ переразмеренность конденсатора приводит и к другим нежелательным для установки последствиям.

Так, из-за нехватки жидкости в испарителе, в конденсаторе и в ресивере-отделителе жидкости будет находится ее излишнее количество.

Поскольку при этом конденсатор является переразмеренным, эта жидкость будет значительно лучше охлаждаться и, следовательно, в соответствии с соотношением между температурой и давлением, давление конденсации будет падать, причем величина его падения будет зависеть от используемого в составе установки способа регулирования давления конденсации.

Наконец, имея в виду, что конденсатор переразмерен, мы вправе ожидать преждевременной конденсации последней молекулы газа, которая произойдет в ***точке 11*** (см. рис.14.4), обусловив тем самым увеличение длины участка конденсатора. на котором, происходит пеоеохлажпение.

В результате измеренная на выходе из конденсатора (в *точке 13)* величина переохлаждения окажется, по-видимому, высокой.

Внимание! Не смешивайте неисправности, обусловленные низкой пропускной способностью ТРВ, с преждевременным дросселированием хладагента до поступления в ТРВ.

Чтобы быть уверенным в вашем диагнозе, **вы должны убедиться** в том, что на жидкостной магистрали отсутствуют засоры или преждевременное дросселирование, которые смогут вас заставить прийти к **ошибочному** выводу о нормальном переохлаждении.

Вашим эталоном для оценки величины переохлаждения должны быть, следовательно, данные измерения температуры жидкости на выходе из конденсатора ***(точка 13).***

В противном случае перекрытый жидкостной вентиль на выходе из ресивера (низкая температура **в *точке*** *12),* или засоренный фильтр-осушитель (низкая температура **в *точке 14),*** а также вскипание на входе в ТРВ (низкая температура в ***точке*** *15),* могут создать иллюзию нормального переохлаждения (неисправности, обусловленные преждевременным дросселированием, будут рассмотрены несколько позже).

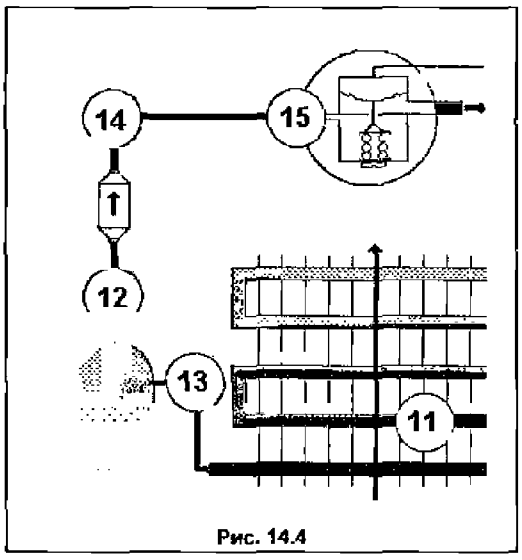


Рис. 14.4

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ. Не следует смешивать переохлаждение с температурой жидкостной линии. *Переохлаждение определяется как разность между температурой конденсации, соответствующей показанию манометра ВД, и температурой жидкостной пинии, измеренной на выходе из конденсатора (см. раздел 2.2).*

14. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ

14.2. ОБОБЩЕНИЕ ПРИЗНАКОВ, СВИДЕТЕЛЬСТВУЮЩИХ О НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРВ

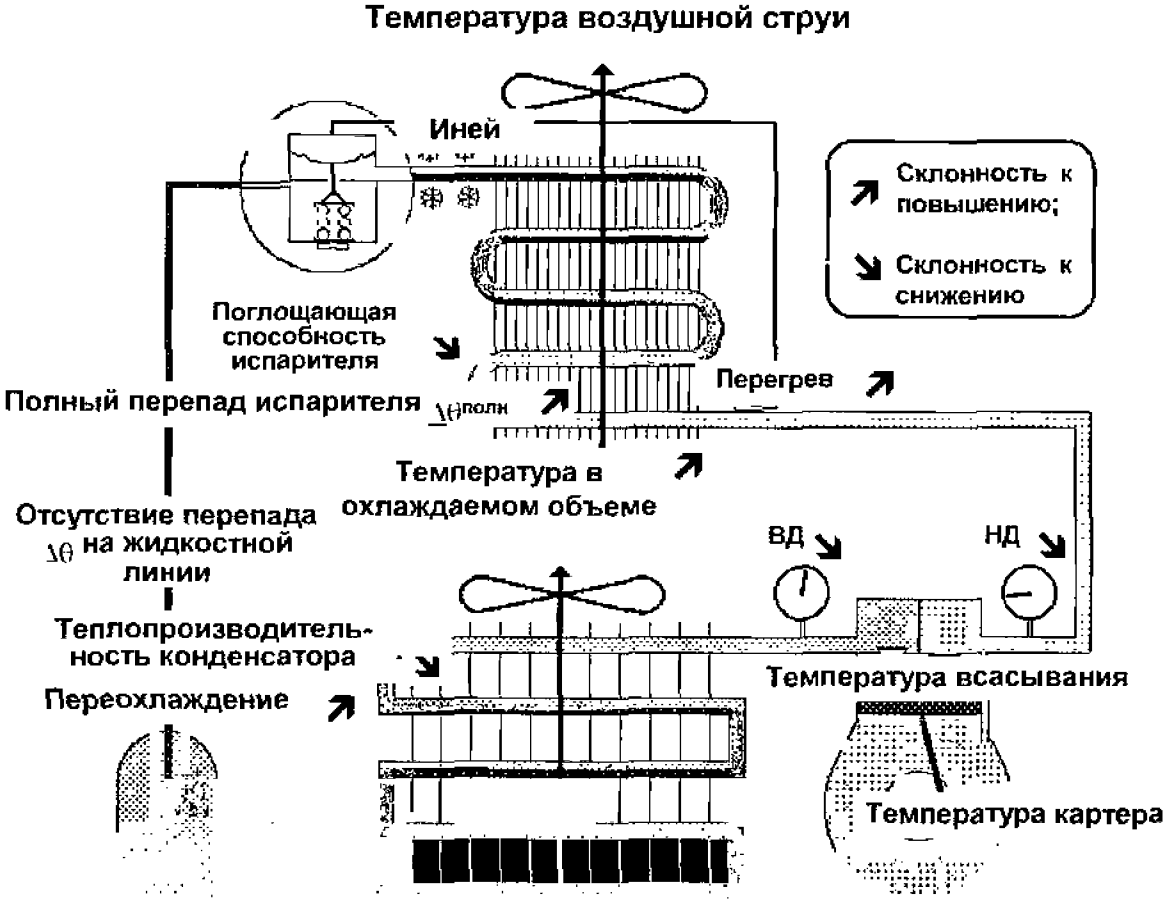


Рис.14.5

14

. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ

14.3. АЛГОРИТМ ВЫЯВЛЕНИЯ НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРВ

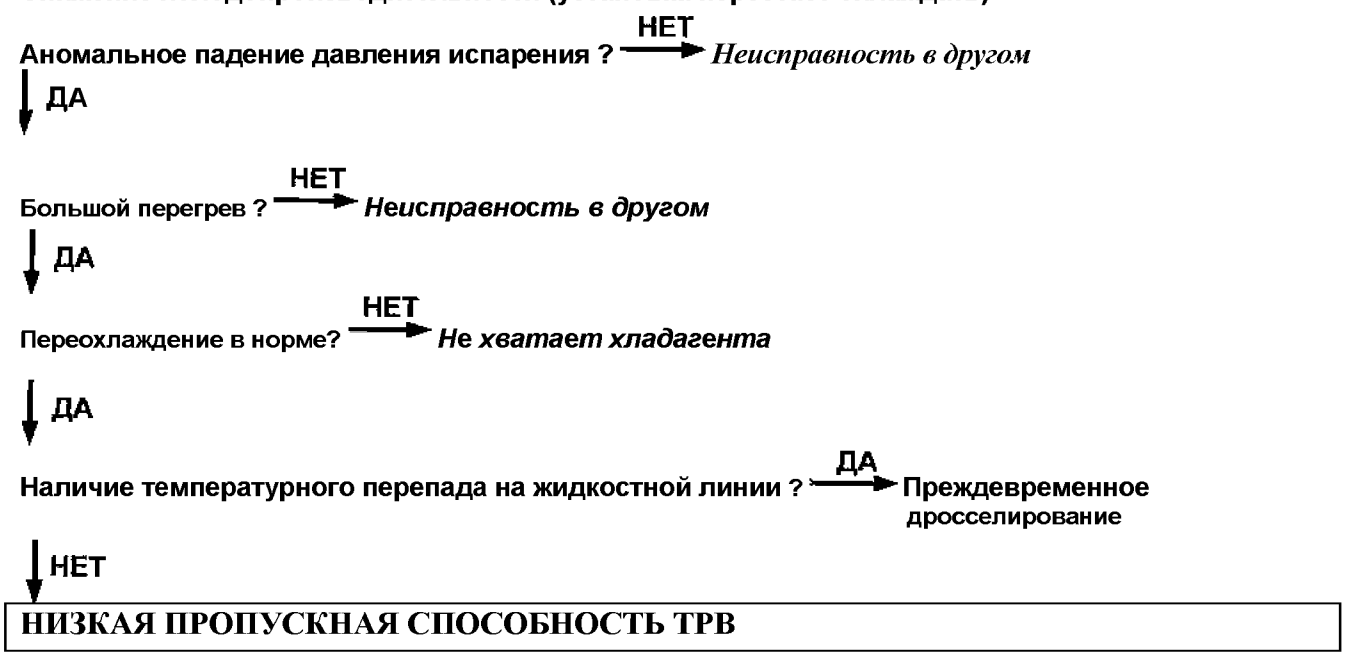


Рис. 14.6

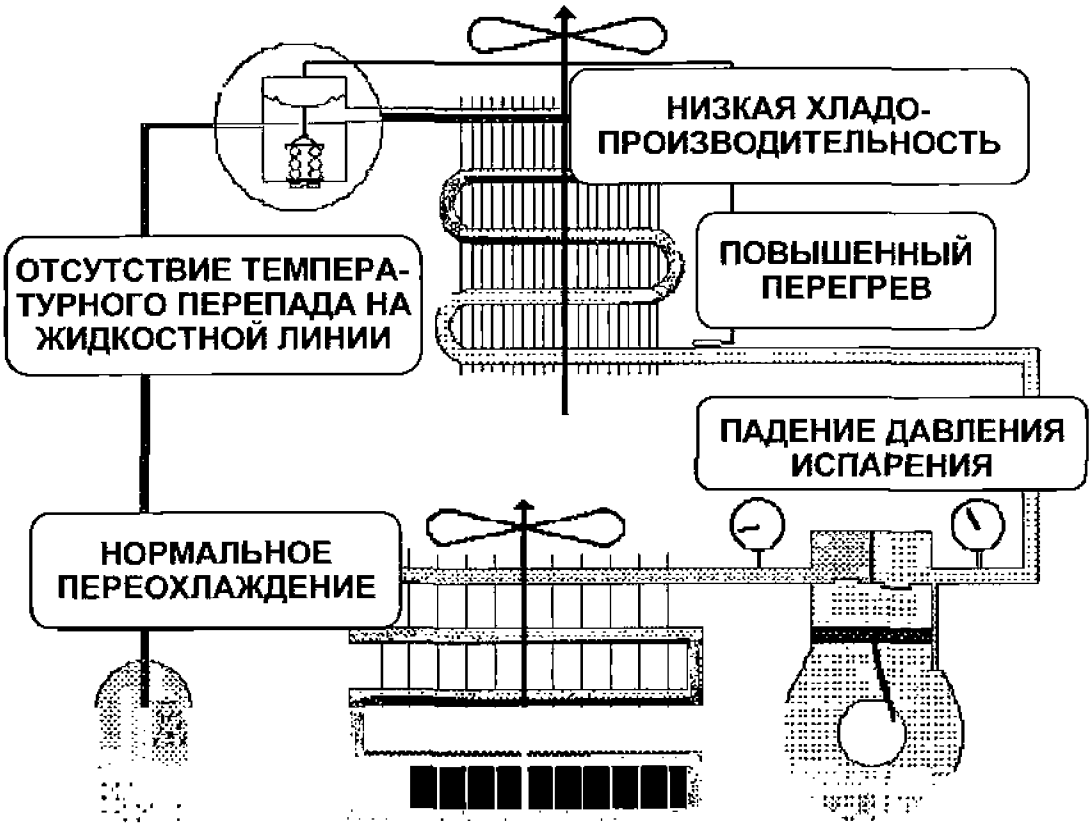
Если перегрев повышен, это обязательно указывает на нехватку жидкости в испарителе

Если переохлаждение в норме, значит конденсатор заполнен жидкостью.

В таком случае почему она не доходит до испарителя?

Это может означать либо закупорку жидкостной магистрали, и тогда мы будем иметь преждевременное дросселирование, либо ее поступлению в испаритель мешает, вследствие своей низкой пропускной способности, ТРВ.

14.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ



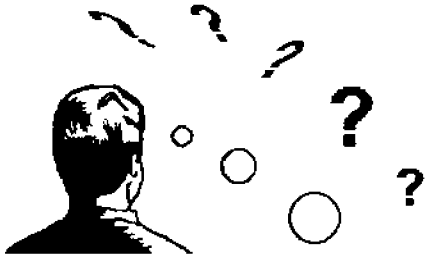


Рис. 14.7

Почему компрессор перестал охлаждать ?.. Посмотрим.. О ! Упало давление испарения... Что же могло произойти ?... Недостаточный расход воздуха через испаритель ? Нет, перегрев громадный... Не хватает хладагента в контуре ?... Возможно, ведь переохлаждение в норме... Может быть образовалась пробка на жидкостной магистрали ?... Нет, поскольку перепад температур отсутствует.... **СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ЭТО МОЖЕТ БЫТЬ ТОЛЬКО СЛИШКОМ НИЗКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРВ!.**

14.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ТРВ

После того, как вы удостоверились в том, что причина аномальной работы установки заключается в недостаточной производительности ТРВ (падение холодопроизводительности, падение давления испарения, повышенный перегрев, нормальное переохлаждение, отсутствие температурного перепада на жидкостной линии), ***следует точно определить, какой дефект или ошибка обусловили низкую производительность ТРВ, чтобы устранить их.***

Поэтому сейчас мы будем изучать различные причины, которые могут привести к снижению производительности ТРВ и вызвать появление признаков, свойственных этой неисправности.

* Неправильно выбранный ТРВ с малым диаметром проходного сечения

Напомним, что для данного хладагента фактическая производительность ТРВ взаимно зависит и от давления конденсации и от давления испарения (см. *раздел 8.1. Производительность ТРВ.)*.

В случае сомнений только справочные данные разработчика, потребные значения *рабочих давлений и точные характеристики* ТРВ смогут дать *уверенность в том,* что выбранная производительность соответствует требуемой.

Внимание ! Ремонтник должен быть особенно внимателен, если речь идет о ТРВ, оснащенных взаимозаменяемыми сменными проходными сечениями. К примеру ТРВ фирмы ALCO марки T1E.HW для R22 имеет производительность от 1,2 кВт (с проходным сечением №0) до 18 кВт (с проходным сечением №6) *для одних и тех же условий функционирования.*

Точно так же ТРВ фирмы Danfoss марки TEX2 для R22 имеет производительность от 7 кВт (с проходным сечением №3) до 17 кВт (с проходным сечением №6).

Однако по внешнему виду нельзя с уверенностью утверждать, какой номер проходного сечения установлен в ТРВ. Если у вас появились сомнения, нужно будет извлечь сменный патрон из ТРВ и на его корпусе прочитать выгравированный на нем номер проходного сечения.

В этом случае ремонт заключается в том, чтобы установить патрон с увеличенным проходным сечением, приспособленным для получения ожидаемой производительности, а затем правильно отрегулировать ТРВ.

* Неправильная настройкиа. ТРВ слишком закрыт.

Вспомните, что оптимально настроенный ТРВ должен обеспечивать минимально возможный перегрев, который можно поддерживать, не допуская возникновения пульсаций, при этом охлажденный воздух должен иметь температуру, наиболее близкую к температуре, при которой термостат отключает компрессор *(см. раздел 8.3. Метод настройки ТРВ)*.

Никогда не меняйте настройку ТРВ, если только вы не уверены в абсолютной справедливости вашего диагноза.

* Разрушен терморегулирующий тракт ТРВ.

Эта неисправность часто возникает вследствие плохого крепления капилляра, соединяющего управляющую полость мембраны ТРВ с термобаллоном. Как правило негерметичность появляется либо в месте подвода капилляра к ТРВ, либо в месте его соединения с термобаллоном в результате чрезмерных вибраций капилляра, а также в самом капилляре в случае, когда имеет место многократное трение капилляра при его вибрациях о какую-либо металлическую деталь установки.

Точно установите место повреждения капилляра с целью его замены на аналогичный, обратив внимание на характер повреждения и место разрушения, чтобы при замене не повторить ошибку, допущенную ранее во время монтажа.

Примечание: такая поломка приводит к полному перекрытию проходного сечения ТРВ, что очень быстро обусловит остановку компрессора по сигналу от предохранительного прессостата НД (см. *раздел 4 Работа ТРВ).*

* Термобаллон ТРВ установлен ниже по потоку от места врезки трубки внешнего уравнивания.

Рассмотрим схему на рис. 14.8, на которой показан ТРВ, с трубкой внешнего уравнивания, установленной неверно по отношению к термобаллону. В том случае, если уплотнение, обеспечивающее непроницаемость между приемной камерой низкого давления ***(полость А)*** и камерой дросселирования, в результате износа, обусловленного продолжительным трением о направляющие штока иглы ТРВ, потеряет герметичность, появляется опасность частичного проникновения жидкости в полость А. Из этой полости незначительное количество жидкости по уравнительной трубке может попасть на выход испарителя и привести к аномальному охлаждению термобаллона, вызывая тем самым неоправданное закрытие ТРВ. **Если утечка существует, разница в температурах между точками В и С может быть легко обнаружена простым прикосновением к этим двум трубопроводам.**

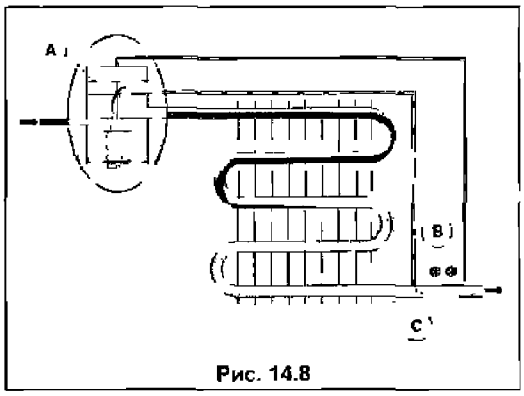


Рис. 14.8

Чтобы избежать этой проблемы, следует считать предпочтительным крепление термобаллона выше по потоку от места врезки уравнительной трубки на расстоянии не менее 10 см друг от друга (см. *также раздел 49. Проблемы термобаллона ТРВ).*

* Управляющий тракт и термобаллон заполнены не тем хладагентом. который используется в установке.

Вспомним, что давление, развиваемое в термобаллоне, является единственной силой, которая используется для открытия ТРВ. Когда температура термобаллона повышается, давление внутри него также растет и это повышение давления вызывает открытие ТРВ (см. *раздел 4. Работа ТРВ).*

Позиция 1. Этот ТРВ предназначен для питания испарителя с прямым циклом расширения в небольшом кондиционере и работает на R22. Температура испарения составляет 4°С, а перегрев поддерживается на уровне 7°С. Поэтому когда температура в термобаллоне превысит 11°С, что для управляющего тракта, содержащего R22, эквивалентно давлению 6 бар, ТРВ начинает открываться. То есть давление открытия ТРВ составляет 6 бар.

Следовательно, чтобы ТРВ начал открываться, давление в термобаллоне должно достичь 6 бар. Если давление в термобаллоне ниже 6 бар, ТРВ будет закрыт.

Позиция 2. Представим себе, что в результате ошибки при монтаже или ремонте на ТРВ установили термостатический элемент с термобаллоном, заполненным R12*\ Когда температура термобаллона будет равна 11°С, давление в нем составит только 3,4 бара и, следовательно, ТРВ будет полностью закрыт. *[1] Прим.ред. Некоторые конструкции ТРВ имеют сменный термостатический элемент, который состоит из мембранного узла, капилляра и термобаллона

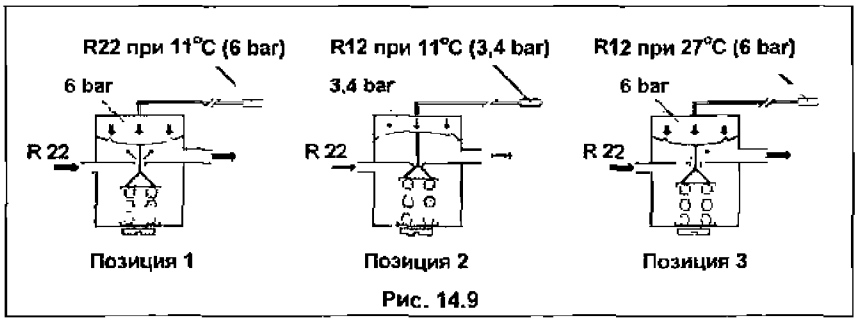


Рис. 14.9

На рисунке 14.9 представлены различные варианты работы ТРВ.

14. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ

Позиция 3. Для того, чтобы ТРВ начал открываться, нужно, чтобы давление в термобаллоне поднялось до 6 бар Для R12 это означает, что температура термобаллона должна повыситься до 27°C !

При этом перегрев становится огромным и испаритель будет содержать, так мало жидкости, как если бы производительность ТРВ была недостаточной !

***Как* выявить эту аномалию ?** Сначала нужно удостовериться, что неисправность не вызвана другой причиной. После этого нужно обязательно определить, с одной стороны какой хладагент используется в установке, и с другой стороны каким хладагентом заполнен термобаллон и управляющий тракт ТРВ...

Тип хладагента, заполняющего управляющий тракт ТРВ, всегда указан на верхней крышке мембранного узла, иногда в виде цветного кода (обычно желтый цвет означает R12, зеленый - R22 и фиолетовый - R502).

Однако распространение новых хладагентов может несколько осложнить ситуацию, потому что некоторые из них (особенно переходные смеси типа HCFC, которые не требуют замены ТРВ) могут работать без проблем с использованием ТРВ, не предназначенных для работы совместно с этими хладагентами, (см. раздел 56. Проблемы, возникшие с появлением новых хладагентов).

Если наименование хладагента не указано на установке ,и вы сомневаетесь, к какому типу он относится (хорошим способом определения вида хладагента является соотношение между давлением и температурой), никогда не стесняйтесь справиться у клиента, который располагает необходимой документацией на установку и, как правило, очень хорошо знает ее историю.

* Механическое заклинивание штока ТРВ и его заедание при открытии.

Эта неисправность может иметь чисто механическую причину и тогда следует просто заменить ТРВ. Однако она может быть вызвана также загрязнениями холодильного контура присутствием влаги, грязи или посторонних частиц, которые налипают на подвижные части (в некоторых крайних случаях внутренние поверхности ТРВ могут становиться клейкими и прилипать к пальцам). *В случае загрязненного контура ремонтник не должен удовлетвориться очисткой ТРВ и заменой влагоотделителя.* Он должен подумать ***о нежелательных последствиях такого загрязнения*** (в особенности для компрессора) и ***провести проверку масла на содержание в нем кислоты.***

В том случае, если результаты проверки будут положительными, он должен предпринять все необходимые меры для полной очистки системы, иначе компрессор (герметичный или полугерметичный) имеет серьезные шансы для того, чтобы быстро сгореть.

* Закупорка фильтра на входе в ТРВ.

Как и предшествующая неисправность, эта аномалия (к счастью, довольно редкая) означает, что холодильный контур крайне загрязнен, а фильтр влагоотделителя неэффективен. ***Следует предпринять те же меры, что и в предыдущем случае.***

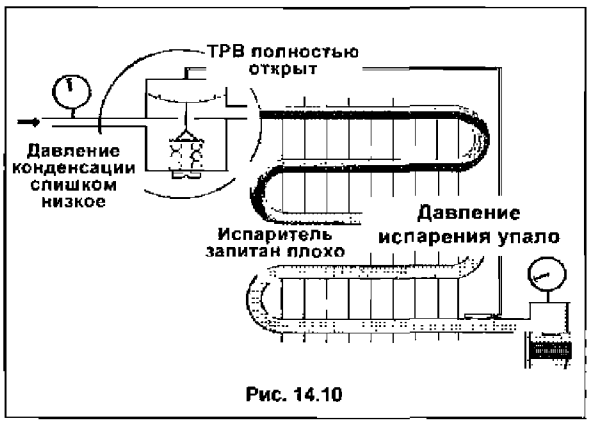


Рис. 14.10

* Аномальное падение давления конденсации.

Мы видели, что производительность ТРВ в значительной степени определяется давлением в магистрали на входе в ТРВ (см. *раздел 8.1. Производительность ТРВ).*

Когда наружная температура падает, падает также и давление конденсации и тогда система регулировки конденсатора с воздушным охлаждением должна поддерживать значение давление конденсации в разумных пределах (см. *раздел 32. Почему нужно регулировать конденсаторы с воздушным охлаждением).*

Какими бы ни были причины отсутствия такого регулирования (неисправность системы регулировки давления конденсации, плохая настройка...), если давление жидкости на входе в ТРВ падает, количество жидкости, которое способен пропустить ТРВ в испаритель также уменьшается, даже если дроссельное отверстие полностью открыто *Как следствие, количество паров, производимых испарителем, сильно уменьшается, вызывая падение давления испарения, что сопровождается всеми признаками низкой производительности ТРВ (см. рис. 14.10)..*

Следовательно, главное - это при любой наружной температуре постоянно поддерживать на входе в ТРВ высокое давление, способное обеспечить на выходе из него нормальную подпитку испарителя жидким хладагентом.

Однако некоторые неопытные ремонтники, столкнувшись с проблемой падения давления конденсации, имеют тенденцию слишком легко пользоваться регулировочным винтом ТРВ, вращают его кстати и некстати, *что неизбежно приводит к разрегулированию установки.* В связи с этим нам представляется полезным еще раз напомнить, что ТРВ не предназначен для регулировки давления испарения, что настройка ТРВ является трудоемкой и сложной операцией (чтобы сбить настройку иногда достаточно повернуть винт на 1/8 оборота), и что для прямого воспроизведения перегрева **достаточно зажать термобаллон в ладони,** вместо того, чтобы бестолково крутить винт настройки ТРВ (см. *рис. 14.11).*

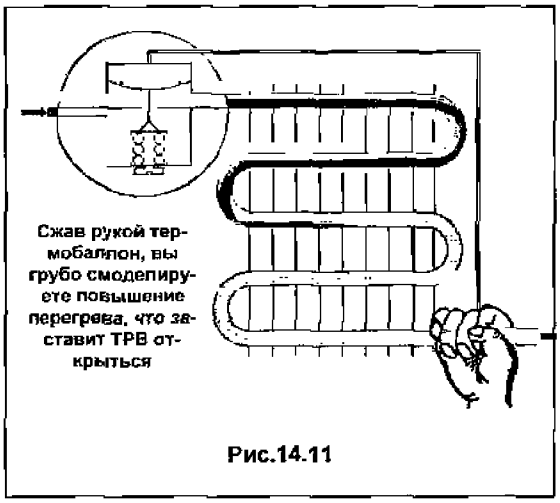


Рис.14.11

Малое отверстие диафрагмы распределителя

Некоторые модели испарителей, главным образом предназначенные к использованию в холодильном торговом оборудовании, изначально снабжены жидкостным распределителем с взаимозаменяемой сменной диафрагмой, которую можно извлечь из питателя после его демонтажа, удалив стопорное кольцо (см. рис.14.12.). Номер отверстия выгравирован на корпусе диафрагмы, чтобы с уверенностью идентифицировать ее (чем больше номер диафрагмы, тем больше диаметр ее отверстия). Такая конструкция сменной диафрагмы позволяет в зависимости от требуемой температуры испарения (охлаждение или заморозка) и типа используемого хладагента (R12, R22, R502...) подобрать производительность испарителя и питателя в соответствии с условиями работы установки. Метод регулировки заключается в том, что для более низких потребных значений температуры испарения устанавливают диафрагму с большим диаметром отверстия. Кроме того, для одинаковых условий работы, установка на R12 требует диафрагму с более значительным диаметром, чем установка на R22. Как правило, такие испарители имеют диафрагму для R12, установленную на заводе- изготовителе, по зачастую они снабжаются также запасной диафрагмой для R22, вложенной в мешочек внутри упаковки испарителя и входящей в комплект поставки. Ее можно использовать при необходимости заправки контура хладагентом R22, причем в конструкторской документации указаны номера отверстий, пригодных для данной модели испарителя, используемого хладагента и требуемой температуры испарения **Если распределитель оборудован диафрагмой с малым отверстием, расход жидкости будет пониженным, даже в случае полного открытия ТРВ, и установка будет иметь все признаки, присущие низкой производительности ТРВ**

Корпус ТРВ более холодный, чем термобаллон.

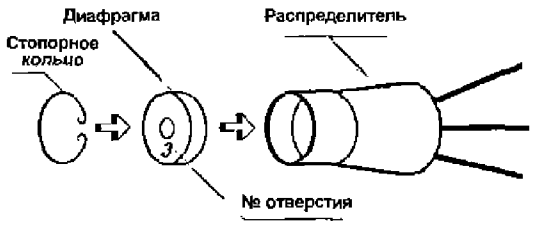


Рис. 14.12

Эта проблема может возникнуть в том случае, если в термобаллоне и управляющем тракте мало жидкости (см. *раздел 47. Проблемы управляющего тракта ТРВ).*

* Термобаллон ТРВ неправильно установлен.

Этой проблеме полностью посвящен раздел 49. Проблемы термобаллона ТРВ.

* Установка снабжена регулятором давления в картере (пусковым регулятором), но ТРВ находится под действием ограничителя максимального рабочего давления (МОР), иначе называемого защитой мотора от перегрузки (см.рис.14.13)

Проблемы совместной работы регулятора производительности и ограничителя МОР детально рассматриваются в разделе 48. Регуляторы давления в картере (регуляторы запуска).

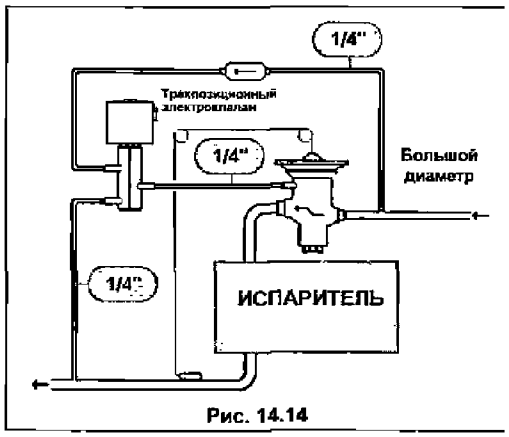


Рис. 14.14

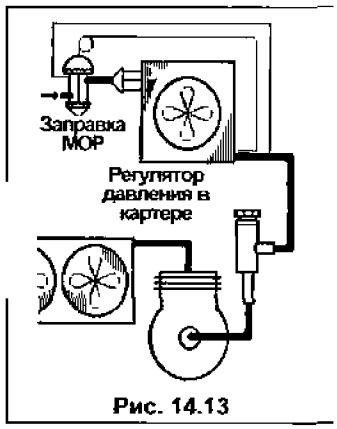
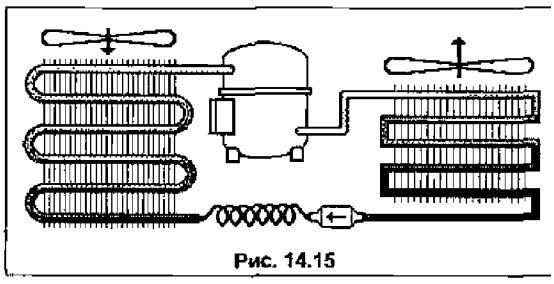


Рис. 14.13

* Небольшой трехпозиционный электроклапан управляет большим ТРВ

Схема монтажа этого довольно специфичного варианта представлена на рис. 14.4.
Этот вариант встречается, когда жидкостная магистраль имеет очень большой диаметр, то есть когда холодопроизводительность установки сравнительно высокая (порядка многих десятков киловатт). Такая схема анализируется в разделе, посвященном детальному изучению термостатических расширительных вентилей (см. раздел 46. Термостатические расширительные вентили).


Рис. 14.15

Особенности небольших систем

Особенности расширительных устройств, используемых в малых холодильных установках (домашние холодильники, бытовые индивидуальные кондиционеры, небольшие тепловые насосы) рассматриваются в разделе 50. Прессостатические расширительные вентили и 51. Капиллярные расширительные устройства, (см. рис. 14.15).

15. ПОИСК УТЕЧЕК ХЛАДАГЕНТА

Чем детально изучать неисправности, обусловленные тем, *что в контуре не хватает хладагента,* которые очень часто вызваны наличием утечек, представляется небесполезным напомнить основные моменты, касающиеся технологии поиска утечек, а также проблемы, связанные с процедурой заправки контуров хладагентами.

A) Поиск утечек в эксплуатирующихся установках

Напомним, что хладагент, циркулируя внутри контура, постоянно вовлекает в такую же циркуляцию молекулы масла, находящегося в компрессоре. Таким образом, при наличии утечек, когда смесь хладагента и масла появляется на наружной поверхности отдельных деталей установки, хладагент испаряется и смешивается с воздухом, а частицы масла остаются на месте в жидком состоянии. Следовательно, очень часто место утечки может быть легко обнаружено по следам масла на трубопроводах или на тех деталях установки, которые расположены точно под местом утечки (в условиях, когда установка содержится в безупречной чистоте, что, впрочем, всегда должно иметь место). Обычно утечка возникает в местах соединений, как резьбовых, в результате неправильной затяжки, так и паяных, вследствие некачественной пайки (повышенная температура при пайке, приводящая к появлению пор в паяном соединении, или чрезмерное травление, со временем приводящее к растрескиванию. Ремонтник должен также обращать внимание на сильфоны прессостатов (которые могут перекручиваться, если при затяжке гаек на резьбовых соединениях не используются два ключа), заглушки (которые следует затягивать ключом, а не вручную), сальники технологических или регулирующих вентилей (которые ослабляют перед каждым использованием вентиля и вновь затягивают после этого), негерметичные предохранительные клапаны (следует иметь в виду, что их выхлопные узлы иногда подсоединяются снаружи трубопроводов), уплотнительные узлы (для негерметичных компрессоров).).

Напомним также, что не рекомендуется в качестве постоянных элементов холодильного контура использовать гибкие полимерные соединения (по типу гибких трубопроводов), так как они склонны к образованию пор и, следовательно, появлению утечек.

Поиск утечек может производиться:

• С *помощью галогенных ламп,* которые реагируют на хлор и, следовательно, предназначены для установок, содержащих хладагенты типа CFC (R11,, RI2, R502...) или HCFC (R22, R123...). Имейте в виду также испарения трихлорэтилена или жавелевой воды, которые тоже меняют окраску ламп, поскольку содержат хлор.

ВНИМАНИЕ: Галогенные лампы реагируют только на хлор и, следовательно, не применимы для поиска утечек новых хладагентов типа HFC, таких как R134a или R404A. В этих случаях нужно будет использовать специальные способы поиска утечек.

• С *помощью мыльных растворов* (методов обмыливания), что очень удобно, чтобы точно установить место утечки на подозрительном участке, или в случае, когда пламя галогенной лампы плохо видно по причине яркого света, а также, если в окружающей среде имеются пары хладагентов, поскольку при этом галогенная лампа становится бесполезной, потому что ее пламя будет в этом случае постоянно зеленым.

• С *помощью электронных детекторов утечек.* Будьте осторожны, большинство старых моделей детекторов, которые прекрасно работают с хладагентами типа CFC или HCFC (RI2, R22...), не реагируют на новые хладагенты типа HFC, такие как R134a или R404A (при использовании детекторов старых моделей внимательно ознакомьтесь с инструкцией изготовителя). • С *помощью цветных добавок в хладагент.* Этот метод не пользуется большим успехом по причине проблем, которые он влечет за собой.

▪ С *помощью флюоресцирующих добавок* в хладагент и ультрафиолетовой лампы (ультрафиолетового излучения). Этот метод позволяет обнаруживать утечки, даже очень малые, с высокой эффективностью, какой бы ни была природа используемого хладагента (CFC, HFC, HCFC) за счет применения соответствующих добавок.

В любом случае ремонтник, достойный этого звания, никогда не покидает монтажной площадки, не выполнив операции по поиску утечек, особенно в тех элементах контура, на которых он работал.

B) Поиск утечек в незаправленной установке

Достаточно известная технология заключается в том, что установка заправляется небольшим количеством хладагента типа CFC или HCFC, затем наддувается сухим азотом, после чего для обнаружения утечек используется галогенная лампа. Вместе с тем, такая технология требует учета некоторых особенностей, не говоря уже о проблемах, связанных с запретом выброса в атмосферу хлорсодержащих соединений. Прежде всего после завершения проверок контур должен быть тщательно отвакуумирован. Кроме того, на рис. 15.1 показано состояние установки, содержащей хладагент и наддутой азотом, по прошествии некоторого времени.

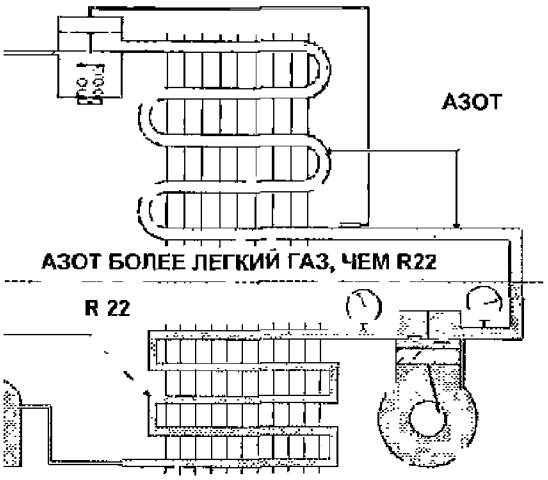


Рис. 15.1

При одной и той же температуре азот почти в 3 раза легче, чем пары R22 и в 4 раза легче, чем пары R12.
В результате, по прошествии некоторого времени два газа сепарируются. Азот, как более легкий, скапливается в верхней части установки, а пары хладагента, как более тяжелые, опускаются в нижнюю часть. **С учетом этого явления, если негерметичность имеется в верхней части установки, она не может быть обнаружена при помощи галогенной лампы.**

Поэтому использовать данный метод можно только с учетом указанного эффекта и поиск утечек с помощью галогенной лампы всегда начинать с верхних элементов установки. Итак, мы увидели недостатки технологии проверки герметичности контура с помощью смеси азота и хладагента. Теперь мы обсудим другую технологию поиска утечек, не очень широко распространенную и состоящую в том, что холодильный контур вакуумируется, после чего выдерживается некоторое время под вакуумом с контролем темпа роста давления в нем. Если вакуум в установке сохраняется, значит,, контур герметичен.

Чтобы дать заключение о надежности такой технологии, сравним, что происходит при наличии негерметичности, например, в паяном соединении для двух случаев (см. рис. 15.2.). С одной стороны (поз.1) контур, находящийся под вакуумом, в котором в случае негерметичности наблюдается подъем давления. С другой стороны (поз.2) контур, надутый азотом до давления 10 бар, в котором в случае негерметичности наблюдается падение давления.

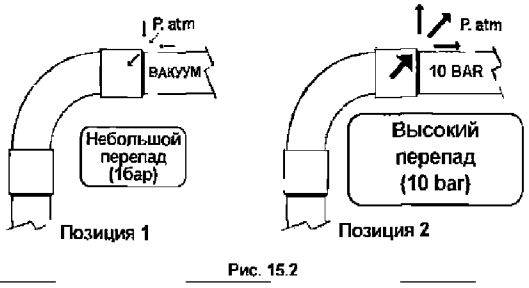


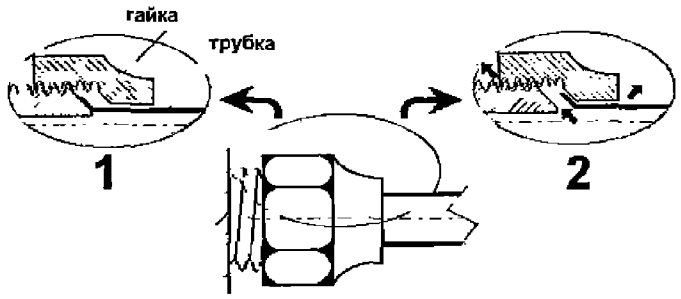
Рис. 15.2

Позиция 1. Контур находится под вакуумом. Поскольку наружное давление равно атмосферному, перепад давления на паяном соединении незначительный (меньше одного бара). Следовательно, **расход воздуха через негерметичный стык небольшой** и поступающий внутрь контура воздух обеспечивает сравнительно медленный подъем давления.

Позиция 2. Контур надут азотом до давления 10 бар. Перепад давления между контуром и окружающей средой в 10 раз больше, чем в предыдущем случае, и азот будет выходить из контура наружу.
Следовательно, **при одних и тех же размерах негерметичности**, *расход газа через негерметичный стык во втором случае будет гораздо больше, чем в первом,* и давление внутри контура будет изменяться быстрее, что позволяет гораздо легче обнаружить это с помощью манометра. Заметим также, оведей холодильщика *«Влага - враг холодильщика!»*что в первом случае вовнутрь контура поступает атмосферный воздух, содержащий влагу. Проникая в контур, он нарушает одну из основных заповедей холодильщика: Влага-враг холодильщика.

(напомним, что влага способна образовывать в соединениях с хладагентом особо разрушительные кислоты).

Наконец, чтобы покончить с обсуждением технологии поиска утечек путем вакуумирования контура, рассмотрим рис. 15.3, на котором изображено подключение развальцованной медной трубки к ниппельному наконечнику, представив себе, что гайка плохо закручена и должна, следовательно, приводить к негерметичности.



Случай 1. Контур находится под вакуумом, наружное давление прижимает развальцовку к ниппелю. Проход для воздуха ничтожный, негерметичность не обнаруживается.
Случай 2. Контур находится под давлением, которое отжимает фланец трубки от ниппеля. Утечка становится значительной и легко обнаруживается.

Рис. 15.3

Из этого примера можно сделать окончательный вывод, что вакуумирование контура должно использоваться только для удаления из него влаги и ни в коем случае не для испытания на герметичность.

Как же тогда проверить герметичность ? Наиболее надежный способ заключается в наддуве контура исключительно **сухим азотом** (как правило, до давления в 10 бар) таким образом, чтобы полностью исключить опасность конденсации (азот не конденсируется при нормальных температурах).

Внимание! Баллон с азотом подключать к контуру обязательно через редуктор во избежание серьезной аварии (давление в азотных баллонах свыше 100 бар). При значительных утечках давление в контуре быстро падает и очень часто утечки можно обнаружить по звуку «на слух» (струя азота «свистит», вытекая из контура), а также проводя ладонью по элементам контура (ощущая вытекающий азот и отмечая изменение характера шума).
При небольших утечках давление падает гораздо более медленно и негерметичность обнаруживается при нанесении на подозрительные места контура мыльного раствора («обмыливания») и наблюдении за появлением пузырьков в негерметичных точках.

Однако давление может меняться и при отсутствии утечек, если во время испытания значительно меняется температура.

Действительно, если, например температура окружающей среды повышается, температура азота также повышается, и он расширяется. Это расширение (объем, занимаемый азотом в установке, не меняется) вызывает, естественно, повышение давления в контуре. И наоборот, снижение температуры окружающей среды вызывает снижение давления, обусловленное сжатием азота. Изменение давления, вызванное изменением температуры, подчиняется закону Шарля:

$$\frac{P1}{T1} = \frac{P2}{T2}$$

Где давление и температура должны быть выражены в абсолютных величинах.

После нескольких часов выдержки установки под давлением (например, в течение ночи для установки значительных размеров), *если изменения давления не выходят за пределы, обусловленные законом Шарля, можно с уверенностью сделать вывод об отсутствии утечек.*

15.1. УПРАЖНЕНИЕ

Вечером в июле ремонтник наддул установку азотом, чтобы проверить герметичность. Температура окружающей среды составляла 27°C, а давление по показаниям манометров 10,8 бар. На следующий день утром он увидел, что манометры показывают 10,2 бар, но температура упала до 17°C. Какой вывод вы сделаете?

Решение:

Поскольку температура понизилась, то падение давления следует считать нормальным явлением. Единственный вопрос состоит в том, можно ли падение давления объяснить только законом Шарля, или существуют и утечки.

Вечером давление P1, показываемое манометром (следовательно, избыточное давление), составляло 10,8 бар, то есть 10,8 +1 **=11,8 бар абсолютных** при температуре T1 равной 27°C или 27+273=300 K абсолютных (в градусах Кельвина).

На следующий день утром абсолютная температура T2 понизилась до значения **T2=17+273=290K.** В соответствии с законом Шарля, абсолютное давление P2 в контуре должно быть равным:

P2=P1xT2/T1, то есть 11,8x290/300=11,4 бар, что соответствует избыточному давлению, показываемому манометрами, равному **10,4 бар.**
Поскольку давление упало до 10,2 бар вместо допустимых 10,4 бар, можно сделать вывод о наличии небольшой негерметичности контура, обусловленной, может быть пористостью паяных соединений или о том, что падение давления вызвано нежесткостью трубопроводов.

Во всяком случае нужно подумать о регулярных проверках герметичности данной установки

16. ПРОБЛЕМА ЗАПРАВКИ ХЛАДАГЕНТОМ

Нехватка хладагента в контуре может объясняться случайными утечками. В то же время избыточная заправка, как правило, является следствием ошибочных действий персонала, вызванных его недостаточной квалификацией Чтобы ограничить число ошибок подобного рода, нам представляется небесполезным привести здесь некоторые уточнения обычных ответов на отдельные вопросы, касающиеся непростой темы заправки контура хладагентами..

A) Для чего нужен ресивер в холодильном контуре ?

Для того, чтобы лучше понять назначение жидкостного ресивера, в качестве примера возьмем схему установки на рис. 16.1, *находящейся в рабочем состоянии.*

Температура в охлаждаемом объеме относительно высокая, и регулирующий термостат запускает компрессор. В этот момент температура воздуха на входе в испаритель составляет **25°C.**

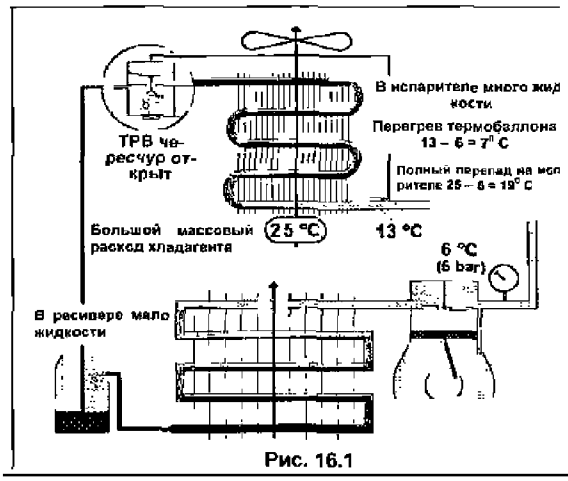


Рис. 16.1

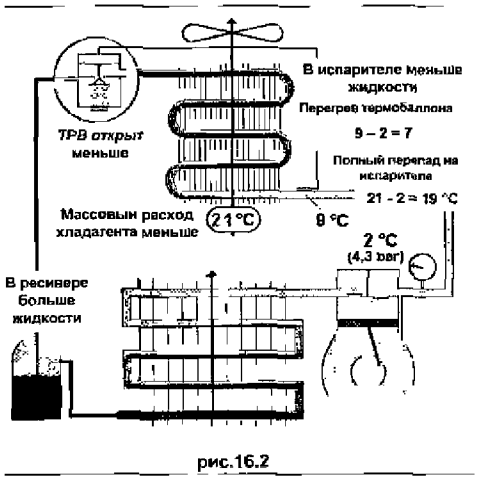


рис.16.2

Давление испарения застабилизировалось на уровне 5 бар, что для R22 соответствует температуре испарения, равной 6°C.

Сознательно пренебрегая потерями давления во всасывающей магистрали компрессора, можно считать, что полный перепад температуры в испарителе ΔΘ.исп. составляет около 25-6=19°C. Если температура, измеренная в термобаллоне ТРВ, равна, например, 13°C, это означает, что установка отрегулирована на перегрев около **7°C.** Наконец, отметим, что в момент, когда термостат запустил компрессор, воздух на входе в испаритель довольно горячий.

Следовательно, кипение хладагента в испарителе весьма интенсивное и необходимо *очень сильно открыть ТРВ,* чтобы поддерживать перегрев на уровне 7°C. Поскольку ТРВ открыт сильно, давление испарения и массовый расход хладагента высокие. Следовательно, холодопроизводительность очень хорошая и в испарителе находится много жидкого хладагента (конечно, при нормальной заправке контура хладагентом в момент, когда его много в испарителе, количество хладагента в конденсаторе и ресивере сравнительно небольшое). **Вновь возьмем ту же самую установку немного позже,** когда температура воздуха на входе в испаритель понизилась до **21°C,** и посмотрим, как изменились значения ее основных параметров (для простоты будем считать, что давление конденсации хорошо отрегулировано и существенно не изменилось).

Поскольку температура воздуха на входе в испаритель понизилась на 4°C, теперь, для того, чтобы поддерживать постоянным перегрев газа, который выходит из испарителя, необходим более длинный участок трубопровода.

Это означает, что ТРВ должен обязательно закрываться (см. раздел 7.Влияние температуры охлаждаемого воздуха.). Итак, для поддержания постоянной величины перегрева, равной **7°C,** ТРВ **обязательно должен быть закрыт больше,** чем когда температура воздуха была равна 25°C (см. рис.16.2).

Поскольку ТРВ закрыт сильнее, это означает, по сравнению с предыдущим вариантом, что давление испарения уменьшается и массовый расход хладагента становится меньше. Следовательно, холодопроизводительность падает, а в *испарителе содержится меньше жидкости, чем ранее.*

Таким образом, уменьшение количества жидкости в испарителе приводит к его увеличению в конденсаторе и в ресивере.

Заметим, что при относительно стабильном значении давления конденсации полный температурный перепад на испарителе не меняется и остается равным примерно **19°C,** а это означает, что температура испарения будет порядка **21-19=2°C** (что применительно к R22 соответствует давлению испарения 4,3 бара).
Более того, поскольку ТРВ отрегулирован таким образом, чтобы поддерживать перегрев на уровне **7°C,** а испарение происходит теперь при **2°C,** температура термобаллона ТРВ будет **порядка** 7+2=9°C.
Заметим, что при температуре в охлаждаемом объеме 21 °C не только увеличивается количество жидкости в ресивере и конденсаторе, но и падает массовый расход жидкости, циркулирующей в контуре, *поэтому внизу конденсатора скорость циркуляции жидкости заметно уменьшается.*

Поскольку количество жидкости, находящееся в контакте с наружным воздухом, увеличивается, и время контакта также возрастает, переохлаждение будет улучшаться.
Однако в установке, снабжаемой ТРВ, чем больше падает температура воздуха на входе в испаритель, тем больше перекрывается ТРВ, снижая массовый расход и уменьшая холодопроизводительность.
Одновременно в испарителе остается все меньше и меньше жидкости, а в ресивере уровень жидкости повышается.

Одно из назначений ресивера заключается в том, чтобы в точности компенсировать колебания массового расхода жидкости, обусловленные реакцией ТРВ на изменения тепловой нагрузки.

B) Если емкость жидкостного ресивера слишком мала ?

Представим себе, что емкость жидкостного ресивера очень мала, а установку заправляли в то время, **когда температура в охлаждаемом объеме была относительно высокой.**
По мере того, как температура в охлаждаемом объеме будет падать, ТРВ начнет закрываться, чтобы поддерживать заданный перегрев. Уровень жидкости в ресивере начнет подниматься, а поскольку емкость ресивера небольшая, он быстро наполнится.

С этого момента уровень жидкости внутри конденсатора начнет подниматься, приводя **к снижению поверхности теплообмена** ***и, следовательно, к повышению давления конденсации, сопровождаясь признаками чрезмерной заправки контура (см. раздел 36. Регулировка вентилем высокого давления. Анализ неисправностей.).***
Отметим, что при малой емкости жидкостного ресивера и заправке установки хладагентом при низкой температуре окружающей среды, мы будем наблюдать признаки нехватки хладагента в контуре, когда температура окружающей среды начнет повышаться.
В заключение укажем, что недостаточная емкость жидкостного ресивера никогда не позволит обеспечить удовлетворительную заправку установки.

C) Как определить размеры жидкостного ресивера ?

С точки зрения чисто функциональной нет никаких технических противопоказаний к тому, чтобы снабдить установку жидкостным ресивером с емкостью большей, чем нужно. Однако увеличение размеров ресивера приводит к увеличению размеров установки в целом и повышает ее стоимость. Более того, чем больше размеры ресивера, тем больше он будет содержать хладагента, *намного*

превышая действительно потребное его количество, в то время, как стоимость хладагентов в настоящее время довольно высокая и есть опасения, что она будет увеличиваться все больше и больше.
Кроме того, в период, когда проблемы охраны окружающей среды, вызванные выбросами в атмосферу хлорфторуглеродов (CFC), заставили принять международные соглашения по запрету некоторых хладагентов (R11, R12 ...) и снижению количества используемых в установках хладагентов, не кажется *ни справедливым, ни реалистичным* применение жидкостных ресиверов переразмеренного объема.
Выбираемый многими конструкторами компромисс между маленьким и очень большим ресиверами заключается в том, чтобы объем ресивера мог вместить все количество хладагента, заправляемое в установку с целью максимального упрощения обычных операций по техническому обслуживанию. Это позволяет ремонтнику, закрыв выходной вентиль на жидкостном ресивере, отвакуумировать с помощью компрессора жидкостную и всасывающую магистрали, а также испаритель, как бы собирая всю жидкость в конденсаторе и жидкостном ресивере.
Если компрессор снабжен технологическими вентилями, после этого никаких проблем не будет с обслуживанием любого элемента контура (за исключением конденсатора и ресивера), причем во время этого обслуживания потери хладагента будут минимальными (только в газовой фазе, оставшейся в жидкостной и всасывающей магистралях).

D) Может ли давление конденсации подняться во время вакуумирования ?

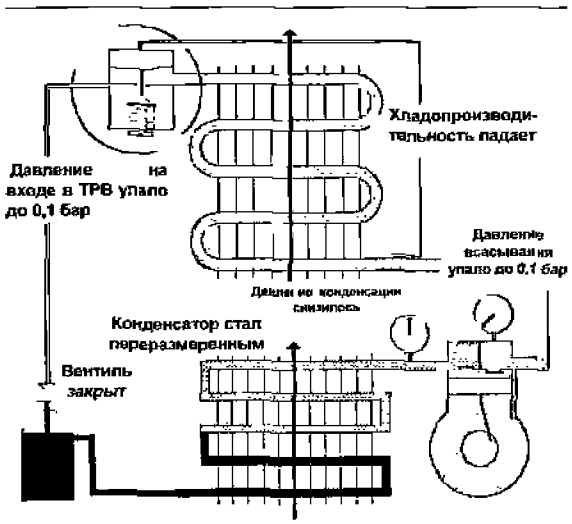


Рис.16.3

При закрытом выходном вентиле жидкостного ресивера и вакуумировании жидкостной и всасывающей магистралей с помощью компрессора (до давления, например, равного 0,1 бар) давление на входе в ТРВ постоянно падает, пока не достигнет значения, равного 0,1 бар.
Это падение давления на входе в ТРВ приведет к резкому снижению холодопроизводительности (см. раздел 8.1 Производительность ТРВ), так же как и к значительному падению тепловыделения в конденсаторе, который в этом случае быстро становится переразмеренным; следовательно, **давление конденсации, напротив, будет иметь тенденцию к снижению во время вакуумирования** (см. рис. 16.3).

Поскольку конденсатор во время вакуумирования с помощью компрессора при закрытом выходном вентиле жидкостного ресивера является как бы переразмеренным, давление конденсации абсолютно не должно подниматься. В противном случае это указывает либо на недостаточную емкость жидкостного ресивера, либо на плохое прохождение жидкости из конденсатора в жидкостной ресивер, либо, что бывает наиболее часто, на избыток хладагента в установке.

Заметим также, что отдельные конструкторы предпочитают вместо установки жидкостного ресивера использовать переразмеренный конденсатор с воздушным охлаждением (см. рис. 16.4)

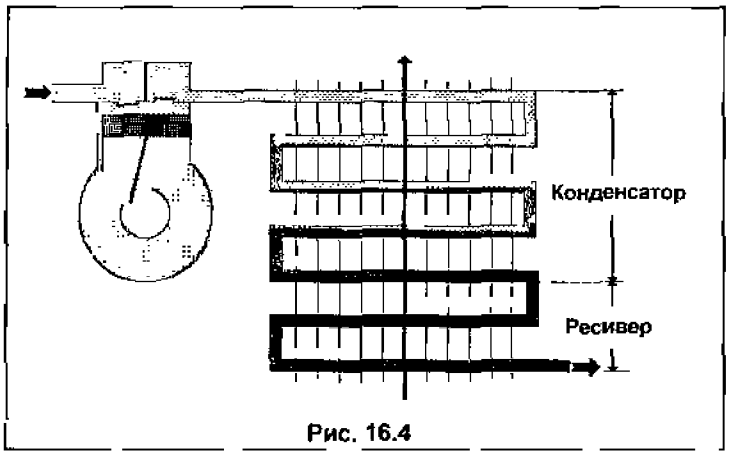


Рис. 16.4

В этом случае нижняя часть конденсатора выполняет функции жидкостного ресивера.
В процессе функционирования нижние трубки такого конденсатора оказываются постоянно залитыми жидкостью и обдуваемыми холодным наружным воздухом, что позволяет обеспечить оптимальное охлаждение жидкости. *Такая конструкция дает возможность достичь гораздо более лучшего переохлаждения хладагента по сравнению с классическим вариантом жидкостного ресивера и тем самым заметно повысить общий КПД установки.*

E) Как узнать достаточно ли хладагента заправлено в установку ?

Анализ симптомов, вызванных с одной стороны недостатком хладагента в установке и, с другой стороны, чрезмерной заправкой (эти две неисправности рассматриваются в следующих разделах) позволяет, в сочетании с пояснениями, которые мы сейчас дадим, довольно точно ответить на этот непростой вопрос.
Напомним, что заправка может считаться нормальной только тогда, когда испаритель заполнен жидкостью в достаточной степени, то есть *перегрев находится в нормальных пределах* (для испарителя с прямым циклом расширения это, как правило, составляет от 4 до 7°C), что предполагает правильную настройку ТРВ и, следовательно, поддержание давления конденсации на должном уровне, поскольку от этого зависит производительность ТРВ.
Более того, мы видим, что благодаря колебаниям уровня жидкости в ресивере *температура воздуха на входе в испаритель не должна быть ни слишком высокой, ни слишком низкой по* отношению к нормальному эксплуатационному диапазону, предусмотренному для функционирования данной установки.

Напомним еще раз, что лучшим индикатором, указывающим на нормальную величину заправки хладагентом, является переохлаждение. Слабое переохлаждение говорит о том, что заправка недостаточна, сильное указывает на избыток хладагента. Заправка может считаться нормальной, когда переохлаждение жидкости на выходе из конденсатора с воздушным охлаждением поддерживается в нормальных для данной установки пределах (часто между 4 и 7°C) при температуре воздуха на входе в испаритель, близкой к номинальным условиям эксплуатации.

Внимание! Переохлаждение может рассматриваться как надежный индикатор правильности заправки только в установках с термостатическим расширительным вентилем. Проблемы заправки установок с прессостатическими расширительными вентилями изучаются в разделе 50. Прессостатический расширительный вентиль, с капиллярными расширительными устройствами - в разделе 51. Капиллярные расширительные устройства.

17. НЕХВАТКА ХЛАДАГЕНТА В КОНТУРЕ 17.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

Чтобы продолжить изучение проблем, связанных с определением количества хладагента, которое нужно заправить в установку, рассмотрим теперь признаки нехватки хладагента проявляющиеся в различных частях холодильного контура.

А) Проявления нехватки хладагента в системе ТРВ/испаритель

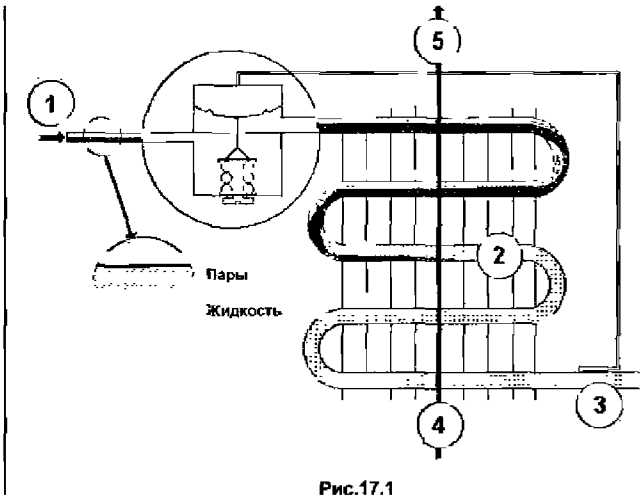


Рис.17.1

Какими бы ни были причины нехватки хладагента, это означает, что в установке его мало.

Следовательно , недостаток жидкости, например, R22, ощущается в каждом элементе контура, но особенно этот недостаток чувствуется в испарителе, конденсаторе, ресивере и жидкостной линии. При нормальной заправке жидкостная линия заполнена только переохлажденной жидкостью, но при нехватке хладагента в ней будет находиться парожидкостная смесь, поступающая на вход в ТРВ (см. ***точку 1*** на рис. 17.1).

Поскольку на входе в ТРВ жидкости не хватает, ее также не хватает на выходе, и последняя капля испаряется в испарителе слишком рано ***(точка*** 2). Как следствие, пары хладагента длительное время находятся в контакте с охлажденным воздухом, обеспечивая большую протяженность зоны перегрева. Вот почему температура термобаллона ***(точка 3)*** аномально повышена (в пределе *температура всасывающей магистрали может становиться почти равной температуре окружающей среды).*
В результате недостаточного количества жидкости испаритель слабо заполнен хладагентом и холодопроизводительность низкая. Поэтому температура воздуха в помещении, где установлен кондиционер (или в холодильной камере) повышается, что приводит к вызову ремонтника так как *«.слишком тепло».*
Из-за повышения температуры в охлаждаемом объеме растет также и температура воздуха на входе в испаритель ***(точка*** *4).*

Но низкая холодопроизводительность приводит к тому, что воздух в испарителе охлаждается плохо. Так как температура воздуха на входе в испаритель уже повысилась, температура воздушной струи на выходе из испарителя также возрастает ***(точка*** *5)*

B) Проявление нехватки хладагента в системе испаритель/компрессор

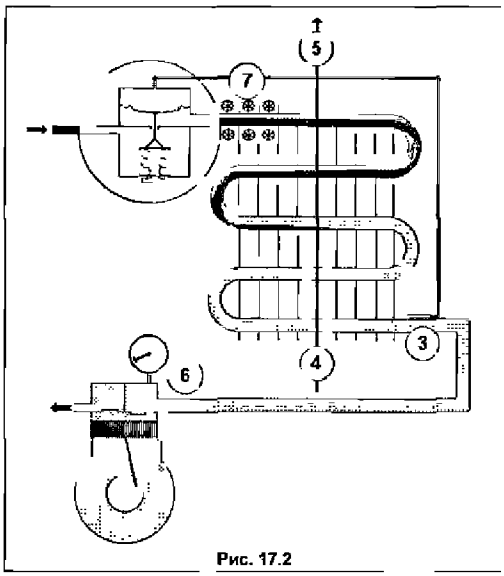


Рис. 17.2

Каждый килограмм жидкости, который проходит через испаритель, испаряется, поглощая тепло и производя определенное количество пара.

Поскольку жидкости в испарителе недостаточно, количество производимого там пара сильно падает.

Так как компрессор может потенциально отсосать гораздо больше пара, чем производит испаритель, давление испарения также аномально падает (см. ***точку 6*** на рис. 17.2).
Ввиду того, что давление испарения имеет склонность к падению и одновременно растет температура воздуха на входе в испаритель, полный температурный перепад на испарителе становится аномально высоким.
Более того, падение давления испарения обусловливает снижение температуры испарения в соответствии с соотношением между температурой и давлением насыщенных паров для данного хладагента.

При этом одновременно повышается температура термобаллона *(точка 3) и перегрев* ***обязательно будет очень значительным.***

Если речь идет о кондиционере, то в нем температура испарения, как правило, выше 0°С. Однако поскольку нехватка хладагента приводит к падению давления испарения, температура испарения получает серьезные шансы стать отрицательной.

В этом случае конденсат, осаждающийся на трубке, выходящей из ТРВ, будет иметь склонность к замерзанию, и трубка будет сильно покрываться инеем ***(точка*** 7).

C) Проявление нехватки хладагента в системе компрессор/конденсатор.

Ввиду того, что перегрев очень высокий и температура термобаллона ТРВ увеличилась, температура пара на входе в компрессор также возросла.
Но охлаждение электродвигателей герметичных и полугерметичных компрессоров осуществляется, главным образом, при помощи всасываемых паров.

Если температура этих паров высокая, мотор охлаждается плохо.
Как следствие, картер компрессора будет горячим вместо того, чтобы быть чуть теплым, на уровне вентиля всасывания ***(точка 8*** на рис. 17.3) и чрезмерно горячим в нижней части ***(точка 9),*** в зоне, где находится масло.

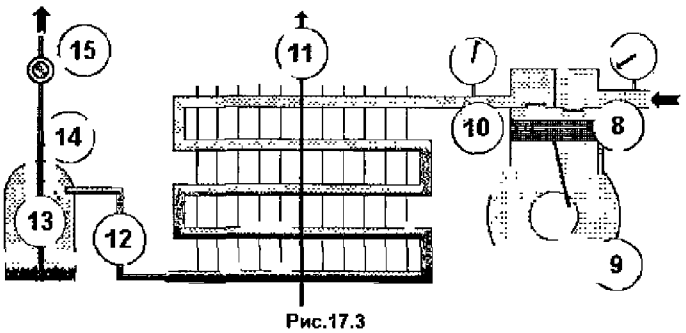


Рис.17.3

Таким образом, по причине аномально высокого перегрева по линии всасывания весь компрессор целиком может становиться аномально горячим.

Заметим, что вследствие повышения температуры паров на линии всасывания, температура пара в магистрали нагнетания будет также повышенной ***(точка 10).***

Более того, мы видели, что холодопроизводительность стала аномально низкой. Однако размеры конденсатора были выбраны первоначально исходя из номинальной холодопроизводительности установки.

Следовательно, как и при всех неисправностях, приводящих к падению давления всасывания, при нехватке хладагента конденсатор становится как бы переразмеренным.

Если используемый способ регулировки давления конденсации не предусматривает изменения расхода воздуха, перепад температуры воздуха будет меньше нормального, и температура воздуха на выходе из конденсатора также станет меньше.

В связи с тем, что конденсатор оказывается переразмеренным, давление конденсации имеет тенденцию к снижению (в соответствии с используемым способом регулирования давления конденсации).

Наконец, поскольку в контуре ощущается нехватка хладагента, точно также его будет недостаточно в зоне переохлаждения.



Рис. 17.4

Однако если в трубопроводе, при нормальных условиях полностью залитом жидкостью, начинает ощущаться ее недостаток, в нем обязательно появится насыщенный пар этой жидкости (см. рис.17.4).

Следовательно, образовавшаяся парожидкостная смесь будет выходить из конденсатора без какого бы то ни было переохлаждения (см. ***точку 12*** на рис. 17.3).

Таким образом в ресивер будет попадать очень мало жидкого R22 и ее забор с помощью заборной трубки значительно усложнится. В предельном случае, если нехватка жидкости станет очень значительной, жидкостная линия окажется опустошенной и компрессор может очень быстро отключиться по сигналу защитного реле НД.

При этом из ресивера будет выходить парожидкостная смесь (преимущественно, насыщенный пар при температуре конденсации, см. ***точку 14*** на рис.17.3).

Впрочем, прохождение такой смеси можно очень отчетливо наблюдать в смотровом стекле жидкостной линии ***(точка 15)*** либо в виде непрерывного потока газовых пузырьков, либо в виде их прохождения от случая к случаю в зависимости от величины дефицита хладагента в контуре.

Внимание: в дальнейшем мы увидим, что прохождение паровых пузырьков в смотровом окне может наблюдаться даже при нормальной заправке хладагента.

Пузырьки в смотровом окне на жидкостной магистрали появляются только потому, что в контуре установки имеется дефицит хладагента.

С другой стороны, недостаток хладагента всегда приводит к значительному снижению переохлаждения.

17.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

На рис. 17.5 приведено обобщение признаков того, что в контуре установки не хватает хладагента.

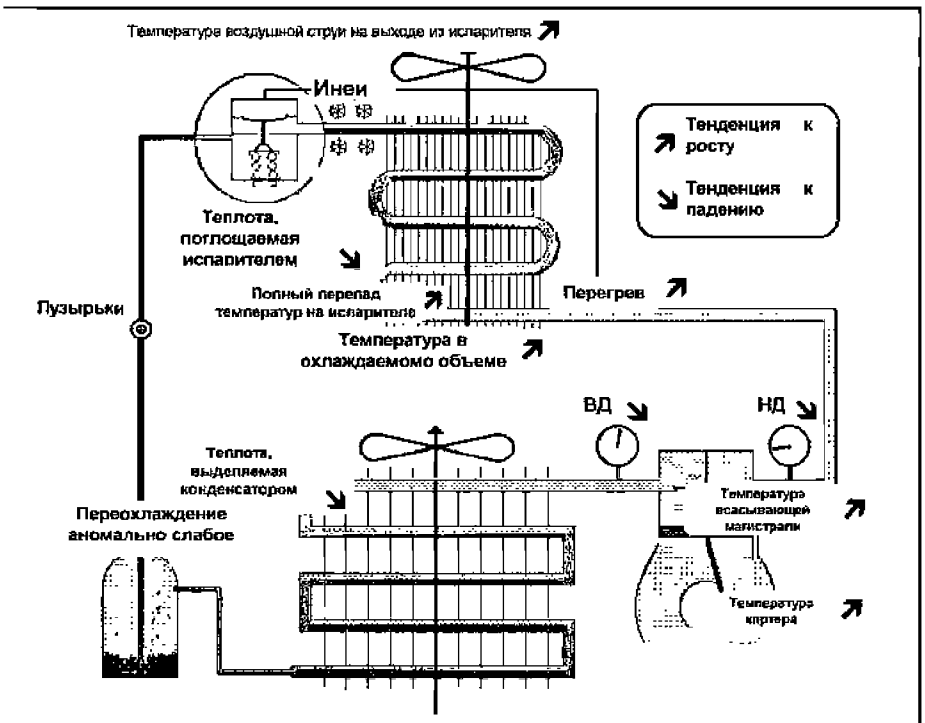


Рис.17.5

17.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

На рисунке 17.6 приведен алгоритм диагностирования неисправностей, обусловленных нехваткой хладагента.

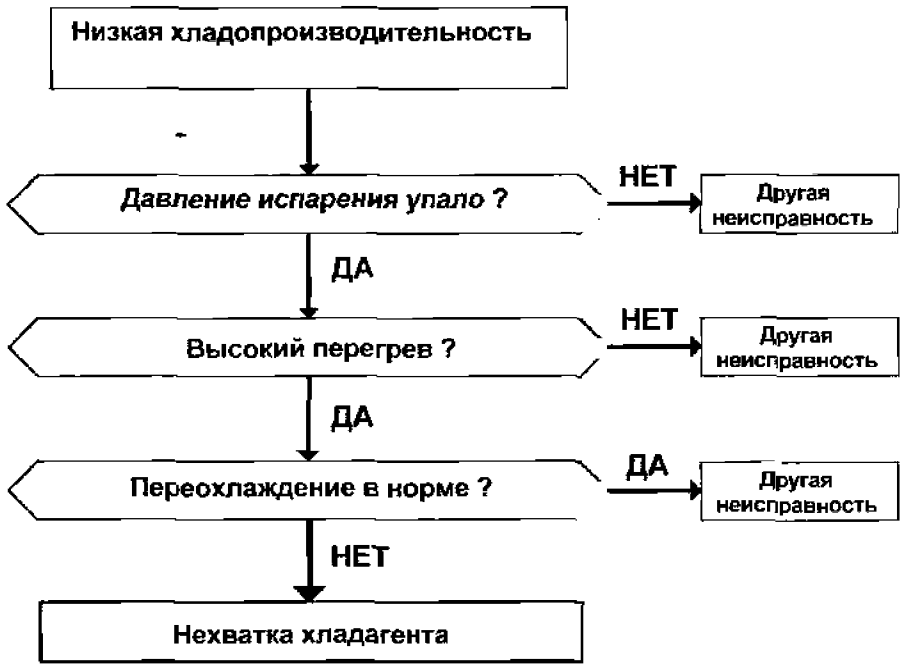


Рис.17.6

Нехватка хладагента в испарителе вызывает рост перегрева.

Нехватка хладагента в конденсаторе вызывает снижение переохлаждения.

Если перегрев и переохлаждение повышены одновременно, это обязательно означает нехватку жидкости в испарителе и в конденсаторе а следовательно и нехватку хладагента в контуре.

17.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

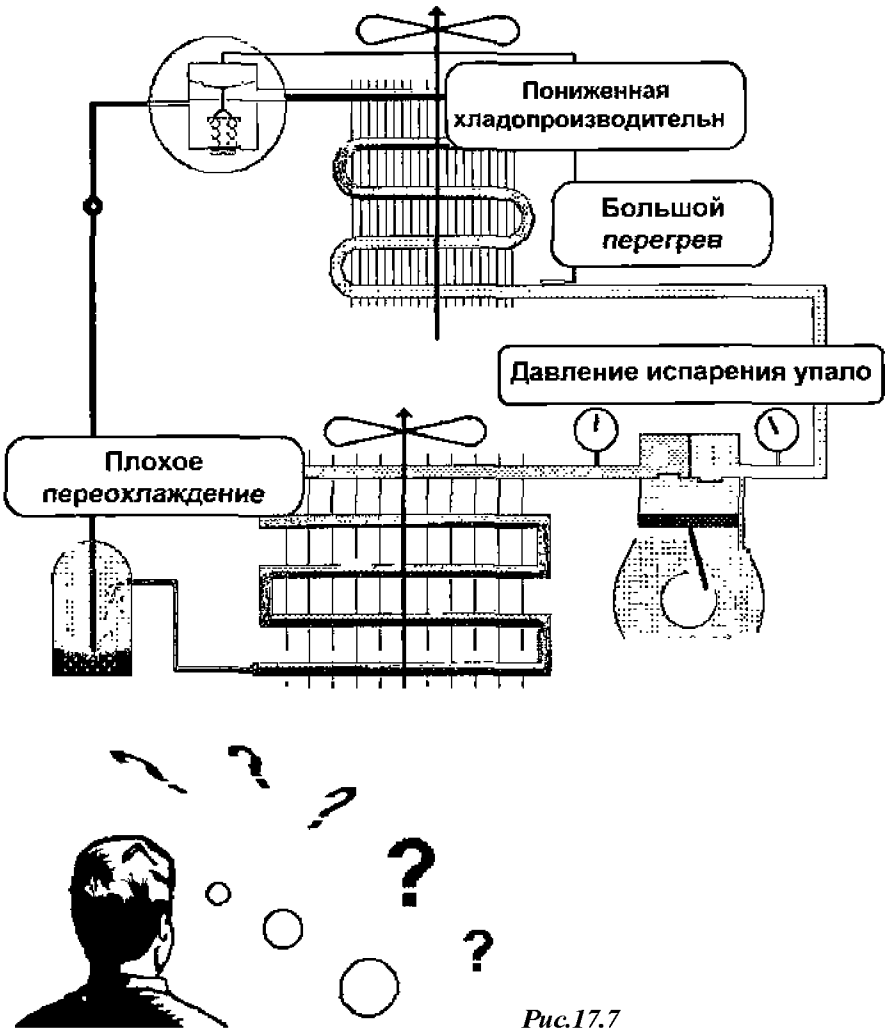


Рис.17.7

Почему компрессор **перестал охлаждаться?...** Посмотрим...

О! **Упало низкое давление...** Может быть снизился расход воздуха через испаритель?..

Но это невозможно, поскольку перегрев огромный... Может быть пропускная способность ТРВ недостаточна?... Тоже нет, поскольку практически отсутствует переохлаждение...

ТОГДА ЭТО НИ ЧТО ИНОЕ, КАК НЕХВАТКА ХЛАДАГЕНТА В КОНТУРЕ!

17.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Будучи обнаруженной, нехватка хладагента заставляет ремонтника искать причину этого, а поиск иногда может оказаться очень долгим и рутинным, после чего необходимо ликвидировать обнаруженную негерметичность и дозаправить установку хладагентом.



Рис.17.8

В любом случае добросовестный ремонтник, после того, как он дозаправил установку, должен прежде чем покинуть клиента, убедиться в отсутствии утечек хладагента. Иначе можно быть уверенным в том, что очень быстро появится новая неисправность и клиент вновь будет недоволен, *но тогда его справедливое недовольство может повредить репутации всей вашей деятельности* (см. рис.17.8).

* Поиск утечек в заправленной установке

См. раздел 15. Поиск утечек хладагента и раздел 16. Проблема заправки хладагентом.

* Особенности эксплуатации установок, оборудованных предохранительным клапаном

Напомним, что предохранительный клапан предназначен для защиты установки от опасности разрушения при резком подъеме высокого давления. Например, при пожаре и сопровождающем его значительном росте температуры (а следовательно, и давления холодильный контур, даже будучи остановленным, представляет из себя *настоящую бомбу,* которая неизвестно когда взорвется). Клапан устанавливается на магистрали высокого давления (в конденсаторе или ресивере) и настраивается таким образом, чтобы открываться, если высокое давление будет выше, чем упругость пружины Fr (см. рис.17.9).

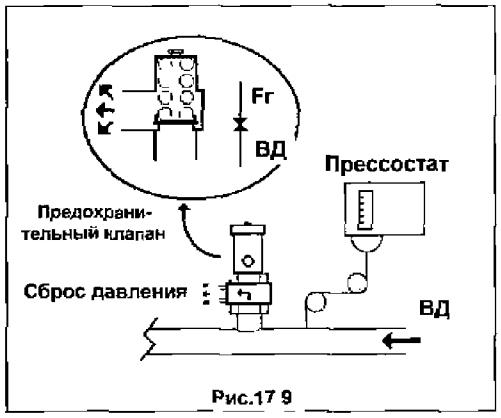


Рис.17.9

После открытия и выброса излишков газа высокое давление падает и пружина закрывает клапан. Если давление вновь поднимается, повторится тот же процесс.

Заметим, что в отдельных случаях правила безопасности эксплуатации установок предписывают отводить выхлоп предохранительного клапана с помощью специальной соединительной магистрали из помещения наружу, чтобы избежать образования высокотоксичного отравляющего газа (его называют фосгеном) при контакте хладагента с открытым пламенем. Эта предосторожность не будет лишней, если подумать о пожарных, которым придется при возгорании тушить установку. Напомним также, что **категорически не рекомендуется** менять настройку предохранительного клапана, чтобы предотвратить опасность утечки хладагента, поскольку при этом вы подвергаетесь другой, **гораздо более серьезной опасности - опасности взрыва! Возможный сценарий применения предохранительного клапана и его последствия.** Представим себе холодильную установку с конденсатором воздушного охлаждения, находящимся в загрязненном помещении. По мере осаждения грязи на конденсаторе охлаждение хладагента ухудшается, его температура растет, а вместе с ней растет и давление конденсации. По прошествии некоторого времени конденсатор загрязнится настолько, что компрессор отключается по команде прессостата ВД.

Если по какой-то причине (плохая настройка прессостата ВД, его неработоспособность, нарушение электрических цепей или капиллярной трубки прессостата) прессостат не сработает, это приведет к открытию предохранительного клапана и помешает дальнейшему росту давления.
После срабатывания предохранительного клапана давление упадет и клапан закроется. Но поскольку конденсатор остался загрязненным, этот процесс будет повторяться многократно и количество стравленного хладагента может стать очень большим. Рост давления конденсации и нехватка хладагента в контуре приведет к снижению хладопроизводительности. Температура в охлаждаемом помещении начнет расти и потребитель обратится к ремонтнику.
Прибыв на место, опытный ремонтник сразу увидит, что причина неисправности заключается в недостаточной производительности конденсатора,(эта неисправность рассматривается нами ниже), обусловленной его загрязненностью, и приступит к очистке конденсатора.

После того, как конденсатор будет очищен, давление конденсации придет к норме. Многие недостаточно опытные ремонтники этим и ограничатся, однако наш ремонтник не новичок, поэтому он продолжит полное обследование установки.
При обследовании он обнаружит, что давление испарения упало, перегрев вырос, а переохлаждение снизилось: в установке явно наблюдается нехватка хладагента.
Наш ремонтник начнет искать утечки и хотя подлинных утечек он не найдет, осматривая предохранительный клапан он обнаружит, что выхлопное отверстие клапана аномально замаслено, после чего ремонтник сделает вывод о том, что недавно через клапан произошел выброс хладагента.

Чтобы проверить свое предположение, он решает проконтролировать работу прессостата ВД и его способность отключать компрессор, и в процессе проверки выясняет, что прессостат ВД не реагирует на рост давления.
После этого ему остается только отремонтировать прессостат, а затем дозаправить установку, и проблема окончательного устранения всех неисправностей будет решена.

18. ПРОБЛЕМА ВНЕЗАПНОГО ВСКИПАНИЯ ХЛАДАГЕНТА В ЖИДКОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ

Прежде чем приступить к изучению семейства неисправностей, связанных с преждевременным дросселированием, в настоящем разделе предлагается объяснение очень малоизвестного явления внезапного вскипания хладагента в жидкостной магистрали (на английском языке это явление называют термином flash gas). Вспомним для начала, что масло, используемое в холодильных установках, очень плохо смешивается с хладагентом в паровой фазе. Поэтому выбор и прокладка трубопроводов всасывания и нагнетания должны производиться особенно тщательно, чтобы масло, которое по нагнетающей магистрали постоянно выводится из компрессора, могло без проблем возвратиться в него по всасывающей магистрали (проблемы возврата масла изучаются в разделе 37.).
Напротив, это же масло очень хорошо смешивается с жидким хладагентом и его перетекание в конденсатор и жидкостную магистраль, как правило происходит без проблем, даже если скорость смеси небольшая и трубопроводы располагаются в нижних точках установки.
Однако в установках, где конденсатор находится на значительном удалении от испарителя, при неудачной конструкции жидкостной линии даже при отсутствии опасности создания проблем с возвратом масла могут иметь место значительные потери давления в этой линии, приводящие к возникновению внезапного вскипания хладагента.

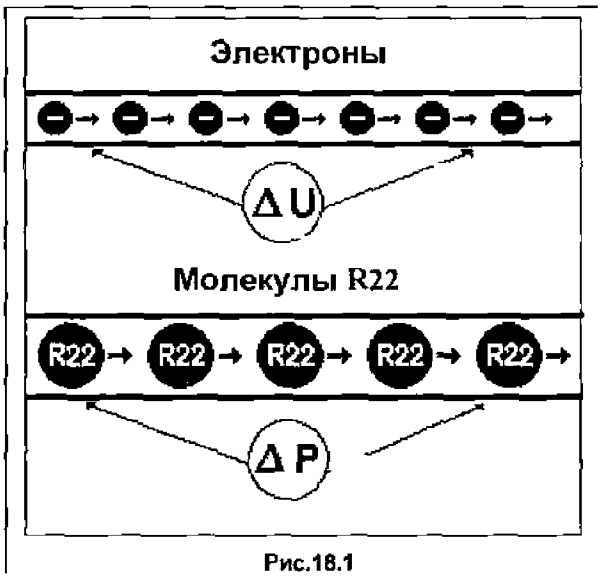


Рис.18.1

А) Проблема выбора длины и диаметра жидкостной линии

Вначале напомним, что явления, происходящие при протекании жидкого хладагента по трубопроводу подобны явлениям, сопровождающим протекание электрического тока по проводнику (см. рис.18.1). Проводник оказывает сопротивление (R) протеканию электрического тока, что приводит к возникновению разности потенциалов (падению напряжения) ΔU по длине проводника величиной, зависящей от силы тока, длины участка проводника, площади его поперечного сечения и материала проводника.

Точно так же при течении жидкого хладагента по трубопроводу возникает сопротивление этому течению, приводящее к падению давления ΔP, величина которого зависит, в том числе от типа и скорости протекающей жидкости, длины участка трубопровода, площади поперечного сечения и шероховатости стенок трубопровода.

Таким образом, существует следующая аналогия:

Электрический провод: разность потенциалов (падение напряжения) растет если растут сила тока и длина участка проводника и уменьшается площадь поперечного сечения.
Холодильный трубопровод: падение давления (перепад ΔP) растет ,если скорость жидкости и длина участка трубопровода растут, а площадь проходного сечения падает.

Поскольку потери давления ΔP в данном трубопроводе зависят от его длины и площади сечения, диаметр жидкостной линии большой длины должен выбираться особо тщательно во избежание слишком больших потерь и, как следствие, опасности внезапного вскипания жидкости.

Приведем пример, иллюстрирующий такое вскипание в неправильно подобранном жидкостном трубопроводе:

Компрессор (см. рис.18.2) нагнетает перегретые пары R22 в конденсатор, и после конденсации жидкий R22 имеет температуру 44°С. На участке конденсации при температуре 44°С давление нагнетание поддерживается на уровне 15,9 бар. Последняя молекула пара конденсируется при температуре 44°С, после чего жидкость продолжает охлаждаться при помощи воздуха, продуваемого через конденсатор, и на выходе из конденсатора температура жидкости становится равной 40°С (следовательно, переохлаждение составляет 4°С). Но таблицы состояния насыщенного пара для R22 дают нам равновесие между жидкостью и паром

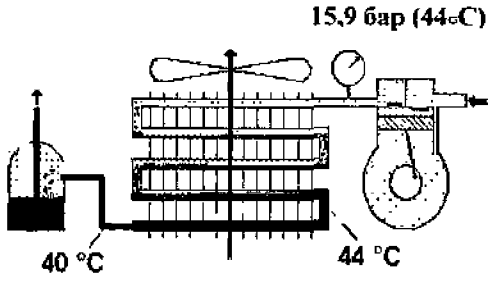


Рис. 18.2

для температуры 40°С при давлении, равном 14,3 бара (см. раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов).

Следовательно, если давление в жидкости упадет ниже предписанного для температуры в 40°С значения 14,3 бар, равновесие нарушится и жидкость начнет кипеть задолго до входа в ТРВ (это и будет эффект внезапного вскипания). В примере на рис. 18.3 площадь проходного сечения длинной жидкостной магистрали слишком мала, потери давления ΔР в магистрали большие, и вскипание происходит в том месте, где давление упало ниже 14,3 бар. Заметим, что при пере-о*хлаждении только 2 °С* (следовательно, при температуре жидкости в реси вере 42°С) вскипание произойдет как только давление упадет ниже 15,1 бар, *то есть гораздо раньше.* **Помните: опасность внезапного вскипания жидкости тем выше, чем меньше величина переохлаждения.**

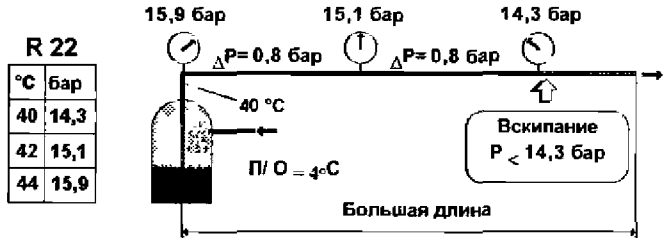


Рис. 18.3

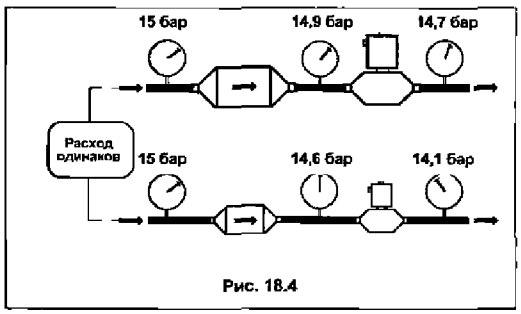


Рис. 18.4

В) Проблема потери давления на местных сопротивлениях

В трубопроводах, используемых в качестве жидкостных магистралей, потери давления зависит от длины трубопроводов, диаметра, шероховатости стенок и т.д. Но потери давления возникают и при прохождении жидкого хладагента через местные сопротивления, в качестве которых выступают различные элементы холодильного контура (фильтр-осушитель, ручные вентили и соленоидные вентили, регенеративный теплообменник и др.). Потери давления в этих элементах указаны в конструкторской и технической документации на них в зависимости от их собственных характеристик и условий эксплуатации При одном и том же расходе жидкого хладагента потери во влагоотделителе или электроклапане тем больше, чем меньше их номинальный диаметр.

Неудачный выбор элементов холодильного контура может быстро вызвать слишком высокие потери давления, приводящие к вскипанию жидкости, в той же степени, что и слишком малый диаметр трубопровода.

C) Проблема изменения уровня жидкостной линии

Напомним, что давление (P) в любой точке внутри жидкости в открытом сосуде зависит только от удельного веса этой жидкости (y) и высоты столба жидкости над этой точкой: P=yh

На рисунке 18.5 давление Pz выше давления Pi, поскольку глубина погружения точки 2 больше, чем точки 1 (ситуация, хорошо знакомая ныряльщикам и водолазам). Для столба жидкости высотой в 1 метр при комнатной температуре (y зависит от температуры) давление в нижней точке столба составляет около 1,3 бара для ртути, около 0,1 бара для воды, около 0,13 бара для жидкого R12 и около 0,12 бара для жидкого R22. **Если разность уровней между жидкостным ресивером, расположенным внизу, и испарителем, размещенным вверху, значительная, то потери давления, обусловленные высотой столба жидкости, также могут привести к внезапному вскипанию жидкости в одной из верхних точек.**



Рис.18.5

Чтобы убедиться в этом, вспомним, что столб жидкого R22 высотой 1 м создает давление около 0,12 бара и посмотрим на схему рис. 18.6. В установке на рис. 18.6 жидкостный ресивер расположен ниже испарителя и содержит R22 при давлении 15,9 бар и температуре 40°C с переохлаждением, как и в предыдущем примере, равным 4°C.

В точке A давление равно 15,9 бар, но чем выше мы поднимаемся по трубопроводу, тем больше уменьшается высота столба жидкости, расположенного над точкой A и тем сильнее падает давление в жидкости, даже в предположении, что потери давления, обусловленные движением жидкости по трубопроводу, пренебрежимо малы.

В точке B, расположенной на 6,5 м выше точки A, давление упадет на 0,12x6,5=0,8 бара и манометр покажет 15,9-0,8^15,1 бара.

В точке C, которая еще на 6,5 м выше, давление упадет еще на 0,12x6,5^0,8 бара, и манометр покажет только 15,1-0,8=14,3 бара.

Но давление, равное 14,3 бара, в точности соответствует равновесному давлению между паром и жидкостью для R22 при температуре 40 °C.
Следовательно уже чуть выше точки C произойдет внезапное вскипание жидкости, поскольку давление в жидкости станет чуть ниже 14,3 бара.

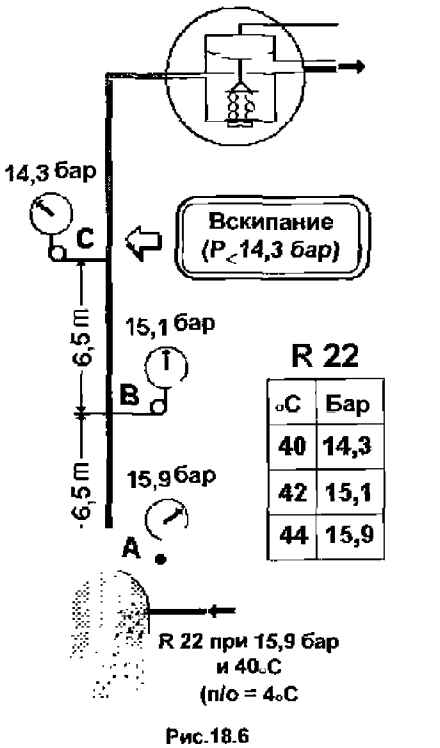


Рис.18.6

Отметим, что при переохлаждении только 2°C (следовательно, при температуре жидкости в ресивере 42 °C) вскипание произойдет чуть выше точки B, как только давление в трубопроводе опуститься ниже 15,1 бара.

Таким образом, мы еще раз можем констатировать, что опасность внезапного вскипания повышается, если величина переохлаждения уменьшается.

D) Проблемы потерь давления в жидкостной линии: обобщение

Предшествующие рассуждения позволяют нам сделать вывод о том, что потери давления в жидкостных магистралях определяются двумя различными факторами:

1). Потери давления ΔP, *обусловленные движением жидкого* хладагента в трубопроводе, которые называют *динамическими потерями давления* (динамика в смысле движения), и которые порождаются длинами трубопроводов и местными сопротивлениями элементов контура.

Обычно допускается, что эти потери могут немного превысить 0,4 бара, что эквивалентно 1°C для R22.

2). *Статические потери давления* ΔP (статика в смысле неподвижности), обусловленный высотой столба жидкости, которые существуют независимо от того, *движется жидкость в трубопроводе или стоит,* и которые зависят только от высоты столба жидкости и ее удельного веса (P=yh).

Также, как в электрической цепи, содержащей последовательно соединенные сопротивления, общее сопротивление равно сумме отдельных сопротивлений, общие потери давления в жидкостной магистрали равны сумме динамических потерь давления и статических потерь, обусловленных разностью уровня жидкости (см. упражнения на следующих страницах).

Во всех случаях, когда общие потери давления таковы, что давление жидкости в данной точке становится ниже давления насыщенного пара при температуре этой жидкости, произойдет внезапное вскипание жидкости.

Для того, чтобы обеспечить оптимальную работу установки, общей рекомендацией для всех типов установок является поддержание хорошего (по меньшей мере 4°C) переохлаждения.

В тех же случаях, когда потери давления особенно велики (большая длина жидкостной магистрали, много местных сопротивлений, значительная разница уровней жидкости в ресивере и испарителе) величина *переохлаждения становится одним из основных параметров,* обеспечивающим предотвращение внезапного вскипания жидкости.

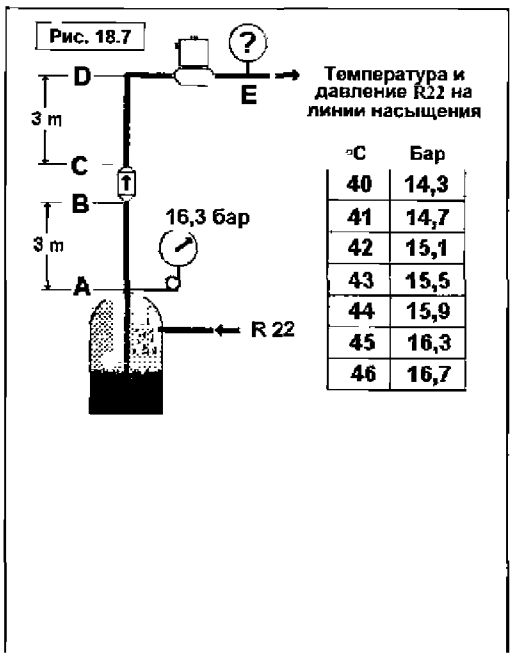
В любом случае, даже если переохлаждение достаточно большое, чтобы предотвратить внезапное вскипание, потери давления в длинной жидкостной магистрали имеют другое отрицательное следствие - *уменьшают давление на входе в ТРВ* и, следовательно, его производительность (напомним, что производительность ТРВ зависит от давления жидкости во входном патрубке ТРВ).
Если в жидкостной магистрали имеются большие потери давления, это необходимо учитывать при выборе ТРВ, в противном случае работа ТРВ будет иметь более или менее очевидные признаки такой неисправности, как недостаточная производительность ТРВ (см. раздел 14. Слишком слабый ТРВ).

18.2 Упражнения

A). Схема участка установки представлена на рис 18.7.

Используемый хладагент R22 (давление столба высотой 1 м около 0,12 бар).
Перепад давления ΔP на участке AB+CD=0,02 бар/м. Перепад AP на влагоотделителе (BC) = 0,15бар.

Перепад ΔP на электроклапане (DE)=0,21 бар. Разность уровней жидкости = 6 м.



1).Какое давление будет при работе установки на входе в ТРВ (точка E).

2). Какой должна быть минимальная величина переохлаждения жидкости, чтобы полностью исключить опасность внезапного вскипания жидкости?

B) Схема участка установки представлена на рис. 18.8

Внимание: испаритель расположен **ниже** конденсатора.

Используемый хладагент R22 (давление столба высотой 1 м около 0,12 бар).

Потери давления на участке AB+CD трубопровода ΔP=0,03 бар/м.

Потери давления на влагоотделителе ΔPвл=0,17 бар (участок BC).

Потери давления на электроклапане ΔPкл=0,33 бар (участок DE).

Разность уровней жидкости = 10 м.

1). Каким будет давление на входе в ТРВ (точка E) при работе установки?
2). Есть ли опасность внезапного вскипания жидкости на участке AE?

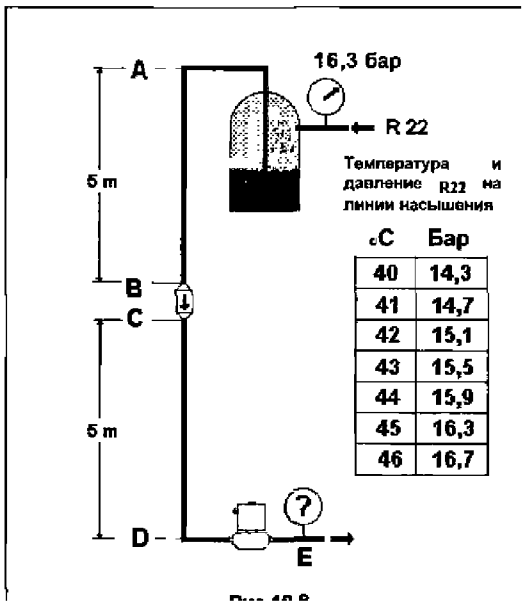


Рис.18.8

Решение упражнения А

Потери давления на участке AB=CD составляют ΔP=6xO,02=0,12 бар *(длина 6 м при перепаде 0,02 бар/м)*

Потери давления на влагоотделителе 0,15 бар *(1 влагоотделитель с ΔP=0,15 бар).* Потери давления на

электроклапане 0,21 бар *(1 электроклапан с ΔP=0,21 бар).* Статические потери давления 6x0,12=0,72 бар

(разность уровней 6 м при ΔP=0,12 бар/м). Полные потери при работе:

ΔРполн. = ΔРдв+со+ΔРвл+ΔРэк+ΔРстат. =0,12+0,15+0,21+0,72=1**,20 бар.**
1). Давление в точке А=16,3 бар *(следовательно, уровень температуры конденсации 45 °С}.* Давление в

точке Е равно давлению в точке А за вычетом полных потерь давления при работе:

РЕ= Рд-ΔРполн. =16,3-1,2-15,1 бар. Следовательно, давление на входе в ТРВ составляет 15,1 бар, что для

R22 эквивалентно температуре 42°С.

2). Уровень температуры конденсации составляет 45°С. Чтобы избежать вскипания жидкости в жидкостной магистрали, переохлаждение жидкости должно быть минимум 3°С.

Однако в целях получения запаса по переохлаждению мы рекомендуем увеличить его минимальное значение на 1...2°С, то есть иметь переохлаждение на уровне 4...5°С и, следовательно, обеспечить температуру жидкости на выходе из ресивера от 40 до 41 °С.

Решение упражнения В

В этом примере, в противоположность предшествующему, испаритель расположен ниже конденсатора и давление столба жидкости AD (то есть 10x0,12=1,2 бар) повышает давление, устанавливающееся на входе в ТРВ (точка Е).

1). Чтобы ответить на первый вопрос, рассчитаем вначале сумму динамических потерь давления (обусловленных движением жидкости).

ΔРлв+со = 10x0,03 = 0,3 бара (трубопровод длиной 10 м при потерях 0,03 бар/м).
ΔРвл.+эк. = 0,5 бар (0,17 + 0,33 = 0,5 бар). Тогда ΔРдин.полн. = 0,30 + 0,50 = 0,80 бар

Если жидкость неподвижна (следовательно, динамические потери давления Δ Рдин.полн. отсутствуют) при давлении в точке А, равном 16,3 бар, давление в точке Е будет РЕ= Рд+ДРстат. = 16,3+1,2 = 17,5 бара.

Когда жидкость придет в движение (появится ΔРдин.полн.), давление в точке Е станет равным РЕ стат. минус ΔРдин.полн., то есть 17,5-0,8=16,7 бара.

2). При работе установки давление жидкости в ресивере будет равно 16,3 бара, а на входе в ТРВ 16,7 бара, то есть выше, чем в ресивере, следовательно даже при очень небольшом переохлаждении никакой опасности внезапного вскипания жидкости в трубопроводе на участке АЕ не существует

19. ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ХЛАДАГЕНТА

19.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

В этом разделе преждевременным дросселированием хладагента мы будем называть все неисправности, способные вызывать паразитное дросселирование хладагента в жидкостной магистрали, *не доходя до ТРВ.*

Чтобы проанализировать проявления этой неисправности в холодильном контуре мы возьмем в качестве примера преждевременное дросселирование хладагента, не связанное с его внезапным вскипанием в жидкостной линии (это явление мы рассматривали в предыдущем разделе), а обусловленное частичным засорением фильтра-осушителя (что бывает более часто).

А) <u>Проявления на жидкостной магистрали</u>

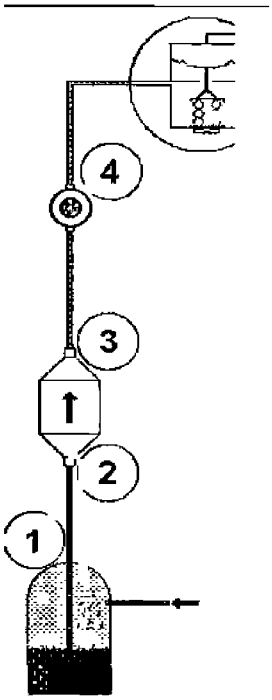


Рис.19.1

Нормально переохлажденная жидкость (см. рис. 19.1) покидает ресивер **(точка** 1) и подходит к влагоотделителю **(точка** 2).

В *связи с частичной закупоркой фильтра гидравлическое сопротивление фильтра-осушителя резко возросло (в пределе, при полной закупорке фильтра, сопротивление может оказаться столь значительным, что ни одна молекула жидкости не пройдет через фильтр).*

Это сопротивление прохождению жидкости приводит к тем большему падению давления, чем больше величина закупорки.

Падение давления, обусловленное закупоркойфильтра-осушителя, полностью сопоставимо с процессом дросселирования, происходящим при прохождении жидкости через ТРВ, откуда эта неисправность и получила название преждевременного дросселирования. Поскольку фильтр-осушитель стал выполнять функции ТРВ, температура на выходе из него резко падает **(точка 3),** и тогда между **точками 2 и 3** легко можно выявить наличие температурного перепада ΔΘ. При этом, точно также, как и на выходе из ТРВ на выходе из влагоотделителя появляется парожидкостная смесь, состоящая из жидкого хладагента и его насыщенных паров, начинается обильное кипение жидкого хладагента, хорошо наблюдаемое в смотровом стекле **(точка** 4).

ВНИМАНИЕ: Несмотря на то, что в смотровом стекле наблюдается обильное кипение, это абсолютно не значит, что в контуре имеет место нехватка хладагента.

Примечание: Если смотровое стекло расположено ниже по потоку от фильтра-осушителя, никакого кипения в нем наблюдаться не будет.

B) Проявления в системе ТРВ/испаритель

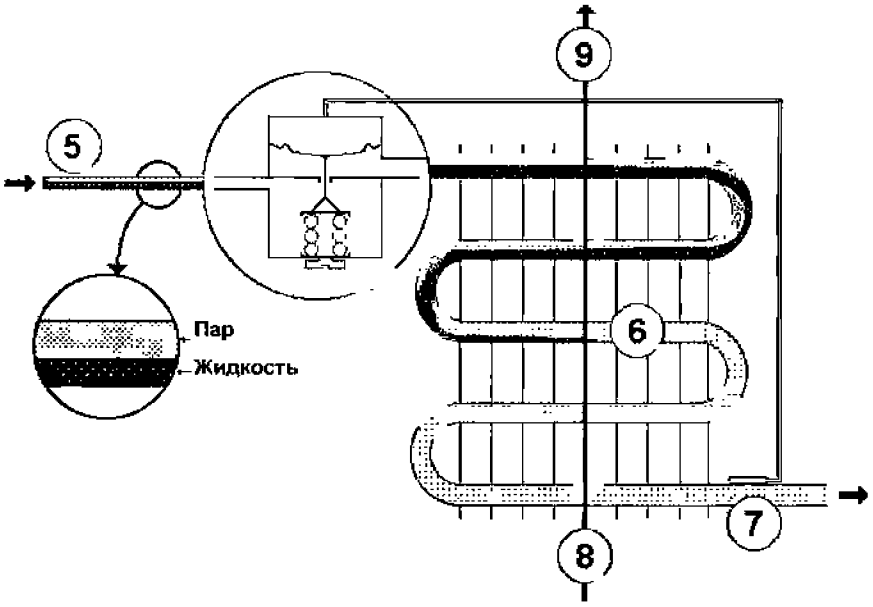


Рис. 19.2

Поскольку при преждевременном дросселировании, вызванном частичной закупоркой фильтра-осушителя, на выходе из последнего мы вместо чистой жидкости получаем парожидкостную смесь, *эта смесь поступает на вход в ТРВ* (см. **точку 5** на рис. 19.2).

В связи с нехваткой жидкости на входе в ТРВ, ее не хватает и на выходе из него, в результате чего заполнение испарителя неудовлетворительное и последняя капля жидкости испаряется в нем слишком рано **(точка** 6).

Как следствие, образовавшиеся пары остаются в испарителе в течение более длительного периода времени, а размеры зоны, занятой парами и предназначенной для обеспечения перегрева паров, существенно возрастают.

Поэтому температура термобаллона **(точка** 7) становится аномально *высокой (в пределе температура во всасывающей магистрали может почти сравняться с температурой окружающей среды)*.

Плохое заполнение испарителя жидким хладагентом приводит также к падению холодопроизводительности. В результате температура в охлаждаемом помещении растет и клиент обращается к ремонтнику, так как *«стало слишком жарко»*.

Одновременно рост температуры охлаждаемом объеме приводит к повышению температуры воздуха на входе в испаритель **(точка** 8).

Поскольку воздух на входе в испаритель стал слишком теплым, а холодопроизводительность упала, температура воздушной струи на выходе из испарителя будет также высокой и перепад температур воздуха $\Delta\Theta$ упадет.

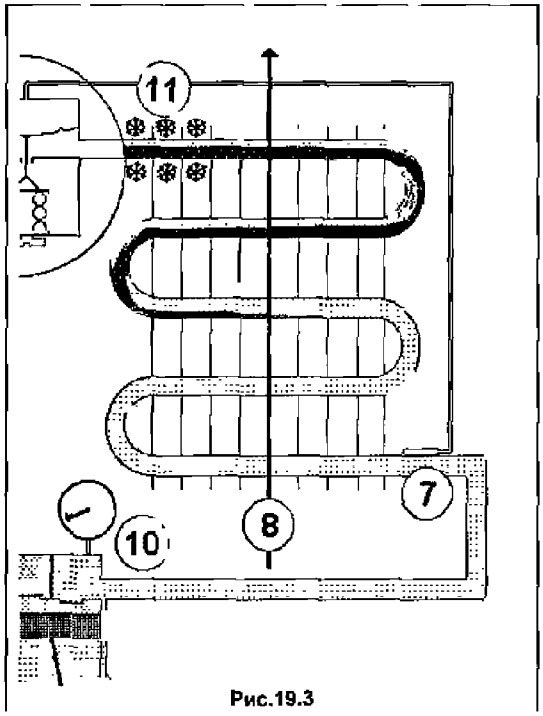


Рис.19.3

C) Проявления в системе испаритель/компрессор

Каждый килограмм жидкости, который проходит через испаритель, испаряясь поглощает тепло и образует определенное количество пара.

Поскольку заполнение испарителя недостаточное, произведенное в нем количество пара небольшое.

В то же время компрессор рассчитан на всасывание гораздо большего количества пара, чем производит испаритель.

В результате давление на входе в компрессор сильно падает (см. **точку 10** на рис. 19.3).

Ввиду того, что НД имеет склонность к падению и одновременно с этим растет температура воздуха на входе в испаритель **(точка** 8), *полный перепад температур на испарителе Авпопн. становится аномально высоким.*

Кроме того, из-за падения давления испарения падает и температура испарения, следуя соотношению между температурой и давлением насыщенного пара для данного хладагента.

Исходя из того, что температура термобаллона **(точка** 7) одновременно с этим повышается, перегрев (разность между температурой термобаллона и температурой испарения) *обязательно будет очень высоким.*

Заметим, что при высоком перегреве *ТРВ открывается по максимуму.* Если при этом количество жидкости, которое проходит через ТРВ остается явно недостаточным, *единственной* причиной может быть только закупорка влагоотделителя, препятствующего прохождению жидкости.

Внимание! Попытка вручную (с помощью регулировочного винта) открыть ТРВ, абсолютно бесполезна и не позволит поднять давление испарения, а лишь приведет к полному нарушению регулировки!

Если речь идет о кондиционере, то температура испарителя в нем при нормальной работе всегда чуть выше 0°С. Поскольку преждевременное дросселирование приводит к падению давления испарения, температура испарения вполне может стать отрицательной и в результате на трубопроводе, выходящем из ТРВ, будет осаждаться иней **(точка** 11).

D) Проявления в системе компрессор/конденсатор

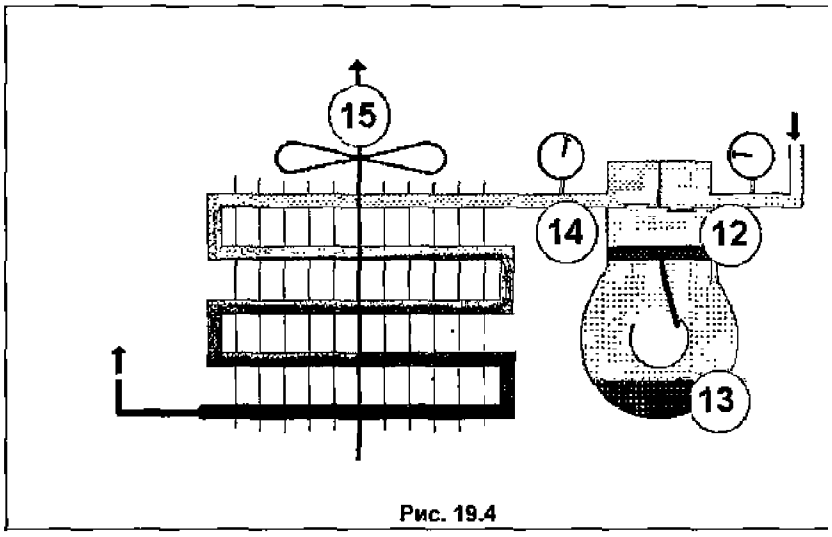


Рис. 19.4

Поскольку перегрев очень высокий и температура термобаллона возрастает, растет также и температура пара на входе в компрессор.

Так как охлаждение двигателя герметичных и полугерметичных компрессоров осуществляется с помощью всасываемых паров, температура которых выросла, неизбежно ухудшается охлаждение двигателя.

Как следствие , корпус компрессора в зоне вентиля всасывания (см. **точку 12** на рис. 19.4) становится горячим (вместо того, чтобы быть чуть теплым), а нижняя часть картера компрессора (в зоне, где находится масло) будет чрезвычайно горячей **(точка** 13).

Таким образом, вследствие большого перегрева всасываемых паров весь компрессор будет аномально горячим.

Отметим, что из-за повышения температуры всасываемых паров температура нагнетания компрессора **(точка** 14) также вырастет.

Более того, мы видели, что поглощаемое испарителем количество тепла упало, однако размеры конденсатора определялись исходя из того количества тепла, которое он должен отдавать при номинальном режиме работы установки.

Следовательно, конденсатор с воздушным охлаждением становится переразмеренным сразу же как только упадет давление испарения.

Если используемый в установке способ регулирования давления конденсации не позволяет менять расход воздуха через конденсатор, перепад температуры воздуха в конденсаторе становится ниже номинального и на выходе из конденсатора **(точка** 15) температура воздуха упадет.

Из-за того, что расход жидкости через испаритель падает, неиспользуемая часть жидкости будет оставаться в ресивере.

Поскольку одновременно конденсатор оказывается переразмеренным, этот избыток жидкости будет гораздо лучше охлаждаться, и в соответствии с соотношением между давлением и температурой давление конденсации будет снижаться в той мере, насколько это допускает принятый тип его регулирования в данной установке

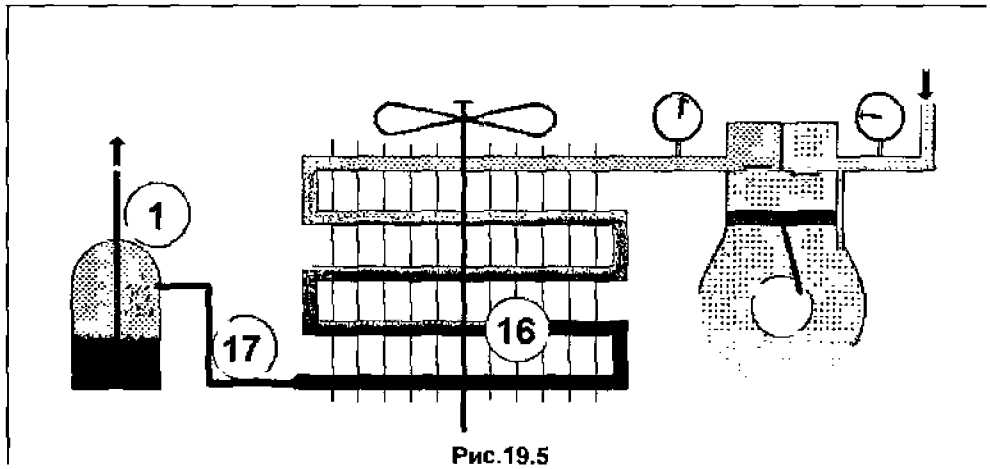


Рис.19.5

Наконец, из-за того, что конденсатор переразмерен, последняя молекула пара обязательно сконденсируется гораздо раньше (см. **точку 16 на** рис. 19.5), что приведет к увеличению размеров зоны переохлаждения конденсатора по сравнению с обычными.

В результате переохлаждение, измеренное на выходе из конденсатора **(точка** 17) или на выходе из ресивера **(точка** 1), будет вполне нормальным и даже скорее большим, чем обычно.

ВНИМАНИЕ! НЕ ПУТАЙТЕ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ ДРОССЕЛИРОВАНИЕ С НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ТРВ. (НЕИСПРАВНОСТЬ, СВЯЗАННАЯ С НИЗКОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ТРВ, РАССМАТРИВАЕТСЯ В РАЗДЕЛЕ 14. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ТРВ.).

Важное напоминание: не смешивайте переохлаждение и температуру жидкостной магистрали.

Жидкостная линия с температурой 45°С может иметь превосходное переохлаждение 7°С, если температура конденсации равна 52°С, в то же время жидкостная линия с температурой 35°С считается плохо переохлажденной (2°С), если температура конденсации 37°С.

19.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

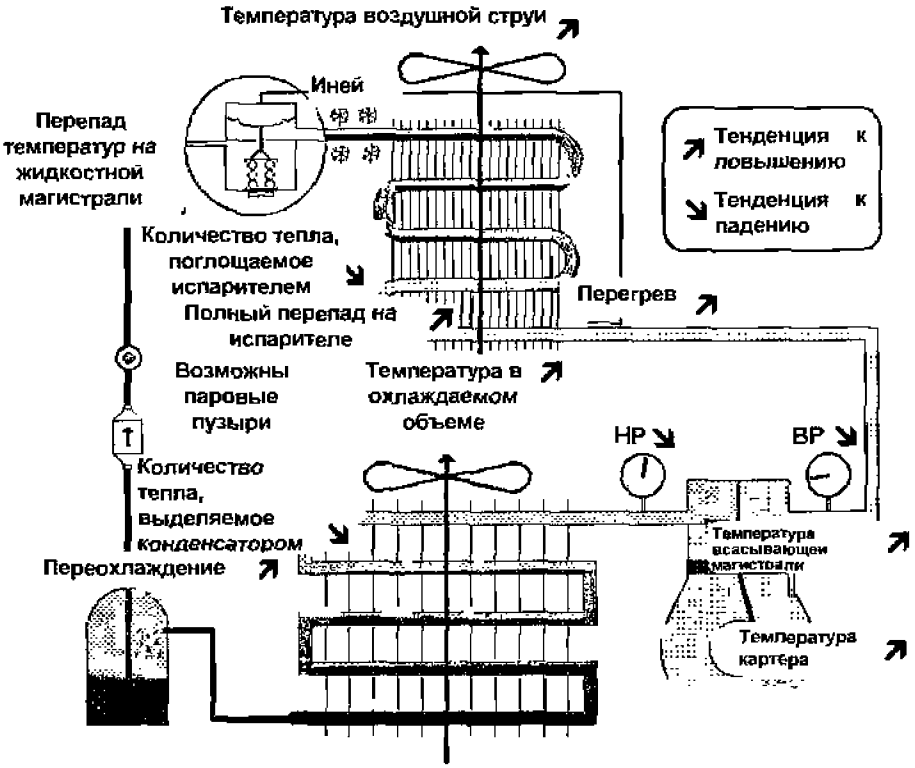


Рис.19.6

19.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

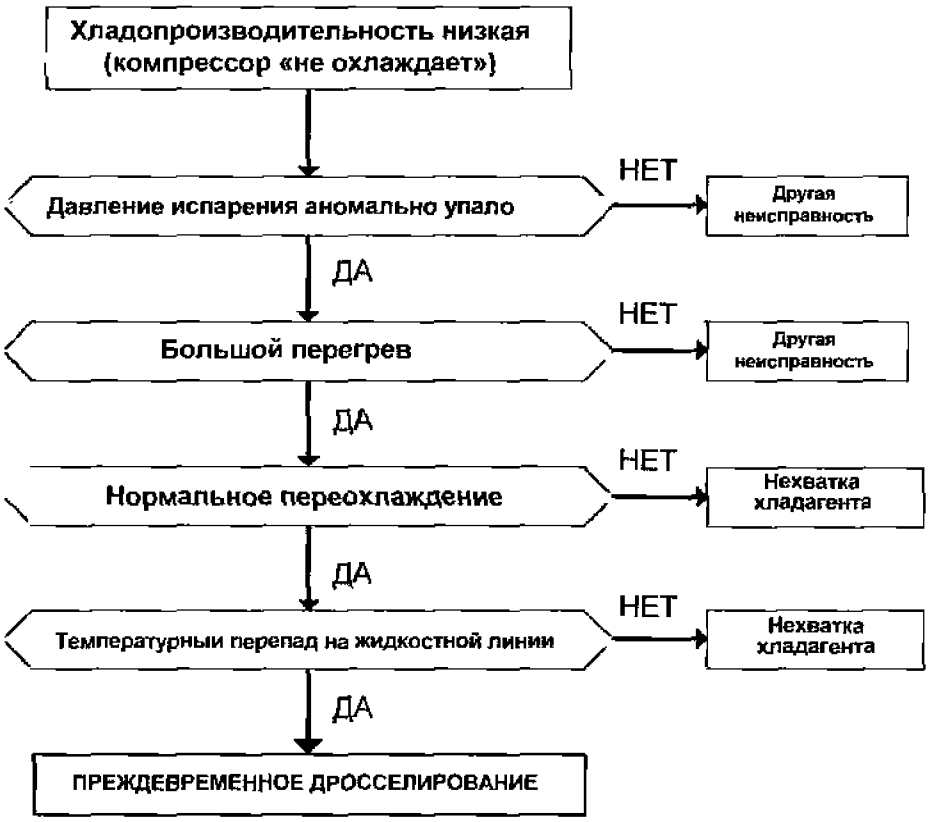


Рис.19.7

Если перегрев высокий, это обязательно означает нехватку жидкости в испарителе.

Если переохлаждение в норме, значит жидкость в конденсаторе есть.

Если в конденсаторе есть жидкость, почему она не поступает в испаритель?

Либо поступлению жидкости препятствует ТРВ, либо на жидкостной линии имеется какая-то закупорка.

Однако если на жидкостной линии есть закупорка, обязательно должен быть и перепад температур.

19.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

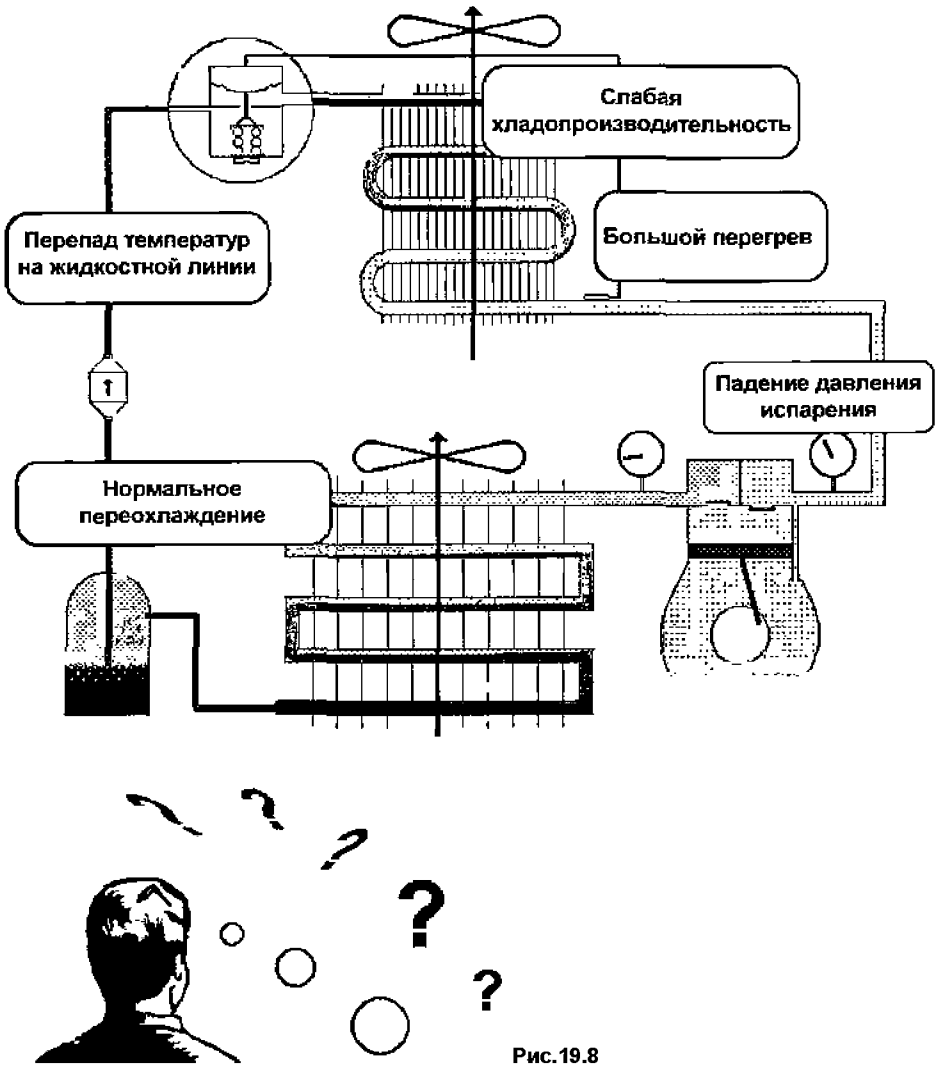


Рис.19.8

Почему **компрессор не охлаждает?** Посмотрим показания манометра... О! **Давление испарения упало.** Что могло произойти? Низкий расход воздуха через испаритель? Нет, **перегрев огромный...** Нехватка хладагента? Невозможно, ведь **переохлаждение в норме.** Может быть **слишком слабый ТРВ?** Посмотрим жидкостную линию... Э, да на ней **аномальный перепад температур.** Тогда это ни что иное, как **ПРЕЖДЕВРЕМЕННОЕ ДРОССЕЛИРОВАНИЕ!**

19.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ДРОССЕЛИРОВАНИЯ

Преждевременное (паразитное) дросселирование хладагента в жидкостной магистрали может быть вызвано большим количеством дефектов, дающих одни и те же симптомы. *Среди этих дефектов укажем на наиболее часто встречающиеся.*

A) Забит фильтр-осушитель

В этом случае наиболее часто речь идет о закупорке, вызванной накоплением на фильтре загрязнений (частицы влагопоглощающего материала, различные частицы, окалина, припой или остатки флюса, грязь).

Этот дефект указывает на то, что холодильный контур очень загрязнен (и, следовательно, на многочисленные оплошности, допущенные обслуживающим персоналом, особенно при монтаже или непрерывных ремонтах).

Поэтому ремонтник не должен ограничиваться только заменой влагоотделителя, но обязан также провести проверку содержания кислоты в масле компрессора.

В случае, если проверка показывает наличие кислоты, он должен принять все необходимые меры для очистки контура, при отсутствии которой компрессор (герметичный или полугерметичный) подвергается опасности очень быстро сгореть.

В любом случае будет целесообразно из соображений безопасности заменить загрязненный фильтр-осушитель моделью пусть той же пропускной способности, но дополнительно выполняющий функции антикислотного фильтра.

B) Выходной вентиль жидкостного ресивера частично закрыт

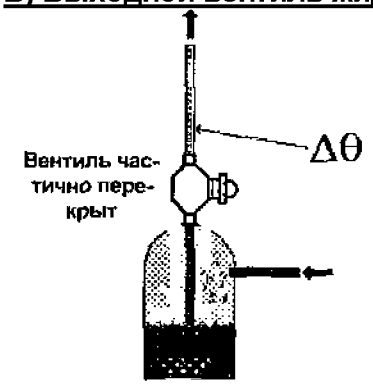


Рис.19.9

Вентиль жидкостного ресивера, расположенный на выходе из него, должен быть полностью открыт таким образом, чтобы обеспечить минимально возможное сопротивление движению жидкости (и, следовательно, минимально возможные потери давления на нем).

Дополнительно к общим признакам, изученным выше, если вентиль случайно оказался частично перекрытым (как правило, вследствие ошибочного движения или по забывчивости), между входом жидкости в ресивер и выходом из вентиля (см. рис. 19.9) наблюдается перепад температур.

Еще раз необходимо подчеркнуть, что при этом ремонтник должен не дать обмануть себя превосходным значением переохлаждения на выходе из ресивера и не должен поспешно (и ошибочно) делать вывод о низкой пропускной способности ТРВ.

C) Плохо открывается электромагнитный клапан на жидкостной магистрали

Напомним, что электромагнитный клапан, устанавливаемый на жидкостной магистрали и срабатывающий по команде автоматически, предназначен для ограничения или исключения в случае необходимости паразитного перетекания жидкости в корпус компрессора при каждой остановке холодильного агрегата, герметично перекрывая жидкостную линию (см. раздел 29. Остановка холодильных компрессоров.)

Если электромагнитный клапан открывается плохо (заедает сердечник, в результате чего он блокируется или плохо скользит;

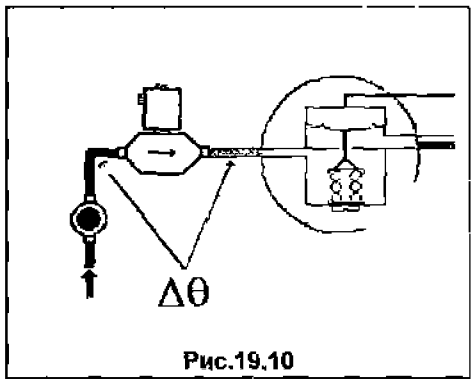


Рис.19.10

проходное сечение забито посторонними частицами; периодически нарушается электрическая цепь обмотки клапана; не полностью втягивается шток клапана), то потери давления на клапане резко возрастают (см. рис. 19.10).

В этот момент клапан начинает работать как маленький ТРВ, вызывая преждевременное дросселирование хладагента.

Принимая во внимание то, что преждевременное дросселирование всегда сопровождается заметным понижением температуры, в этот момент можно зафиксировать аномально высокий перепад температур между входом и выходом клапана.

D) Неправильно подобраны отдельные элементы холодильного контура, устанавливаемые на жидкостной линии

Различные элементы холодильного контура, устанавливаемые на жидкостной магистрали (фильтр-осушитель, ручные вентили, переохладитель, смотровое стекло, электромагнитный клапан), должны быть подобраны таким образом, чтобы потери давления на них были минимально возможными.

Дополнительные потери давления в жидкостной магистрали, вызванные ошибками при выборе этих деталей (недостаточная пропускная способность) или их некачественным монтажом (например, несоответствие направления, указанного на корпусе детали, направлению течения жидкости), могут оказаться достаточными, чтобы вызвать преждевременное дросселирование, которое легко обнаруживается появлением аномального перепада температур между входом и выходом ошибочно установленного элемента.

В этом случае необходимо обеспечить соответствие монтажа этого элемента конструкторской документации, удостовериться в его нормальной работе, а при необходимости подобрать элемент нужных размеров.

E) Слишком малый диаметр проходного сечения жидкостной магистрали

F) Испаритель расположен выше жидкостного ресивера с большим перепадом уровней

В установках, где конденсатор с воздушным охлаждением находится на значительном удалении от испарителя, слишком малый диаметр проходного сечения жидкостной магистрали (особенно если на ней установлено много дополнительных элементов) может привести к потерям давления, достаточным, чтобы вызвать явление преждевременного дросселирования

Та же самая проблема возникает, когда испаритель расположен более высоко, чем ресивер, с относительно большим перепадом уровней (эти два случая детально изучались в разделе 18. Проблема внезапного вскипания хладагента в жидкостной магистрали).

Напомним, что во всех случаях внезапного вскипания хладагента абсолютно необходимо обеспечить величину переохлаждения жидкости выше, чем потери давления в жидкостной магистрали, эквивалентные соответствующему перепаду температур, выраженному в °C.

Для решения этой проблемы нужно либо повысить переохлаждение жидкости на выходе из конденсатора, либо снизить потери давления в жидкостной магистрали.

. G) Жидкостная магистраль проходит через сильно нагретый участок

Этот вариант может иметь место в установках с конденсатором воздушного охлаждения, когда жидкостная магистраль связывает конденсатор, расположенный снаружи, с испарителем, расположенным внутри охлаждаемого помещения или холодильной камеры.

В этом случае часть жидкостной магистрали находится вне помещения и может сильно нагреваться либо в результате солнечного излучения (температура на солнце может легко превысить 50°C), либо проходя вблизи какого-нибудь источника тепла (обогреватели, технические устройства, различные источники, расположенные непосредственно под крышами домов...).

Этот подогрев жидкостной магистрали в результате контакта с окружающим воздухом может вызвать довольно значительное повышение температуры жидкости и, следовательно, снижение переохлаждения, серьезно повысив тем самым опасность преждевременного дросселирования.

В этом случае жидкостную магистраль следует теплоизолировать на всех участках установки, где в то или иное время года температура окружающей среды может становиться чересчур высокой.

20. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ИСПАРИТЕЛЬ 20.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

В настоящем разделе мы условимся под неисправностью «слишком слабый испаритель» понимать любую неисправность, приводящую к аномальному снижению холодопроизводительности по вине самого испарителя.

Чтобы проанализировать проявления этого семейства неисправностей в различных участках холодильного контура, в качестве примера мы будем рассматривать испаритель, оребрение которого сильно загрязнено.

А1 Проявления в системе ТРВ/испаритель

Каждый килограмм воздуха, проходящего через испаритель, вызывает испарение некоторого количества хладагента, передавая ему свое тепло. Поскольку ребра испарителя загрязнены, теплообмен между воздухом и хладагентом существенно снижен. Как следствие, воздух будет хуже охлаждаться и количество испарившегося хладагента сильно упадет.

Ввиду того, что охлаждение воздуха ухудшается, температура охлаждаемого помещения (или холодильной камеры) возрастет, что явится причиной обращения клиента к ремонтнику, поскольку «стало *слишком тепло*».

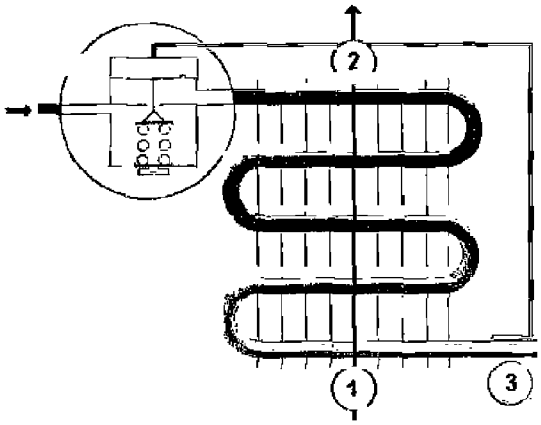


Рис.20.1
уменьшился расход воздуха через испаритель.

Поскольку температура в охлаждаемом помещении слишком выросла, выросла также и температура воздуха на входе в испаритель (см. **точку 1** на рис. 20.1).

Более того, из-за ухудшения теплообмена между воздухом и хладагентом повысилась и температура воздушной струи на выходе из испарителя **(точка** 2).

Так как количество хладагента, которое способен испарить испаритель, сильно упало , все *начнет происходить так, как если бы пропускная способность ТРВ резко возросла.*

Эта относительная переразмеренность ТРВ может вызвать пульсации давления, сопровождаемые периодическими гидроударами **(точка** 3), так же, как если бы вдруг сильно

В) Проявления в системе испаритель/компрессор

Ввиду плохого теплообмена между воздухом и хладагентом количество пара, образующегося в испарителе, уменьшается.

Так как испаритель производит меньше пара, чем способен отсосать компрессор, сильно падает давление испарения.

Если потеря холодопроизводительности испарителя достаточно велика, переразмеренность ТРВ может привести к периодическим гидроударам (точка 3 на рис. 20.2), сопровождаемым значительными пульсациями давления всасывания (точка 4 на рис. 20.2).

Заметим, что рост температуры воздуха на входе в испаритель сопровождается падением давления испарения. Как следствие, полный перепад температур на испарителе ДОполн. очень сильно возрастает.

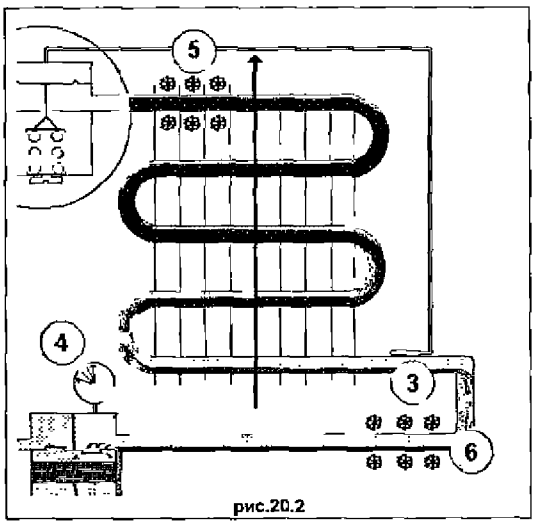


рис.20.2

В кондиционерах температура испарения всегда должна оставаться выше 0°С. Однако если испаритель слишком слабый, давление на

выходе из него падает, и температура испарения может стать отрицательной, что приведет к образованию инея на входе в испаритель (точка 5).

Но снежная шуба, оседающая на испарителе, начинает работать как теплоизоляция, ее накопление будет способствовать еще большему снижению холодопроизводительности, что приведет к дальнейшему падению давления испарения и увеличению процесса обмерзания испарителя (и так далее ...).

В результате весь испаритель может покрыться снежной шубой, а в некоторых, особо тяжелых случаях, иней может появиться и на всасывающей магистрали (точка 6 на рис. 20.2).

Основным признаком неисправностей, обусловленных слишком слабым испарителем, который сразу и без каких бы то ни было, сомнений позволяет диагностировать эту неисправность, является сильное падение давления испарения, сопровождаемое слабым перегревом.

C) Проявления в системе компрессор/конденсатор

В связи с тем, что ТРВ является переразмеренным по отношению к испарителю, периодически возможно поступление жидких частиц в компрессор. В результате температура вентиля всасывания компрессора **(точка 7** на рис. 20.3) может понижаться.

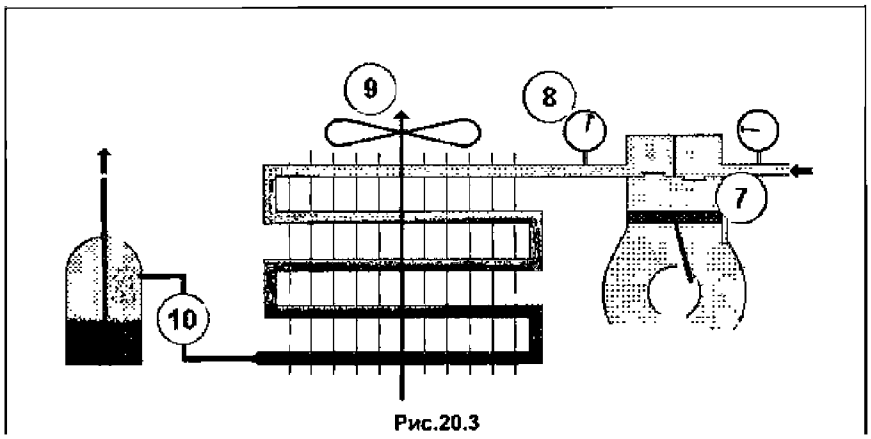


Рис.20.3

Мы видим, что холодопроизводительность стала аномально низкой. Таким образом, конденсатор также стал как бы переразмеренным, поскольку он был рассчитан на теплоотдачу, соответствующую номинальным условиям работы. *Следовательно, все симптомы будут указывать на переразмеренность конденсатора.*

В связи с этим давление конденсации **(точка** 8) будет иметь тенденцию к снижению (в соответствии с используемым типом регулировки ВД).

Заметим, что если используемый в установке способ регулирования давления конденсации не позволяет менять расход воздуха через конденсатор, перепад температур воздуха будет гораздо ниже, чем при нормальных условиях работы и температура воздуха на выходе из конденсатора **(точка** 9) также понизится.

Поскольку холодопроизводительность упала, это означает, что массовый расход хладагента также упал и, следовательно, скорость потока жидкости во всех трубопроводах уменьшилась.

Как следствие, упала скорость жидкого хладагента, который циркулирует в нижней части конденсатора, в результате чего этот хладагент в течение более длительного отрезка времени контактирует с воздухом, что благоприятствует процессу переохлаждения хладагента (вдобавок к тому, что конденсатор и так является переразмеренным).

В результате переохлаждение жидкости на выходе из конденсатора **(точка 10)** будет вполне нормальным и, по всей видимости, даже хорошим.

D) Две разновидности неисправности, обусловленной слишком слабой производительностью испарителя

Неисправность типа «слишком слабый испаритель» очень легко распознается, потому что это единственная неисправность, при которой падает давление испарения и одновременно снижается перегрев.

Тем не менее, эта неисправность подразделяется на две различных категории, которые отличаются величиной перепада температур воздуха на входе и выходе из испарителя.

a) Низкий расход воздуха через испаритель

Если дефицит холодопроизводительности вызван недостатком расхода воздуха через испаритель, скорость каждой молекулы воздуха, пересекающей испаритель, понижена.

Одновременно понижена и температура поверхности охлаждения, поскольку температура испарения хладагента (то есть давление испарения) упала. При низкой скорости прохождения воздуха через испаритель время контакта воздуха с охлаждающей поверхностью возрастает, а мы помним, что ее температура ниже нормальной.

В результате воздух охлаждается очень хорошо и его температура (Θş) на выходе из испарителя становится более низкой.

Таким образом, при недостаточном расходе воздуха через испаритель перепад температур воздуха на входе в испаритель и на выходе из него ΔΘв = Θę - Θş, становится аномально высоким (см. рис. 20.4).

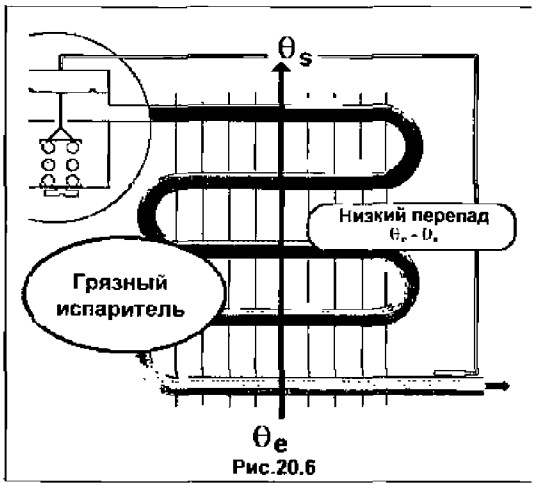


Рис.20.6

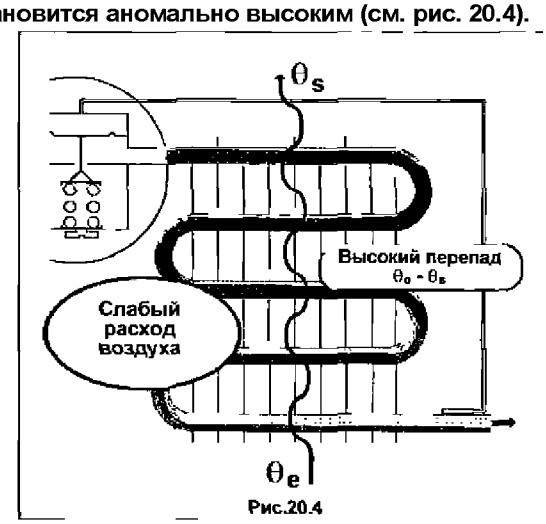


Рис.20.4

b) Загрязненный испаритель

Если испаритель загрязнен снаружи, теплообмен между воздухом и хладагентом ухудшается, так как грязь становится как бы теплоизоляцией.

В результате воздух, проходящий через испаритель, охлаждается плохо и его температура на выходе из испарителя (Θş) повышается.

Ухудшение охлаждения воздуха на выходе из испарителя приводит к тому, что перепад температур воздуха на входе в испаритель и на выходе из него ΔΘв=Θę - Θş, становится аномально низким (см.рис.20.5). Это и отличает неисправность, связанную с недостаточным расходом воздуха через испаритель, от случая, когда испаритель загрязнен снаружи.

20.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

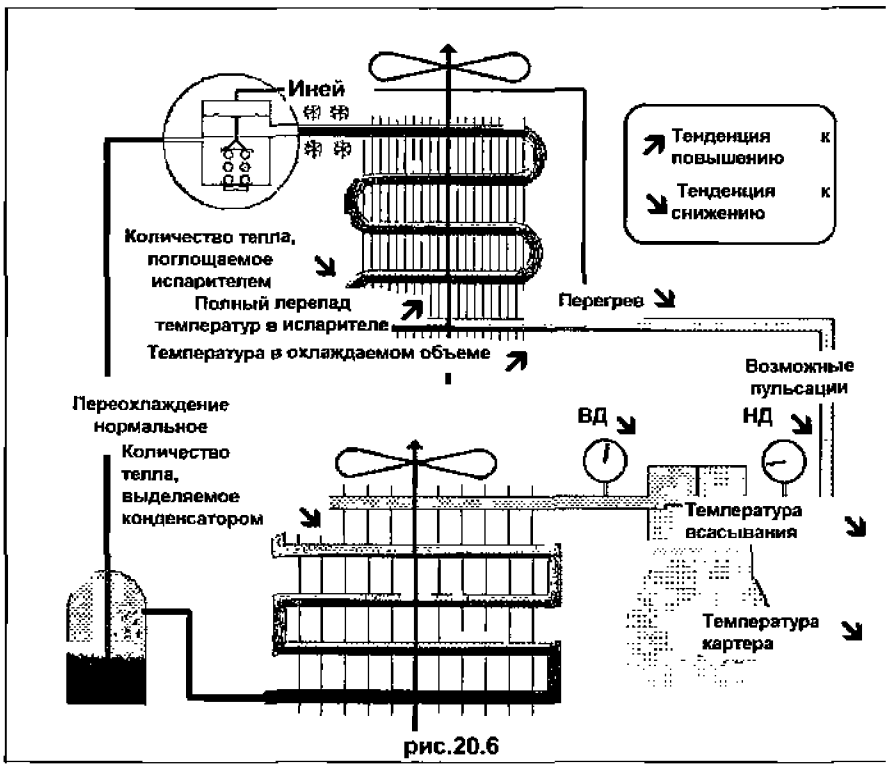


рис.20.6

20.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

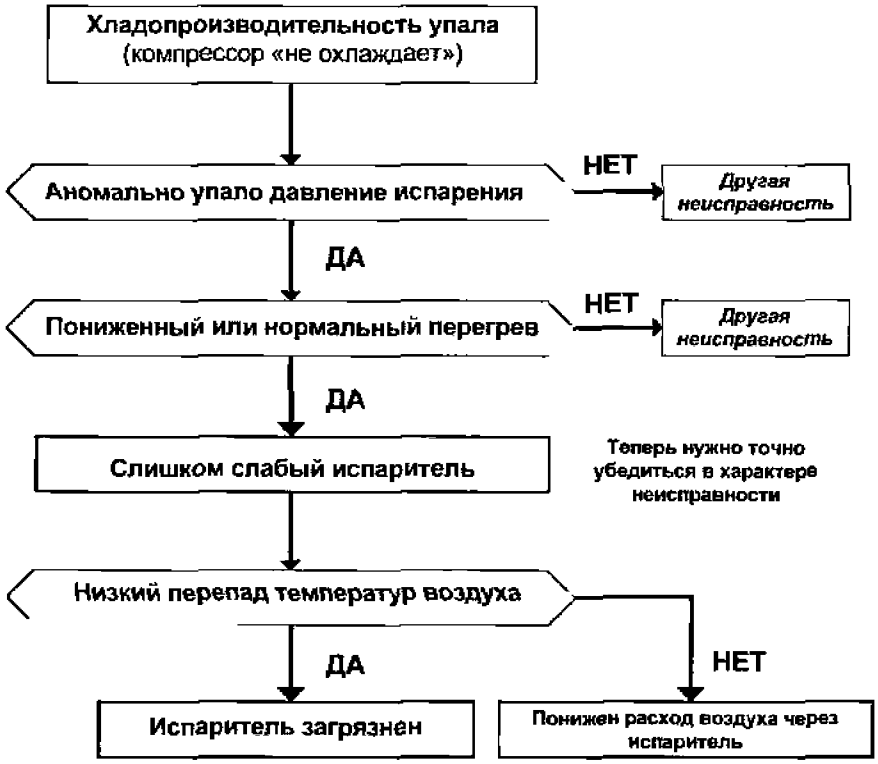
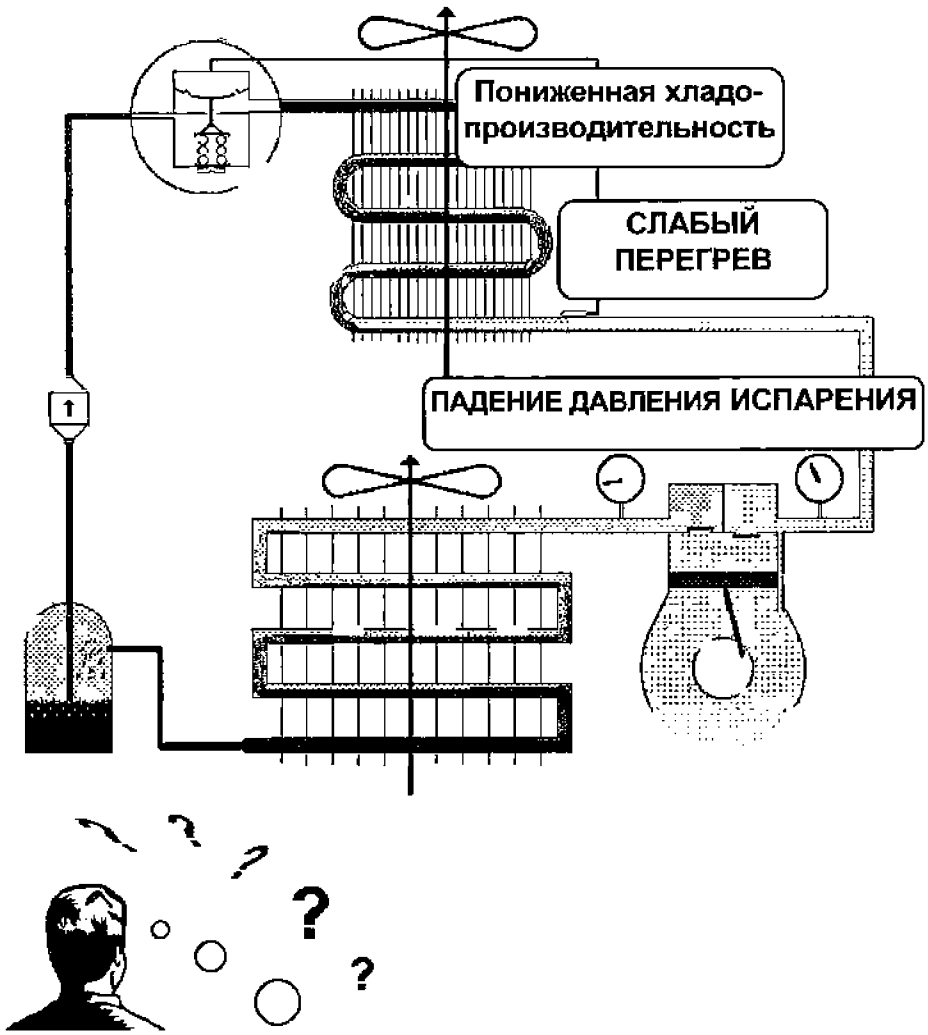


Рис. 20.7

Неисправность типа «слишком слабый испаритель» и, как следствие, аномальное падение давления испарения, наиболее легко выявляется, поскольку это единственная неисправность, при которой одновременно с аномальным падением давления испарения реализуется нормальный или слегка пониженный перегрев.

20.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ



Почему компрессор **«не охлаждает»?** Посмотрим на манометры О! **Давление испарения упало...** И **перегрев тоже...** Это ни что иное, как **слишком слабый испаритель.** Измерим перепад температур воздуха, проходящего через испаритель Если перепад низкий, значит **испаритель загрязнен.** В противном случае **расход воздуха через испаритель недостаточен.**

Рис. 20.8

20.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Напомним, что неисправность типа «слишком слабый испаритель» подразделяется на 2 категории: ***недостаточен расход воздуха через испаритель*** (большой перепад температур воздуха) ***и грязный испаритель*** (малый перепад температур воздуха).

ПРИМЕЧАНИЕ: незначительное загрязнение теплообменных ребер испарителя может очень сильно снизить его холодопроизводительность, не оказывая заметного влияния на величину расхода воздуха.

Неисправность типа «слишком слабый испаритель» охватывает очень много разнообразных дефектов, которые приводят к появлению одних и тех же признаков, различаясь главным образом по величине перепада температуры воздуха на входе в испаритель и на выходе из него. ***Отметим некоторые из этих дефектов.***

1. Загрязнены трубки и теплообменные ребра испарителя

Опасность появления этого дефекта возникает, главным образом, в установках, которые плохо обслуживаются. Типичным примером такой установки является кондиционер, в *котором отсутствует воздушный фильтр* на входе в испаритель.

При нормальной работе сконденсировавшаяся влага, содержащаяся в охлаждаемом воздухе, растекается почти равномерно по ребрам и трубкам испарителя.

Если воздушный фильтр не задерживает посторонние частицы, содержащиеся в воздухе, эти частицы могут прилипать к влажной поверхности деталей испарителя. С течением времени они образуют нечто вроде накипи, которая ведет себя как теплоизоляция и затрудняет теплообмен между хладагентом и воздухом.

Следует напомнить, что загрязнение испарителя может происходить, даже если установка оборудована воздушным фильтром, в том случае, когда воздух, проходящий через испаритель, содержит большое количество сигаретного дыма (например, в ночных кафе),

В этом случае газообразный никотин и смолы, образующиеся при сгорании сигарет, без труда проникают через воздушный фильтр, приспособленный только для улавливания твердых частиц и не задерживающий газы. Сигаретный дым, конденсируясь образует некое подобие *желтоватого ила* с *неприятным запахом*.

Этот конденсат, смешиваясь с парами воды, содержащимися в воздухе, равномерно распределяется по *наружной поверхности ребер и трубок* испарителя и нарастает слой за слоем, также образуя теплоизолирующую корку на поверхности испарителя.

Таким образом, загрязнение испарителя вызывается пылью или конденсатом сигаретного дыма, в результате чего мы будем иметь симптомы грязного испарителя и, следовательно, низкий температурный перепад в потоке воздуха.

В кондиционерах, когда поток воздуха, проходящий через испаритель, плохо профильтрован, частицы пыли могут потоком воздуха увлекаться вглубь ребер.

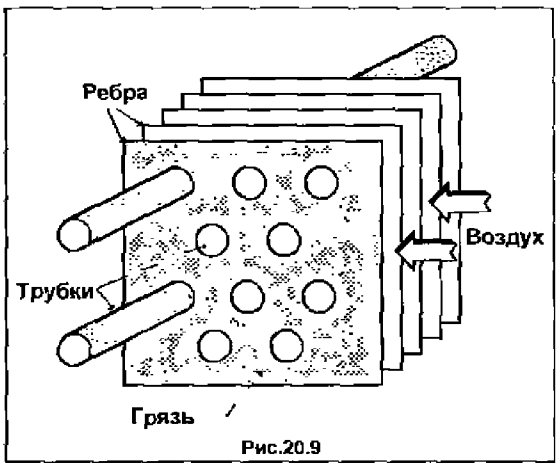


Рис.20.9

Поэтому загрязнение ребер может быть иногда более сильным внутри или на выходе из испарителя, как показано на рис. 20.9.

Следовательно, чтобы точно оценить степень чистоты испарителя, нужно осмотреть его с двух сторон (на входе и на выходе воздушной струи), освещая ребра электролампой.

При чистке испарителя иногда достаточно продуть ребра струёй сжатого воздуха или азота в направлении, противоположном движению воздуха при работе установки, но чтобы полностью справиться с грязью, часто приходится использовать специальные чистящие и моющие средства. В некоторых особо тяжелых случаях может даже возникнуть необходимость замены испарителя.

2. Грязный воздушный фильтр

В кондиционерах загрязнение воздушных фильтров, установленных на входе в испаритель, приводит к росту сопротивления воздушному потоку и, как следствие, падению расхода воздуха через испаритель, что обусловливает рост перепада температур.

Тогда ремонтник должен почистить или поменять воздушные фильтры (на фильтры аналогичного качества), не забывая при установке новых фильтров обеспечить свободный доступ к ним наружного воздуха.

Представляется полезным напомнить, что воздушные фильтры должны находиться в безупречном состоянии. Особенно на выходе, обращенном к испарителю. Нельзя допускать, чтобы фильтрующий материал был порванным или терял толщину в ходе повторяющихся промывок.

Если воздушный фильтр находится в плохом состоянии или не подходит для данного испарителя, частицы пыли будут плохо улавливаться и с течением времени вызовут загрязнение трубок и ребер испарителя.

3. Проскальзывает или поврежден переменный привод вентилятора испарителя

Если ремень (или ремни) вентилятора проскальзывает, скорость вращения вентилятора падает, что приводит к снижению расхода воздуха через испаритель и росту перепада температуры воздуха (в *пределе, если ремень порван, расход воздуха полностью отсутствует).*

Перед тем, как подтянуть ремень, ремонтник должен проверить его износ и в случае необходимости заменить.

Безусловно, ремонтник должен также проверить выравнивание ремней и полностью осмотреть привод (чистота, механические зазоры, засаленность, натяжение), а также состояние приводного мотора с той же тщательностью, что и самого вентилятора.

Каждый ремонтник, естественно, не может иметь в запасе в своей машине все существующие модели приводных ремней, поэтому предварительно нужно справиться у клиента и подобрать нужный комплект.

4. Плохо отрегулирован шкив с переменной шириной желоба

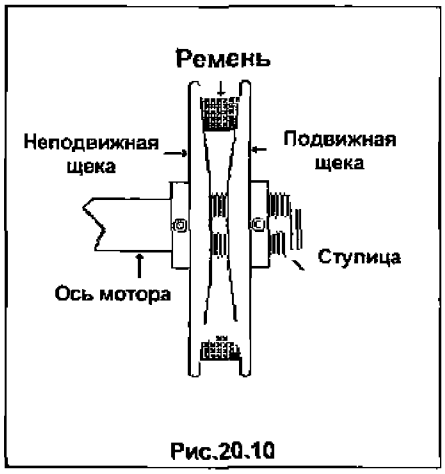


Рис.20.10

Большинство современных кондиционеров оснащены приводными моторами вентиляторов, на оси которых устанавливается шкив переменного диаметра (переменной ширины желоба).

Напомним, что шкив этого типа состоит из подвижной и неподвижной щек, что позволяет, меняя расстояние между щеками, поднимать или опускать ремень в желобе (см. рис. 20.10).

Подъем или опускание ремня в желобе шкива эквивалентны изменению диаметра шкива, а следовательно, и изменению скорости вращения приводимого вентилятора.

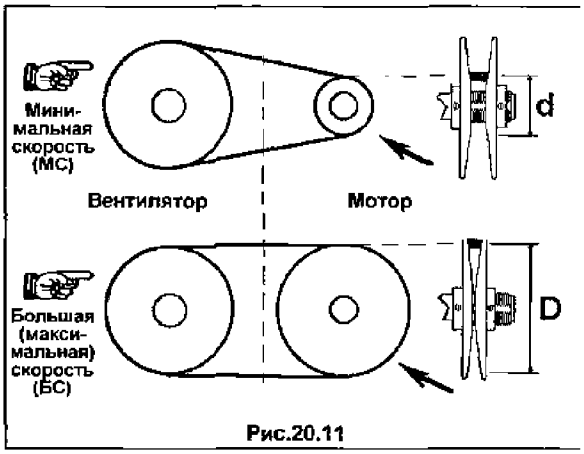


Рис.20.11

Чтобы лучше понять, как это происходит, рассмотрим вентилятор со шкивом постоянных размеров, электромотор которого оснащен регулируемым шкивом (см. рис. 20.11). Когда щеки шкива установлены на максимальном расстоянии друг от друга, диаметр желоба становится минимальным (d), в результате скорость вращения вентилятора самая низкая (МС) и расход воздуха через испаритель будет минимальным.

Напротив, приближая щеки шкива друг к другу мы тем самым увеличиваем диаметр шкива до максимального значения (D), что обеспечивает самую большую скорость вращения вентилятора (БС) и максимальный расход воздуха. Между этими двумя крайними положениями щек (что позволяет менять расход воздуха в пределах ±15...20%) шкив с переменной глубиной желоба позволяет весьма *точно* обеспечить желаемую величину расхода воздуха и согласовать скорость вращения вентилятора с реальными потерями давления в воздушном тракте испарителя.

Внимание! По окончании регулировки необходимо закрепить подвижную щеку на резьбовой части ступицы с помощью стопорного винта, при этом винт следует завернуть как можно более туго, ***внимательно следя за тем, чтобы ножка винта упиралась в специальную лыску, имеющуюся на резьбовой части ступицы и предотвращающую повреждение резьбы.*** *В* противном случае, если резьба будет смята стопорным винтом, дальнейшая регулировка глубины желоба будет затруднена, а может быть и совсем невозможна.

После регулировки шкива следует **в *любом случае*** проверить силу тока, потребляемого электромотором (см. описание следующей неисправности).



Рис.20.12

5. Большие потери давления в воздушном тракте испарителя

Вначале напомним, что происходит в центробежных вентиляторах, аналогичных тем, которые обычно используются в кондиционерах и небольших агрегатах по очистке воздуха, если меняются потери давления в воздушном тракте испарителя.

В качестве примера рассмотрим кривую, представленную на рис. 20.12. На ней изображена зависимость объемного расхода в воздушном тракте (Qv,м ^{3}час) от потерь давления в нем (декапаскали, дПа).Воздушный тракт включает центробежный вентилятор, заборную решетку, воздушный фильтр, испаритель небольшого кондиционера и воздуховод, направляющий струю воздуха.
Примем, что в номинальном режиме работы потери давления в этом тракте составляют 12 дПа (то есть 120 Па или около 12 мм водяного столба), если расход воздуха равен 4000 м ^{3}час **(точка** А).

При работе кондиционера фильтр регулярно забивается.

Забивание фильтра время от времени приводит к росту сопротивления воздушному потоку и, следовательно, повышению перепада давления на воздушном тракте (например, до 18 дПА). Отметим, что одновременно падает расход воздуха в соответствии с кривой производительности вентилятора, достигая в нашем случае 3500 м^час **(точка** В).

С другой стороны, удалив фильтр (для его очистки) и не останавливая вентилятор, мы снижаем потери давления в тракте, например, до 5 дПа, при этом расход воздуха повышается и достигает 4500 м ^{3}час **(точка** С).

После того, как мы увидели изменение расхода воздуха в зависимости от потерь давления в тракте ΔР, посмотрим, как меняется расходная характеристика такого вентилятора при изменении скорости его вращения с помощью регулируемого шкива.

Принимаем, что потребный для нормальной работы кондиционера расход воздуха составляет 4000 м ^{3}час.

Если при потерях давления в тракте ΔР 60 Па (6 дПа) расход поддерживается на уровне 4000 м ^{3}час, шкив должен быть установлен на минимальное число оборотов вентилятора **(точка D** на рис. 20.13).

Напротив, если сопротивление тракта Δ Р выросло до 200 Па (20дПа), то для получения потребного расхода в 400 м ^{3}час необходимо отрегулировать шкив на максимальное число оборотов вентилятора **(точка** Е). В этом примере шкив с переменным диаметром позволяет без проблем обеспечить изменение скорости вентилятора для воздушного тракта, в котором потери давления могут колебаться от 6 до 20 дПа, при постоянном расходе в 4000 м ^{3}час, причем приводной мотор вентилятора остается стандартным для данного типа установок.

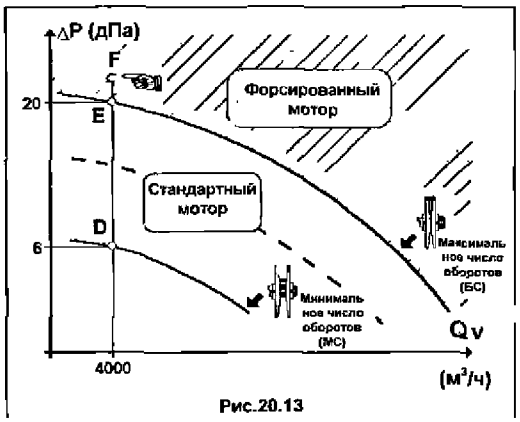


Рис.20.13

Однако если потери давления в воздушном тракте при расходе 4000 м ^{3}час ыше 20 дПа (так как имеются тракты с длинными вентиляционными коробами, высококачественными плотными фильтрами, дополнительно батареей водяного отопления и т.д.) стандартный мотор с регулируемым шкивом не обеспечивает достижении требуемой рабочей точки на расходной кривой (в нашем примере это **точка** F), даже будучи отрегулированным на максимальное число оборотов.

Итак, если шкив с переменным диаметром отрегулирован на максимальное число оборотов вентилятора, а расход воздуха при этом остается недостаточным, это значит, что потери в воздушном тракте слишком большие по отношению к максимальному числу оборотов вентилятора.

После того, как вы твердо убедились в отсутствии других неполадок (закрыты задвижка или клапан, например), следует считать целесообразным заменить шкив таким образом, чтобы повысить скорость вращения вентилятора и тем самым поднять расходную кривую в точку F.

К сожалению, повышение числа оборотов вентилятора требует не только замены шкива, но и влечет за собой другие последствия.

P.S.: Попробуйте представить себе все возможные последствия повышения числа оборотов, прежде чем читать дальнейший текст.

Повышение числа оборотов вентилятора чревато появлением некоторых дополнительных проблем, поскольку потребляемая двигателем электрическая мощность очень быстро растет с увеличением расхода воздуха (потребляемая мощность пропорциональна кубу роста расхода воздушной струи).

Для простоты скажем, что повышение расхода воздуха на 50% теоретически может потребовать роста мощности электромотора более, чем на 300%.

Таким образом, в большинстве случаев нельзя удовлетвориться только заменой шкива, а нужно также поменять и приводной электродвигатель, что потребует принятия дополнительных мер.

Прежде всего, поскольку новый двигатель будет более мощным, сила тока, который он потребляет, будет выше, чем прежде, что требует внесения изменений, иногда весьма существенных, в электрооборудование (например, увеличения сечения питающих проводов, и коммутирующей проводки, повышения мощности предохранителей, размера контакторов, диапазона регулирования термореле и т.п.).

Далее, поскольку новый мотор более мощный, он будет иметь большие габариты, а его опорные лапы и крепежные отверстия могут не совпасть с прежними (подумаем также о межосевом расстоянии мотора и вентилятора, натяжении ремня и т.д.), кроме того у него будет другой диаметр оси, на которую насаживается новый шкив, и скорее всего для нового мотора потребуется использование других приводных ремней

Заметим также, что с ростом скорости вращения вентилятора увеличивается уровень шума, что иногда может потребовать решения проблемы обеспечения бесшумности.

Наконец нужно, чтобы используемый вентилятор мог выдерживать, как в плане аэродинамики, так и в смысле механики, увеличение числа оборотов до требуемого значения.

Действительно, нельзя заставлять вентилятор вращаться со скоростью 1800 об/мин, если изготовителем указано, что максимальная скорость вентилятора 1300 об/мин.
Проблема недостаточного расхода воздуха может возникнуть как в момент ввода новой установки в эксплуатацию, так и при модификации воздушного тракта уже существующей установки, если эта модификация порождает относительно существенное возрастание полных потерь давления в воздушном тракте (установка более плотного фильтра с улучшенными фильтрационными параметрами, заслонки, обогреватель, звукопоглощающие вставки, противопожарный клапан).

.

20. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ИСПАРИТЕЛЬ

Поскольку детальный анализ проблем аэродинамики предполагает рассмотрение широкого круга вопросов, выходящих за рамки учебника для специалистов по ремонту холодильных установок, мы рекомендуем при появлении сомнений обращаться к *технической документации разработчиков узлов воздушных трактов и принимать рекомендации конструкторов.*

Хотя конечно, в случае неисправностей типа «слишком слабый испаритель», обусловленной недостаточным расходом воздуха через испаритель, перепад температур воздуха ΔΘ на входе и на выходе из испарителя всегда будет повышенным.

6. Вентилятор испарителя вращается в обратную сторону

Опасность появления такой неисправности существует всегда при вводе в эксплуатацию новой установки, когда вентилятор испарителя оборудован трехфазным приводным электродвигателем (в этом случае бывает достаточным поменять местами две фазы, чтобы восстановить нужное направление вращения).

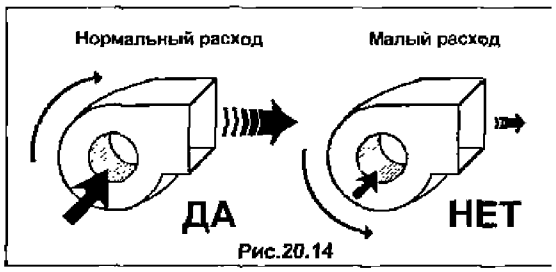


Рис.20.14

Представляется полезным напомнить, что в отличие от лопастных (осевых) вентиляторов, ***в центробежных вентиляторах направление движения воздуха абсолютно не зависит от направления вращения вентилятора (всасывание воздуха всегда осуществляется в центре улитки, каким бы ни было направление ее вращения).***

Напротив, расход захватываемого воздуха и давление в воздушной струе, обеспечиваемые центробежным *вентилятором сильно падают, если вентилятор вращается в обратную сторону*. Это снижение расхода воздуха приводит к появлению симптомов неисправности типа «слишком слабый испаритель», сопровождаемому аномально высоким перепадом температуры воздуха (см. рис. 20.14).

Примечание. Если конструкция центробежного вентилятора не обеспечивает доступ к нему, чтобы легко определить визуально направление его вращения, достаточно измерить силу тока, проходящего через мотор вентилятора при вращении в каждом из двух направлений. Мощность, потребляемая мотором, зависит от расхода воздуха: чем больше расход, тем больше сила тока и, следовательно, большая сила тока соответствует требуемому направлению вращения.

7. Зак по•ка канала зат• ₁няю ая и•к ля ию во ₁ ха

Опасность такой неисправности существует в тех случаях, когда подача воздуха в помещения осуществляется при помощи сети воздуховодов.

Закупорка может быть вызвана закрытием створки, произведенным случайно или по соображениям безопасности (антиобледенительная створка на входе свежего воздуха, противопожарная заслонка на выходе, регулировочная или уравновешивающая заслонка).

Но снижение расхода воздуха может быть также вызвано загрязнением от других теплообменников, расположенных в том же коробе, что и испаритель (батарея с горячей водой, батарея регенерации тепла...) или изолирующим покрытием, оторвавшимся внутри воздуховода (например, фибровое полотно...).

Закупорка может быть также обусловлена заборной решеткой, установленной снаружи, при ее неудачном размещении и перекрытии со стороны всасывания бумагой или опавшими листьями.

Наконец закупорка может быть вызвана закрытием выходных отверстий воздуховодов в кондиционируемых помещениях, причем делается это часто сознательно теми людьми, которые находятся в этих помещениях и жалуются (часто совершенно справедливо) на мешающие им воздушные потоки.

8. Ме ı испа•ителем и вентилято•ом с еств ет ıополнительный по ıво ı воздуха

При нормальной работе весь воздух, который выходит струёй из вентилятора **(точка 3** на рис. 20.15) перед этим проходит через испаритель **(точка** 1)

. Если между двумя этими элементами существует дополнительный подвод воздуха (плохо пригнаны или плохо завинчены панели воздуховода, , вырвана уплотняющая прокладка, плохо закрыт смотровой люк...), тогда какое-то количество воздуха всасывается непосредственно вентилятором **(точка** 2), не проходя через испаритель (заметим, что в этом случае расход воздуха в точке 3 равен сумме расходов в точках 1 и 2).

Другая проблема может возникнуть из-за магистрали слива конденсата. Действительно, бак для удаления конденсата, расположенный под испарителем (или под холодной батареей, если речь идет о производстве льда,) с*оединяется со сливным желобом при помощи сифона* с *высотой h* (см. рис. 20.15).

Поскольку вентилятор при всасывании создает разрежение по отношению к атмосферному давлению, то в случае, если высота h сифона мала, конденсат может переливаться в бак и тогда воздух будет засасываться через сливную трубку **(точка** 4). При этом во-первых, затрудняется опорожнение бака и он может быстро переполниться, а во-вторых обходная воздушная линия снижает нежелательным образом эффективный расход воздуха через испаритель. Кроме того, может появиться неприятный запах в охлаждаемых или кондиционируемых помещениях.

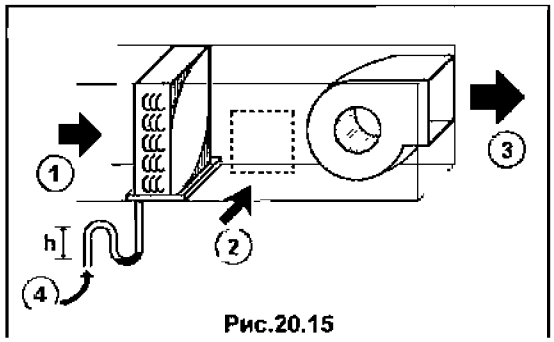


Рис.20.15

Если расход воздуха через обходную воздушную линию окажется значительным, снижение расхода, реально проходящего через испаритель может оказаться достаточным, чтобы вызвать признаки нехватки расхода воздуха в холодильной установке, хотя расход, измеренный на выходе из вентилятора, будет совершенно нормальным.

9. Мотор вентилятора, будучи рассчитан на питание от сети с частотой 60 гц. подключен к сети с частотой 50 гц

Напомним, что скорость вращения электромотора зависит от частоты переменного тока в питающей сети.

Так, мотор вентилятора, изготовленный в США, предназначен для включения в сеть с частотой 60 гц, при этом его номинальная скорость равна 1720 об/мин. Если его включить в сеть с частотой 50 гц, скорость вращения упадет до 1440 об/мин (то есть примерно на 17%).

Низкая скорость вращения вентилятора вызовет падение расхода воздуха, что может дать все симптомы неисправности типа «слишком слабый испаритель» с аномально высоким перепадом температуры воздуха.

Эта проблема, к счастью довольно редко встречающаяся, может в основном касаться двигателей, изготовленных в США и предназначенных для включения в сеть переменного тока с частотой 60 гц. Заметим, что некоторые моторы, изготовленные в Европе и предназначенные для экспорта, могут также требовать частоту питающего тока 60 гц. Быстро понять причину данной неисправности можно очень просто - достаточно ремонтнику прочитать технические характеристики мотора на прикрепленной к нему специальной табличке.

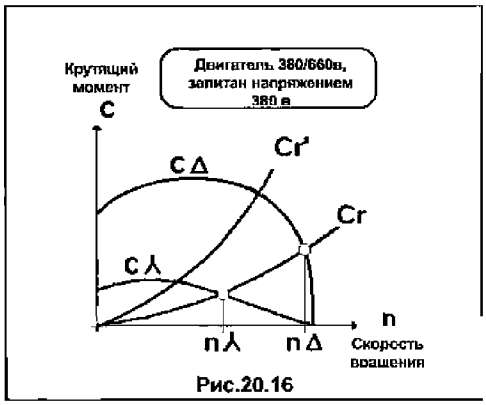


Рис.20.16

10. Трехфазный двигатель 380/660 В соединен с сетью по схеме «звезда» и запитан напряжением 380 Вольт

В последнее время европейские электросети предпочитают отказ от трехфазного тока напряжением 220 В и переходят на трехфазный ток с напряжением 380 В. Это вызывает повышенный интерес к двигателям с двумя вариантами напряжений питания 220/380 В и естественно появление двигателей с напряжением питания 380/660 Вольт, у которых предусмотрено соединение обмоток как треугольником (для напряжения 380 В), так и звездой (для напряжения 660 В).

Рассмотрим кривую на рис.20.16, которая характеризует крутящие моменты С двигателя с двумя вариантами напряжения питания (380/660 В). Двигатель запитан напряжением 380 В (и, следовательно, должен быть подключен к сети по схеме «треугольник») и

приводит в действие вентилятор, рост момента сопротивления которого Сг в зависимости от числа оборотов также представлен кривой на рис. 20.16.

Если двигатель подключен правильно (то есть по схеме «треугольник»), его крутящий момент на валу представлен кривой Стр. и число оборотов определится на пересечении кривых Стр. и Сг.

Представим, что вследствие ошибки подключения двигатель 380/660 В соединен по схеме «звезда» и запитан напряжением 380 В.

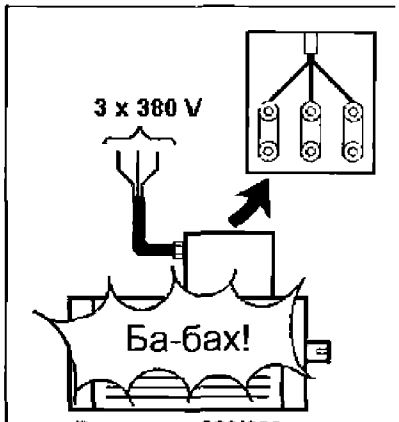
Тогда его крутящий момент меняется по закону Сзв. и в точке пересечения кривых Сзв. и Сг мы найдем новую скорость вращения, которая будет гораздо меньше прежней.

Заметим, что уменьшение скорости будет тем значительнее, чем больше момент сопротивления вентилятора (см кривую Сг на рис. 20.16).

В некоторых случаях при таком подключении можно получить эффект настолько сильного «затормаживания» мотора, что он очень быстро отключается защитным термореле.
Это происходит, главным образом, в

установках с центрооежным вентилятором, момент сопротивления которого гораздо больше, чем момент сопротивления осевых вентиляторов.

Примечание: классические холодильные компрессоры имеют еще более значительный момент сопротивления и при такой ошибке подключения вообще не запускаются *(Более полная информация о последствиях недостаточного напряжения в сети изложена в разделе 55. Различные электрические проблемы)*.



Двигатель 220/380 в
Рис.20.17

Чтобы покончить с проблемой подключения трехфазных двигателей с двумя вариантами напряжения питания, полезно также напомнить, что трехфазный двигатель 220/380 В, питаемый напряжением 380в, обязательно должен быть подключен по схеме «звезда» и использование для запуска схемы звезда/треугольник со*вершенно недопустимо*.

Если ремонтник допустит ошибку при подключении двигателя 220/380 В и включит его в сеть напряжением 380 в по схеме «треугольник», как на рис. 20.17, двигатель с большой вероятностью будет *непоправимо испорчен* после подачи на него напряжения.

Процедура подключения электродвигателя, каким бы ни было его назначение, при мощностях от 100 Вт до 1000 кВт *всегда остается весьма ответственной и ремонтник полностью отвечает за правильность этой процедуры перед клиентом*.

11. Двухскоростной двигатель по ошибке включен на малую скорость

Большинство индивидуальных кондиционеров оборудованы вентиляторами, имеющими несколько скоростей вращения.

Заметим, что в режиме охлаждения вообще говоря предпочтительнее задавать максимальную скорость вращения вентилятора.

Действительно, вдобавок к тому, что это обеспечивает не слишком низкую температуру воздушной струи (если расход воздуха небольшой), указанная предосторожность позволяет избежать обледенения испарителя (а вместе с ним попадания частиц жидкости в компрессор), если воздушный фильтр начал забиваться или если клиент решает отрегулировать термостат на более низкую температуру. С этой целью напомним, что большинство классических индивидуальных кондиционеров абсолютно не приспособлены для работы при температуре в охлаждаемом помещении ниже 20°С.

С *точки зрения холодильщика* причины этого будут рассмотрены в разделах 50 Прессостатический расширительный вентиль, и 57 Капиллярное расширительное устройство. С *точки зрения электрика* пример многоскоростного двигателя будет приведен при изучении однофазных двигателей (раздел 53.2).

В другой серии агрегатов с целью сохранения в течение всего года оптимальных комфортных условий в кондиционируемых помещениях (в частности, температура воздушной струи не должна быть слишком низкой) некоторые комплексы по подготовке воздуха с прямым циклом расширения также оборудованы вентиляторами, имеющими две различные скорости вращения.

Как правило (за исключением специальных случаев) малая скорость используется в зимнем режиме, а большая - в летнем.

Следовательно, когда установка работает в режиме охлаждения, вентилятор надлежит включать на большую скорость

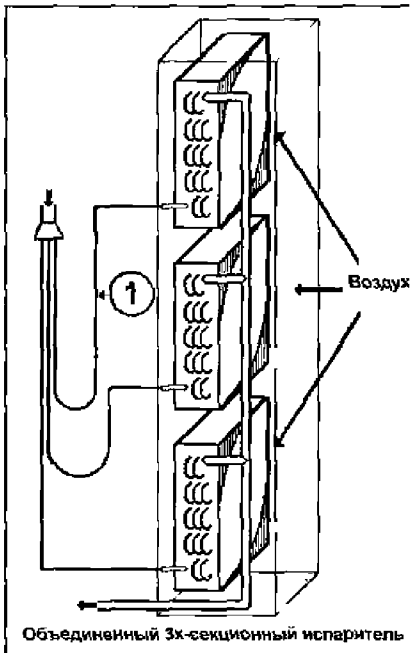
12. Центробежное колесо или винт вентилятора проскальзывают на оси

Указанный тип неисправности чаще появляется в маленьких вентиляторах, когда крепление колеса или винта к оси осуществляется завинчиванием стопорного винта.

Эта неисправность может быть быстро обнаружена, тем более, что очень часто повышенный шум, который издает «гуляющее» по оси колесо или винт, может служить сигналом тревоги

13. Т• бки жи•костного •асп•е•елителя заso•ены

Когда потребная холодопроизводительность испарителя с прямым циклом расширения возрастает, конструктор должен предусмотреть увеличение поверхности теплообмена, в частности повышая длину трубок, используемых при изготовлении испарителя (см. также раздел 45. Подключение испарителей.). Но большая длина трубок неудобна, поскольку одновременно с увеличением длины растут потери давления.



Объединенный 3х-секционный испаритель

Рис.20.18

Чтобы сохранить потери давления в разумных пределах, конструктор начинает использовать несколько испарителей, соединенных в параллель таким образом, что они образуют единую конструкцию

Такая конструкция должна запитываться жидкостью через жидкостный распределитель, соответствующим образом приспособленный к тому, чтобы обеспечить равномерное распределение жидкости по разным секциям собранного из них единого испарителя

В примере на рис. 20.18, где изображен испаритель, состоящий из 3 различных секций, одна из 3х трубок питания закупорена, что приводит к исключению из работы соответствующей секции испарителя и, как следствие, потере 1/3 полной холодопроизводительности

Установка при этом располагает только 2/3 номинальной холодопроизводительности и обеспечивает небольшой перепад температур воздуха (что заставляет думать о засорении) даже если оребрение находится в безупречном состоянии.

Это очень сложная неисправность (к счастью редко встречающаяся) может распознаваться по неравномерному обледенению трубок питания Действительно, если одна из трубок частично закупорена (см. поз.1 на рис 20.18), слой инея, который ее покрывает, будет гораздо более тонким, чем на двух других трубках, в соответствии со степенью закупорки (в пределе на полностью закупоренной трубке питателя нарастания слоя инея не будет совсем).

Примечание, распределитель *рекомендуется, по возможности, устанавливать вертикально*. Напомним, что на выходе из ТРВ находится парожидкостная смесь. Поскольку жидкость тяжелее паров, она естественно расположится в нижней части трубопроводов.

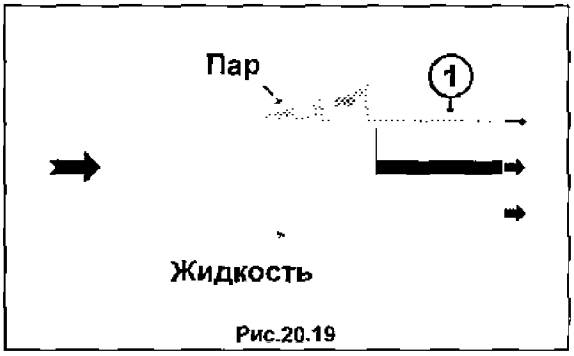


Рис.20.19

Если питатель установлен горизонтально, паровая подушка в верхней части питателя может затруднить поступление жидкости в верхние трубопроводы (см. рис. 20.19).

На рис. 20.19 показано, что две нижних трубы запитаны нормально, но паровая подушка мешает свободному прохождению жидкости в верхнюю трубу **(позиция** 1).

В результате соответствующая секция испарителя будет плохо заполняться жидкостью и также, как и в предыдущем случае, испаритель не сможет обеспечить максимально возможную холодопроизводительность

14. Загрязнение большого числа ребер испарителя.

Если много ребер испарителя покрыто грязью, сопротивление движению воздуха через него повышено, что приводит к снижению расхода воздуха через испаритель и *повышению перепада температуры воздуха.*

Однако с другой точки зрения загрязнение большого количества ребер эквивалентно уменьшению поверхности теплообмена испарителя, что приводит к ухудшению охлаждения воздуха и *снижению перепада температуры.* Таким образом, перепад температуры воздуха с одной стороны должен *возрастать* из-за снижения расхода воздуха, а с другой стороны - *уменьшаться* вследствие уменьшения поверхности теплообмена и в целом, следовательно, заметных изменений перепада может не наблюдаться. В результате величина перепада температур воздуха при данной неисправности не может служить надежным диагностическим признаком, и только визуальный осмотр ребер в состоянии решить эту проблему *(причем необходимо внимательно осматривать ребра как впереди, так и сзади).*

И тогда ремонтнику не останется ничего другого, кроме тщательной очистки загрязненных частей оребрения испарителя с обеих сторон с помощью специальной гребенки с шагом зубьев, в точности соответствующей расстоянию между ребрами. **Берегите руки** (лучше надеть перчатки), *так как часто ребра бывают острыми, как лезвие бритвы.*

15. Испаритель был выбран в расчете на более низкую холодопроизводительность

Данная неисправность встречается в момент ввода в эксплуатацию холодильной установки, собираемой кустарным способом, у которой ее основные элементы (компрессор, испаритель...) подбирались по отдельности и наскоро (встретить такой тип неисправности в моноблочных кондиционерах заводского изготовления маловероятно).

Эта неисправность довольно сложная. Опыт показывает, что только тщательная проверка расчетов при подборе оборудования в сочетании с детальным анализом конструкторской документации на него (испаритель, компрессор, ТРВ, конденсатор) могут дать гарантию быстрого и эффективного решения этой проблемы.

16. В испарителе много масла

Ниже мы увидим, что слишком большое количество масла в холодильном контуре может в некоторых случаях приводит к снижению коэффициента теплообмена испарителя (и, следовательно, холодопроизводительности) иногда до 20% (см. раздел 37 Проблема возврата масла.).

17. Испаритель аномально обледенел

Напомним, что если в холодильном торговом оборудовании обледенение неизбежно, поскольку в нем температура испарения ниже 0°С, то в испарителях кондиционеров обледенение испарителя враг номер один. Поэтому испарители, используемые в торговом оборудовании, снабжены ребрами, шаг которых гораздо больше, чем в испарителях кондиционеров, с тем, чтобы нормальное появление шубы на них никоим образом не могло загромоздить проходное сечение воздушного тракта и не привело к уменьшению расхода воздуха.

В кондиционерах слишком сильное обледенение испарителя приводит, в большинстве случаев, к появлению симптомов неисправности типа «слишком слабый испаритель» (единственная неисправность, при которой одновременно падают и давление испарения и перегрев). Наиболее часто неисправность происходит из-за недостатка расхода воздуха, вызванного либо загрязнением фильтров, либо износом приводного ремня.

В тепловых насосах «воздух-воздух» или «воздух-вода» в зимнем режиме аномальное обледенение испарителя происходит чаще всего по причине аномалий в системе размораживания, но иногда и вследствие нарушений в работе 4х-позиционного клапана изменения цикла на обратный (этот вопрос изучается в разделе 52. Четырехпозиционный клапан обращения цикла.).

В холодильниках аномальное обледенение часто происходит вследствие аномалий в работе системы размораживания испарителя. В любом случае нужно полностью разморозить испаритель, потом включить установку перед тем, как делать окончательное заключение. В торговом холодильном оборудовании или в тепловом насосе, нужно к тому же проверить работу (а как правило, и настройку) используемой системы размораживания (таймер оттайки, термостат конца оттайки).

18. Излишне толстый слой льда затрудняет вращение лопастей вентилятора

Осевые вентиляторы чаще всего используются в испарителях с принудительным обдувом для торгового холодильного оборудования.

Если толщина льда на испарителе становится слишком большой вне зависимости от того, по какой причине это произошло (как правило, из-за проблем в системе размораживания), лопасти вентилятора могут задевать за слой (при этом возникает опасность их деформации и даже в некоторых случаях полной остановки вентилятора), что неизбежно приведет к недостатку расхода воздуха.

19. На вхо⊥ в испа•итель возв•а ается холо⊥ный воз⊥ х

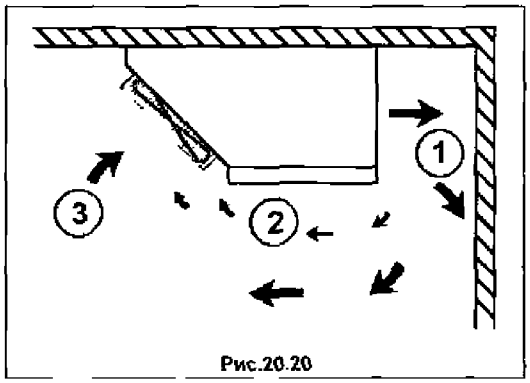


Рис.20.20

В холодильном торговом оборудовании всегда надлежит особое внимание уделить выбору места установки испарителя внутри холодильной камеры. Во всех *случаях необходимо строго соблюдать инструкцию по монтажу, прилагаемую разработчиком, и наверняка знать направление движения воздуха в испарителе перед тем, как закреплять его.*

Например, если испаритель размещен близко к стене (см. рис. 20.20), струя холодного воздуха, выходящего из испарителя **(поз.1)** может отражаться от стены и вновь попасть на вход в испаритель **(поз.2),** вместо того, чтобы циркулировать по всему объему камеры. Этот охлаждаемый воздух смешивается с всасываемым теплым воздухом **(поз.3),** понижая тем самым температуру воздуха на входе в испаритель. При этом полный перепад температур остается почти постоянным, но поскольку на входе в испаритель воздух становится более холодным, температура испарения падает и появляются признаки неисправности «слишком слабый испаритель». Вдобавок к плохой циркуляции воздуха внутри холодильной камеры ухудшается охлаждение скоропортящихся продуктов питания, помещенных в камеру, а температура в ней повышается.

20. Плохая циркуляция воздуха в холодильной камере

Хорошая циркуляция воздуха в холодильной камере является основным фактором, позволяющим обеспечить равномерную температуру хранящихся в ней продуктов.

Если испаритель установлен слишком близко к стене **(расстояние А** на рис. 20.21), всасывание воздуха затрудняется, что может привести к нежелательному снижению расхода воздуха (*в пределе, когда испаритель вплотную прижат к стене, он не будет всасывать ничего).*

Если стеллажи с продуктами расположены слишком близко один от другого **(расстояние В** на рис. 20.21) или от стены **(расстояние** С), циркуляция воздуха также затрудняется и вдобавок к плохому охлаждению продуктов может привести к заметному снижению расхода воздуха через испаритель или подаче на его вход уже охлажденного воздуха.

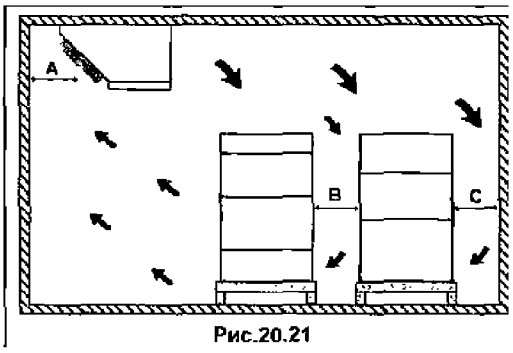


Рис.20.21

20. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ ИСПАРИТЕЛЬ

21. РАЗРУШЕНИЕ КЛАПАНОВ

Перед тем, как приступить к изучению неисправности типа «Слишком слабый компрессор», в настоящем разделе предлагается анализ причин, могущих вызвать разрушение клапанов холодильного компрессора, а также последствия и способы обнаружения такой поломки.

A) Почему разрушаются клапаны ?

Основная причина при возникновении разрушения клапанов (как всасывания, так и нагнетания) заключается в гидравлическом ударе, который от магистрали всасывания доходит до цилиндров компрессора.

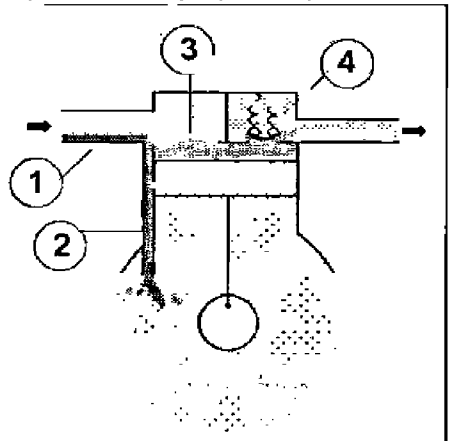


Рис.21.1

Если масло или жидкий хладагент, независимо от того, чем это вызвано, поступает в больших количествах на вход в компрессор **(поз.1** на рис. 21.1), часть этой жидкости, вместо того, чтобы по отверстию возврата масла **(поз.2)** перетечь в картер, может быть засосана в цилиндры.

При этом, поскольку жидкость несжимаема и ее скорость гораздо меньше, чем скорость газов, проходящих через нагнетательные клапаны *(при обычной скорости вращения привода компрессора 1450 об/мин поршень в цилиндре совершает свыше 24 возвратно-поступательных циклов в секунду), в* цилиндре развивается чрезвычайно высокое давление.

Расположенные со стороны поршня клапаны всасывания под действием этого давления очень сильно выгибаются наружу **(поз.3)** и могут либо разрушиться, либо, что бывает чаще, треснуть по длине.

Клапаны нагнетания, как правило, менее хрупкие (хотя они также иногда могут разрушится при особо сильных гидроударах), так как они расположены с наружной поверхности клапанной головки и защищены пружиной, прижимающей их к головке **(поз.4).**

B) Что может быть причиной гидроударов ?

Одной из наиболее частых причин возникновения гидроударов является, бесспорно, *переразмеренность ТРВ,* питающего испаритель. В этом случае ТРВ работает в режиме «все или ничего», то есть с пульсациями от полного открытия до полного закрытия, и компрессор периодически получает более или менее тяжелые гидроудары в зависимости от степени переразмеренности ТРВ.

Другой серьезной причиной гидроударов является перетекание жидкого хладагента в нагнетательную полость головки цилиндра или в картер компрессора (см. *раздел 28. Проблема перетекания жидкого хладагента.).*

Наконец, гидроудары могут быть вызваны также неудачной конструкцией всасывающих и нагнетательных трубопроводов, приводящей либо к появлению больших масляных пробок во всасывающей магистрали компрессора, либо к накоплению жидкости в нагнетательной полости головки цилиндра при остановке компрессора *(см. раздел 37. Проблема возврата масла.).*

C) Каковы последствия разрушения клапанов ?

Первым последствием разрушения клапана является потеря производительности компрессора из-за падения расхода всасываемого хладагента.

Возьмем в качестве примера поломку всасывающего клапана **(поз.1** на рис.21.2) **в компрессоре, состоящем из двух цилиндров.**

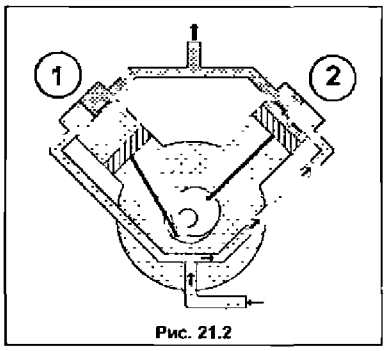


Рис. 21.2

Когда поршень опускается, цилиндр нормально заполняется парами из магистрали всасывания. Напротив, когда поршень поднимается, никакое повышение давления в цилиндре с разрушенным клапаном невозможно и клапан нагнетания не может открыться.

Газ, который находился внутри дефектного цилиндра, возвращается в коллектор всасывания.

С другой стороны, исправный цилиндр **(поз.2)** *всасывает и нагнетает нормально, и компрессор работает как одноцилиндровый.*

Если разрушен нагнетающий клапан **(поз.3** на рис. 21.3), то при опускании поршня газ из магистрали нагнетания проникает в цилиндр и клапан всасывания открыться не может.

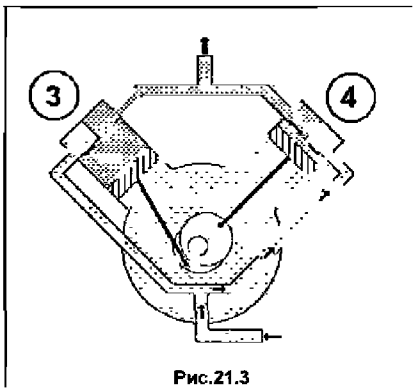


Рис.21.3

Как и в предыдущем случае при подъеме поршня никакого повышения давления не происходит, но на этот раз газ возвращается в коллектор нагнетания.

Однако, исправный цилиндр **(поз.4)** всасывает и нагнетает нормально.

При разрушении как клапана высокого, так и низкого давления картина одинаковая: компрессор работает как одноцилиндровый

Итак, каким бы ни был разрушенный клапан - высокого или низкого давления - с точки зрения механики результат строго один и тот же - *цилиндр, на котором это произошло, становится совершенно неработоспособным, как если бы его не было вовсе.*

Незамедлительным следствием такого дефекта является снижение объема всасываемого компрессором газа и, следовательно, падение массового расхода хладагента в контуре установки

Падение массового расхода хладагента приводит к снижению холодопроизводительности *(другие симптомы будут изучены в следующем разделе 22. Слишком слабый компрессор).*

При поломке клапанов может возникнуть и другая проблема, если кусочки металла, образовавшиеся при разрушении клапана, упадут внутрь цилиндра на поршень (см. рис. 21.4).

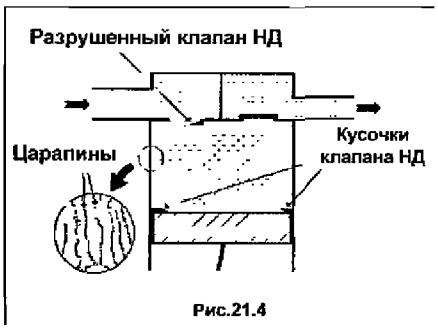


Рис.21.4

Чрезвычайно быстрое возвратно-поступательное движение поршня будет происходить тогда вместе с этими кусочками, что чревато образованием многочисленных и глубоких царапин как на стенках цилиндра, так и на головке поршня (может случиться также, что кусочек клапана застрянет между цилиндром и юбкой поршня или между цилиндром и поршневым кольцом, приводя к появлению глубоких трещин как на цилиндре, так и на поршне).

Таким образом, когда ремонтник меняет разрушенный клапан, он должен внимательно осмотреть состояние поверхности цилиндров и поршней с целью обнаружения возможных царапин и кусочков клапанов.

Когда поршень поднимается, давление в цилиндре возрастает (см. **поз.1** на рис. 21.5) до тех пор, пока не откроется нагнетающий клапан.

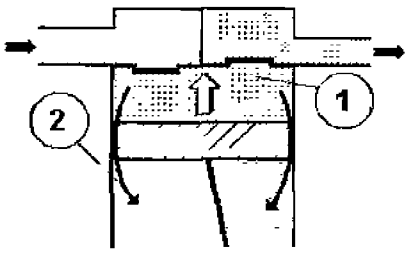


Рис.21.5

Если на стенках цилиндра имеются царапины, значительная *часть газа высокого давления может просочиться по этим царапинам в картер компрессора* **(поз.2)** ввиду разности давлений с одной и с другой сторон поршня.

Этот газ, который по царапинам просачивается в картер вместо того, чтобы попасть в холодильный контур, приводит к снижению массового расхода на выходе из компрессора (и, следовательно, падению холодопроизводительности), что может иногда обусловливать появление признаков, аналогичных неисправности типа «слишком слабый компрессор».

Заметим также, что если на верхней части поршня имеются царапины, их объем добавляется к объему вредного пространства, что вызывает дополнительное снижение массового расхода и, следовательно падение холодопроизводительности *(см. раздел 9. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводи-тельность)*.

Наконец, нужно иметь в виду, что при осмотре полугерметичных компрессоров в случае разрушения клапанов необходимо проверить отсутствие кусочков клапана в обмотке электродвигателя, а также между ротором и статором, поскольку эти кусочки могут застрять там, вызывая местные короткие замыкания обмотки и ее перегорание.

D) <u>Как обнаружить поломку клапанов ?</u>

Общие признаки поломки клапанов (главным образом, снижение холодопроизводительности, высокое давление всасывания и падение давления нагнетания) будет подробно рассмотрены в следующем *разделе 22 Слишком слабый компрессор.*.

Однако всякий раз, когда появляются признаки неисправности типа «Слишком слабый компрессор», и ремонтник начинает думать о том, что вероятной причиной может быть разрушение клапанов, для многоцилиндровых компрессоров с демонтируемыми головками блоков существует способ проверить точность диагноза и определить, какую из головок следует демонтировать и проверить **в первую очередь.**
Рассмотрим, например, двухцилиндровый компрессор. Цилиндр **позиция 1** на рис. 21.6 работает нормально, всасывает холодные пары из испарителя и нагнетает нагретые в результате сжатия пары.

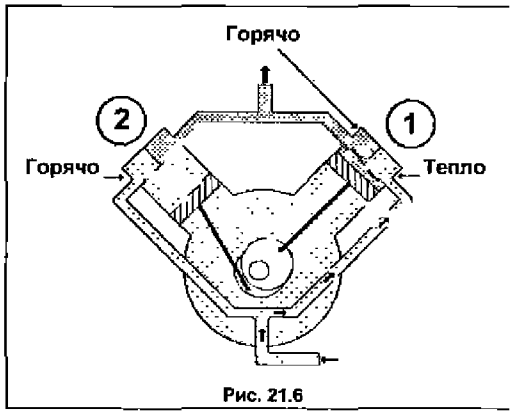


Рис. 21.6

Следовательно, головка 1 будет очень горячей со стороны нагнетания и тепловатой или даже прохладной со стороны всасывания. С другой стороны при разрушенном клапане головки 2 холодный газ не всасывается в эту головку и не охлаждает ее. В результате головка 2 будет горячей со стороны всасывания и достаточно ее просто потрогать и, сравнив ее температуру с температурой других головок, надежно и быстро установить поломку.

Таким образом, чтобы обнаружить поломку клапанов, обычно бывает достаточно пощупать головки блока цилиндров со стороны всасывания и оценить температуру каждой головки. ВНИМАНИЕ ! ДЕЛАТЬ ЭТО НУЖНО ОЧЕНЬ ОСТОРОЖНО, поскольку температура головок со стороны нагнетания может быть около 100°C.

Конечно, если компрессор оборудован регулятором производительности, с помощью которого отключается часть цилиндров, перед тем, как выполнять такую проверку, необходимо включить компрессор для работы в течение нескольких минут на полной мощности с задействованием всех цилиндров.

В данном случае, если одна из головок оказывается аномально горячей по сравнению с другими, это может означать не только поломку клапана, но *и плохую работу устройства разгрузки подозрительного цилиндра*

Существует и другой способ проверки состояния клапанов. Если клапан дефектный, снижается всасывающая способность цилиндра.

Поэтому при закрытом жидкостном вентиле на ресивере время падения давления в системе обязательно будет *больше,* чем ,если бы все клапаны работали нормально.

Однако этот способ применим только для *установок, в которых время падения давления и условия проведения такого эксперимента заранее оговорены и известны,* поскольку очень трудно в общем случае определить, в норме или нет, находится время снижения давления, если оно неизвестно для исправного компрессора.

Поэтому при вводе в эксплуатацию новой установки мы рекомендуем откачать хладагент из испарителя с помощью компрессора и полученные результаты занести в паспорт установки с тем, чтобы облегчить последующие операции по ее обслуживанию и проверкам.

Например:

22.09.1994 г. Давление нагнетания=15,4 бара. Время падения давления всасывания от 4,5 бар до 0,5 бар после закрытия жидкостного вентиля на ресивере составляет для компрессора №1 48 секунд.

Такая запись позволит ремонтнику или обслуживающему персоналу в дальнейшем отслеживать возможное изменение во времени (по мере наработки) *всасывающей способности компрессора* и сделать вывод о степени герметичности клапанов, поршневых колец и т.п.

Другим интересным показателем является поведение во всасывающей магистрали давления после остановки компрессора по окончании откачки хладагента из контура при закрытом жидкостном вентиле ресивера.

После снижения давления в контуре (например, до 0,5 бар) масло, находящееся в картере **(поз. 2 на рис.** 21.7), может в результате падения давления, выделить некоторое количество хладагента, что вызывает небольшой рост давления, который очень быстро прекращается (например, при достижении 0,7 бар).

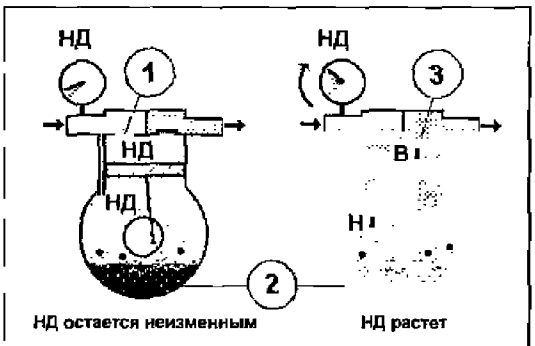


Рис. 21.7

Если клапан всасывания разрушен (поз.1). после дегазации масла давление больше не растет.

С другой стороны, если **разрушен клапан нагнетания** (поз.3), после остановки компрессора давление во всасывающей магистрали (НД) будет медленно расти сначала из-за дегазации масла, *но на этом оно не остановится и продолжит медленный подъем до тех пор, пока не сравняется с давлением в нагнетательной магистрали (ВД).*

Попробуйте найти объяснение этому явлению, прежде чем продолжите дальнейшее чтение.

В любом случае НД устанавливается в картере под *поршнем.*

Если разрушен клапан всасывания, это означает, что НД установится также и *над поршнем.*

Однако, если разрушен клапан нагнетания , *то после остановки компрессора* над поршнем установится ВД. Поскольку поршень, к счастью, не соединен наглухо с цилиндром, и принимая во внимание существенную разницу давлений над поршнем и под ним, мы вправе считать, что пары ВД будут через зазоры в поршневых кольцах проникать под поршень (см. рис. 21.8).

Эти нормальные утечки газа между поршнем и цилиндром приводят к подъему НД, если разрушен клапан нагнетания **(Внимание!** Утечка через жидкостной вентиль также может вызвать подъем НД. Следовательно, жидкостной вентиль должен быть полностью закрытым и герметичным).

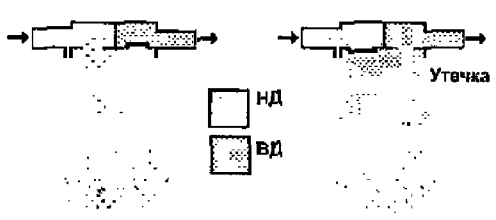


Рис. 21.8

Заметим, что подъем НД будет происходить тем быстрее, чем хуже герметичность поршневых колец и таким образом скорость подъема НД может служить для оценки их состояния.

В случае, когда разрушен клапан всасывания, никакого подъема НД, кроме того, что вызван дегазацией масла, не будет. Таким образом, данное испытание позволяет ремонтнику получить ориентировку относительно объекта его внимания, если он решил снять головку блока цилиндров, *чтобы проверить состояние клапанов.*

Другой важной характеристикой, позволяющей косвенно судить о состоянии клапанов, является, без сомнения, сила тока, *потребляемого двигателем компрессора.*

Действительно, если клапан разрушен, соответствующий цилиндр становится бездействующим и двигателю для снабжения компрессора нужно меньше энергии.

Следовательно, он начинает меньше потреблять энергии из электросети и сила тока, проходящего через двигатель, заметно падает.

Поскольку сила тока, потребляемого компрессором, зависит от условий его работы (главным образом, от величины давления нагнетания), необходимо точно указать ее значение в паспорте установки при предшествовавших замерах.

Например:

22.09.1994г. НД=4,5 бара; ВД=16,2 бара. Сила тока, потребляемого компрессором №1^3x16,2A при напряжении 3x387B.

Таким образом, перечисленные проверки могут позволить быстро и точно установить диагноз в случае неисправных клапанов.

Тем не менее, **перед снятием головки блока** компрессора для проверки состояния клапанов ремонтник должен подготовить все необходимое для демонтажа, ремонта и последующей сборки компрессора (динамометрический ключ, клапаны, прокладки клапанов и головки блока...).

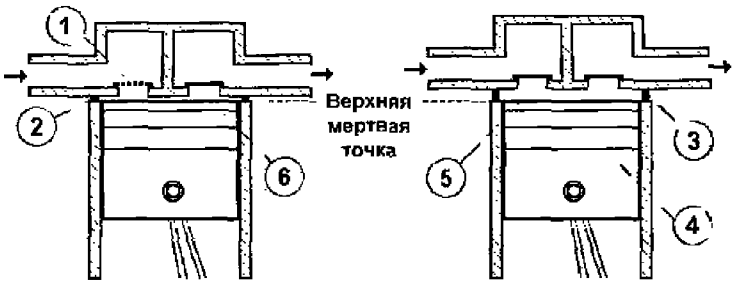


Рис. 21.9

Примечание. Перед установкой в блок новых прокладок нужно полностью смазать обе их поверхности холодильным маслом. Этим вы снизите опасность их разрыва при последующем демонтаже. Действительно, чтобы осмотреть или отремонтировать клапаны компрессора, ремонтник должен снять головку блока. В этот момент, если пластинчатая прокладка клапанов не была перед установкой полностью *смазана маслом,* появится опасность разрушения прокладки из-за того, что она может сильно «прикипеть» к металлу.

Во время ремонта у ремонтника может не оказаться в запасе нужной прокладки и тогда он будет вынужден изготовить ее сам. Для этого необходимо использовать клингерит (или аналогичный материал) той же толщины, что и прокладка фабричного изготовления.

Действительно, представим себе, что при осмотре разрушенного клапана всасывания *{поз.1* ***на рис.21.9)*** ремонтник по неосторожности повредил пластинчатую клапанную прокладку (поз.2) во время разборки цилиндра.

Поскольку у него под рукой не было нужной прокладки и для того, чтобы сделать *«как можно прочнее»,* он изготовил для замены прокладку из материала, ***более толстого,*** чем был вначале **(поз.3)** и с этой прокладкой запустил установку.

Напомним, что в поршневых компрессорах, чтобы не допустить удара поршня о пластины клапанов, необходимо иметь предохраняющее пространство в цилиндре, обеспечивающее механическую безопасность и называемое мертвым объемом, так как его наличие приводит к потерям холодопроизводительности (см. *раздел* 9). Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность).

Объем мертвого объема над поршнем зависит от расстояния между верхней мертвой точкой поршня и плоскостью головки блока цилиндров.

Однако некоторые конструкторы компрессоров в качестве высоты мертвого объема используют толщину прокладки головки блока.

В нашем примере, когда поршень **(лоз.4)** будет находиться в верхней мертвой точке, объем газа ВД, заключенный во вредном пространстве **(поз.5)** окажется гораздо большим, чем это предусматривалось конструктором вначале **(поз.6),** что будет приводить к потерям холодопроизводительности.

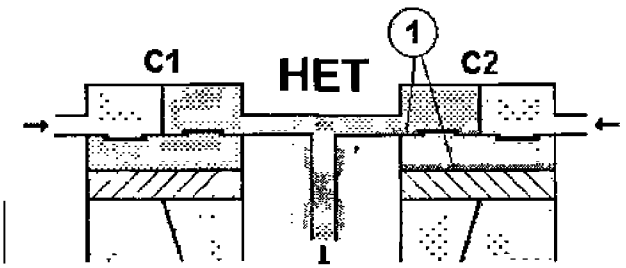
В зависимости от условий работы увеличение толщины прокладки головки блока на 1 мм может приводить к снижению холодопроизводительности на 5...10%.

В заключение отметим, что *слишком тонкая прокладка* может привести к очень серьезным механическим повреждением при работе в результате нагрева поршня, его расширения и последующих ударов о клапанную пластину.

Е) Некоторые особенности работы компрессоров при параллельном монтаже

Позднее мы увидим преимущества параллельного монтажа 2 компрессоров вместо установки только одного (см. *раздел 30. Проблема повышенной частоты включения компрессоров.).*

Пока же представим, что нагнетающие патрубки двух компрессоров, смонтированных в параллель, соединены так, как показано на рис. 21.10.



При этом компрессор *С2* остановлен, а компрессор С1 работает. Соединение патрубков по схеме рис. 21.10 в таких условиях приводит к тому, что не только часть масла, нагнетаемая компрессором С1, может накапливаться в головке компрессора С2, но более того, в головку компрессора *С2* будет попадать и там конденсироваться хладагент, если компрессор С2 остановлен на длительной период, так как температура его головки в этом случае равна температуре окружающей среды.

Если же нагнетающий клапан компрессора С2 имеет негерметичность, то вследствие перепада давления на нем часть жидкости может попадать в полость цилиндра С? и тогда при запуске возникает опасность сильного гидроудаоа в компрессоре С?.

Чтобы ограничить возможность возникновения этих явлений, предпочтительно соединять нагнетающие патрубки двух параллельно смонтированных компрессоров так, как указано на схеме рис. 21.11.

Можно встретить также монтаж, указанный на схеме рис. 21.12, с лирообразным компенсатором, проходящим по земле.

Лирообразный компенсатор, находящийся в непосредственной близости от компрессоров, имеет ту же температуру, что и окружающая среда.

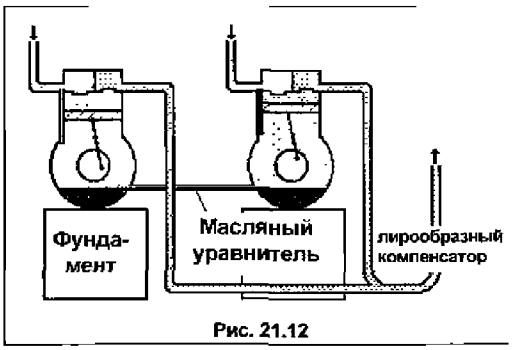


Рис. 21.12

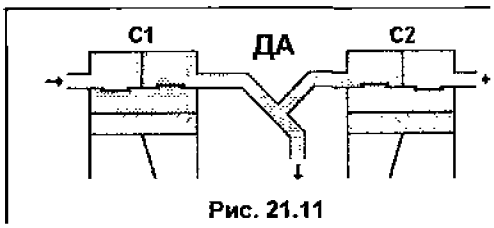


Рис. 21.11

Он служит жидкостной ловушкой *(см. раздел 37. Проблемы возврата масла),* одинаково хорошо работающей как по отношению к маслу, так и по отношению к жидкому хладагенту, а также дополнительно к этому позволяет ослабить вибрации и скомпенсировать тепловые деформации труб.

Однако приведенные способы соединения хотя и практически полностью исключают накопление масла в головке блока остановленного компрессора, тем не менее не позволяют избежать попадания в нее паров хладагента и их последующей конденсации там.

Чтобы быть совершенно уверенным в том, что при остановке одного из параллельно смонтированных компрессоров в его головку блока не попадут пары

хладагента, иногда на нагнетающих патрубках каждого из таких компрессоров *устанавливают обратные клапаны.*

Заметим, однако, что такое решение чревато своими нежелательными последствиями и для достижения желаемого эффекта всегда требует принятия некоторых предосторожностей.

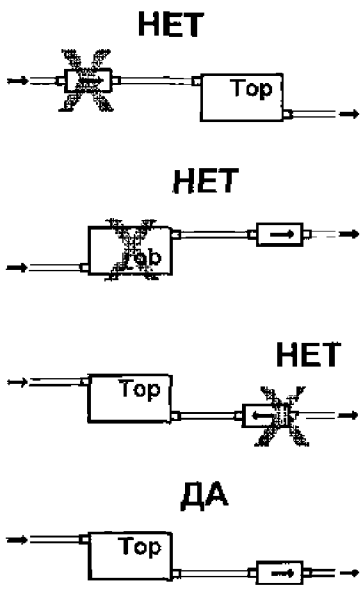


Рис. 21.13

Во-первых, обратные клапаны должны иметь минимально возможное гидросопротивление, так как повышая потери давления на нагнетающей магистрали, они вызывают рост температуры нагнетаемых паров и заметное снижение холодопроизводительности.

Во-вторых, достаточно мельчайшей посторонней частицы (медной стружки, капельки оторвавшегося припоя или флюса), попавшей под седло обратного клапана, чтобы нарушить его герметичность и, следовательно, работоспособность, поэтому монтаж холодильного контура с обратными клапанами должен производиться исключительно аккуратно и тщательно.

Наконец, большинство обратных клапанов могут *хлопать вследствие пульсации давления нагнетания,* если они установлены слишком близко к нагнетающему патрубку, что создает опасность их быстрого разрушения.

Для эффективной работы обратного клапана на магистрали нагнетания его нужно, следовательно, устанавливать *как можно дальше* от компрессора и предпочтительно после глушителя (или маслоотделителя), что позволит задержать возможные посторонние частицы и ослабить пульсации давления.

Заметим, что глушитель при монтаже устанавливается таким образом, чтобы обеспечить свободную циркуляцию масла, для чего на его наружной поверхности выгравировано английское слово «Top», что означает «Верх». При установке глушителя и обратного клапана необходимо учитывать направление движения жидкости и строго соблюдать инструкцию разработчика (см. рис. 21.13).

Проблемы поломки клапанов, вызванные гидроударами, очень часто служат причиной неисправности типа «Слишком слабый компрессор», к изучению которой мы переходим в следующем разделе.

22. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОМПРЕССОР

22.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

Неисправностью типа «Слишком слабый компрессор» мы будем называть все аномалии, способные вызвать потерю мощности у компрессора.

Для анализа проявлений этой неисправности в холодильном контуре в качестве примера будем рассматривать *двухцилиндровый компрессор* с *разрушенным клапаном всасывания.*

A) Проявления в самом компрессоре

При разрушенном клапане всасывания **(поз. 1 на рис. 22.1)** никакого повышения давления в цилиндре с разрушенным клапаном во время подъема соответствующего поршня не происходит.

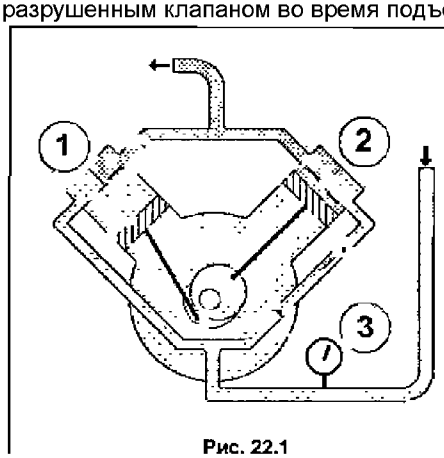


Рис. 22.1

Следовательно, нагнетающий клапан на этом цилиндре открываться больше не может и газ возвращается в магистраль всасывания.

В результате возвратно-поступательное движение поршня в этом цилиндре не вызывает ни нагнетания, ни всасывания хладагента.

С другой стороны, исправный цилиндр всасывает и нагнетает нормально **(поз.2).**
Таким образом, все происходит так, как если бы компрессор был одноцилиндровым, и расход газа, который он способен всосать, падает наполовину.

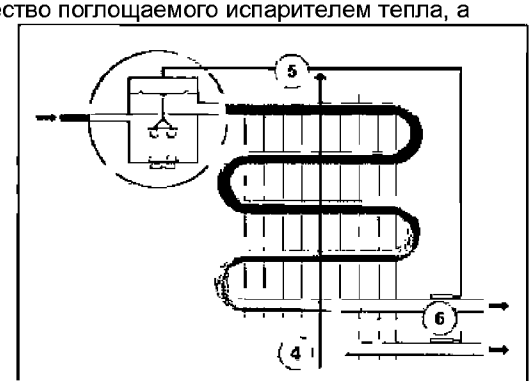
Поскольку компрессор всасывает вполовину меньше хладагента, массовый расход хладагента, циркулирующего в контуре, также падает почти в 2 раза.

Имея в виду, что испаритель при этом способен произвести гораздо больше пара, чем может всосать компрессор, можно ожидать аномального подъема давления испарения **(поз.3).**

B) Проявления в системе ТРВ/испаритель

Напомним, что каждый килограмм жидкого хладагента, проходя через испаритель испаряется, поглощая тепло и производя некоторое количество паров.

Поскольку массовый расход хладагента вдвое уменьшился, количество поглощаемого испарителем тепла, а следовательно и холодопроизводительность также упали.,



Уменьшение холодопроизводительности приводит к повышению температуры внутри охлаждаемого помещения и заставляет потребителя обратиться к ремонтнику, так как «стало слишком жарко».

Ввиду того, что температура в охлаждаемом помещении стала слишком высокой, температура воздуха на входе в испаритель **(поз.4 на рис. 22.2)** также повысилась.

Более того, из-за снижения хладопооизводительности уменьшился перепад температуры воздуха $\Delta\Theta$, что приводит к заметному повышению температуры воздушной струи на выходе из испарителя **(поз.5).**

Другая проблема может возникнуть из-за того, что ТРВ был выбран для обеспечения расхода хладагента, соответствующего номинальной производительности испарителя и компрессора.

Так как производительность испарителя аномально упала, он начинает вести себя так, ***как если бы ТРВ оказался сильно переразмеренным.***

Эта переразмеренность дросселирующего органа может иногда приводить к пульсациям давления и периодически вызывать слабые гидроудары *(см. раздел 8.2. Замечания по поводу пульсаций ТРВ).*

Периодические гидроудары **(точка** 6) и повышенное значение давления испарения не должны вводить в заблуждение неопытного ремонтника, который может ошибочно считать, что ТРВ слишком велик.

Действительно, слишком слабый компрессор вызывает значительное падение холодопроизводительности, тогда как слишком большой ТРВ обеспечивает абсолютно нормальную холодопроизводительность.

ВНИМАНИЕ! НЕ СМЕШИВАЙТЕ НЕИСПРАВНОСТИ ТИПА «СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОМПРЕССОР» И «СЛИШКОМ БОЛЬШОЙ ТРВ».

C) Проявления в системе компрессор/ конденсатор

Охлаждение двигателей герметичных или полу герметичных компрессоров в основном обеспечивается за счет всасываемых паров. Поскольку количество паров резко падает, охлаждение двигателя ухудшается, и корпус компрессора будет более горячим **(поз.7 на рис. 22.3).**

Более того, мы видели, что холодопроизводительность компрессора упала. Следовательно, конденсатор стал переразмеренным по отношению к имеющейся холодопроизводительности, так как был вначале рассчитан на сброс тепла исходя из ее номинального значения.

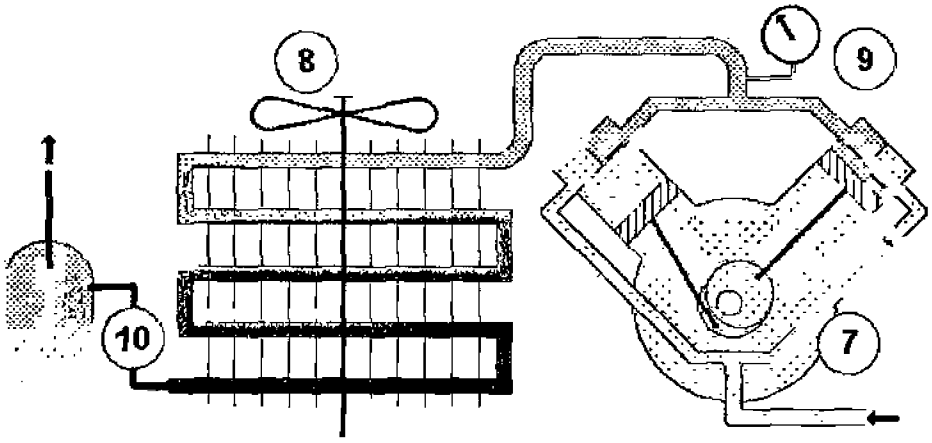


Рис. 22.3

Таким образом, вновь все происходит так, как если бы конденсатор стал переразмеренным.

Если используемый способ регулировки давления конденсации не позволяет менять расход воздуха через конденсатор, то перепад температуры воздуха ΔΘвозд. становится меньше номинального, а температура воздуха на выходе из конденсатора **(поз.8)** падает. Из-за переразмеренности конденсатора давление конденсации **(поз.9)** уменьшается в соответствии с используемым способом его регулировки.

Еще раз напоминаем: не смешивайте неисправности типа «слишком слабый компрессор» и «слишком большой ТРВ». В последнем случае давление конденсации будет вполне нормальным, а скорее повышенным.

Ввиду того, что расход хладагента, циркулирующего по контуру, упал, образовавшиеся излишки жидкого хладагента будут накапливаться в ресивере и в конденсаторе. Поскольку в конденсаторе становится больше жидкости, зона переохлаждения увеличивается, а температура жидкости в нижней части конденсатора падает. В результате переохлаждение жидкости, измеренное на выходе из конденсатора **(точка 10)** будет вполне нормальным или даже повышенным.

Наконец, принимая во внимание, что работает только один цилиндр, механическая энергия, передаваемая компрессором хладагенту для обеспечения его циркуляции, также уменьшается. Соответственно уменьшается и потребляемая компрессором электроэнергия, то есть *сила тока, проходящего через электродвигатель, становится заметно меньше.* Простое измерение с помощью амперметра позволяет очень быстро убедиться, что сила тока, потребляемого двигателем, стала гораздо меньше, чем указано на табличке его корпуса.

22.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

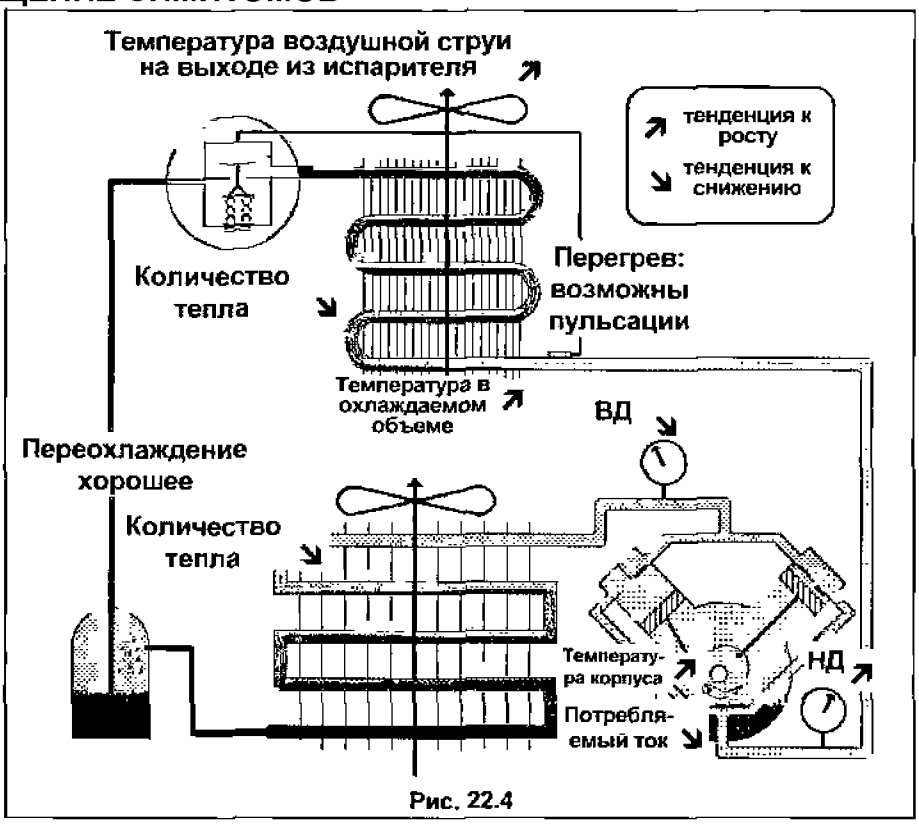


Рис. 22.4

22.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

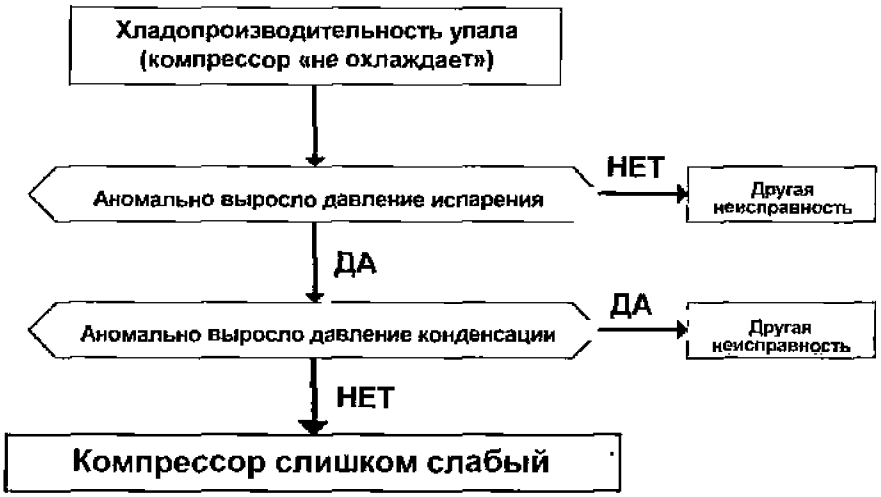


Рис.22.5

Основными показателями этой неисправности является аномальный рост давления испарения при нормальном или даже несколько заниженном давлении конденсации и недостаточной холодопроизводительности.

Не смешивайте эту неисправность с неисправностью типа «слишком большой ТРВ», которая будет давать нормальную холодопроизводительность при одновременном возрастании давления конденсации.

В *случае сомнений сравните потребляемый ток с значением тока, указанным на пластинке, которая прикреплена к корпусу компоессооа.*

22.4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

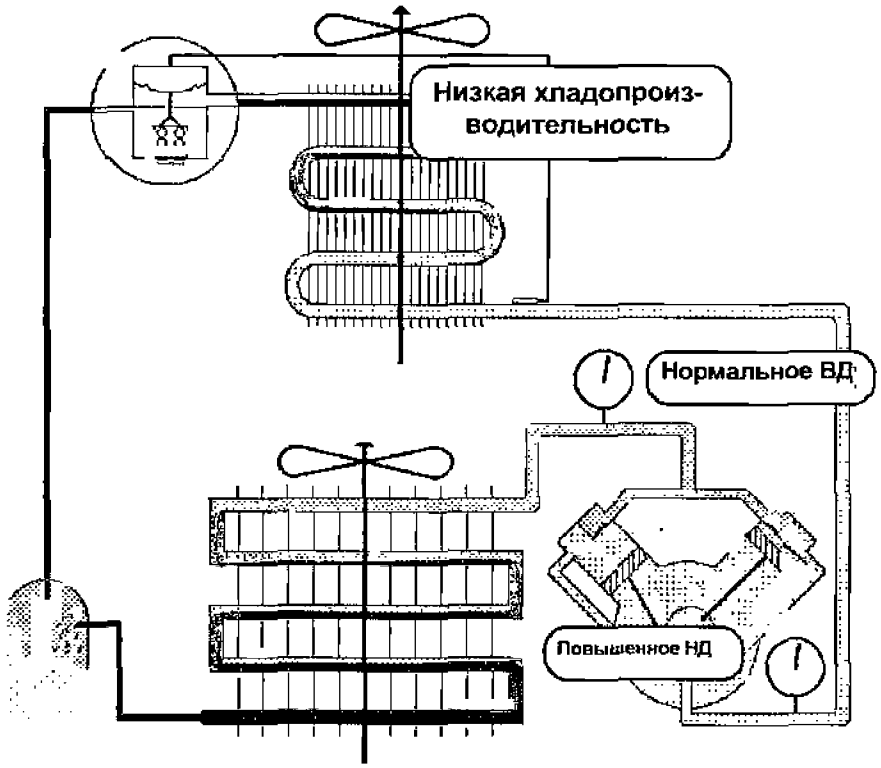




Рис.22.6

Почему **компрессор не охлаждает?..** Посмотрим на манометры... О! **Давление испарения здорово выросло...** Может быть великоват ТРВ? Я глупец, это ведь невозможно, потому что холодопроизводительность упала. **Давление конденсации кажется ,нормальным и даже немного упало...** Следовательно, с конденсатором все в порядке... **ЗНАЧИТ ЭТО НИ ЧТО ИНОЕ, КАК СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОМПРЕССОР!**

22.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

Напомним некоторые дефекты, приводящие к появлению симптомов неисправности «слишком слабый компрессор».

1. Разрушен или потерял герметичность клапан компрессора

2. Прокладка головки блока или клапанного механизма слишком толстая

3. Цилиндры поцарапаны кусочками разрушенного клапана

Эти дефекты были детально рассмотрены в предшествующем разделе (см. раздел 21. Разрушение клапанов.).

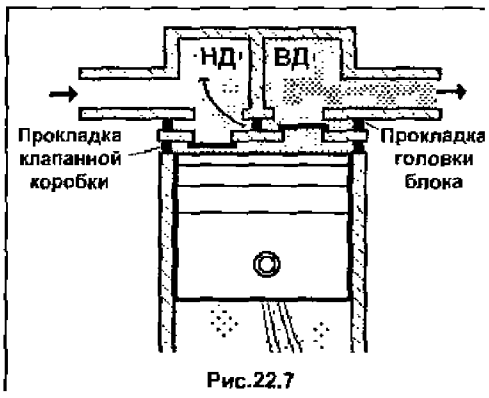


Рис.22.7

4. Прокладка головки блока негерметична между полостями НД и ВД

Прокладка головки блока, установленная между головкой и клапанной плитой, обеспечивает герметичность не только между полостью головки и окружающим пространством, но и между полостями высокого (ВД) и низкого (НД) давлений.

При разборке головки для осмотра или ремонта может оказаться, что прокладка головки прочно «прилипла» к металлу и при ее отрыве она очень легко повреждается или разрушается. Если при сборке ремонтник установит порванную прокладку (или новую прокладку поставит на плохо очищенную поверхность), может образоваться щель между полостями ВД и НД *внутри самой головки* (см. рис. 22.7).

Заметим, что в этом случае в полость НД будут проникать нагретые при сжатии пары ВД, и дополнительно к общим признакам неисправности типа «слишком слабый компрессор» мы будем иметь сильное повышение температуры корпуса компрессора (см. рис. 22.8).

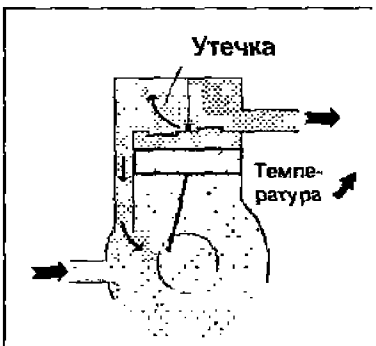


Рис.22.8

Поскольку охлаждение двигателя достигается только за счет всасываемых паров, подъем температуры может оказаться столь значительным, что приведет к остановке компрессора по команде от встроенного реле тепловой защиты (Klixon, Kriwan WT69...).

Таким образом, перед заменой прокладок необходимо подумать не только о проверке их состояния и смазке холодильным маслом, но и о чистоте поверхностей металла и самой прокладки (с обеих сторон).

5. Компрессор работает вполне нормально, но его производительность ниже производительности испарителя

Эта проблема главным образом может возникнуть, если при замене компрессора в описание нового компрессора вкралась ошибка.

С целью устранения данной проблемы следует настоятельно рекомендовать ремонтникам проявлять максимум внимания при составлении выписок из описаний агрегатов, предназначенных для замены.

Ремонтник каждый раз, когда возникает необходимость замены какого-либо агрегата, должен четко понимать, что только ему самому необходимо изучить каталоги, обзвонить поставщиков, чтобы получить нужные материалы и агрегаты. Тем не менее, автору этого учебника доводилось знать одного ремонтника, который

для заказа компрессора ограничился таким описанием: *Кожух герметичный, черного цвета, всасывание 7/8", нагнетание 5/8"*

6. Не •аботает или плохо наст•оен •е лято• п•оизво•ительности

Если компрессор оборудован системой регулирования производительности, недостаток мощности может быть вызван плохой работой этой системы.

Например, если регулировка производительности осуществляется за счет разгрузки цилиндров, недостаток мощности может возникать из-за плохой настройки регулятора, неисправности в электроклапане разгрузки цилиндра, механических поломок в управляющем тракте. Контроль работы электроклапанов, ощупывание головки блока, измерение потребляемой силы тока могут оказаться весьма полезными для оценки реального режима работы компрессора.

Если регулировка мощности осуществляется при помощи регулятора производительности, неисправность может быть вызвана паразитной инжекцией горячего газа, происходящей по разным причинам (см. также раздел 31.1. Регулятор производительности. Способ применения.).

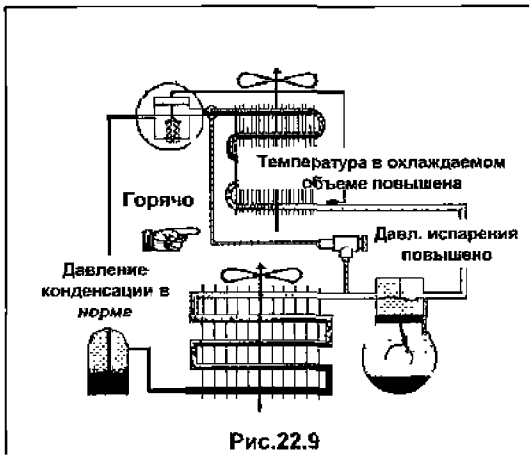


Рис.22.9

Возьмем в качестве примера установку, оборудованную регулятором производительности с перепуском горячего газа с выхода компрессора на выход из ТРВ (см. рис. 22.9).

Если ремонтник констатирует падение холодопроизводительности (слишком высокая температура в охлаждаемом помещении) при наличии признаков «слишком слабого компрессора» (давление конденсации кажется нормальным, давление испарения повышено), простое ощупывание перепускного патрубка позволит ему тотчас же понять, что регулятор производительности открыт, в то время как при повышенной температуре окружающей среды он должен быть герметично закрыт. Тогда ремонтнику следует только установить причину того, что регулятор производительности открыт, хотя давление испарения повышено (плохая настройка, механическая блокировка...), и устранить эту неисправность.

7. Неге•метичность вст•оенного п•е•ох•анительного клапана комп•ессо•а

Некоторые конструкторы предусматривают внутри компрессора установку предохранительного клапана между нагнетающим коллектором и картером (см. рис. 22.10). Этот клапан предназначен для сброса ВД при его опасном повышении (в случае неожиданного закрытия вентиля нагнетания, например) и ограничения роста давления нагнетания путем сброса избыточного давления через байпасную магистраль из полости нагнетания в картер. Пружина этого клапана тарируется разработчиком таким образом, чтобы клапан оставался закрытым при номинальных условиях работы. С другой стороны, *как только рост давления нагнетания становится опасным,* сила, действующая на клапан, приводит к сжатию пружины и открытию клапана. Газ ВД сбрасывается в картер и клапан вновь закрывается. Если давление нагнетания опять возрастает, процесс повторяется. Может случиться так, что этот клапан плохо закрывается или заклинивается в открытом положении и постоянно пропускает более или менее значительное количество паров ВД в картер.

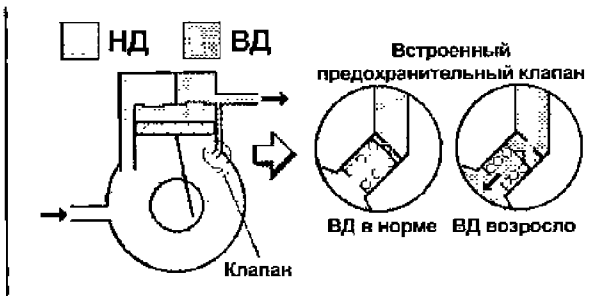


Рис.22.10

В *зависимости от размеров утечки* эта неисправность дает точно такие же симптомы, как не герметичность прокладки между полостями ВД и НД, особенно в части аномально высокой температуры корпуса компрессора (как правило, приводящей к отключению компрессора встроенным реле тепловой защиты), а также аномально

большую продолжительность процесса откачки хладагента из испарителя с помощью компрессора и быстрый подъем давления после остановки компрессора по окончании процесса откачки (если утечки очень большие, откачать хладагент вообще становится невозможным).

8. Компрессор, рассчитанный на питание переменным током с частотой 60 Гц, подключен к сети с частотой 50 Гц

Напомним, что скорость вращения электромотора переменного тока зависит от частоты в сети.

Так например, мотор, изготовленный в США и предназначенный для использования в сети переменного тока с частотой 60 гц, будучи включенным в европейскую сеть с частотой 50 гц, вместо предусмотренных паспортом 1720 об/мин дает только около 1440 об/мин.

Эта проблема может встретиться, главным образом, либо при использовании компрессоров, изготовленных в США, либо изготовленных в Европе и предназначенных на экспорт для использования в странах, где частота переменного тока составляет 60 гц.

Чтобы устранить это несоответствие, некоторые конструкторы предлагают использовать различные хладагенты в зависимости от того, какая частота переменного тока принята в электросети, с целью поддержания одной и той же холодопроизводительности.

Например, Carrier использовал R500 (вместо R12) в некоторых тепловых насосах, изготовленных в США и оборудованных компрессорами на 60 гц.

Следовательно, необходимо учитывать, что машина этого типа (пластинка на корпусе ясно указывает, что используемый хладагент - R500), заправленная после ремонта хладагентом R12, будет иметь пониженную холодопроизводительность.

Заметим, что R500, также как и R12, относится к категории хлорфторуглеродов (CFC) и предназначен к снятию с производства и исключению из обращения.

9. Поплавок маслоотделителя заклинило в открытом положении

Маслоотделитель, редко используемый в кондиционерах, очень широко применяется в промышленном и торговом холодильном оборудовании.

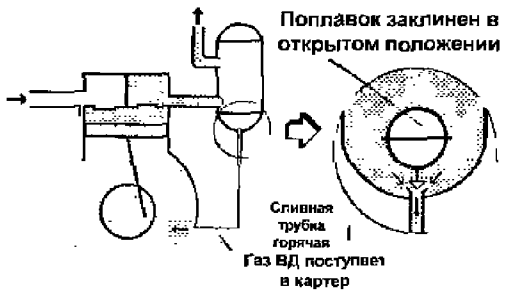


Рис.22.11

Поскольку в задачу нашего учебника не входит подробное рассмотрение технологии холодильных циклов, напомним просто, что отделитель масла в основном предназначен для максимально возможного ограничения циркуляции масла по холодильному контуру за счет его отделения от хладагента на выходе из компрессора в нагнетающей магистрали и возвращения в картер компрессора. Отделяемое от хладагента масло постепенно накапливается внизу маслоотделителя (см. рис. 22.11). Уровень масла поднимается и приподнимает поплавок с прикрепленным к нему клапаном, игла которого при этом открывает отверстие в сливном патрубке, и масло под действием ВД возвращается в картер компрессора.

Может случиться так, что поплавок заклинит в открытом положении (механическое заедание, попадание посторонней частицы под иглу). В этот период полость нагнетания окажется постоянно соединенной с картером, что даст точно такие же симптомы, как и порванная прокладка головки блока.

Обнаружить эту неисправность достаточно легко - при касании сливной трубки, соединяющей маслоотделитель с картером, можно заметить, что она постоянно горячая.

10. Упало число оборотов компрессора

Эта неисправность возникает, главным образом, при использовании открытых компрессоров (двигатель находится снаружи).

Падение числа оборотов компрессора может явиться следствием износа или слабого натяжения ременной передачи. В этом случае неисправность быстро устраняется либо заменой ремней, либо регулировкой натяжения.

Но падение числа оборотов может также иметь причиной слишком маленький диаметр шкива электродвигателя. В этом случае, перед заменой шкива необходимо убедиться, что компрессор может выдержать более высокое число оборотов, и что электромотор имеет достаточный резерв мощности, чтобы обеспечит повышение числа оборотов.

Действительно, потребляемая электрическая мощность растет с ростом числа оборотов компрессора, и необходимо предварительно изучить кривую роста потребной мощности при увеличении числа оборотов компрессора, которая прилагается к документации на компрессор его изготовителем, чтобы определить необходимую для новой скорости вращения электрическую мощность.

Если подтверждается необходимость замены мотора на более мощную модель, следует предусмотреть некоторые моменты.

Действительно, если новый мотор может потреблять явно большую мощность, возрастет сила тока и необходимо, чтобы все электрооборудование было рассчитано на это увеличение (сечение электропроводки, соединительных проводов, мощность плавких предохранителей, размер контакторов, диапазон регулирования реле тепловой защиты...).

Более того, новый мотор может иметь другие габариты и установочные размеры, другой диаметр оси (для насаживания шкива). Скорее всего, он потребует также замены ременной передачи (другая длина, другое сечение).

11. Слишком высокая тепловая нагрузка

Хотя этот случай не позволяет говорить о наличии неисправности собственно в установке (потому, что установка, пусть и недостаточной холодопроизводительности, работает вполне нормально), ремонтник должен уметь распознавать проблемы, возникающие при слишком больших тепловых нагрузках по отношению к номинальной холодопроизводительности установки.

В качестве примера укажем на такие обстоятельства, когда в кондиционируемом помещении сильно возрастает температура из-за того, что в разгаре лета окна оставлены открытыми, или если шторы, защищающие огромные застекленные проемы от прямых солнечных лучей, не опущены.

Точно такая же проблема возникает в холодильной камере с плохой теплоизоляцией или в камере с постоянно открытыми дверьми, а также если закладываемые на хранение продукты имеют очень большую массу или высокую температуру.

Температура в охлаждаемом объеме при этом падает очень медленно и давление испарения остается аномально высоким (потому что полный температурный перепад почти постоянный), что может ошибочно заставить думать о нехватке производительности компрессора.

12. Золотник клапана обратимости цикла в тепловом насосе застрял в среднем положении

Если золотник застрял в среднем положении, между полостями всасывания и нагнетания образуется короткозамкнутый контур

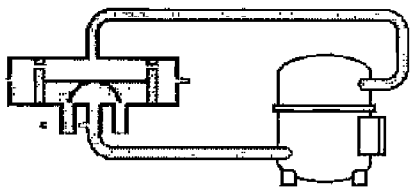


Рис.22.12

При работе теплового насоса по какой-либо причине может случиться так, что золотник клапана обратимости цикла заклинит в промежуточном положении (см. рис. 22.12).

В этот момент образуется более или менее свободный проход между полостями всасывания и нагнетания, что может привести к появлению тех же признаков, что и при неисправности «слишком слабый компрессор» (см. раздел 52. Четырехходовой клапан обращения цикла.).

23. ЧРЕЗМЕРНАЯ ЗАПРАВКА 23.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

Неисправностью типа «Чрезмерная заправка» мы будем называть такую неисправность холодильной установки, при которой причиной дефекта является слишком большое количество хладагента внутри холодильного контура. Рассмотрим симптомы этой неисправности.

A) Проявления в системе компрессор/ конденсатор

Количество хладагента, содержащееся в испарителе, регулируется при помощи ТРВ, поэтому возможные излишки жидкости там находиться не могут.

Единственными местами контура, где есть для этого свободное пространство, являются конденсатор и жидкостной ресивер.

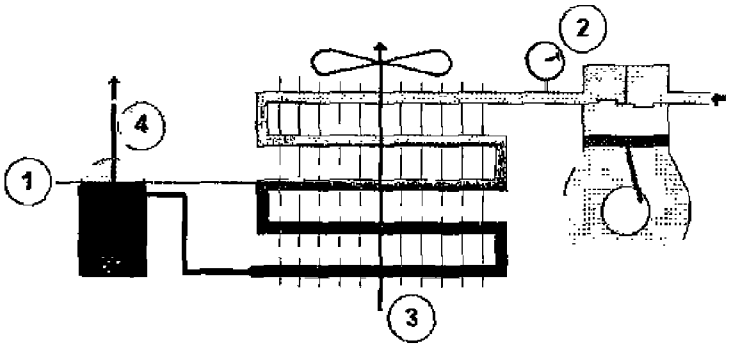


Рис.23.1

Следовательно, в этих двух элементах контура и могут находиться излишки хладагента. Вначале уровень жидкости начнет подниматься в ресивере (назначение которого как раз и заключается в том, чтобы противостоять колебаниям уровня жидкости), затем, по мере его заполнения, внутри конденсатора **(поз.1** на рис. 23.1).

Таким образом, в конденсаторе уровень жидкости окажется аномально высоким. Настолько же уменьшится поверхность теплообмена, предназначенная для того, чтобы снизить перегрев после конденсации паров, которые непрерывно поступают из магистрали нагнетания компрессора.

Ввиду снижения поверхности теплообмена охлаждение газа, поступающего в конденсатор, ухудшается, что приводит к повышению температуры насыщенных паров (а следовательно, и давления) и аномальному росту давления конденсации **(поз.2.** См. также раздел 35. Регулирование конденсаторов с воздушным охлаждением при помощи регулятора давления конденсации).

С другой стороны, поскольку низ конденсатора залит, жидкость, которая там находится, остается в контакте с наружным воздухом гораздо дольше **(поз.3),** что приводит к парадоксу: охлаждение улучшается.

В результате чрезмерная заправка хладагента вызывает одновременно уменьшение размеров зоны конденсации и увеличение зоны переохлаждения.

Поскольку давления конденсации увеличено, а жидкость, покидающая конденсатор, отлично охлаждается, переохлаждение, замеренное на выходе из ресивера (поз.4), будет превосходным и даже аномально высоким.

B) Проявления в системе испаритель/ компрессор

Поскольку давление конденсации повышено, газы, заключенные во вредном пространстве при нахождении поршня в верхней мертвой точке, имеют более высокое давление, что приводит к снижению массового расхода через компрессор и падению холодопроизводительности (см. раздел 9. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность).

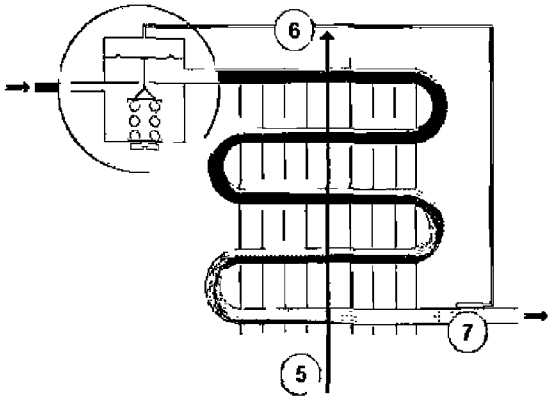


Рис.23.2

Из-за падения холодопроизводительности охлаждение помещения, где установлен испаритель, ухудшается (в пределе при большой избыточной заправке установка может быть выключена предохранительным прессостатом ВД).

Повышение температуры в охлаждаемом помещении приводит к росту температуры воздуха на входе в испаритель **(поз.5).**

Повышение температуры в охлаждаемом помещении при одновременном падении холодопроизводительности обуславливает рост температуры воздушной струи на выходе из испарителя **(поз.6).**

В дополнение к этому из-за повышения давления конденсации, растет производительность ТРВ *(См. раздел 8.1. Производительность ТРВ).*

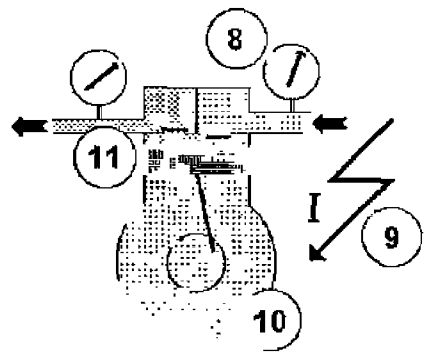
Поскольку испаритель с пониженной холодопроизводительностью запитан через ТРВ с повышенной пропускной способностью, может возникнуть опасность пульсаций ТРВ, причем перегрев, измерений в точке крепления термобаллона **(поз.7)** будет вполне нормальным и даже пониженным.

C) Проявления в компрессоре

Напоминание 1. *Вне зависимости от причины,* если одно из двух рабочих давлений (испарения и конденсации) изменяется в каком-либо направлении, другое давление всегда имеет тенденцию к изменению в том же направлении, за исключением специфической неисправности типа «слишком слабый компрессор», при которой давление конденсации падает, в то время как давление испарения растет.

Итак, мы смогли убедиться, что избыток хладагента в контуре вызывает повышение давления конденсации, приводящее к снижению массового расхода газа, который может пропустить компрессор.

В результате, поскольку давление конденсации повышается, и компрессор всасывает меньше, чем обычно, хладагент, давление испарения также будет иметь тенденцию к повышению **(поз.8** на рис. 23.4).



За исключением неисправности типа «слишком слабый компрессор»

Рис.23.3

Рис.23.4

Напоминание 2. Энергия, которую двигатель должен передать компрессору (и которую он потребляет из электросети), зависит, главным образом, от величины давления конденсации, препятствующего подъему поршня при сжатии газа в цилиндре (см. *раздел 10. Влияние величины давления конденсации на силу тока, потребляемого электромотором компрессора).*

Поскольку при чрезмерной заправке давление конденсации растет, компрессор будет потреблять из сети гораздо больший ток **(поз.9** на рис. 23.4).

Напомним, что охлаждение двигателя герметичных или полугерметичных компрессоров обеспечивается при помощи всасываемых паров.

Ввиду того, что чрезмерная заправка приводит к снижению массового расхода этих паров, охлаждение мотора будет ухудшаться (если только переразмеренный ТРВ не вызовет периодических гидроударов).

Более того, вследствие увеличения силы потребляемого тока по сравнению с нормой двигатель будет еще больше перегреваться.

Так как мотор из-за ухудшения охлаждения и повышения силы тока сильно нагрет, температура картера **(точка** 10), также как и температура нагнетающей магистрали **(точка 11),** возрастут.

Заметим, наконец, что полный перепад температуры на конденсаторе будет также аномально высоким, потому что температура конденсации будет гораздо выше (в соответствии с ростом давления конденсации), чем температура воздуха на входе в конденсатор.

Замечание 1. Чтобы отличить неисправность типа «Чрезмерная заправка» от неисправности, обусловленной наличием в хладагенте неконденсирующихся примесей, часто возникает необходимость проверки наличия таких примесей (см. раздел 24.Проверка наличия в контуре неконденсирующихся примесей).

Итак, примем за правило - никогда не запускать холодильный агрегат после остановки (особенно, если он неисправен) до того, как смонтированы манометры и, вы не спросили себя, взаимосвязана ли температура, соответствующая показанию манометра ВД, с температурой воздуха на входе в конденсатор.

ВНИМАНИЕ! НЕ СМЕШИВАЙТЕ ЧРЕЗМЕРНУЮ ЗАПРАВКУ С НАЛИЧИЕМ В КОНТУРЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ПРИМЕСЕЙ.

Замечание 2. Если факт чрезмерной заправки установлен, значит ремонтник должен слить часть хладагента из контура.

Вплоть до начала 90-х годов на холодильных установках свободно практиковался сброс хладагента в атмосферу без принятия специальных мер предосторожности. Однако хлорфторуглероды (CFC) создали такие проблемы для окружающей среды, главным образом в части влияния на толщину озонового слоя, защищающего Землю от некоторых видов ультрафиолетового излучения, что в кратчайший срок были приняты очень жесткие и суровые ограничения в этом вопросе.

В результате необходимо быть готовыми к значительным переменам, которые наступят в вашей повседневной работе, в частности, к использованию и широкому распространению средств и техники, обеспечивающих слив хладагентов без их выброса в атмосферу (эта техника изучается в разделе 57. Проблемы слива хладагентов).

23.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

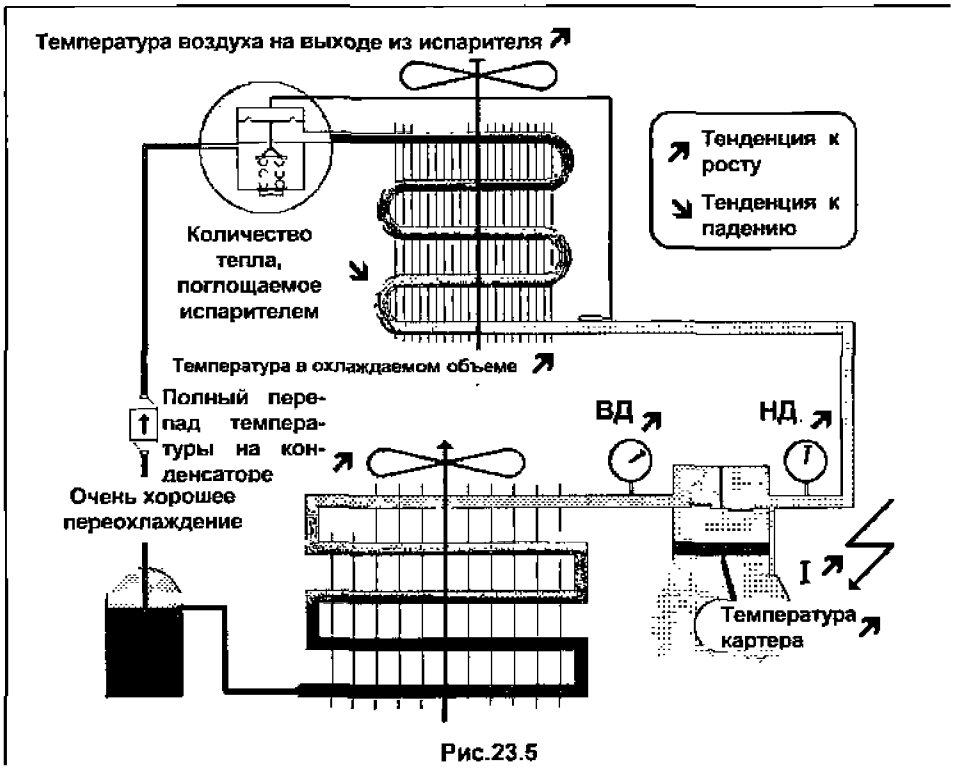


Рис.23.5

23.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

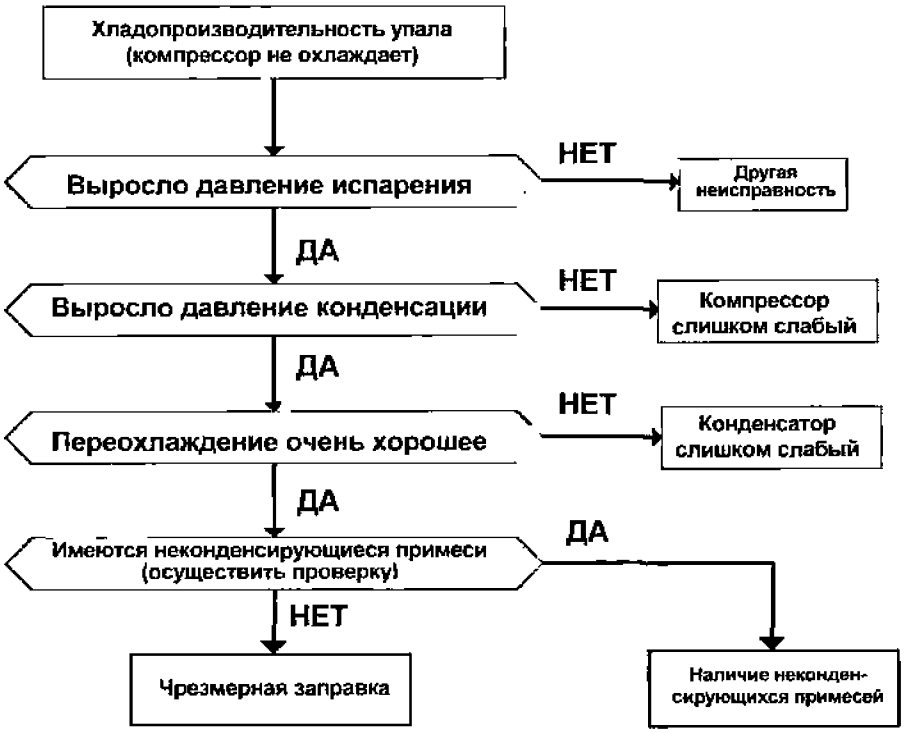


Рис.23.6

Неисправности, приводящие к росту давления конденсации, сравнительно легко распознаются.

Посредственное переохлаждение означает слишком слабый конденсатор (очень часто конденсатор просто грязный).

Хорошее переохлаждение означает либо чрезмерную заправку, либо наличие в хладагенте неконденсирующихся примесей.

23.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

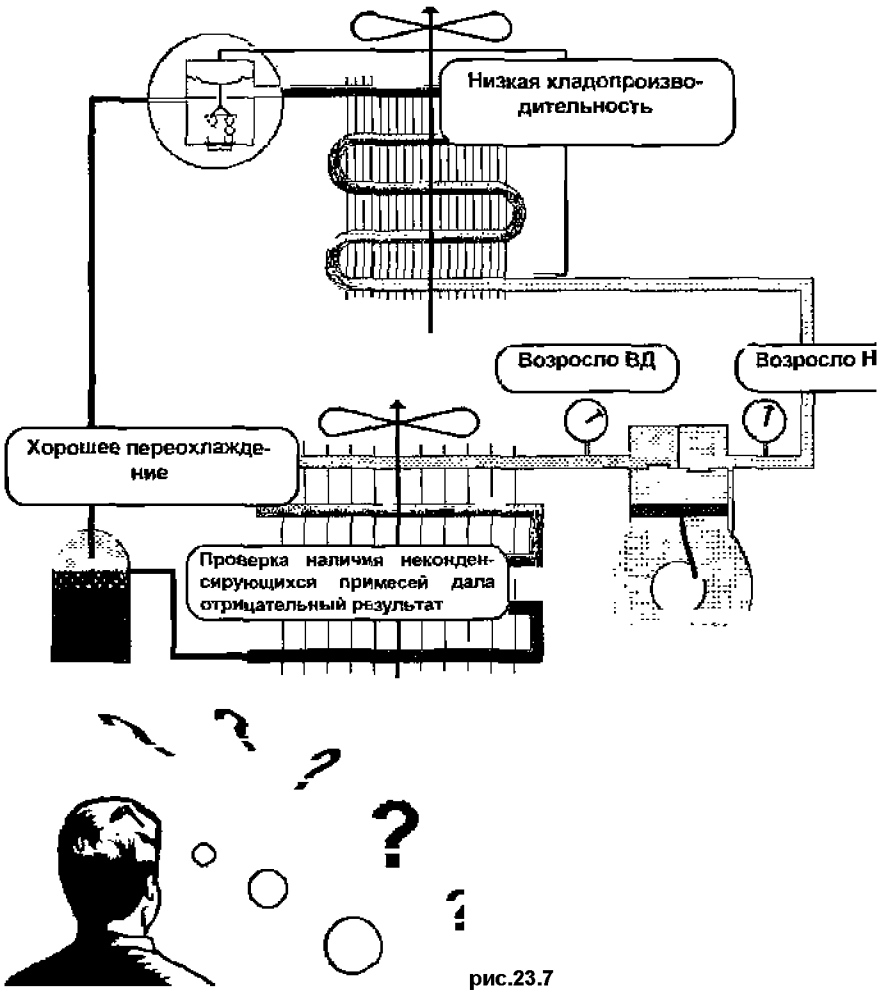


рис.23.7

Почему компрессор **не охлаждает?..** Посмотрим ... О! **Давление испарения возросло!..** Может быть разрушен клапан? Невозможно, **переохлаждение очень хорошее...** Что дала проверка наличия неконденсирующихся примесей? Таких нет...

СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ЭТО НИ ЧТО ИНОЕ КАК ЧРЕЗМЕРНАЯ ЗАПРАВКА.

23.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

Неисправность типа «чрезмерная заправка» имеет обыкновение проявляться с наступлением первых теплых дней, главным образом в тех установках, которые предназначены для работы в *межсезонье* при наружных температурах *скорее пониженных,* и конденсатор с воздушным охлаждением которых *либо плохо регулируется, либо не регулируется совсем.*

Чтобы более наглядно обрисовать ситуацию, представим *себе нормально заправленную установку* такого типа, вполне удовлетворительно работающую в течение всего лета. С первыми холодами уменьшение наружной температуры приведет к заметному падению давления конденсации, если установка не имеет хорошего регулирования.

Снижение давления конденсации, в свою очередь, приведет к ухудшению снабжения ТРВ, а следовательно и испарителя жидким хладагентом, что вызовет падение давления испарения и даже может привести к отключению компрессора предохранительным прессостатам НД.

Если для устранения этой неисправности будет приглашен недостаточно опытный ремонтник, он заметит, что *конденсатор переразмерен,* и может соблазниться искушением *принять временные меры,* заключающиеся в дозаправке установки, что уменьшит поверхность теплообмена конденсатора, снижая тем самым его производительность, и позволит несколько улучшить работу установки при относительно невысокой температуре окружающей среды *{конечно, более опытный и добросовестный ремонтник в первую очередь предложит потребителю соответствующую регулировку давления конденсации)*.

По прошествии зимы, с наступлением первых теплых дней недостаточная поверхность теплообмена конденсатора быстро приведет к значительному росту давления конденсации, обусловливая отключение компрессора предохранительным прессостатам ВД, и приглашенный ремонтник *(часто тот же самый)* зафиксирует чрезмерную заправку, после чего произведет слив части хладагента *(и так далее...)*.

Таким образом, чрезмерная заправка, к сожалению, зачастую обусловлена *недостатком опыта* у ремонтника (или монтажника) вследствие чего он заправляет установку, как говорится «под завязку», считая, что тем самым гарантируется нормальная ее работа, *если вдруг в установке имеется негерметичность*.

***В* качестве напоминания укажем также на случай слишком маленького жидкостного ресивера, который дает точно такие же симптомы, как и чрезмерная заправка.**

Для упрощения операций по обслуживанию размер жидкостного ресивера часто выбирают таким образом, чтобы он вмещал весь хладагент, залитый в установку *(см. раздел 16. Проблема заправки хладагентом, в котором детально рассмотрены проблемы, обусловленные неправильным выбором размеров ресивера)*.

В дальнейшем мы увидим также, что установка регулятора давления конденсации требует оснащения контура ресивером большой емкости, в противном случае с наступлением первых теплых дней могут появиться симптомы чрезмерной заправки *(см. раздел 36. Регулирование давления конденсации. Анализ неисправностей)*.

24. ПРОВЕРКА НАЛИЧИЯ В КОНТУРЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ПРИМЕСЕЙ

A) Влияние неконденсирующихся примесей

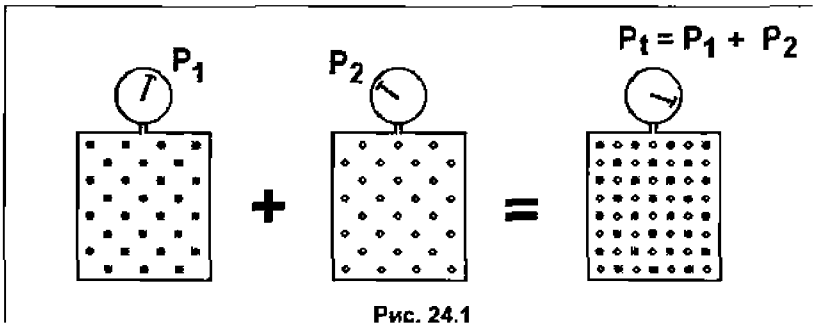


Рис. 24.1

Вначале напомним, что согласно *закону Дальтона* полное давление смеси газов в замкнутом объеме равно сумме парциальных давлений каждого из газов, определяемых как если бы они занимали объем смеси каждый в отдельности.

Поэтому если внутри холодильного контура находятся неконденсирующиеся газы *(как правило, воздух или азот),* парциальное давление этих газов добавляется к нормальному давлению хладагента (см. **рис.** 24.1), давая аномальное повышение полного давления.

Таким образом, аномальный рост давления конденсации является первым следствием наличия значительного количества неконденсирующихся примесей в холодильном контуре.

B) Как неконденсирующиеся примеси могут проникать внутрь холодильного контура ?

Причиной наличия неконденсирующихся примесей внутри холодильного контура часто являются ошибочные действия, например:

- плохое вакуумирование контура или наличие при вакуумировании участков контура, изолированных от вакуумного насоса (закрыты ручные вентили или электроклапаны);

- попадание воздуха в контур при неумелых действиях ремонтника при вскрытии контура для замены или проверки каких-либо агрегатов.

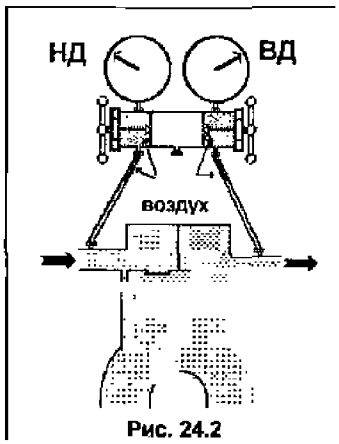


Рис. 24.2

Внимание: после установки манометрического коллектора, если ремонтник не продул гибкие шланги, внутри них и в коллекторе будет находиться воздух (см. **рис. 24.2).**
Впоследствии, *если возникнет необходимость использовать технологические вентили коллектора,* например, для дозаправки установки, воздух, находящийся в гибких шлангах, имеет серьезные шансы попасть в контур.

Такие ошибочные действия ***вдвойне вредны.***

Во-первых, в контур попадает влага, которая может вызвать образование в контуре кислот, *во-вторых,* попавший в контур воздух своим парциальным давлением будет увеличивать нормальное давление в контуре.

Примечание: количество паров воды, содержащихся в атмосферном воздухе, достаточно велико. Например, при температуре воздуха 21 °C и относительной влажности 40% в 1 килограмме воздуха с*одержится более 6 граммов воды, а* при температуре 29°C и относительной влажности 60% -*более 15 граммов.*

C) Где в контуре скапливаются неконденсирующиеся примеси ?

Эти примеси не могут оставаться в жидкостной магистрали или в испарителе, так как оттуда они вытесняются жидким хладагентом.

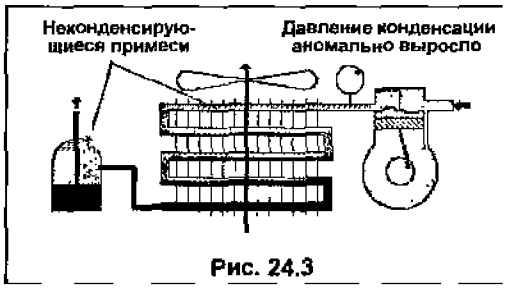


Рис. 24.3

Так как неконденсирующиеся примеси легче, чем пары хладагента, небольшое их количество может находиться в нагнетающем патрубке, но главным образом они скапливаются в верхней части жидкостного ресивера, откуда они больше не могут выйти из-за наличия в ресивере сифонной трубки.

Таким образом, неконденсирующиеся примеси накапливайте? вверху ресивера, и их давление добавляется к давленик конденсации, приводя к аномальному его росту, а следовательно и к росту полного перепада температур на конденсаторе (см. **рис. 24.3).**

D) Как проверить наличие неконденсирующихся примесей ?

Вначале нужно удостовериться, что конденсатор нормально заполнен жидким хладагентом. Для этого рекомендуется жидкость перекачать в ресивер, закрыв выходной вентиль ресивера и заставив компрессор работать до тех пор, пока он не отключиться предохранительным прессостатом высокого давления.

После этого компрессор обязательно должен оставаться выключенным, чтобы не подводить дополнительного тепла в конденсатор.

Теперь необходимо *включить обдув конденсатора при помощи вентиляторов,* чтобы уравновесить температуру жидкого хладагента в конденсаторе с температурой окружающей среды.

Вначале давление в конденсаторе резко упадет, затем скорость падения давления уменьшится, и вскоре давление застабилизируется *(как правило, обдув необходимо производить, по меньшей мере в течение четверти часа).*

После этого достаточно при помощи хорошего термометра измерить температуру воздуха, продуваемого через конденсатор, и сравнить эту температуру с температурой, соответствующей показанию манометра ВД, по шкале взаимосвязи между давлением и температурой для используемого в контуре хладагента.

Например (см. рис. 24.4), если температура воздуха, обдувающего конденсатор, равна 27° С (компрессор при этом должен быть выключен), а контур заправлен фреоном R22, после наступления равновесия манометр ВД должен показывать давление, соответствующее соотношению между температурой и давлением для R22, то есть 10 бар (для R12 это будет около 6 бар, для R134a около 6,1 бара).

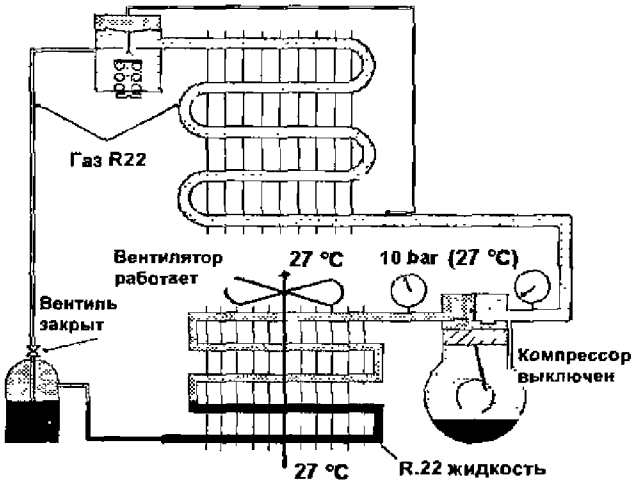


Рис. 24.4

Если соответствующие показания манометра ВД и термометра совпадают с точностью не хуже 2°С, можно сделать вывод об отсутствии в контуре неконденсирующихся примесей.

Можно также утверждать, что в конденсаторе находится, по меньшей мере **одна** молекула жидкого хладагента, поскольку для установления равновесия между температурой и давлением *достаточно единственной молекулы жидкости (см. раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов.).*

Примечание. Как правило, манометры ВД, используемые на монтажных площадках, не являются столь точными, как лабораторные приборы. *Поэтому допустимая ошибка в показаниях при определении равновесной температуры конденсации может на практике составлять около 2 °С.*

E) Если термометр и манометр показывают разные температуры?

Чтобы избежать возможных ошибок (не все установки работают обязательно на R22 или R12), необходимо абсолютно точно быть уверенным в марке хладагента, используемого в данной установке (например, можно посмотреть марку хладагента, указанную на термостатическом элементе ТРВ).

Если температура, соответствующая показаниям манометра ВД: *больше, чем на 2°С превышает температуру,* измеренную термометром, значит в контуре имеются следы неконденсирующихся примесей *(чем больше это расхождение, тем большее количество примесей находится в контуре).*

Если температура, соответствующая показаниям манометра ВД, **ниже температуры, измеренной термометром, больше, чем на 2°С,** *тогда в контуре нет ни одной молекулы хладагента в жидкой фазе* (контур совершенно пустой). *Очевидно, что используемый термометр должен быть полностью исправен, а тарировка манометра должна быть произведена перед его подключением (см.* ***рис.*** *24.5).*

F) Как удалить неконденсирующиеся примеси из контура?

Поскольку эти примеси легче, чем пары хладагента, они скапливаются в верхней части жидкостного ресивера. Но жидкий хладагент выходит из ресивера через сифонную трубку, погруженную в него и Доходящую *до дна ресивера,* поэтому неконденсирующиеся примеси не попадают в эту трубку и могут быть полностью удалены, только если в верхней части ресивера имеется выпускной кран или заглушка (см. **рис.** 24.6). В *некоторых случаях можно стравить часть этих примесей, отвернув гайку на соединении выхода конденсатора с входом в ресивер, если только это соединение не паяное.*

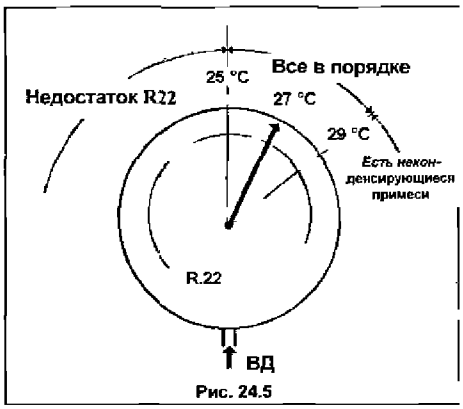


Рис. 24.5

Во всех других случаях ремонтник должен будет вакуумировать установку целиком (соблюдая необходимые правила), чтобы полностью удалить неконденсирующиеся примеси, а потом вновь заправить ее (ясно, что это очень большая работа).

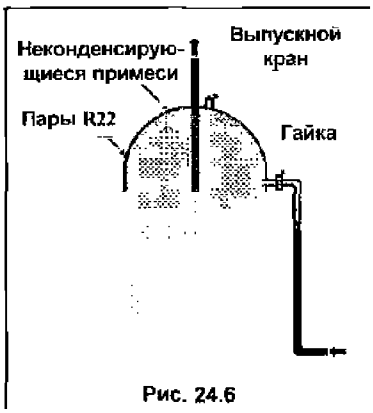


Рис. 24.6

ПРИМЕЧАНИЕ: ***одной из примесей может быть воздух (а, следовательно, и влага) в контуре. Поэтому необходимо проверить цвет индикатора влажности в смотровом стекле, проверить масло на наличие в нем кислоты, и потом выполнить все последующие действия.***

25. НЕИСПРАВНОСТИ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ НАЛИЧИЕМ В КОНТУРЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ПРИМЕСЕЙ

В предыдущем разделе мы обсудили в целом проблему неконденсирующихся примесей в контуре.

В настоящей же главе проанализируем проявления этой аномалии в различных частях контура классической холодильной установки.

A) Проявления в системе компрессор/конденсатор

Неконденсирующиеся примеси (воздух, азот...), какова бы ни была причина их проникновения в контур, не могут оставаться в жидкостной магистрали или в испарителе, откуда они вытесняются хладагентом, проходят в компрессор, а затем нагнетаются в конденсатор и жидкостной ресивер.

Поскольку они более легкие, чем пары хладагента, эти примеси по большей части скапливаются у верхнего днища жидкостного ресивера, *откуда они не могут выйти* из-за того, что ресивер снабжен сифонной трубкой, погруженной в жидкий хладагент и *доходящей до дна* ресивера (см. **точку 1 на рис.** 25.1).

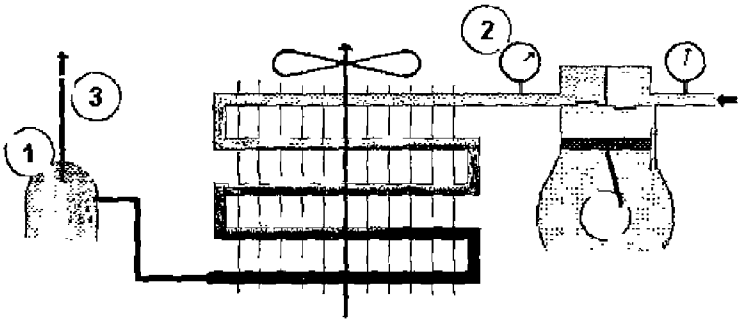


Рис 25.1

В соответствии с законом Дальтона для газовых смесей, парциальное давление примесей будет складываться с парциальным давлением хладагента *(которое является давлением конденсации),* в результате чего полное давление, показываемое манометром ВД **(точка** 2), будет аномально большим.

Поскольку присутствие неконденсирующихся примесей дает *искусственно завышенные* показания манометра ВД, соответствующие, например, температуре конденсации 55°С, *вместо фактического значения этой температуры,* равного, допустим, 40°С, переохлаждение жидкости **(точка** 3) будет казаться исключительно большим (в данном случае, по меньшей мере 15°С) и эта иллюзия будет тем значительнее, чем больше в контуре неконденсирующихся примесей.

B) Проявления в системе ТРВ/испаритель

Ввиду того, что давление нагнетания возрастает, газ, заключенный во вредном пространстве цилиндра при нахождении поршня в верхней мертвой точке, также будет иметь повышенное давление, что приведет к снижению массового расхода газа, всасываемого компрессором, и, как следствие, к снижению холодопроизводительности *(см. раздел 9 Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность).* Снижение холодопроизводительности обусловливает повышение температуры в охлаждаемом помещении (особенно в разгаре лета). В пределе установка может быть выключена по команде предохранительного реле ВД, что заставит клиента обратиться к ремонтникам, «потому что очень жарко».

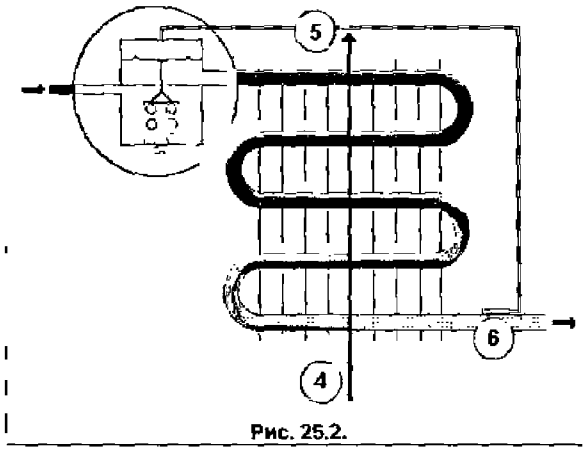


Рис. 25.2.

Повышение температуры в охлаждаемом объеме приводит к повышению температуры воздуха на входе в испаритель **(точка 4 на оис. 25.2),**

Из-за того, что температура воздуха на входе в испаритель возросла, а холодопроизводительность упала, температура воздушной струи на выходе из испарителя **(точка** 5) также будет расти.

Рост давления нагнетания сопровождается увеличением производительности ТРВ *(см. раздел 8.1, Производительность ТРВ.),* хотя холодопроизводительность испарителя будет падать.

Поскольку ТРВ пропускает больше жидкости, чем испаряется в испарителе, это может привести к пульсациям ТРВ, причем перегрев, измеряемый термобаллоном **(точка** 6), будет почти нормальным или слегка пониженным.

С) Проявления в компрессоре

Энергия, передаваемая двигателем компрессору (и потребляемая из электросети), зависит, главным образом, от величины давления нагнетания, препятствующего подъему поршней в цилиндрах во время цикла сжатия газа *(см. раздел 10. Влияние величины давления нагнетания на силу тока, потребляемого электромотором компрессора.)*.

Из-за того, что наличие неконденсирующихся примесей приводит к росту давления нагнетания, электромотор должен будет снабжать компрессор большей энергией и, следовательно, потребляемый им ток увеличится (см. **поз.7** на рис. 25.3).

Напомним, что охлаждение герметичных или полугерметичных компрессоров обеспечивается всасываемыми парами хладагента.

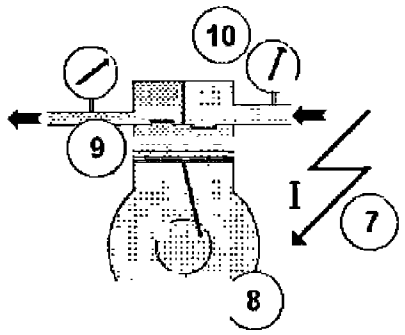


рис.25.3

В связи со снижением массового расхода по причине роста давления нагнетания количество всасываемых паров будет падать и охлаждение двигателя компрессора станет хуже, за исключением случая периодических гидроударов, обусловленных переразмеренностью ТРВ.

Вдобавок к этому электродвигатель компрессора начнет потреблять больший ток, в результате компрессор будет иметь тенденцию к дополнительному нагреву.

Поскольку электромотор станет нагреваться сильнее, а охлаждаться хуже, температура картера компрессора (поз.8) будет гораздо выше, чем нормальная температура, и температура газа в нагнетающем патрубке **(поз.9)** также вырастет.

Заметим, что при этом полный перепад температур в конденсаторе будет аномально высоким, поскольку температура конденсации, согласно показаниям манометра ВД, будет гораздо выше, чем температура наружного воздуха.

Наконец, из-за пониженного массового расхода компрессор всасывает меньше, чем обычно, паров, и давление кипения **(поз. 10)** также будет повышаться.

Будем осторожны! Общие признаки неисправности, обусловленной наличием неконденсирующихся примесей, точно такие же, как и в случае чрезмерной заправки.

Поэтому, чтобы отличить эти неисправности друг от друга, необходимо выполнить проверку наличия в контуре неконденсирующихся примесей.

ВНИМАНИЕ: НЕ СМЕШИВАЙТЕ ЧРЕЗМЕРНУЮ ЗАПРАВКУ С НАЛИЧИЕМ НЕКОНДРНСИРУЮШИХСЯ ПРИМЕСЕЙ.

25.1. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

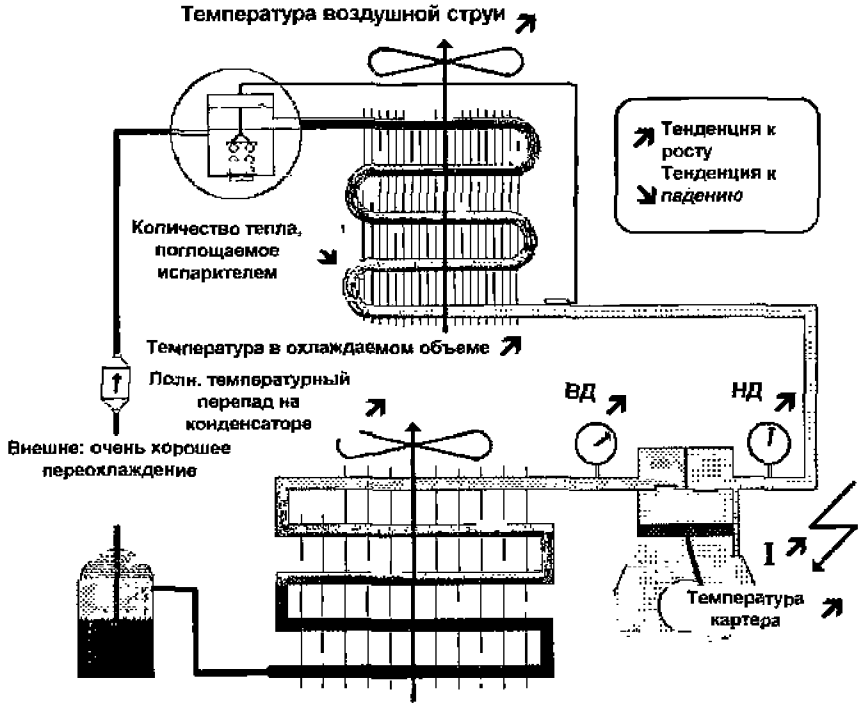


Рис.25.4

25.2. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

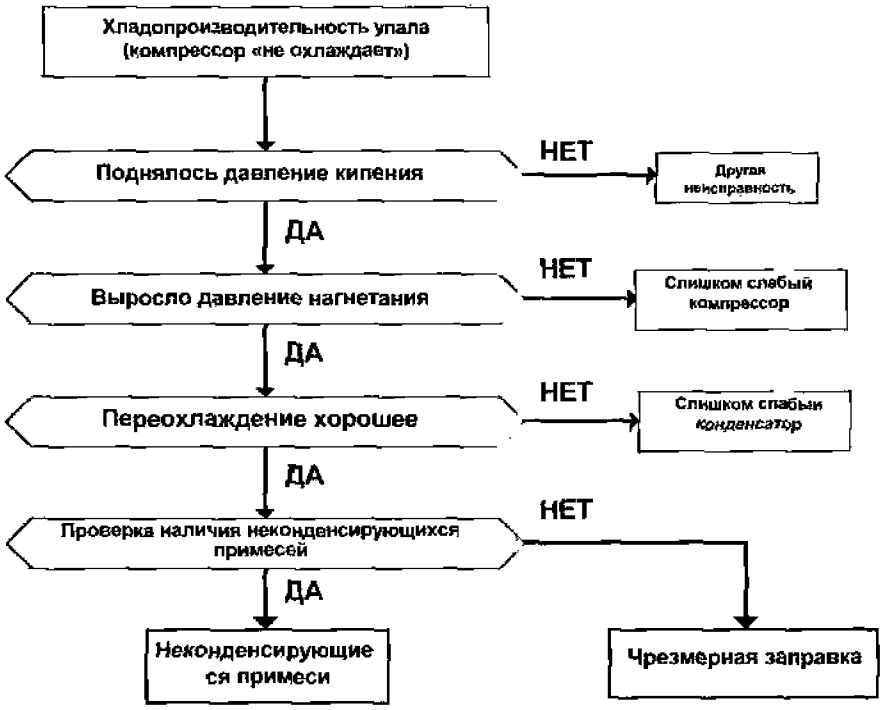


Рис.25.5

ВНИМАНИЕ: **НАПОМИНАЕМ ЕЩЕ РАЗ, ЧТО ЕСЛИ ТЕМПЕРАТУРА ЖИДКОСТНОЙ МАГИСТРАЛИ РАВНА, например, 45°С, то:**

- **переохлаждение СЧИТАЕТСЯ ОЧЕНЬ ХОРОШИМ, если температура конденсации равна 55°С;**
- **переохлаждение СЧИТАЕТСЯ ОЧЕНЬ ПЛОХИМ, если температура конденсации равна 46°С.**

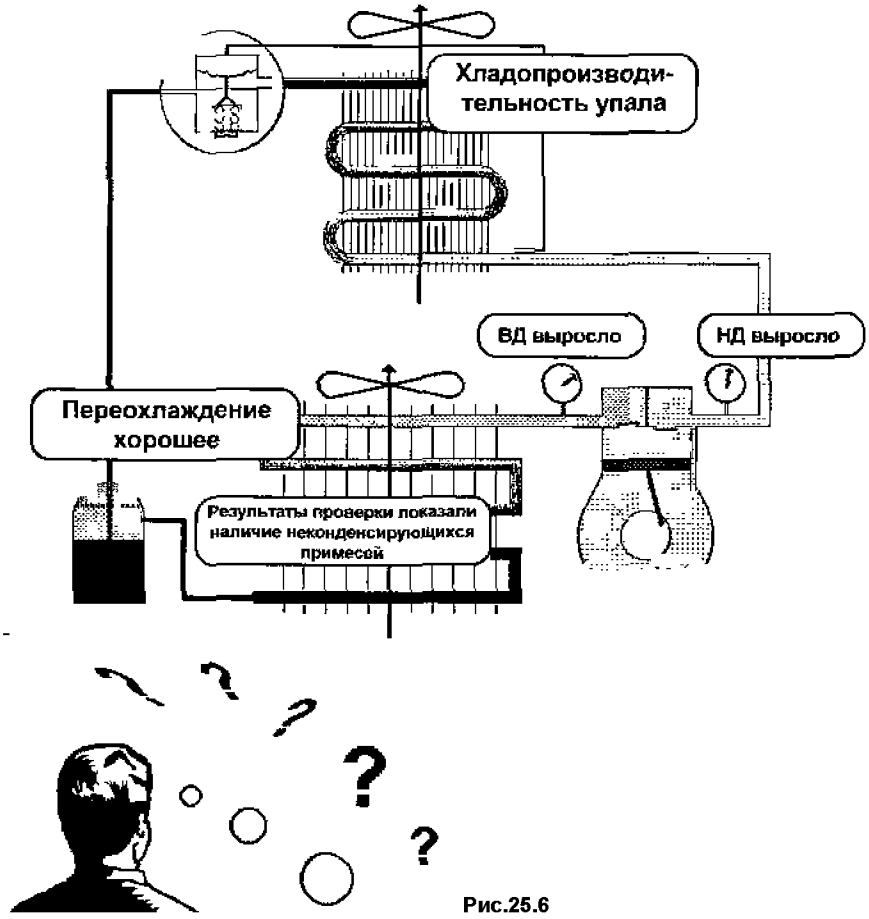


Рис.25.6

Почему компрессор не охлаждает?.. Посмотрим... О! **Выросло давление кипения...** Может быть разрушен клапан?.. Нет, **давление нагнетания тоже сильно выросло...** Слишком слабый компрессор?.. Невозможно, **переохлаждение очень хорошее...**

Что показывают данные проверки наличия неконденсирующихся примесей?.. Вот это да!.. **Разница больше 3 бар!..**

Значит, это ни что иное, КАК НАЛИЧИЕ НЕКОНДЕНСИРУЮЩИХСЯ ПРИМЕСЕЙ!

25.3. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

Ответы на многочисленные вопросы, касающиеся неконденсирующихся примесей, приведены в предыдущем разделе (см. *раздел 24. Проверка наличия в контуре неконденсирующихся примесей.)*.

Тем не менее, мы опишем один практический прием, который зачастую может позволить вам получить значительный выигрыш во времени ремонта.

Быст•ая п•ове•ка наличия некон±енси• ю ихся п•имесей

Когда *вы приступаете к ремонту* только что остановленной холодильной установки, температура жидкого хладагента в ней уравновешивается с температурой воздуха, окружающего конденсатор, очень долго.

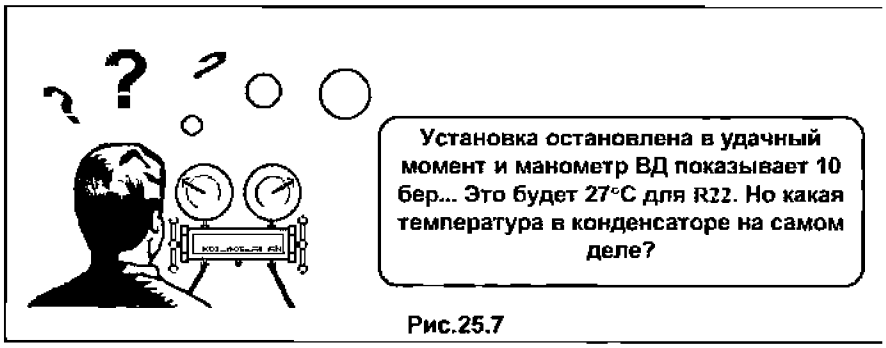


Рис.25.7

Первое, что вы должны всегда делать - это установить ваши манометры.

Далее, перед тем, как попытаться запустить компрессор, *займейте привычку сравнивать температуру воздуха, окружающего конденсатор ,с температурой, соответствующей показаниям манометра ВД.*

Таким образом, вы сможете мгновенно узнать, есть ли следы неконденсирующихся примесей в установке, не проводя специального теста (см. рис. 25.7).

Эти несколько секунд раздумий могут сберечь вам массу времени, предохраняя вас от лишних забот и ошибочных шагов при ремонте.

26. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОНДЕНСАТОР

26.1. АНАЛИЗ СИМПТОМОВ

В соответствии с заголовком данного раздела условимся называть понятием *«слишком слабый конденсатор»* все аномалии, приводящие к аномальному снижению мощности конденсатора.

Чтобы проанализировать возможные проявления этого семейства неисправностей на различных участках холодильного контура, ***мы в качестве примера будем рассматривать конденсатор, у которого сильно загрязнено оребрение.***

А) Проявления в системе компрессор/ конденсатор

Поскольку оребрение конденсатора сильно загрязнено, теплообмен между хладагентом и воздухом, продуваемым через конденсатор, становится очень плохим.

Снижение интенсивности теплообмена приводит к значительному уменьшению мощности конденсатора и плохому охлаждению паров хладагента. В результате температура конденсации повышается.

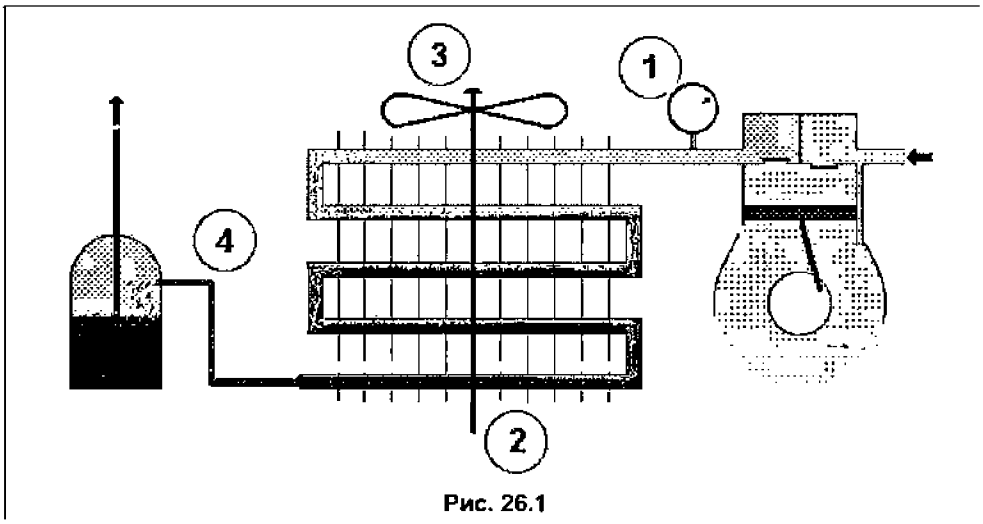


Рис. 26.1

Заметим, что даже легкое загрязнение конденсатора может снизить его мощность на 10.. .30% только по причине падения коэффициента теплообмена без какого-либо заметного влияния на расход воздуха.

Из-за повышения температуры конденсации манометр ВД показывает аномальный рост давления конденсации **(поз.1** на рис. 26.1). Следовательно, полный температурный перепад между температурой наружного воздуха и температурой конденсации становится весьма значительным (поз.2).

Ввиду ухудшения теплообмена между хладагентом и воздухом из-за загрязнения ребер наружный воздух, проходя через конденсатор, нагревается слабо, его температура на выходе из конденсатора **(поз.3)** падает, что приводит к снижению перепада температуры воздуха.

Нехватка мощности конденсатора обусловливает плохую конденсацию паров.

Это означает, что *переохлаждение жидкости,* измеренное на выходе из конденсатора **(поз.4),** *будет сильно уменьшаться* вплоть до полного отсутствия (в предельных случаях можно даже наблюдать прохождение паровых пузырей в смотровом стекле, хотя заправка хладагента абсолютно нормальная).

B) Проявления в системе ТРВ/испаритель

При росте давления конденсации пары, заключенные во вредном пространстве цилиндра, когда поршень находится в верхней мертвой точке, создают более высокое, по сравнению с нормальным, давление, что вызывает снижение массового расхода всасываемого компрессором хладагента и, следовательно, падение холодопроизводительности *(см. раздел 9. Влияние давления на массовый расход и холодопроизводительность).*

Из-за снижения холодопроизводительности температура охлаждаемого помещения повышается, что особенно заметно с наступлением первого тепла. Это приводит к тому, что клиент обращается к ремонтнику, потому что «стало слишком жарко» (в пределе установка может быть выключена предохранительным реле ВД).

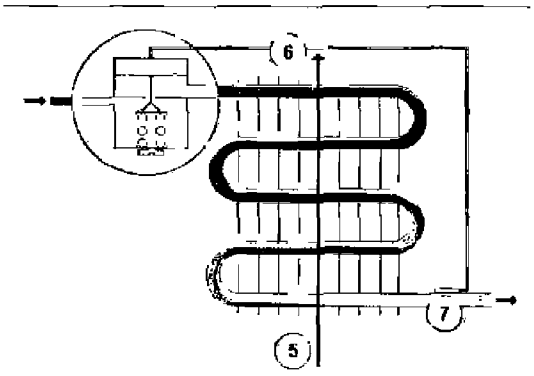


Рис. 26.2

Поскольку температура в охлаждаемом объеме растет, температура воздуха на входе в испаритель **(поз.5** на рис. 26.2) также повышается.

Из-за повышения температуры воздуха на входе в испаритель и одновременного снижения холодопроизводительности температура воздушной струи на выходе из испарителя **(поз.** 6) тоже повышается.

Так как давление конденсации возросло, производительность ТРВ увеличилась *(см. раздел 8.1. Производительность ТРВ),* хотя холодопроизводительность испарителя упала.
Из-за того, что ТРВ пропускает больше хладагента, чем может испариться в испарителе, в отдельных случаях *могут начаться* пульсации ТРВ, при этом перегрев, измеряемый термобаллоном **(поз.7),** будет нормальным или даже пониженным.

C) Проявления в компрессоре

Энергия, которую потребляет приводной электродвигатель компрессора из электросети, зависит, главным образом, от величины давления нагнетания, препятствующего подъему поршня в цилиндре во время такта сжатия паров *(см. раздел 10. Влияние величины давления нагнетания на силу тока, потребляемого электромотором компрессора).*

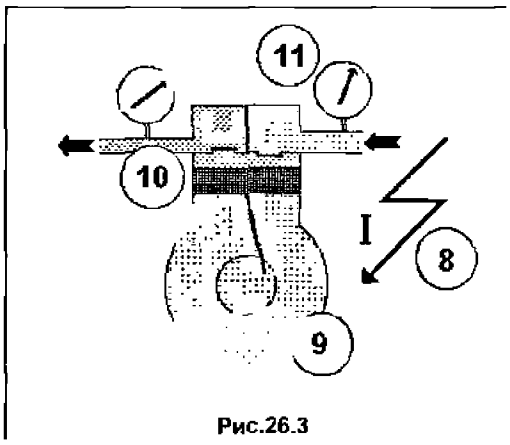


Рис.26.3

Неисправность типа «слишком слабый конденсатор» вызывает рост давления нагнетания, следовательно электродвигатель должен передавать компрессору больше энергии и потреблять из сети силу тока большей величины **(см.поз.8** на рис. 26.3).

Однако, охлаждение герметичных или полугерметичных компрессоров обеспечивается всасываемыми парами.

Поскольку из-за роста давления нагнетания массовый расход падает, количество паров, поступающее в магистраль всасывания, снижается и охлаждение ухудшается.

Так как одновременно растет потребляемый электродвигателем ток, нагрев электродвигателя еще больше увеличивается.

Теперь электродвигатель будет сильнее нагреваться и хуже охлаждаться, поэтому температура картера компрессора **(поз.9)** будет гораздо выше нормальной, также как и температура газа в нагнетающей магистрали **(поз.10).**

Наконец, в связи со снижением массового расхода компрессор всасывает паров меньше, чем обычно, и в результате давление кипения тоже растет **(поз.11).**

D) Две разновидности неисправности типа «слишком слабый конденсатор»

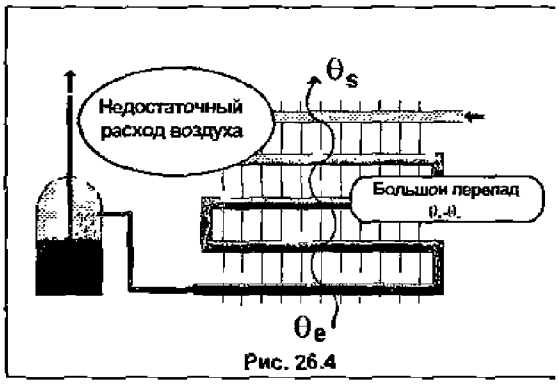
Неисправность типа «слишком слабый конденсатор» подразделяется на 2 основные категории, которые отличаются, главным образом, по величине перепада температур воздуха на выходе и входе в конденсатор.

Есть еще третья разновидность этой неисправности, которая дает те же основные симптомы. Все эти неисправности, обусловленные повышенной температурой воздуха на входе в конденсатор, будут рассмотрены нами более подробно в разделе 26.5. Практические аспекты устранения неисправности.

1) Недостаточный расход воздуха через конденсатор

Падение расхода воздуха через конденсатор приводит к снижению скорости молекул воздуха, проходящих через конденсатор.

Одновременно растет температура трубок и ребер конденсатора из-за того, что температура конденсации повышена.



Снижение скорости воздуха при его прохождении через конденсатор обусловливает *более длительный* контакт молекул воздуха с теплообменной поверхностью конденсатора, *нагретой сильнее,* чем обычно.

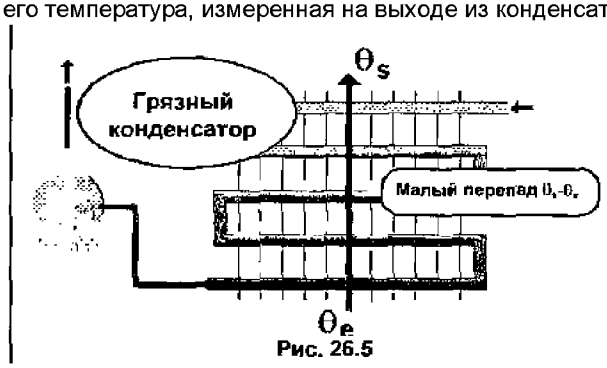
Вследствие этого подогрев воздуха увеличивается, и его температура на выходе из конденсатора 9s увеличивается (см. рис. 26.4).

Следовательно, перепад между температурой воздуха на выходе из конденсатора и температурой на входе в него ΔΘ=Θş-Θe повышается, и этот перепад будет тем больше, чем сильнее падает расход воздуха.

2) Загрязненный конденсатор

Если конденсатор грязный, теплообмен между хладагентом и воздухом ухудшается, так как грязь, покрывающая трубки и ребра конденсатора, играет роль теплоизоляции.

В результате снижения эффективности теплообмена воздух, проходящий через конденсатор, нагревается хуже, и его температура, измеренная на выходе из конденсатора, падает (см. рис. 26.5).



Таким образом, в отличие от случая с недостатком расхода воздуха через конденсатор, загрязнение наружной поверхности конденсатора приводит к снижению величины подогрева воздуха, проходящего через конденсатор, а следовательно и уменьшению величины перепада температур ΔΘ=Θš-Θę

Примечание: Эти теоретические рассуждения относительно температурного перепада для воздуха не следует строго принимать для практического использования и рассматривать как основной инструмент диагностики конденсаторов с воздушным охлаждением, поскольку на практике довольно сложно правильно замерить температуру воздушной струи на выходе из конденсатора (если только речь не идет о вентиляционной сети), и ремонтник в большинстве случаев может состояние чистоты оребрения определить **визуально.**

Однако указанные соображения относительно перепада ΔΘ могут сослужить огромную службу в случае, если установка оборудована конденсатором с водяным охлаждением, поскольку они позволяют абсолютно уверенно определить, имеется ли недостаток расхода воды или водяной тракт покрыт отложениями или накипью.

26.2. ОБОБЩЕНИЕ СИМПТОМОВ

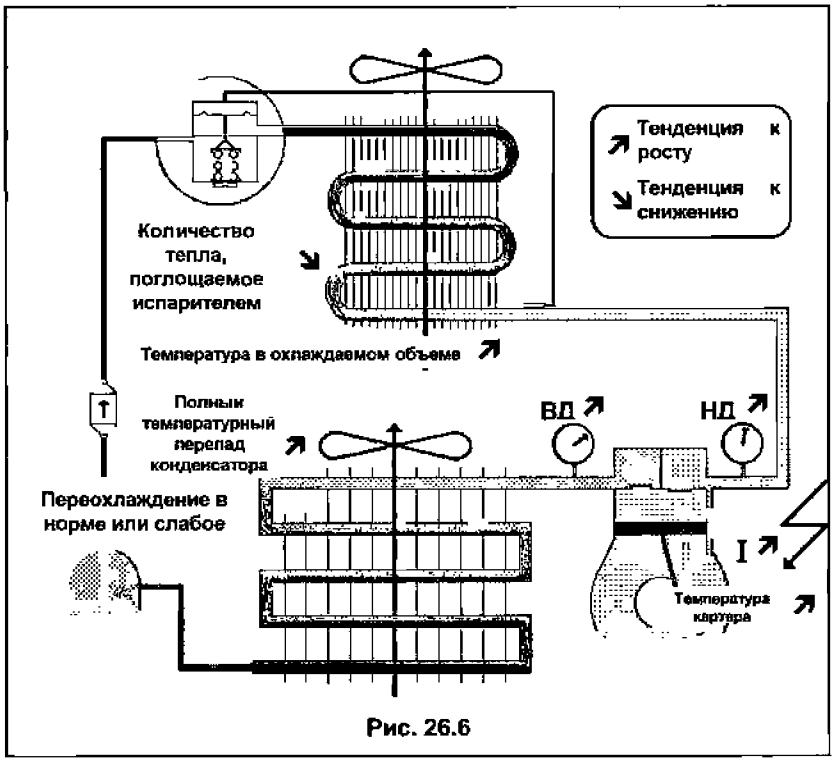


Рис. 26.6

26.3. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

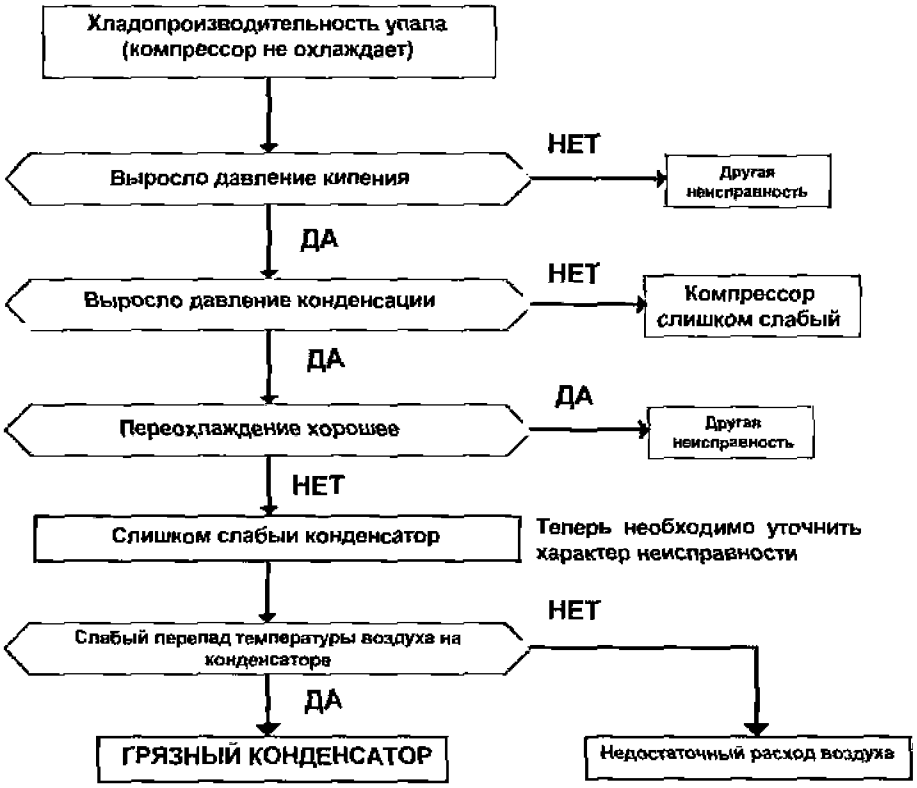


рис. 26.7

Неисправность типа «слишком слабый конденсатор» выявляется относительно просто: это единственная неисправность, при которой одновременно растет давление конденсации и ухудшается переохлаждение.

26.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

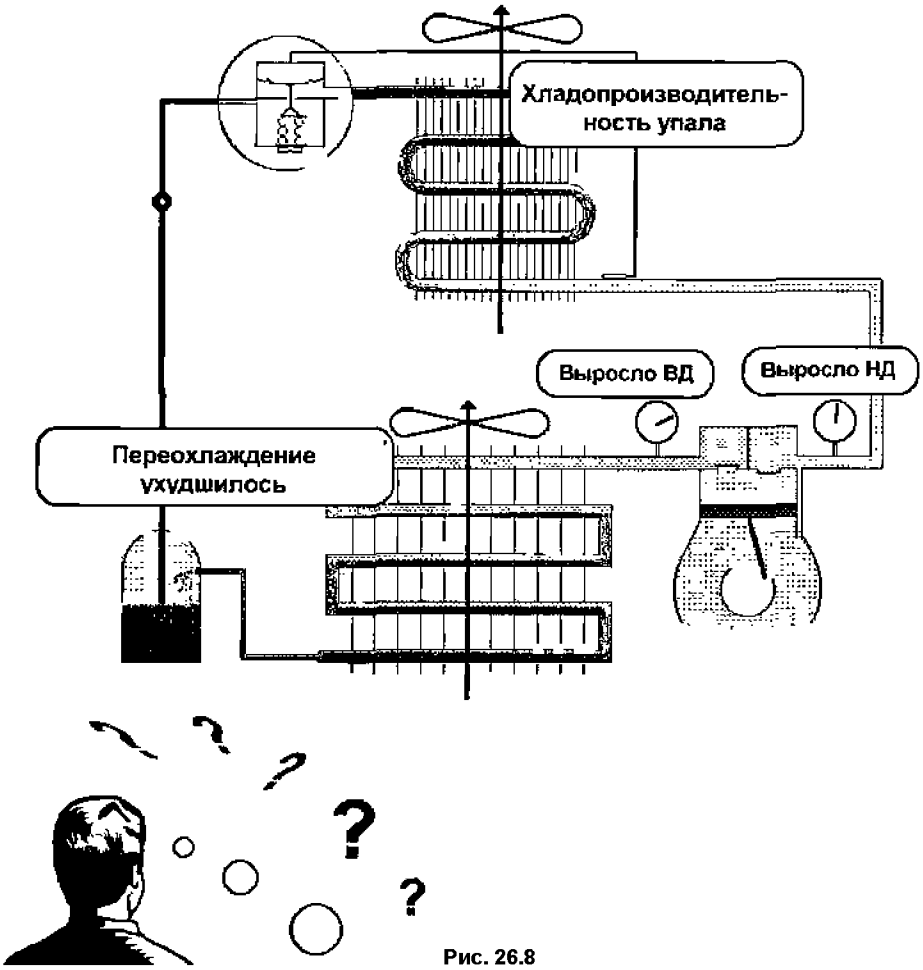


Рис. 26.8

Почему компрессор не охлаждает?.. Посмотрим... О! Выросло давление кипения!.. Может быть вышел из строя ТРВ? Нет, давление конденсации тоже сильно выросло...
Может это чрезмерная заправка или неконденсирующиеся примеси? Невозможно, так как **переохлаждение слабое.** Значит, это ни что иное как

СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОНДЕНСАТОР!

26.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

Напомним, что неисправность типа «слишком слабый конденсатор» подразделяется на две основных разновидности, одна из которых характеризуется *недостатком расхода воздуха* (с большим перепадом температуры воздуха), а другая - *загрязнением конденсатора* (с малым перепадом температуры воздуха), б *настоящем разделе мы рассмотрим, однако, и третью разновидность этой неисправности, характеризующуюся высокой температурой воздуха на входе в конденсатор.*

Неисправность типа «слишком слабый конденсатор» может, следовательно, обусловливаться множеством различных причин, которые дают одни и те же общие симптомы. **Рассмотрим некоторые из этих причин.**

1. Заг•язнение т• бок и •ебе• кон_енсато•а

Конденсаторы с воздушным охлаждением в качестве средства охлаждения, обеспечивающего конденсацию хладагента, используют атмосферный воздух, поэтому часто они устанавливаются вне помещений и оказываются подверженными воздействию наружного воздуха, загрязненного пылью, пухом и т.п.

Тяжелые условия работы таких конденсаторов приводят к тому (это хорошо известно ремонтникам), что чем с меньшей регулярностью конденсаторы очищаются от грязи, тем чаще возникает данная неисправность.

2. Не _ачное •азме ение кон_енсато•а с воз_ шным охл· _ением

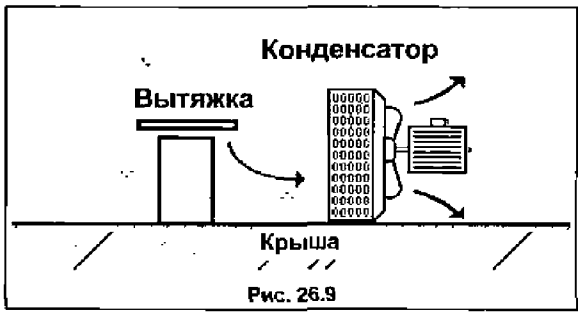


Рис. 26.9

При установке конденсатора с воздушным охлаждением следует особо внимательно отнестись к выбору места для его размещения, поскольку в противном случае вы можете столкнуться с крайне нежелательными и неприятными сюрпризами. Например, устанавливая конденсатор на крыше или террасе, избегайте такого его расположения, при котором он будет всасывать (непосредственно или в результате действия господствующих ветров) выбросы из соседних помещений, особенно если речь идет о жирных и грязных дымах (кухонная вытяжка ресторана) или горячем воздухе (трубы бойлерных, котельных, каминов) (см. рис. 26.9).

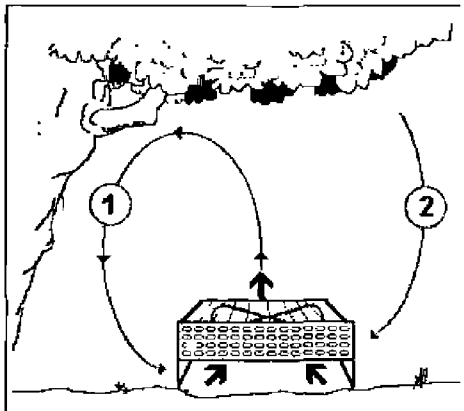


Рис. 26.10

Что касается жирных кухонных испарений, то они оседают на всех поверхностях оребрения конденсатора как снаружи, так и в глубине, что способствует прилипанию пыли и ускоряет загрязнение. Очистка такого конденсатора становится очень тяжелой и часто требует применения специальных средств и моющих материалов.
Внимание! Никогда не используйте для очистки средства, нагретые до высокой температуры. В противном случае давление в конденсаторе может вырасти настолько сильно, что вызовет, в зависимости от значимости установки, либо срабатывание предохранительного клапана, либо разрушение предохранительной заглушки.

Если жирные дымы ускоряют загрязнение, горячие дымы, повышая температуру воздуха на входе в конденсатор, могут вызвать аномальный рост давления конденсации (заметим, что дымы котельных имеют температуру свыше 200°С и, кроме того, они могут привести к повышенной скорости коррозии конструкционных материалов конденсатора).

Другим примером размещения конденсатора, могущего привести к возникновению проблем, является его установка вблизи деревьев, тень от которых защищает конденсатор от солнечных лучей в жаркие часы летних дней (см. рис. 26.10).

Такое размещение может полностью защитить конденсатор от солнечных лучей летом, если только есть гарантия того, что горячий воздух, нагнетаемый вентилятором и выходящий из конденсатора, не возвратится, отразившись от листвы на вход в конденсатор **(траектория** 1), в результате чего очень быстро возрастет давление конденсации и сработает предохранительное реле давления.

Более того, при работе установки в период межсезонья, падающие с деревьев осенью листья никоим образом не должны попадать на вход в конденсатор **(траектория** 2), иначе они быстро забьют конденсатор, сильно сокращая как расход воздуха, так и поверхность теплообмена, что приведет к значительному росту ВД.

Заметим так же, что во время выбора места для конденсатора с воздушным охлаждением необходимо подумать и об охране окружающей среды (в частности, имея в виду нежелательные шумы, производимые конденсаторами, которые расположены в непосредственной близости от жилых помещений).

Если установка предназначена для круглосуточной работы, необходимо также принять в расчет и местные климатические условия.

Например, обильные снегопады в горных районах могут полностью засыпать конденсатор и перекрыть всасывание воздуха, паводок расположенной поблизости реки может совсем его затопить...

3. Вентилятор конденсатора вращается не в ту сторону

Какой бы ни была конструкция конденсатора с воздушным охлаждением (осевой или центробежный вентилятор), разработчик всегда предусматривает вполне определенное направление вращения вентилятора.

Чтобы на практике обеспечить достижение всех *характеристик,* заявленных в проспектах с техническим описанием конденсаторов, необходимо строго соблюдать указания разработчика относительно направления вращения вентилятора.

Так, например, направление движения воздуха, обдувающего конденсатор, выбирается конструктором, чтобы улучшить переохлаждение (более холодный воздух вначале обдувает нижнюю часть конденсатора, в которой находится жидкий хладагент) и (или) повысить коэффициент теплообмена, предусмотрев движение хладагента и охлаждающего воздуха по принципу противотока.

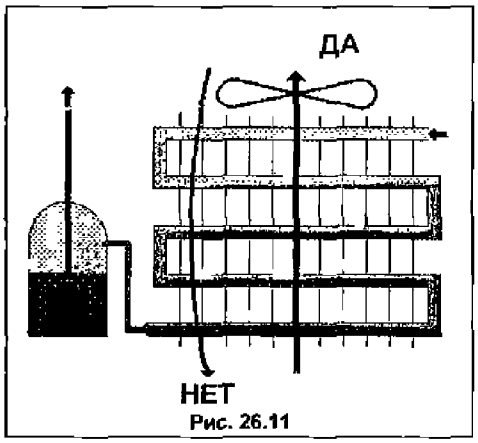


Рис. 26.11

В результате, направление движения воздуха, предписанное конструктором конденсатора, должно строго соблюдаться, в противном случае мощность конденсатора окажется гораздо ниже заявленной. Недостаток мощности приведет при работе конденсатора к заметному снижению полного температурного перепада со всеми признаками неисправности типа «слишком слабый конденсатор», особенно с наступлением первых теплых дней (см. рис. 26.11;. *Если конденсатор оборудован осевым вентилятором,* то при его вращении в обратную сторону направление движения воздуха через конденсатор также меняется на противоположное, что приводит к появлению описанных выше признаков.

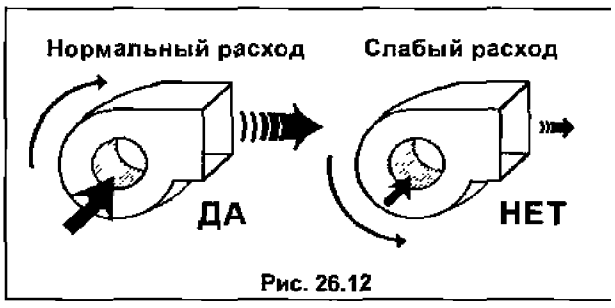


Рис. 26.12

Контроль и ремонт такого дефекта относительно просты, так как направление движения воздуха в конденсаторе с осевым вентилятором зависит только от направления вращения двигателя. С *другой стороны, если конденсатор оборудован вентилятором центробежного типа,* **направление циркуляции воздуха не зависит от направления вращения двигателя,** поскольку в центробежном вентиляторе всасывание всегда происходит в центре улитки, каким бы ни было направление вращения.

Следовательно, контроль направления вращения должен производится визуально и не может быть произведен, как для осевого вентилятора, полагаясь только на направление движения воздуха.

Если центробежный вентилятор вращается в обратную сторону, направление! движения воздуха не меняется, однако расход воздуха резко падает, что приводит к появлению

признаков неисправности типа «слишком слабый конденсатор», обусловленной недостаточным расходом воздуха (см. рис. 26.12).

Наконец, следует отметить явление, которое может произойти, если конденсатор, оборудованный осевым вентилятором, не защищен от воздействия сильных ветров, дующих иногда в той или иной местности.

При остановленном конденсаторе может случится так, что порывы ветра, действуя на лопасти вентилятора, заставят его вращаться в *направлении, противоположном нормальному*.

Если на мотор вентилятора будет подано напряжение, тогда как вентилятор быстро вращается в обратном направлении, могут произойти следующие 2 явления:

а) Если вентилятор снабжен трехфазным двигателем

Направление вращения трехфазного двигателя однозначно определяется схемой подключения 3-х его обмоток к электрической сети.

В том случае, если вызванное действием ветра вращение мотора противоположно заданному, резко повышается пусковой момент сопротивления вентилятора. Это повышение будет тем значительнее, чем выше скорость вращения вентилятора в обратном направлении, что приводит к увеличению времени запуска.

В большинстве случаев трехфазный двигатель способен затормозить вращение вентилятора в обратном направлении и заставить его вращаться в правильном направлении достаточно быстро, несмотря на возникающую при этом перегрузку по току, не допуская срабатывания защитного термореле (заметим, однако, что повторения запуска в этих условиях допускать, конечно, не следует, чтобы продлить жизненный цикл агрегата).

б) Если вентилятор снабжен однофазным двигателем

В этом случае пусковой момент, как правило, слабый (особенно у осевых вентиляторов) и существует опасность того, что после подачи напряжения вентилятор будет вращаться в том же направлении, что и без напряжения, *то есть в обратном*.

Поэтому при выборе места расположения конденсатора с воздушным охлаждением следует проявлять осторожность (главным образом для конденсаторов с осевыми вентиляторами и однофазными двигателями), принимая во внимание господствующие направления ветров с тем, чтобы избежать подобных проблем *(специфические проблемы однофазных двигателей рассматриваются в разделе 53. Однофазные двигатели.)*.

В сомнительных случаях предпочтительно использовать трехфазные двигатели (у которых направление вращения строго фиксировано) и центробежные вентиляторы (которые не будут вращаться под действием ветра без напряжения по причине гораздо более высокого момента сопротивления).

4. Ремень вентилятора проскальзывает или порван

Если ремень проскальзывает, вентилятор вращается со скоростью ниже номинальной, что вызывает падение расхода воздуха (в пределе, если ремень порван, мотор вращается вхолостую, расход воздуха через конденсатор отсутствует и предохранительное реле ВД очень быстро отключит компрессор).

Перед тем, как подтянуть ремень, ремонтник должен проверить степень его износа и при необходимости заменить его.

Он должен также полностью осмотреть и проверить состояние как приводного мотора, так и самого вентилятора (контроль взаимного расположения и, при необходимости, выравнивание; чистота; смазка; механические зазоры; затяжка крепежа...).

5. Мотор, предназначенный для работы на частоте 60 Гц. запитан напряжением с частотой 50 Гц

Еще раз напомним, что скорость вращения электродвигателя переменного тока зависит от частоты в питающей сети.

Так, двигатель, изготовленный в США и рассчитанный на 1720 об/мин при частоте 60 гц, будучи запитанным из сети с частотой 50 гц вращается медленнее и дает только 1440 об/мин (падение числа оборотов составляет 17%).

В этом случае необходимо обратить внимание на табличку, которая прикреплена к корпусу мотора и на которой указаны номинальные условия его работы. Если английский текст имеет указание «60cps» (то есть 60 циклов в секунду - Cycle Per Second), ремонтник быстро поймет причину недостаточного расхода воздуха через конденсатор.

6. Ме ↓ кон↓енсато•ом и вентилято•ом с ество ет ↓ополнительный по↓во↓ воздуха

Имея в виду, что такой дефект может возникнуть при любом типе вентилятора и его расположении (осевой или центробежный, всасывающий или обдувающий), мы в качестве примера рассмотрим центробежный всасывающий вентилятор (см. рис. 26.13).

При нормальной работе вся масса воздуха, которая выходит из короба вентилятора **(точка** 3), предварительно проходит через конденсатор **(точка** 1). Если между этими двумя агрегатами существует дополнительный приток воздуха (плохо закрытая панель воздуховода, порвана уплотнительная прокладка), какое-то количество воздуха всасывается непосредственно вентилятором, не проходя через конденсатор **(точка** 2).
Заметим, что при этом расход воздуха в струе на выходе из вентилятора может казаться совершенно нормальным, потому что в любом случае он равен расходу воздуха, *действительно прошедшего через конденсатор* **(точка** 1) *плюс добавочный расход* **(точка** 2).

В соответствии с величиной дополнительного притока воздуха снижение расхода воздуха, обдувающего конденсатор, может оказаться достаточным, чтобы вызвать аномальный рост давления конденсации, сопровождаемый всеми признаками неисправности типа «слишком слабый конденсатор».

7. Колесо или винт вентилятора проскальзывает на своей оси

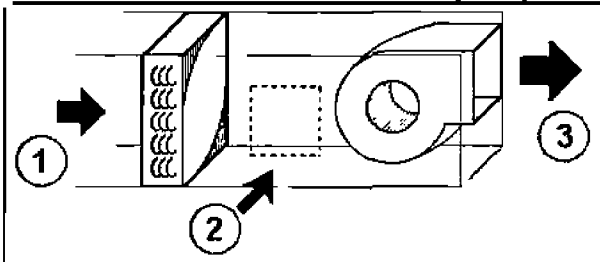


Рис. 26.13

Этот дефект обычно присущ небольшим вентиляторам, у которых крепление винта к оси осуществляется с помощью простого стопорного болтика. Выявить такой дефект можно очень быстро с помощью визуального контроля, тем более, что как правило, он сопровождается тревожным шумом, обусловленным тем, что винт вентилятора «болтается» на оси мотора.

8. Винт неправильно расположен по отношению к конденсатору

Если циркуляция воздуха через конденсатор обеспечивается при помощи осевого вентилятора, его расположение относительно конденсатора должно строго соответствовать геометрическому центру последнего, чтобы поддерживать расход воздуха и характеристики вентилятора на уровне номинальных.

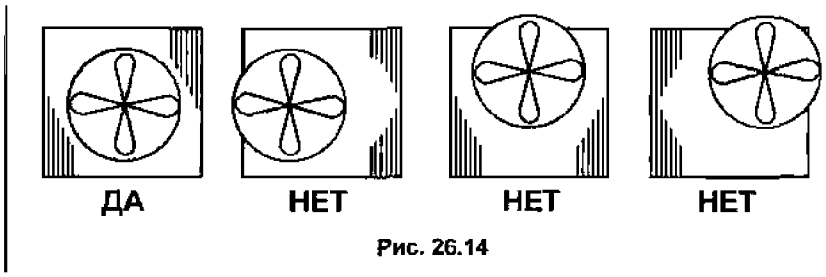


Рис. 26.14

При ремонте вентилятора возможна ситуация, когда он окажется смещенным от центральной оси конденсатора (см. рис. 26.14), причем неважно в каком направлении, горизонтальном или вертикальном, в результате чего значительная часть поверхности теплообмена конденсатора будет находиться вне основного потока продуваемого через него воздуха ***(например, когда приводной ремень слишком длинный или слишком короткий).***

26. СЛИШКОМ СЛАБЫЙ КОНДЕНСАТОР

Снижение реальной поверхности теплообмена конденсатора может вызвать недостаток мощности, не позволяющий обеспечить нормальную конденсацию.

Другая проблема может возникнуть, если винт вентилятора снабжен кольцевым ободком, предназначенным для управления потоком воздуха с целью повышения КПД вентилятора, а следовательно, и расхода воздуха.

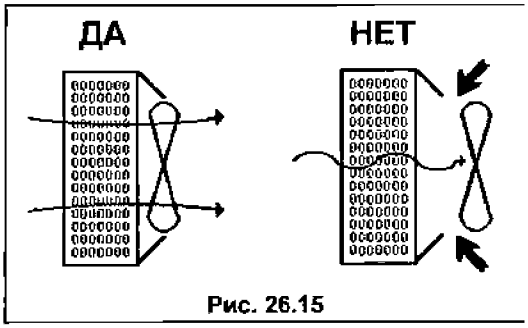


Рис. 26.15

Если после ремонта винт не установлен строго на первоначальное место по отношению к ободу, значительная часть воздуха, всасываемого вентилятором, может проходить через него, минуя конденсатор (см. рис. 26.15).

Такой неверный монтаж винта также может вызвать заметное снижение расхода воздуха через конденсатор и, следовательно, стать причиной аномального роста давления конденсации.

Отсюда мы делаем следующий вывод. При разборке агрегатов, особенно незнакомых, монтажник *всегда должен* перед разборкой пометить взаимное расположение их деталей (и без колебаний эти пометки нанести на схемы).

Такая элементарная предосторожность часто может уберечь от ошибок при сборке этих агрегатов, какого бы типа они не были.

9. Возв•ат наг•етого воз↓ ха на вхо↓ в кон↓енсато•

Эта проблема уже рассматривалась нами в начале настоящего раздела, когда речь шла о конденсаторе, расположенном под деревом, листва которого вызывает возврат горячего воздуха.

Существует очень много других примеров создания вредных вторичных потоков горячего воздуха, попадающего на вход в конденсатор. В примере на рис. 26.16 конденсатор с горизонтальной струёй воздуха на выходе установлен очень близко к стене с нарушениями инструкций разработчика. Значительная часть горячего воздуха, выходящего из этого конденсатора, поднимается вдоль стены и вполне нормально удаляется в атмосферу **(траектория** 1), однако многочисленные воздушные струйки, отражаясь от стены, вновь всасываются на вход в конденсатор **(траектории 2 и** 3), где существует небольшое разрежение.

Этот нагретый воздух, повторно всосанный в вентилятор, искусственно повышает среднюю температуру окружающей среды.

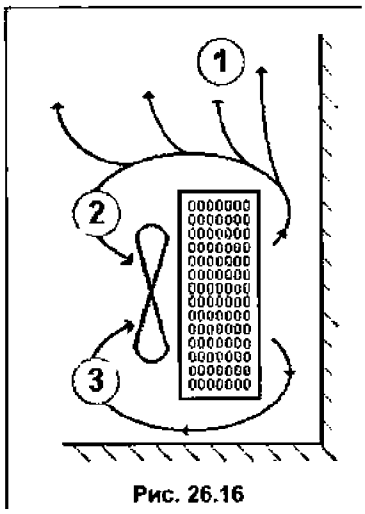


Рис. 26.16

Поскольку температура воздуха на входе в конденсатор повышается, то и на выходе из него она также обязательно повышается (на величину перепада температуры воздуха).

Но часть этого более горячего воздуха вновь возвращается на вход в конденсатор и, следовательно, опять повышается температуру (и так далее...). Таким образом, температура воздуха на входе в конденсатор очень быстро становится заметно выше реальной наружной температуры, вызывая заметное повышение давления конденсации.

Другой случай попадания нагретого воздуха на вход в конденсатор может реализоваться, если несколько конденсаторов установлены в ряд друг за другом, и воздух, выходящий из одного конденсатора имеет возможность попадать на вход другого.

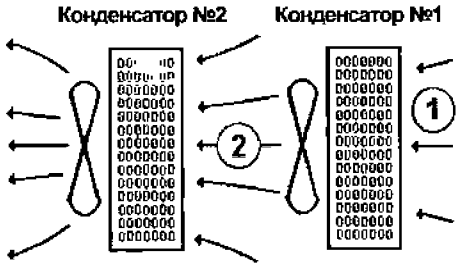


Рис. 26.17

Так, в примере на рис. 26.17 конденсатор №1 всасывает воздух с нормальной температурой (поз.1), что позволяет поддерживать вполне нормальное значение давления конденсации. С другой стороны, конденсатор №2, установленный очень близко, всасывает часть воздуха, выходящего из конденсатора №1 **(поз.2).** Рассмотрим данную ситуацию более подробно...

В качестве примера возьмем два одинаковых конденсатора, каждый из которых работает с температурным перепадом по воздуху ΔΘвозд=8°С и полным температурным перепадом ΔΘполн=16°С, и которые установлены

таким образом, что значительная часть воздуха, выходящего из конденсатора №1, всасывается конденсатором №2 (см. рис. 26.18).

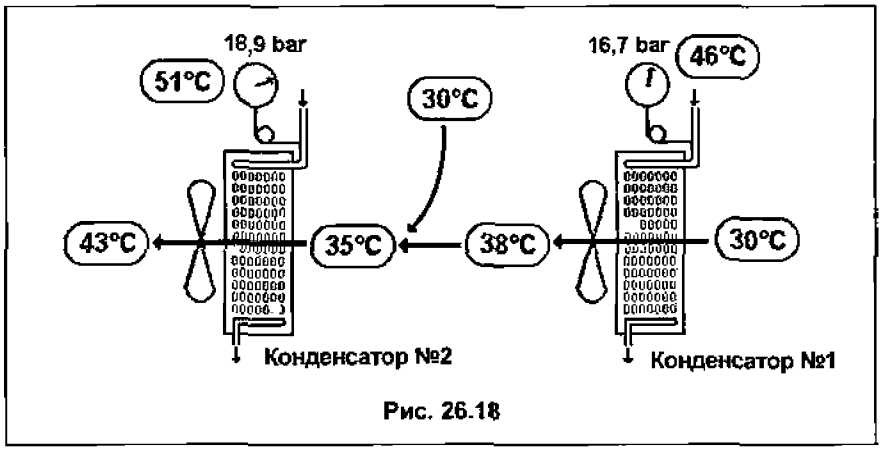


Рис. 26.18

Пусть температура воздуха на входе в конденсатор №1 равна 30°C, тогда на выходе из него получим 30+8=38°C, а температура конденсации в конденсаторе №1 будет 30+16=46°C (т.е. давление конденсации 16,7 бара ВД для R22).

Представим, что часть воздуха с выхода конденсатора №1 при температуре 38°C, смешиваясь с наружным воздухом при температуре 30°C, приобретает температуру 35°C и попадает на вход конденсатора №2.

Тогда температура воздуха на выходе из конденсатора №2 составит 35+8=43°C, а температура конденсации в нем будет 35+16=51°C (т.е. давление конденсации 18,9 бара ВД для R22 вместо предусмотренных 16,7 бара).

Заметив, что в контуре №2 давление конденсации аномально выросло, а переохлаждение незначительное, хороший ремонтник быстро сделает вывод о том, что конденсатор слишком слабый.

Поскольку температура снаружи равна 30°C, измерив температуру воздуха на выходе из конденсатора №2 и получив ее значение равным 43°C, не замечая при этом, что существует попадание нагретого воздуха на вход в конденсатор №2, он рискует сделать **ошибочный вывод** о значительной нехватке расхода воздуха, поскольку внешне температурный перепад по воздуху очень большой (13°C).

Следовательно, нужно быть очень осторожным в своих суждениях, так как повышенная температура воздуха на входе в конденсатор, независимо от причины этого повышения, может вызывать симптомы того, что конденсатор слишком слабый.

Заметим, что для конденсации при температуре 46°C при температуре воздуха на входе конденсатора №2, равной 35°C, потребовалось бы, чтобы полный перепад был равен 11°C, для чего был бы необходим гораздо более высокий расход воздуха, а также значительный прирост теплообменной поверхности (то есть гораздо больший конденсатор).

10. Плохо от•е ли•ован или не •аботает ₁ополнительный кон₁енсато•

В настоящее время, когда цены на воду все больше и больше растут, а воздух остается практически бесплатным, конденсаторы с водяным охлаждением используются все реже, уступая конденсаторам с воздушным охлаждением даже для установок большой мощности.

Не вдаваясь в подробности отметим, что выбор конденсатора с воздушным охлаждением производится таким образом, чтобы при обычных значениях наружной температуры в летний период высокое давление оставалось в разумных пределах.

Однако некоторые специалисты выбирают конденсатор, ориентируясь на максимальные значения наружной температуры для данного региона *(которые устанавливаются зачастую в течение всего нескольких часов в году),* понимая, что в оставшиеся периоды года конденсатор будет *сильно переразмерен.*

Впрочем, иногда в таких случаях встречается использование двух последовательно задействованных конденсаторов, один из которых имеет воздушное охлаждение, а другой - водяное, как представлено на схеме рис. 26.19.

Большую часть года в такой конструкции работает только конденсатор с воздушным охлаждением, способный в одиночку обеспечить вполне нормальные значения БД (поз.1).

В это время конденсатор с водяным охлаждением работает только *как жидкостной ресивер,* поскольку циркуляция воды в нем отсутствует **(поз.2),** а водяной клапан, управляемый высоким давлением хладагента **(поз.3),** закрыт.

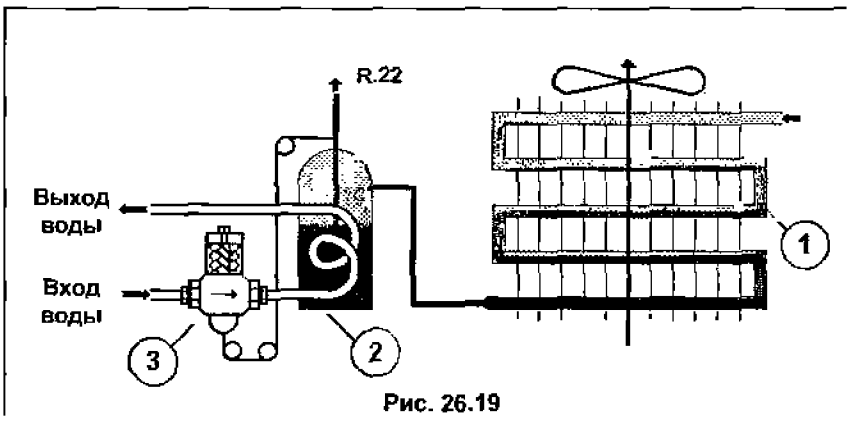


Рис. 26.19

В разгаре лета, когда наружная температура в течение несколько часов может очень сильно возрастать, конденсатор с воздушным охлаждением становится слабым, что приводит к росту давления конденсации.

В этот период водяной клапан, отрегулированный таким образом, чтобы ограничивать рост давления конденсации, открывается, вода начинает циркулировать в контуре и рост давления конденсации прекращается.

Таким образом, данная система позволяет большую часть времени обходиться небольшим конденсатором с воздушным охлаждением, который легко регулируется, когда наружная температура уменьшается.

При повышении наружной температуры до исключительно больших значений конденсатор с водяным охлаждением подключается к работе автоматически (простой настройкой управляющего давления водяного клапана), и позволяет за счет повышения мощности, которое он обеспечивает, сохранить значения давления конденсации в разумных пределах, тем самым, улучшая переохлаждение в моменты, когда особенно сильно возрастает потребность в холоде.

Если дополнительный конденсатор не может развить номинальную мощность (плохо отрегулирован водяной клапан, управляющая магистраль клапана засорена или неправильно подключена, закрыт кран подачи воды в контур, упал расход воды, тракт конденсатора с водяным охлаждением покрыт внутри накипью или осадками...), установка такого типа будет иметь тогда все признаки неисправности типа «слишком слабый конденсатор».

Внимание: в установках такой конструкции может наблюдаться и чрезмерное потребление воды, которое может быть обусловлено либо неправильной настройкой водяного клапана, либо (даже если водяной клапан отрегулирован правильно) аномально высоким значением давления конденсации по причине другой неисправности (поломки вентилятора, чрезмерной заправки, наличия неконденсирующихся примесей...).

Заметим, что в конденсаторе с водяным охлаждением вход воды всегда должен находится снизу. Такая схема обеспечивает вначале контакт холодной воды с жидкостью, находящейся внизу конденсатора, что позволяет максимально улучшить переохлаждение жидкости.

11. Большие потери давления в воздуховоде конденсатора

Когда конденсатор с воздушным охлаждением расположен в нижней части здания, для подвода к нему наружного воздуха, а также для удаления нагретого при охлаждении конденсатора воздуха, иногда используются специальные воздуховоды.

В этом случае в сети воздуховодов возникают потери напора, иногда весьма значительные (длина сети воздуховодов, шумоглушители, задвижки или заслонки...), что требует использования центробежных вентиляторов (осевые вентиляторы для этого не подходят, так как они в меньшей степени способны противостоять большим потерям напора).

Рассмотрим в качестве примера зависимость расхода воздуха от потерь давления, представленную на рис. 26.20, которая иллюстрирует изменение расхода воздуха в воздуховоде, оснащенном центробежным вентилятором, конденсатора с воздушным охлаждением. При расчетных потерях 15 декапаскалей (дПа) вентилятор обеспечивает потребный расход 13000 ^{м3час} **(точка** А).

Если фактические потери по какой-либо причине становятся выше и достигают, например 23 дПа, расход воздуха падает до 10000 ^{м3час}, давая симптомы неисправности «слишком слабый конденсатор» из-за падения расхода воздуха **(точка** В).

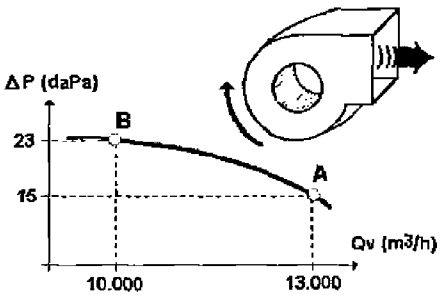


рис. 26.20

Если вентилятор оборудован регулируемым шкивом, позволяющим менять расход воздуха, ремонтник может сделать это очень быстро, в противном случае эту неисправность устранить довольно сложно *(похожая ситуация детально рассмотрена в разделе 20.5 Практические аспекты устранения неисправности типа «слишком слабый испаритель».).*

12. Загрязнено большое число ребер конденсатора

Если ребра конденсатора сильно загрязнены, циркуляция воздуха в нем ухудшается, расход воздуха падает и мощность конденсатора снижается.

Более того, загрязнение ребер снижает поверхность теплообмена, что усиливает эффект падения мощности. Объединение этих двух явлений приводит к появлению всех общих признаков неисправности типа «слишком слабый конденсатор».

В этом случае ремонтник должен произвести визуальный осмотр ребер (как сзади, так и впереди конденсаторной батареи) и при необходимости тщательно вычистить загрязненные ребра при помощи специального гребня, шаг зубьев которого в точности соответствует расстоянию между ребрами.

Делать это нужно очень осторожно, так как кромки ребер представляют собой острые, как бритва, пластины.

13. Конденсатор подобран неправильно и его мощность недостаточна

Эту неисправность, к счастью довольно редкую, всегда очень сложно выявить, поскольку при этом необходимо осуществить проверку расчетов по подбору нужного конденсатора и выполнить тщательный анализ табличных данных для всех элементов установки.

14. Неисправен или неправильно настроен клапан давления конденсации

Существует множество технологий для регулирования давления конденсации в установках с конденсаторами воздушного охлаждения, в том числе путем воздействия на хладагент (см. *раздел 36. Регулирование давления конденсации. Анализ неисправностей.),* либо на расход воздуха (воздействуя непосредственно на вентиляторы или при помощи регулировочных заслонок).

После установки любой системы регулирования, вне зависимости от ее конструкции. ремонтник, при поиске причины аномальных значений давления конденсации, должен, прежде всего, убедиться, что используемая система регулирования полностью отвечает мощности применяемого конденсатора (например, все вентиляторы должны обеспечивать возможность вращения с максимальной скоростью; заслонки, если они существуют, должны иметь возможность полного открытия, и т.д.).

Нужно также убедиться в том, что температура воздуха на входе нормальная выше мы видели, что высокая температура воздуха на входе в конденсатор также вызывает симптомы неисправности типа «слишком слабый конденсатор»).

15. Не работает один из вентиляторов конденсатора

При повышении мощности конденсатора увеличиваются также и его размеры. Тогда появляется необходимость установки нескольких вентиляторов, чтобы обеспечить потребный расход воздуха.

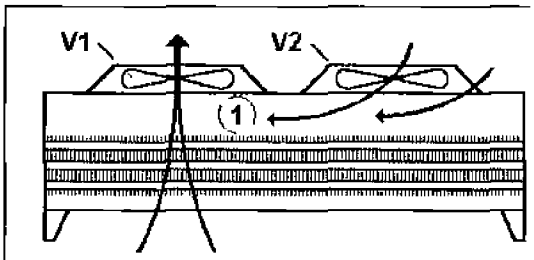


Рис. 26.21

В примере на рис. 26.21 конденсатор оборудован двумя осевыми вентиляторами V1 и V2, *которые при повышении наружной температуры должны работать одновременно.*

В этот момент, если, например, вентилятор V2 останавливается из-за какой-либо неисправности (обрыв обмотки, плохой электрический контакт, отключение с помощью реле тепловой защиты...), в то время, как вентилятор V1 работает нормально, происходит резкое падение расхода воздуха, обдувающего теплообменную поверхность конденсатора.

Заметим, что поскольку в зоне всасывания вентилятора V1 имеется небольшое разрежение **(поз.1),** значительное количество воздуха может проходить через лопасти вентилятора V; вместо того, чтобы нормально пересекать конденсаторную батарею.

Этот паразитный расход может оказаться настолько существенным, что вызовет вращение вентилятора V2 в направлении, противоположном нормальному.

Неопытный ремонтник, ограничивающийся быстрым визуальным контролем вентиляторов (вместо того, чтобы измерить силу потребляемого тока), может ошибочно заключить, что вентилятор V2 работает вполне нормально.

Такая неисправность может привести к столь значительному падению расхода воздуха, что появятся признав неисправности типа «слишком слабый конденсатор».

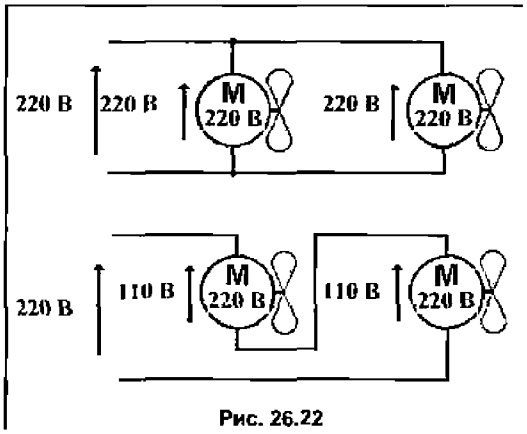


Рис. 26.22

16. Два вентилятора соединены последовательно

В примере на рис. 26.22 конденсатор оборудован двумя вентиляторами, каждый из которых приводится в действие своим однофазным двигателем с напряжением питания 220 В.

Оба мотора должны обязательно соединяться параллельно, чтобы каждый из них был запитан напряжением 220 В, обеспечивающим их нормальную работу.

Если вследствие ошибки при подключении моторы соединены последовательно, каждый из них находится под напряжением 110 В (вместо 220 В).

Такое снижение напряжения питания приводит к очень сильному падению скорости вращения вентиляторов и, следовательно, к заметному уменьшению расхода воздуха, вызывая тем самым все признаки неисправности типа «слишком слабый конденсатор».

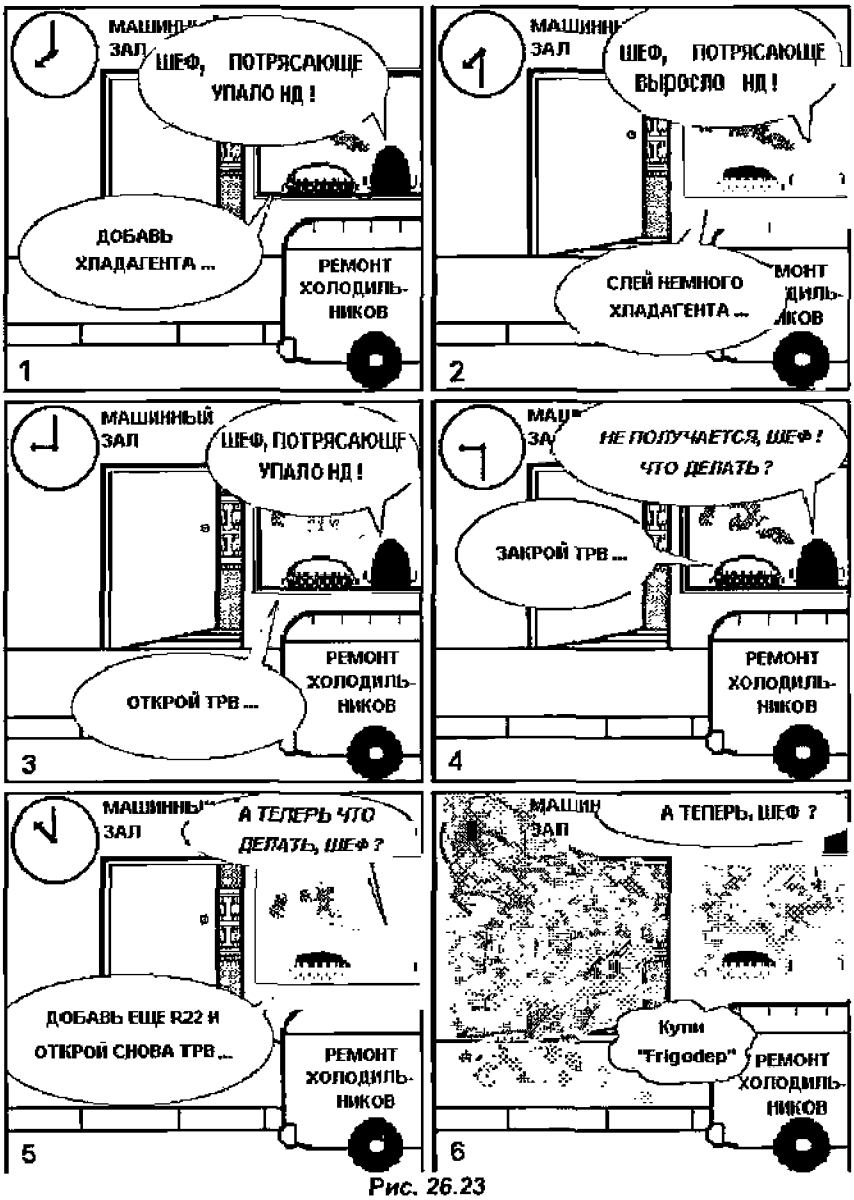

МАШИННЫЙ ЗАЛ
ШЕФ, ПОТРЯСАЮЩЕ УПАЛО НД !
ДОБАВЬ ХЛАДАГЕНТА ...
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИКОВ
1
МАШИННЫЙ ЗАЛ
ШЕФ, ПОТРЯСАЮЩЕ ВЫРОСЛО НД !
СЛЕЙ НЕМНОГО ХЛАДАГЕНТА ...
2
МАШИННЫЙ ЗАЛ
ШЕФ, ПОТРЯСАЮЩЕ УПАЛО НД !
ОТКРОЙ ТРВ ...
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИКОВ
3
НЕ ПОЛУЧАЕТСЯ, ШЕФ ! ЧТО ДЕЛАТЬ ?
ЗАКРОЙ ТРВ ...
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИКОВ
4
МАШИННЫЙ ЗАЛ
А ТЕПЕРЬ ЧТО ДЕЛАТЬ, ШЕФ ?
ДОБАВЬ ЕЩЕ R22 И ОТКРОЙ СНОВА ТРВ ...
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИКОВ
5
А ТЕПЕРЬ, ШЕФ ?
Купи "Frigodep"
РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНИКОВ
6

Рис. 26.23

27. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ. УПРАЖНЕНИЕ

Заполните пустые зоны на блок-схеме рис.27.1 таким образом, чтобы восстановить последовательность действий, позволяющую распознать основные неисправности, которые мы только что изучили.

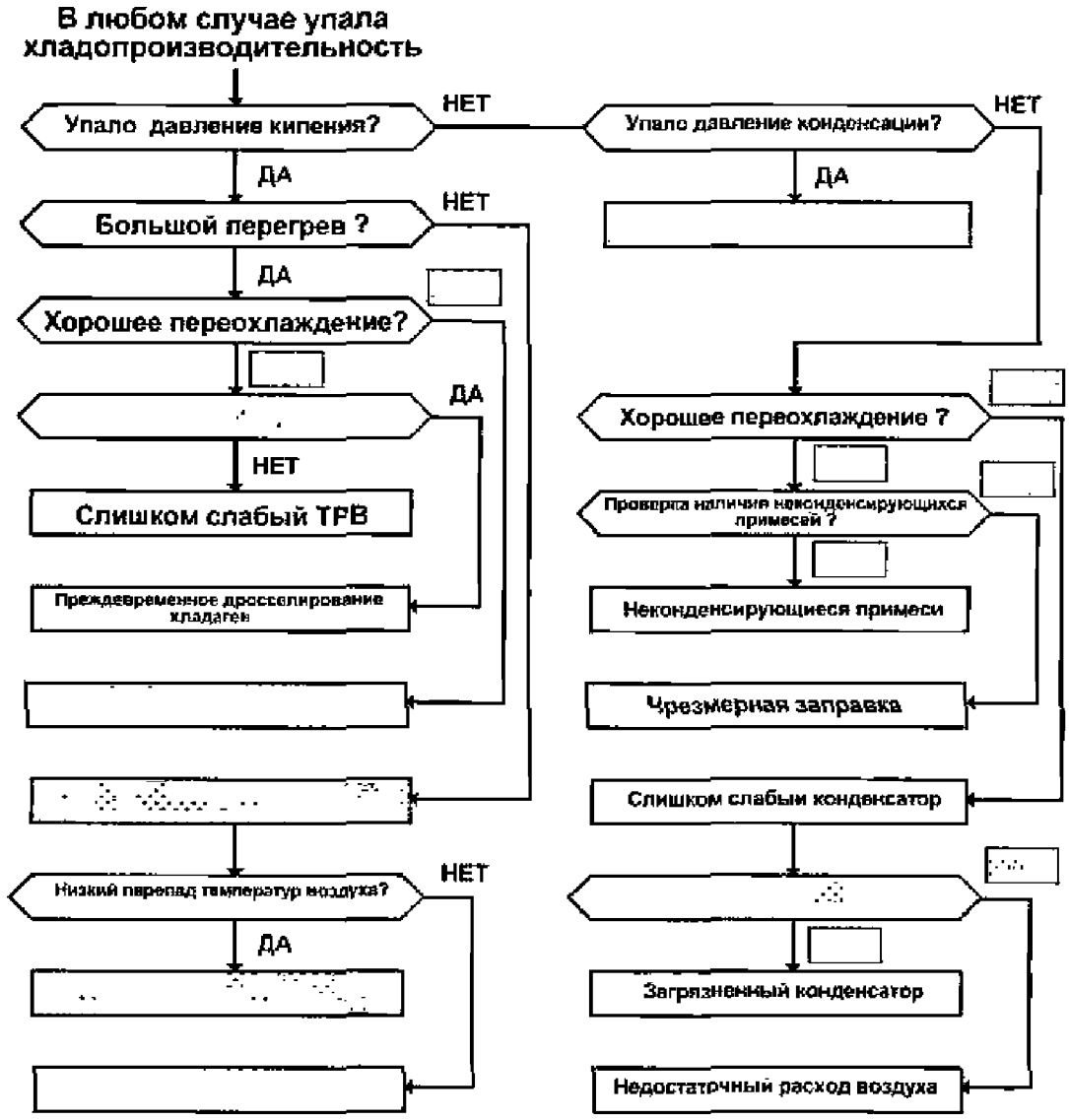


рис. 27.1

Решение

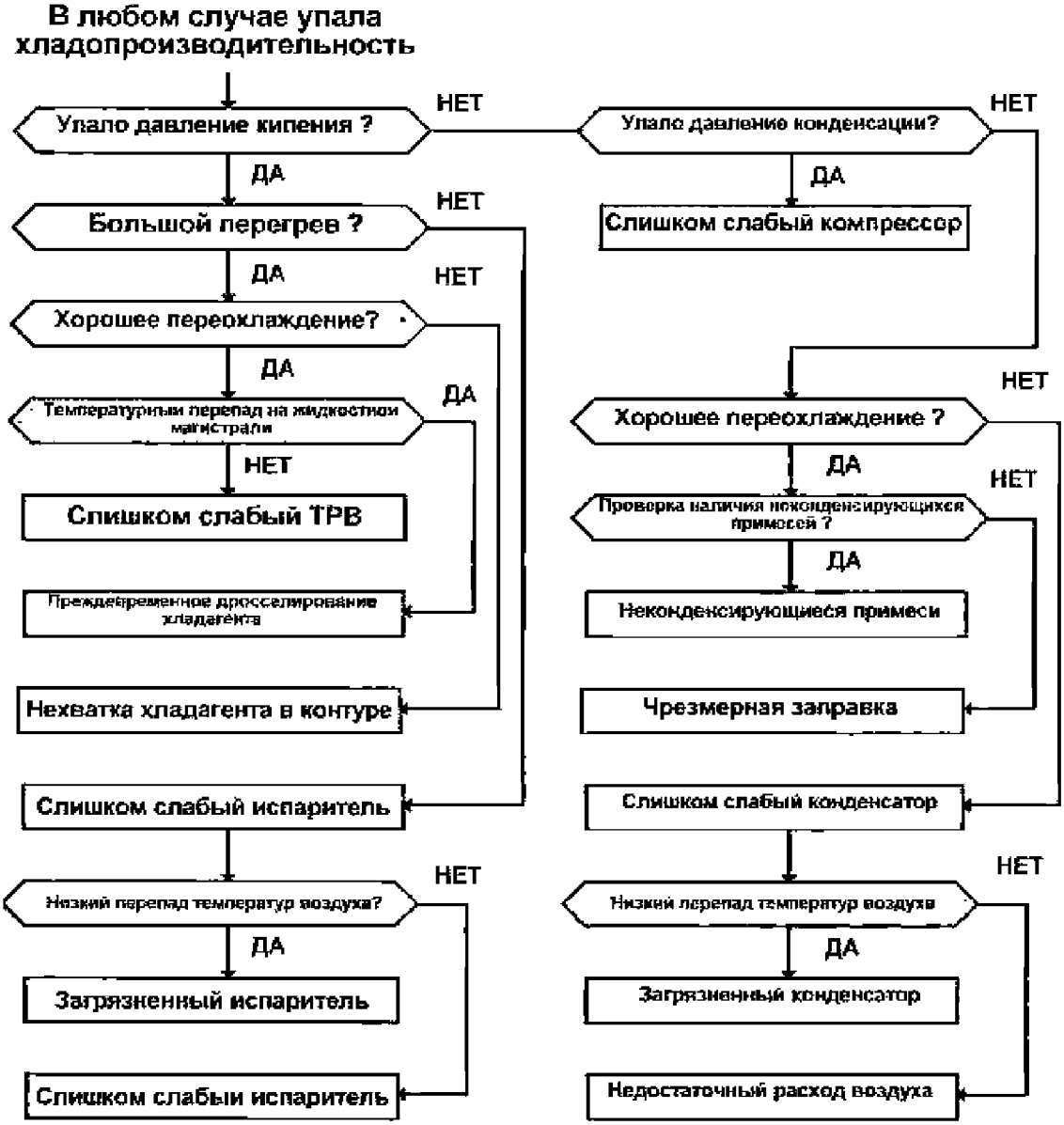


рис. 27.2

28. ПРОБЛЕМА ПЕРЕТЕКАНИЯ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА

Всем нам хорошо знакомо явление конденсации паров воды на наружной поверхности стакана с холодной водой или запотевание изнутри лобового стекла автомобиля в холодную погоду.

Эти явления конденсации влаги на холодных поверхностях становятся причиной множества проблем, встречающихся при работе холодильных установок, к пояснению существа которых мы сейчас приступаем.

A) Эксперимент Ватта с холодной стенкой

Поместим отвакуумированный баллон из-под хладагента в холодильную камеру, температура в которой поддерживается на уровне, например 0°C.

Затем соединим этот баллон трубопроводом с таким же баллоном, находящимся вне камеры и заполненным жидким хладагентом R22 при температуре 20°C (см. **рис.28.1)**

Поскольку трубопровод, соединяющий оба баллона, расположен вверху, *перетекание жидкости под действием силы тяжести невозможно.* Манометры, установленные на обоих баллонах, показывают давление 8 бар, что соответствует давлению насыщенного пара R22 при температуре 20°C.

Через какое-то время, зависящее главным образом от количества жидкости, разности температур и диаметра трубопровода, соединяющего оба баллона, можно заметить, что вся жидкость переместилась в холодный баллон, ***а манометры показывают одно и то же давление 4 бара, соответствующее давлению насыщенного пара R22 при температуре 0C!***

Что же произошло? *(Прежде, чем читать дальше, вы можете попытаться найти объяснение).*

Объяснение явления. Вначале нужно учесть, что все жидкости имеют весьма упорядоченную молекулярную структуру, молекулы жидкости касаются одна другой и скапливаются на дне *содержащего жидкость сосуда.* - Напротив, *молекулы газа находятся в непрерывном движении и заполняют все свободное пространство* (см. **рис. 28.2).**

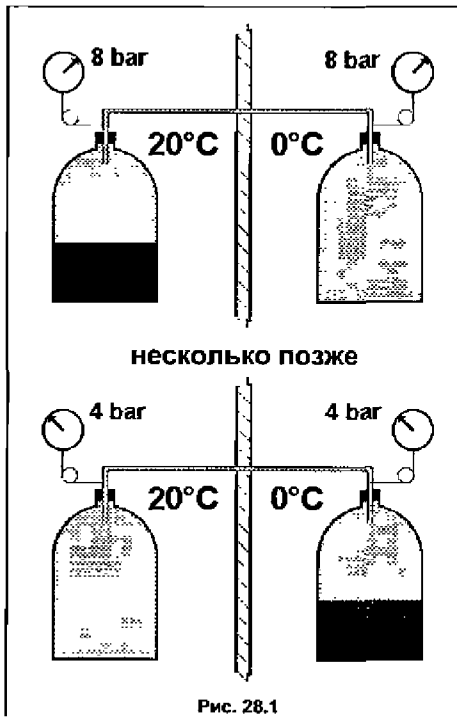


Рис. 28.1

Молекулы газа беспрерывно сталкиваются между собой, отскакивают друг от друга, крайне беспорядочно двигаясь во всех направлениях, причем траектории их движения ограничены только стенками сосуда, в котором они находятся.



Рис. 28.2

Вот почему в эксперименте Ватта, который мы только что описали, молекулы газа R22 без труда перемещаются из баллона с температурой 20°C в баллон с температурой 0°C, хотя трубопровод, соединяющий оба баллона, расположен вверху.

В этот момент, точно также, как изнутри запотевает ветровое стекло автомобиля зимой, молекулы газа, пришедшие из горячего баллона с температурой 20°C, охлаждаются в контакте с холодным баллоном, а *затем конденсируются, и вскоре в холодном баллоне появляется жидкость с температурой 0°C.*

Но *поскольку пары конденсируются,* их количество в свободном пространстве над жидкостью при температуре 20°C *резко уменьшается.* В результате давление оставшихся паров падает, что приводит к снижению внешней силы Fe, действующей сверху на свободную поверхность жидкости, находящейся при температуре 20°C (см. **рис.28.3)**



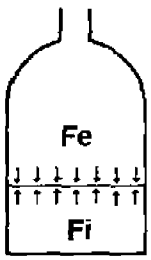
Рис. 28.3

Равновесие между внешней Fe и внутренней Fi силами нарушается и часть жидкости, находящейся при температуре 20°C, вновь испаряется, образуя пары и восстанавливая равенство двух противоположных сил Fe и Fi, (см. **рис.28.4,** а *также раздел 1. Влияние температуры и давления на состояние хладагентов)*..

Однако пары, образовавшиеся из жидкости с температурой 20°C, вновь будут таким же образом конденсироваться в баллоне с температурой 0°C, вызывая новое падение давления над жидкостью с температурой 20°C.

Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока в баллоне с температурой 20°C *будет находиться хотя бы одна молекула жидкости.*

Поэтому через какое-то время жидкость полностью переместится в холодный баллон и будет находиться там при давлении, соответствующем соотношению между температурой холодного баллона и давлением насыщенного пара для данного хладагента (в нашем примере это 4 бара при 0°C для R22).



Жидкость кипит, если

Fi > Fe

ИЛИ

Fe < Fi

Рис. 28.4

В) Проблема перетекания жидкости в конденсаторе

Это явление, обусловленное эффектом холодной стенки Ватта, может происходить во всех случаях, когда конденсатор (расположенный *вне* здания) будет находится при температуре ниже, чем температура жидкостного ресивера (расположенного *внутри* здания), особенно если холодильная установка должна работать при низких наружных температурах (например, кондиционеры машинных залов ЭВМ или холодильные камеры).

В момент, когда термостат-регулятор выключает компрессор, жидкий R22, находящийся в конденсаторе и ресивере, имеет температуру, соответствующую давлению конденсации в установке, с учетом переохлаждения (например 38°C и 14 бар для R22 **СМ. рис. 28.5).**

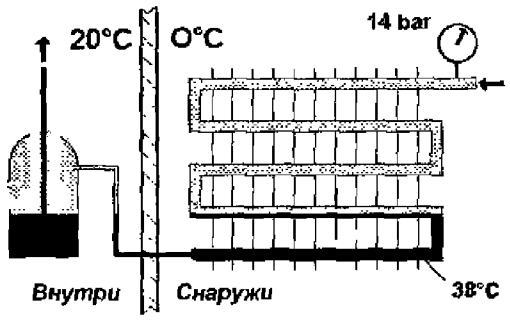


Рис. 28.5

Поскольку компрессор остановлен, тепло в конденсатор не поступает, и температура жидкости начинает падать вплоть до наступления равновесия с температурой окружающей среды, то есть 20°C для ресивера и 0°C для конденсатора.

Начиная с этого момента, в соответствии с эффектом холодной стенки Ватта жидкость, находящаяся в ресивере при 20°C, будет перемещаться в конденсатор, температура которого 0°C (для R22 давление, показываемое манометром, будет, следовательно, медленно падать с 14 бар до 4 бар, **см. рис. 28.6).**

Что произойдет, когда термостат-регулятор вновь включит компрессор?

Имея в виду, что с одной стороны *ресивер больше не будет содержать жидкость,* и с другой стороны, что давление конденсации *будет очень низким,* ТРВ и испаритель не смогут быть нормально запитанными и компрессор очень быстро отключится по команде предохранительного реле НД.

Таким образом, если есть опасность того, что в течение какого-то времени конденсатор может быть холоднее, чем ресивер, абсолютно необходимо предусмотреть установку обратного клапана между выходом из конденсатора и ресивером, чтобы полностью исключить любую возможность перетекания жидкости из ресивера в конденсатор.

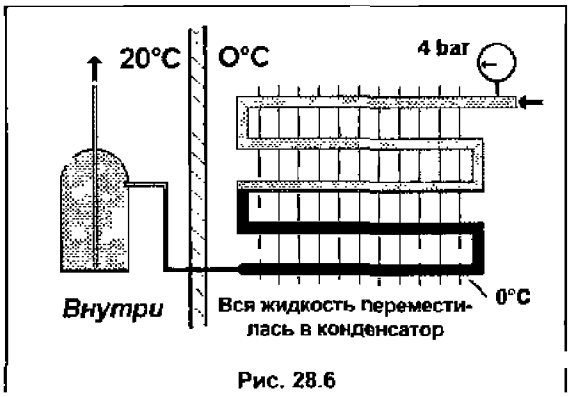


Рис. 28.6

C) Проблема перетекания жидкости в нагнетающей полости головки блока компрессора при его остановках

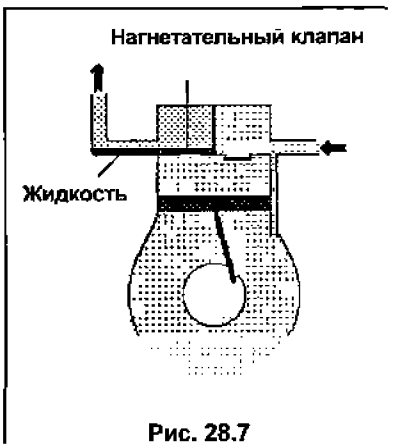


Рис. 28.7

Вначале поймем, что происходит, *когда по какой-либо причине* в полости нагнетания головки блока компрессора скапливается жидкость (хладагент или масло).

Такая опасность существует только во время остановки компрессора, поскольку при его работе любые следы жидкости как правило увлекаются горячим газом, выходящим из цилиндра.

Если жидкость накапливается в нагнетающей полости головки блока над клапаном, *часть этой жидкости может проникать в цилиндры* под действием разности между давлением нагнетания и давлением всасывания с обеих сторон клапана при условии, что клапан не вполне герметичен.

При последующем запуске компрессора может возникнуть гидроудар (более или менее значительный в зависимости от количества находящейся в полости жидкости), при этом опасность поломки или разрушения клапана достаточно велика (см. **рис. 28.7).**

Опасности, вызванные хладагентом.

Опасность перетекания жидкого хладагента в полость нагнетания головки блока возникает каждый раз, когда температура компрессора оказывается ниже температуры конденсатора. Это может происходить, например, в разгаре лета в кондиционерах машинных залов ЭВМ, оснащенных конденсаторами с воздушным охлаждением, в период длительной остановки компрессора, каковы бы ни были причины этой остановки **(см.рис.28.8).**

В этом случае жидкость перетекает в головку блока (от **B к A) в** соответствии с эффектом холодной стенки Ватта. Если опасность такого перетекания очень велика, необходимо либо между компрессором и конденсатором установить обратный клапан (как можно дальше от компрессора, чтобы не допустить «хлопков» этого клапана, вызванных возвратно-поступательным движением поршней), либо поставить на магистрали нагнетания простую лирообразную маслоподъемную петлю соответствующих размеров, поместив ее в непосредственной близости от компрессора.

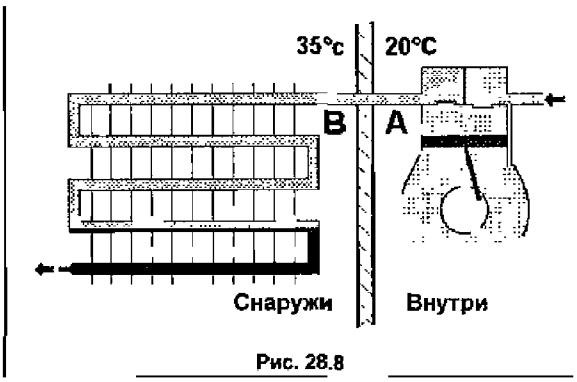


Рис. 28.8

Заметим, что наличие электроподогрева картера не может эффективно противостоять перетеканию жидкости в *нагнетающую полость головки блока,* поскольку он нагревает только низ картера, в котором находится масло и ни в коем случае не головку блока.

Опасности, вызываемые маслом.

В силу того, что свойства масла для классических хладагентов и самих хладагентов очень похожи, при нормальной работе холодильной установки на *каждом погонном метре* внутренней поверхности трубопроводов содержится некоторое количество перемещающегося вместе с хладагентом масла.

При остановках компрессора это масло под действием силы тяжести стекает вниз. Следовательно, в вертикальных трубках количество стекающего вниз при остановках компрессора масла будет тем больше, чем больше разность уровней этих трубок. Если конденсатор расположен над компрессором с разностью уровней (высота H на рис. 28.9) более 3 метров, то экспериментально показано, что количество стекающего в полость нагнетания при остановках компрессора масла может оказаться достаточным для того, чтобы возник гидроудар, последствия которого, разрушительные для клапанов, будут аналогичны последствиям классического гидроудара, возникающим при повторном пуске компрессора с заполненной жидкостью полостью нагнетания.

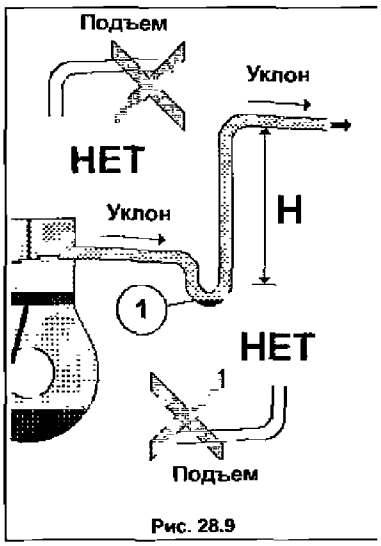


Рис. 28.9

Опасность этого еще более усугубляется, если во время остановки компрессора в нагнетающем патрубке происходит конденсация хладагента, который также стекает в головку блока.

Таким образом, чтобы предотвратить возможный возврат жидкости (масла или хладагента) в компрессор при его остановке, нужно внизу восходящего трубопровода, если его высота превышает 3 метра, установить масляную ловушку (поз.1), а также соблюдать при монтаже горизонтальных трубопроводов наклон от компрессора не менее 12 мм/метр.

D) Проблема перетекания жидкого хладагента в картере компрессора при остановках

Эта проблема является причиной очень многих аварий. Поэтому следует очень хорошо представить себе опасность механических повреждений, которые могут происходить в компрессоре из-за накопления в картере жидкого хладагента, какими бы ни были причины этого накопления.

Прежде всего, имея большое сходство с хладагентом, масло во время остановок сильно разбавляется последним.

Заметим, что такое разбавление приводит к потере маслом значительной части своих смазывающих качеств, поскольку все применяемые обычно хладагенты являются, как правило, превосходными обезжиривателями.

Более того, если количество хладагента в нижней части картера становится очень большим, смесь масло/хладагент может стать насыщенной, в результате чего произойдет разделение двух жидкостей.

Компрессор может быть оснащен всасыванием через корпус (поз.1 на рис. 28.10) или через головку блока (поз.2), но независимо от этого накопление хладагента в картере будет происходить одинаково.

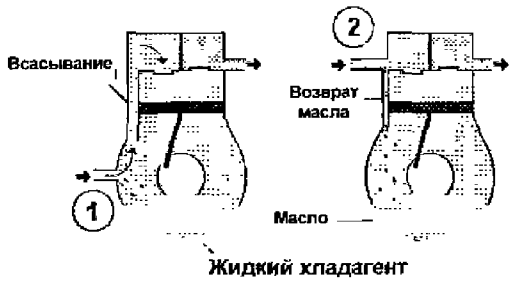


Рис. 28.10

Поскольку хладагент более плотный, чем масло, слой хладагента в картере всегда будет находиться **под *слоем масла.***

Когда по команде управления компрессор запускается, *внезапное падение давления в картере* будет приводить к *очень бурному испарению* жидкого хладагента.

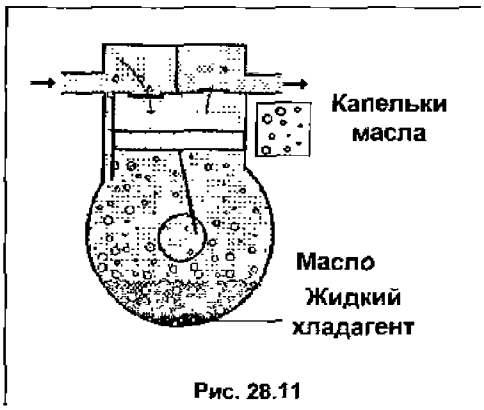


Рис. 28.11

Паровые пузырьки, порожденные этим бурным кипением, будут подниматься через слой масла, пробулькивая через его поверхность, *полностью насыщаясь маслом и увлекая за собой большое количество масляных капелек в виде суспензии (см.* **рис.** 28.11).

Это явление, в просторечии именуемое «вспенивание масла», можно легко видеть через окошко указателя уровня масла.

Эмульсия паров хладагента, насыщенных маслом, образовавшаяся в результате падения давления в картере после остановки компрессора, будет проникать в головку блока, вызывая *сильный отток масла* (проходя через клапаны, масло может также провоцировать иногда очень сильные гидроудары).

Если количество жидкого хладагента в картере действительно велико, отток масла при вскипании хладагента может стать настолько значительным, что в момент запуска компрессора наблюдатель зафиксирует в смотровом стекле указателя уровня масла совершенную пустоту. К сожалению, отрицательное, влияние присутствия хладагента в картере при остановках компрессора не ограничивается только проблемой оттока масла.

Действительно, так как смазка поршневых компрессоров обеспечивается за счет масла, находящегося в картере, присутствие в нем жидкого хладагента будет осложнять положение. Когда смазка компрессора обеспечивается с помощью масляного насоса, масло отбирается со дна картера через масляный фильтр и потом, пройдя через насос, нагнетается в смазочные канавки **(см.рис.28.12).**
При запуске компрессора, если в картере имеется жидкий хладагент, *вместо того, чтобы засосать только масло,* масляный насос может засосать также и жидкий хладагент.

В *этот момент могут произойти 2 следующих событий:*

1). Разрежение в зоне заборника масляного насоса при его запуске приводит к вскипанию хладагента в этой зоне. В результате насос всасывает только пары хладагента, начинается кавитация и масло вытекает из насоса, *что полностью исключает подачу масла в смазочные канавки и, кроме того, создает опасность разрушения самого насоса.*

2). Масло из насоса не вытекает и хладагент (являющийся превосходным растворителем) поступает в масляный контур. В этом случае *не только не осуществляется смазка, но более того, хладагент* ***смывает*** *смазку* со *всех подвижных частей компрессора.*

***В* обоих этих случаях компрессор работает без всякой смазки, так как жидкий хладагент совершенно нельзя удалить.**

Легко понять, что повторные запуски в этих условиях совершенно недопустимы, поскольку могут стать причиной многочисленных механических поломок в компрессоре (цапфы и шейки коленчатых валов, подшипники, шатуны, клапаны...).

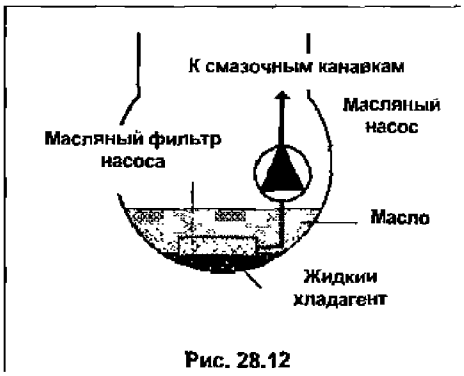


Рис. 28.12

Почему жидкий хладагент попадает в картер?

Чтобы содействовать возврату масла в компрессор, необходимо иметь всасывающий патрубок с наклоном в сторону компрессора. Но во время остановки компрессора жидкий хладагент, находящийся в испарителе, также может стекать в корпус компрессора **(поз.1 на рис. 28.13.** *См. также раздел 43. Подключение испарителя.).*

Иногда, для исключения стекания жидкого хладагента под действием силы тяжести в картер компрессора, *когда испаритель не запитывается снизу,* на всасывающей магистрали устанавливают лирообразный затвор (маслоподъемную петлю) (поз.2), верхняя точка которого расположена выше уровня испарителя.

Однако такой затвор хотя и может помешать стеканию жидкости под действием силы тяжести в картер при остановках компрессора, тем не менее иногда он может оказаться причиной огромного выброса жидкости во всасывающую магистраль в момент запуска, что порождает опасность возникновения разрушительного гидроудара.

Более того, лирообразный затвор не обеспечивает защиты от перетекания жидкости в картер, обусловленного эффектом холодной стенки Ватта, когда температура компрессора становится ниже, чем температура испарителя (например, зимой, если компрессор находится на улице).

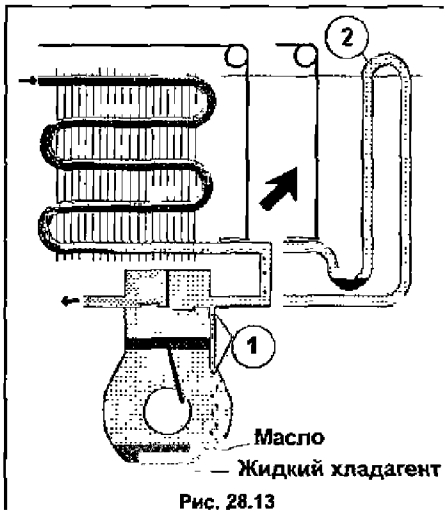


Рис. 28.13

Заметим также, что большое количество жидкого хладагента в картере может искусственно поднимать уровень масла, создавая иллюзию благополучия при визуальном контроле уровня масла через смотровое стекло указателя уровня (см. **рис. 28.14).**

Наилучшим решением проблемы предотвращения перетекания жидкого хладагента в картер компрессора во

время его остановок нам кажется использование подогрева масла с помощью электронагревателя, устанавливаемого в картере (см. **рис. 28.15).**

Вместе с тем, тепловая мощность электронагревателя не должна быть слишком большой, чтобы масло не нагревалось до высоких температур.

Дело в том, что при слишком высоких температурах масло начинает разлагаться либо обугливаться, что приводит к потере его смазочных качеств. Поэтому тепловая мощность электронагревателя (относительно небольшая) должна лишь обеспечивать нагрев масла до температуры, примерно на 10...20°С превышающей температуру окружающей среды, главным образом для того, чтобы предотвратить перетекание в картер жидкого хладагента, обусловленное эффектом холодной стенки Ватта.

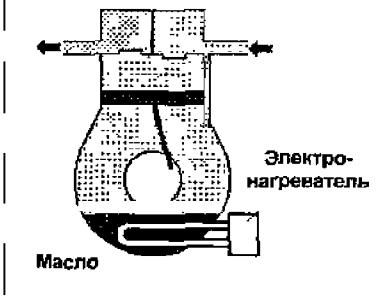


Рис. 28.15

Следовательно, ***из-за малой мощности такие электронагреватели совершенно неспособны служить для испарения больших количеств жидкого хладагента,*** который может попадать в картер при остановках компрессора *(пути решения этой проблемы мы будем рассматривать в разделе 29. Остановка холодильных компрессоров.).*
Заметим также, что если разработчик компрессора устанавливает электронагреватели повышенной мощности, он должен предусмотреть также и установку реле - терморегулятора, обеспечивающего контроль температуры масла и предотвращающего его перегрев.

Однако в связи с чисто экономическими соображениями этот способ контроля и поддержания температуры масла используется, как правило, только для больших компрессоров.

Еще одна проблема может возникнуть, когда установка оснащена двумя параллельно соединенными испарителями, работающими на один и тот же компрессор, но при различных температурах испарения.



Рис. 28.14

Рассмотрим, в качестве примера две холодильных камеры, одна с температурой +4°C, другая -6° C, соединенных с одним и тем же компрессором при помощи единого коллектора всасывания **(поз.3 на рис. 28.16).**

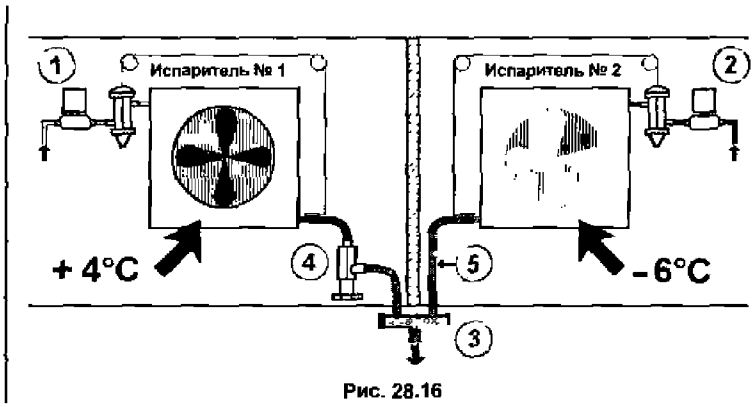


Рис. 28.16

Каждый испаритель запитан через электромагнитный клапан, управляемый термостатом температуры (в камере) **(поз.1 и** 2). Перед коллектором на магистрали всасывания от более теплой камеры (то есть камеры с температурой +4°C) установлен клапан постоянного давления для того, чтобы сохранять нужную температуру испарения в этой камере независимо от условий работы.

Что же может произойти если камера №1 работает, а камера №2 остановлена ?

Часть «теплых» паров, выходящих из клапана постоянного давления, может попасть в испаритель №2, температура которого гораздо ниже, и там сконденсироваться.

Накопление большого количества жидкости в испарителе №2 при включении этого испарителя может обусловить огромный приток жидкости во всасывающую магистраль компрессора и, следовательно, возникновение очень сильного гидроудара .Во избежании такой опасности в подобных схемах всегда следует предусматривать установку обратного клапана на выходе из более холодных испарителей (поз.5).

<u>Е) Особенности решения проблемы предотвращения перетекания жидкости при использовании маслоотделителя</u>

В традиционных кондиционерах маслоотделители в холодильном контуре используются не часто. Однако в промышленном и торговом холодильном оборудовании, особенно при очень низких температурах испарения, маслоотделители применяются гораздо более часто.

Анализ различных конструкций маслоотделителей не является предметом настоящего руководства (существует много литературы, описывающей конструкцию, преимущества и недостатки этих устройств), напомним только, что маслоотделитель (поз.1 **на рис. 28.17)** устанавливается на нагнетающей магистрали компрессора.

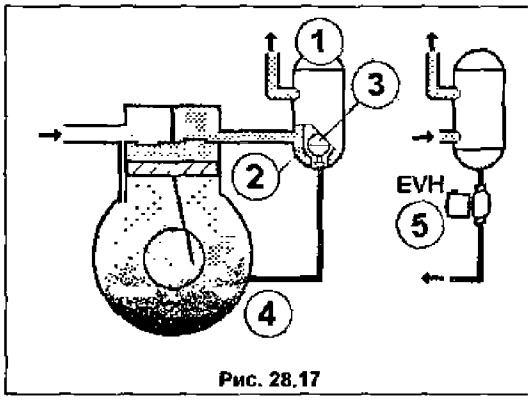


Рис. 28.17

Горячие газы, выходящие из нагнетающего патрубка компрессора, поступают в кожух **(поз.2),** окружающий накопительную камеру маслоотделителя, снабженную поплавковым клапаном (поз.3). Когда уровень масла в ней повышается, поплавок всплывает, открывая сливное отверстие, через которое масло под действием давлением нагнетания может возвращаться в картер компрессора (поз.4).
Во время остановок компрессора часть газа высокого давления, находящаяся в маслоотделителе, может конденсироваться, так как температура воздуха, окружающего маслоотделитель, ниже, чем температура газа. Сконденсировавшаяся жидкость, попадая в накопительную камеру, поднимает уровень жидкости в ней и

поплавковый клапан открывается, в результате чего жидкий хладагент может попасть в картер. Если его количество велико (низкая окружающая температура, большая длина трубопроводов...), при запуске компрессора мы столкнемся с теми же проблемами, которые описаны нами в части D настоящего раздела. Среди возможных решений этой проблемы (теплоизолированный маслоотделитель, подогрев маслоотделителя при остановках компрессора..) рассмотрим более подробно использование электроклапана, установленного на трубке возврата масла в картере (поз.5).

Принципиальная схема управления электроклапаном возврата масла (EVH) представлена на рис. **28.18.**

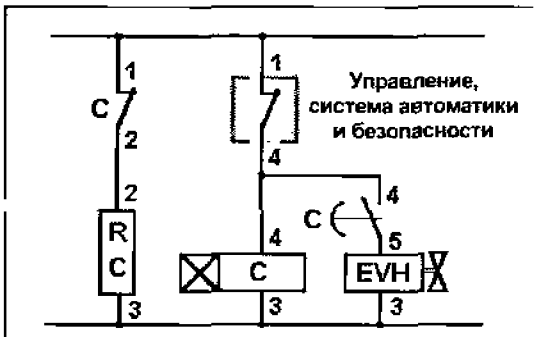


Рис. 28.18

Во время остановки компрессора C(4-3) через контакты C(1-2) запитан электронагреватель картера RC(2-3), а электроклапан EVH(5-3) отключен контактами C(4-5).

Когда компрессор вновь запускается, электронагреватель картера выключается, однако электроклапан **EVH,** управляемый через контакты реле времени компрессора C(4-5), не срабатывает.
В течение определенного промежутка с момента пуска компрессора, определяемого реле времени, горячие газы, проходящие через кожух маслоотделителя **(поз.2 на рис. 28.17),** нагревают маслоотделитель, что приводит к испарению жидкого хладагента, который может находится в накопительной камере. Примерно через 1-2 минуты контакты C(4-5) реле времени замыкаются, но в связи с тем, что маслоотделитель уже нагрет, опасность попадания большого количества жидкого хладагента в картер компрессора при этом практически исключена

29. ОСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

В предыдущем разделе мы увидели, что накопление жидкого хладагента в картера компрессора при его остановках опасно не только тем, что приводит к заметному оттоку масла, но может также стать причиной катастрофических механических аварий при запуске.
Чтобы ограничить возможное стекание жидкости в картер компрессора при его остановках, на жидкостной линии как можно ближе к ТРВ устанавливают электромагнитный клапан **(VEM).**

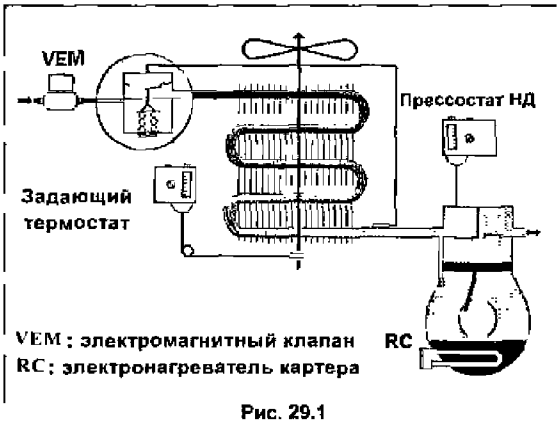


Рис. 29.1

Поскольку при каждой остановке компрессора этот клапан герметично закрыт, количество жидкости, которое может стечь в картер, ограничено содержимым испарителя в момент остановки плюс жидкостью, содержащейся в заклапанном объеме **УЕМ(см.рис.29.1).**

Это позволяет самым радикальным образом препятствовать течению жидкости в испаритель, а следовательно, и в картер компрессора, *даже если ТРВ полностью открыт.*

Кроме того, при остановках компрессора обеспечивается подогрев масла с помощью электронагревателя, который предназначен для испарения хладагента, который может попасть в картер.

А) Остановка компрессора с минимальной защитой

На рис. 29.2 представлена одна из таких схем, которую по-английски называют «minimum protection».

Когда температура окружающей среды достигнет значения, установленного задающим термостатом, по сигналу от него контакты (4-5) размыкаются, одновременно обесточивая обмотку контактора компрессора **С(5-3)** и электромагнитного клапана **VEM(6-3),** установленного на жидкостной магистрали.

Компрессор останавливается, а разомкнутый контакт **С(1-2)** замыкается и на электронагреватель картера подается напряжение. Когда температура в охлаждаемом объеме повышается, задающий термостат вновь замыкает контакты (4-5).

Если *управляющие контакты* (ручной выключатель пуск/остановка, таймер оттайки...), *контакты системы автоматики* (вентилятор испарителя, датчик расхода воздуха...) и *контакты системы безопасности* (прессостаты ВД и НД, реле тепловой защиты, встроенная защита...) замкнуты, компрессор запускается, и одновременно открывается электроклапан **VEM.** В это же время размыкаются контакты **С(1-2)** и электронагреватель картера обесточивается.

Важно отметить, что при любой остановке компрессора, чем бы она не вызывалась (управляющий сигнал, сигнал от системы безопасности, автоматики или регулирования), клапан VEM обесточивается и перекрывает жидкостную магистраль, гарантируя во всех случаях минимальную защиту от перетекания жидкости в картер.

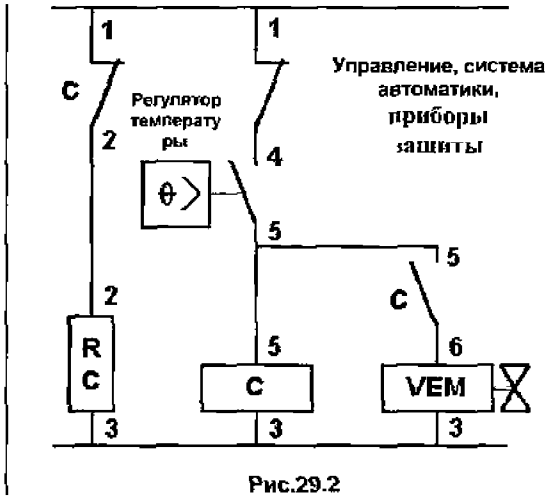


Рис.29.2

29.1. УПРАЖНЕНИЕ 1

Нужен ли контакт С(5-6), расположенный на линии электропитания VEM? Зачем? *(правильный ответ приведен ниже, но не спешите прочитать его, подумайте немного...).*

Ответ:

Если в обмотке контактора С имеется обрыв или плохой электрический контакт на линии ее электропитания, она не сработает и компрессор не запустится.

Но хотя компрессор будет стоять, клапан VEM окажется под напряжением и откроет жидкостную магистраль. Следовательно, контакт С(5-6) дает минимальную защиту даже в случае электрических повреждений обмотки.

В) Остановка компрессора с автоматическим вакуумированием

Принципиальная схема такого процесса, называемого по-английски «automatic pump down control», приведена на рис.29.3.

Когда температура в охлаждаемом объеме будет равна заданной, термостат размыкается контакты (4-5) и отключает *только* электромагнитный клапан **VEM(5-3),** который закрывается и прекращает доступ жидкости в испаритель.

При этом компрессор **С(6-3)** продолжает работать, всасывая хладагент, находившийся в испарителе в момент закрытия клапана **VEM,** в результате чего давление всасывания падает.

Следовательно, после вакуумирования испарителя компрессор будет остановлен по сигналу от прессостата регулирования **НД (4-6).**

После подъема температуры в охлаждаемом объеме термостат замкнет контакты (4-5), клапан **VEM** откроется, в испаритель хлынет поток жидкости и давление вл всасывающей магистрали начнет расти.

В результате контакты (4-6) прессостата НД *(иногда называемого прессостатом вакуумирования)* замкнутся и компрессор С вновь запустится.

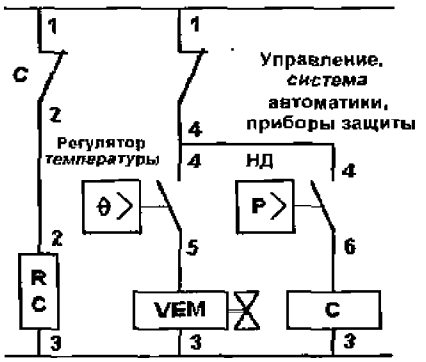


Рис.29.3

При такой последовательности срабатывания агрегатов *испаритель перед каждой остановкой компрессора полностью опорожняется от жидкости,* что предотвращает любое ее перемещение в картер. Более того, вакуумирование способствует возврату в картер масла, которое находилось в испарителе в момент отключения клапана VEM.

29.2. УПРАЖНЕНИЕ 2

Хотя априори автоматическое вакуумирование представляется весьма интересным решением, тем не менее иногда такое решение может сопровождаться серьезным недостатком. Каким? (Вы *вправе вновь попытаться найти ответ самостоятельно, прежде чем прочтете его ниже).*

Ответ:

После отключения компрессора вакуумным регулятором *часто случается так, что НД вновь растет* (достаточно небольших утечек, например, через клапан VEM или нагнетающий клапан).

При росте давления во всасывающей магистрали прессостат НД снова включит компрессор, даже если контакты (4-5) задающего термостата разомкнуты.

Компрессор проработает *несколько секунд* и вновь отключится по команде прессостата НД. Поскольку утечки остались, давление во всасывающей магистрали снова начнет расти, компрессор снова включится, а затем

выключится (и так далее...), причем *частота циклов «включение-выключение» будет тем выше, чем больше негерметичность.*

Заметим, что использование электронагревателей при такой схеме не рекомендуется, поскольку они стимулируют при нагреве масла газовыделение, вызывающее повышение давления во всасывающей магистрали, а следовательно нежелательные запуски компрессора при его остановках по команде от регулятора.

Таким образом, автоматическое вакуумирование обладает тем преимуществом, что перед каждой остановкой компрессора полностью опорожняет испаритель, что совершенно исключает опасность перетекания жидкости в картер.

Однако с другой стороны, такая схема может спровоцировать нежелательные циклы «включение-останов» в течение длительных периодов нормального отключения компрессора по команде от регулирующих органов.

В дальнейшем мы увидим, что 80% износа компрессора обусловлены механическими и тепловыми перегрузками в *момент запуска.* Следовательно, необходимо найти такое решение, которое, сохраняя преимущества вакуумирования испарителя перед остановкой компрессора, позволяет исключить его частые включения и отключения в случае неожиданных подъемов давление всасывания во время остановки компрессора системой регулирования температуры.

C) Остановка компрессора с одномоментным вакуумированием

Принципиальная схема этого процесса, называемого по-английски «single pump down control» представлена на рис.29.4.

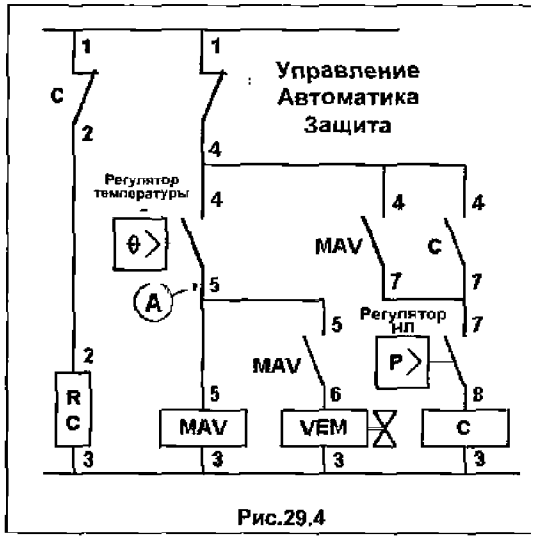


Рис.29.4

При достижении температуры в охлаждаемом объеме заданного значения контакты (4-5) регулятора температуры размыкаются.

В результате обесточиваются реле вакуумирования **MAV(5-3),** электроклапан **VEM(6-3)** и компрессор **C(8-3).** Электронагреватель картера **RC(2-3)** находится под напряжением.

Когда температура в охлаждаемом объеме поднимется, контакты (4-5) задающего термостата замкнутся, подав напряжение на реле вакуумирования **MAV(5-3)** и клапан **VEM(6-3),** что приведет к подаче жидкости в испаритель и быстрому росту давления во всасывающей магистрали.

Контакты (4-7) реле **MAV** замкнутся, но контактор С не запустит компрессор до тех пор, *пока давление во всасывающей магистрали не достигнет пускового значения, заданного регулятором НД, и не замкнутся контакты (7-8) этого регулятора.*

В этот момент компрессор запустится, одновременно замкнув свои самопитающие контакты **C(4-7)** и отключив электронагреватель размыканием контактов **C(1-2).**

Позднее, когда температура в охлаждаемом объеме упадет, задающий термостат вновь разомкнет контакты (4-5), сняв питание с реле **MAV** и клапана **VEM.** Контакт **MAV (4-7)** разомкнется, но компрессор *продолжит работу,* будучи запитанным через свой собственный контакт **C(4-7),** и, поскольку клапан VEM закрыт, компрессор начнет опорожнять испаритель от находящейся там жидкости до тех пор, пока в результате падения давления всасывания не сработает прессостат НД и не разомкнет контакты (7-8).

Если теперь давление во всасывающей магистрали начнет расти (например, из-за утечек через клапаны), контакты (7-8) прессостата НД снова замкнутся, но на этот раз компрессор не запустится, поскольку контакты **MAV(4-7) и C(4-7)** разомкнуты, то есть компрессор не запустится до тех пор, пока задающий термостат не замкнет контакты (4-5) в результате роста окружающей температуры.

Таким образом, частые повторения циклов «пуск-останов» из-за аномального роста НД в период остановки компрессора (неизбежные при автоматическом вакуумировании) совершенно исключаются. Заметим, что схема подключения выполнена таким образом, что экстренное выключение (по команде от приборов защиты или системы автоматики) производится за счет размыкания контактов (1-4), что немедленно

останавливает компрессор и одновременно обесточивает вентиль VEM, сохраняя тем самым по меньшей мере минимальную защиту.

Заметим также, что в линии задающего термостата сразу за ним (точка A на схеме) зачастую устанавливают ручной выключатель «Запуск/остановка» с тем, чтобы сохранить преимущества вакуумирования испарителя, даже если компрессор выключают вручную.

Схема остановки с одномоментным вакуумированием настоятельно рекомендуется для установок, в которых могут появиться сложности с возвратом масла (большая длина трубопроводов, испаритель установлен под компрессором, предусмотрено регулирование мощности компрессора...)

29.3. УПРАЖНЕНИЕ 3

У схемы, представленной на рис. 29.4, в случае непредвиденного падения давления во всасывающей магистрали имеется один недостаток. Представим, например,, что в одном из резьбовых соединений холодильного контура имеется негерметичность, приводящая к утечкам хладагента, в то время как компрессор работает нормально.

В результате утечек в контуре появляется нехватка хладагента, давление всасывания начинает падать и прессостат НД отключает компрессор, размыкая контакты (7-8).

Однако потребность в холодопроизводительности не меняется, поэтому контакты (4-5) задающего термостата остаются замкнутыми, вследствие чего реле **MAV** и клапан **VEM** будут находится под напряжением (хотя компрессор C остановлен), *что приведет к быстрому подъему давления во всасывающей магистрали.*

Компрессор снова запустится, потом опять остановится по команде от прессостата НД (и так далее...), то есть начнет работать в недопустимом режиме «пуск-останов».

Задание: Найдите возможность улучшения схемы рис.29.4, включив в *нее предохранительный прессостат НД,* который останавливал бы компрессор в случае аномальных значений давления всасывания в процессе функционирования *установки* с *сохранением всех преимуществ одномоментного вакуумирования* (в частности, запуски и отключения компрессора должны по-прежнему производиться по команде *управляющего прессостата НД).*

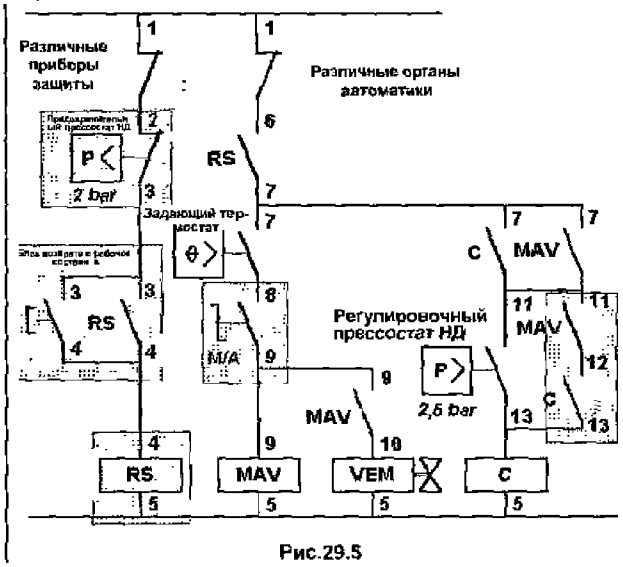


Рис.29.5

Конечно, чтобы полностью исключить пульсирующий режим работы компрессора, установка после отключения *из-за какой-либо неисправности (предохранительным прессостатом НД или другими приборами защиты)* должна запускаться только после нажатия на кнопку приведения в рабочее состояние.

Ответ:

На рисунке 29.5 представлена откорректированная схема автоматизации процесса отключения компрессора.

1). Цепь предохранительного реле RS(4-5). Все приборы защиты компрессора (прессостат ВД, тепловое реле, встроенная защита) включены последовательно (контакты 1-2) с предохранительным прессостатом **НД (2-3)** в цепи предохранительного реле **RS(4-5).** Поэтому отключение по любой причине, например, предохранительным прессостатом **Нд2-3),** реле **RS** приводит к немедленному обесточиванию реле **MAV,** клапана **VEM** и компрессора C из-за размыкания контактов **6-7** реле **RS.**

Повторно реле RS может сработать только тогда, когда замкнутся контакты сработавшего предохранительного устройства и *только после нажатия на кнопку приведения в рабочее состояние* (3-4), после чего реле RS будет самозапитано через контакты (3-4).

2). **Цепь реле вакуумирования MAV и клапана VEM.** Размыкание контакта любого из устройств автоматики **(1-6),** которым может быть контакт вентилятора испарителя, датчика расхода воздуха и т.д., приводит к немедленной остановке компрессора и закрытию клапана VEM.

Ручной выключатель «пуск/остановка» (M/A) компрессора **(8-9)** включен в данную цепь для того, чтобы можно было вручную останавливать компрессор и закрывать клапан VEM при вакуумировании.

3). **Цепь компрессора C.** Если компрессор остановлен, то после подъема температуры и замыкания контактов **(7-8)** задающего термостата запитываются реле **MAV** и клапан **VEM.** Контакты (11-12) реле MAV замыкаются, но контакты реле компрессора **C(12-13)** разомкнуты, так как разомкнуты контакты *управляющего прессостата НД* (11-13), которые замыкаются только *после* заполнения испарителя и подъема давления во всасывающей магистрали.

Когда контакты задающего термостата (7-8) разомкнутся, реле **MAV** и клапан **VEM** обесточатся, однако компрессор будет запитан через контакты C (7-11) до тех пор, пока не упадет давление всасывания и не разомкнуться контакты (11-13).

При нормальной работе контакты **MAV(11-12) и C (12-13)** замкнуты и шунтируют контакты **(11-13)** управляющего прессостата НД для того, чтобы в случае аномального падения давления всасывания (вызванного, например, утечками) и размыкания контактов **(11-13),** допустим, при 2,5 барах, компрессор C продолжал работать. Если давление упадет еще ниже, например, до 2 бар, компрессор будет остановлен из-за срабатывания предохранительного прессостата **НД (2-3)** и отключения реле **RS,** после чего потребуется вручную приводить установку в рабочее положение.

29.4. УПРАЖНЕНИЕ 4

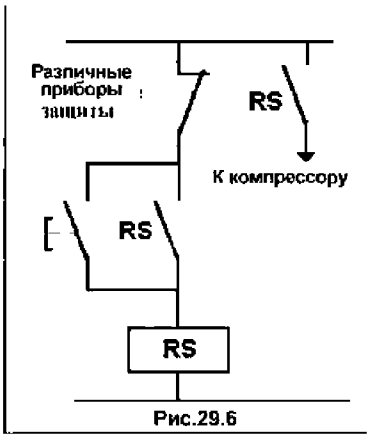


Рис.29.6

Схема, которую мы только что рассмотрели, обладает одним недостатком. Действительно, в случае пропадания напряжения в сети или кратковременного отключения тока реле **RS** выключается. Когда напряжение появится вновь, для приведения установки в рабочее состояние требуется вмешательство персонала с тем, чтобы нажатием на кнопку приведения в рабочее состояние запустить ее.

Найдите решение, обеспечивающее автоматическую подачу напряжения на реле **RS** после отключения тока (для этого вам потребуется реле времени и немного воображения; см. рис. 29.6).

Ответ:

Когда ток отключается, установка останавливается. После появления напряжения в сети обмотка реле RS зстается без напряжения, так как нажатия на кнопку приведения в рабочее положение не было.

Для того, чтобы автоматически вновь подать напряжение на реле RS, необходимо использовать реле времени **RT,** обмотка которого (1-2) напрямую соединена с сетью питания системы управления установки (см. рис.29.7).

При появлении напряжения в сети обмотка реле **RT** немедленно запитывается и замыкаются контакты (5-4) этого реле.

При этом контакты (3-5) реле RT остаются замкнутыми в течение 1 секунды после подачи напряжения на реле RT, в результате чего запитывается реле RS, ***если замкнуты контакты (1-3) предохраняющих устройств,*** *а* также замыкаются контакты самопитания **RS (3-4).**

При нормальной работе, если размыкаются контакты приборов защиты, реле RS обесточивается ***и только нажатием на кнопку приведения в рабочее состояние***
можно вновь запустить установку, поскольку контакты **RT(3-5)** разомкнуты.

Например, при сгорании обмотки **RT(1-2)** контакты **RT(3-5)** постоянно замкнуты, шунтируя контакты **RS(3-4).** Следовательно, приведение установки в рабочее положение после какой-либо неисправности будет осуществляться автоматически и не потребует вмешательства оператора. Такая опасность совершенно исключена ввиду наличия контактов **RT(4-5),** расположенных последовательно с контактами временного механизма **RT (3-5).**

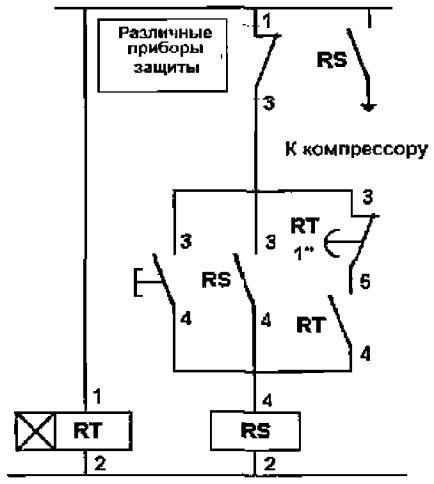


Рис.29.7

D) Почему вакуумирование способствует возврату масла ?

При каждой остановке компрессора в испарителе остается хладагент и какое-то количество масла.
В установках, где отекание масла в компрессор под действием силы тяжести невозможно (например, если испаритель расположен ниже компрессора), или когда масло в контуре накапливается в результате изменения массового расхода хладагента (например, если компрессор оборудован системой регулирования производительности), появляется необходимость возвращать это масло в картер при каждой остановке.

Имея в виду отличную растворимость масла в хладагенте, для возврата масла в картер

необходимо перегнать в компрессор максимальное количество хладагента, и, следовательно, перед каждой остановкой отвакуумировать испаритель.

Другое преимущество по возврату масла, обусловленное вакуумированием, связано с тем, что после открытия клапана VEM испаритель резко заполняется потоком жидкого хладагента (см. рис.29.8), и масло, накопленное в испарителе вытесняется этим потоком в компрессор. Это позволяет перегнать максимальное количество масла перед повторным включением компрессора по сигналу от управляющего прессостата НД.



Рис.29.8

Поэтому вакуумирование перед остановкой обязательно для агрегатов, в которых предвидятся сложности с возвратом масла в компрессор.

E) Нужно ли производить вакуумирование. если размыкаются контакты какого-либо из приборов защиты?

В качестве примера рассмотрим установку для подготовки и очистки воздуха с прямым циклом расширения. Если вручную или по команде одного из приборов защиты остановлен вентилятор, тогда как компрессор продолжает работать, *то нужно ли в этом случае вакуумировать испаритель?*

В момент остановки вентилятора испаритель заполнен жидкостью, потому что компрессор работает.

Но в связи с тем, что вентилятор стоит, расход воздуха, обеспечивающий испарение жидкости в испарителе, отсутствует. Если компрессор продолжает работать, *он будет всасывать только жидкость* со всеми вытекающими отсюда неприятными последствиями.

Поэтому крайне желательно *одновременно* с размыканием контактов одного из устройств автоматики остановить компрессор и обесточить клапан VEM так, как это делалось в представленных выше схемах.