

4.3.7. Определение параметров трубопроводов для хладагента

4.3.7.1. Всасывающий трубопровод для R 507

Рассмотрим всасывающий трубопровод низкотемпературного склада, проложенный от испарителей 1–3 и 4–5 к узлам А и В (см. рис. 4.52). Для определения поперечного сечения трубопровода используется широко применяемая на практике номограмма; при этом устанавливаются следующие параметры:

$$l_{\text{экв}} = l_{\text{геом}} + 50\% \text{ (возможно округление)}. \text{ Пример:}$$

$$l_{\text{геом}} = 7,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экр}} = 7,0 \text{ м} + 50\% \text{ с расчетом на неизвестные фитинги} = 10,5 \text{ м}.$$

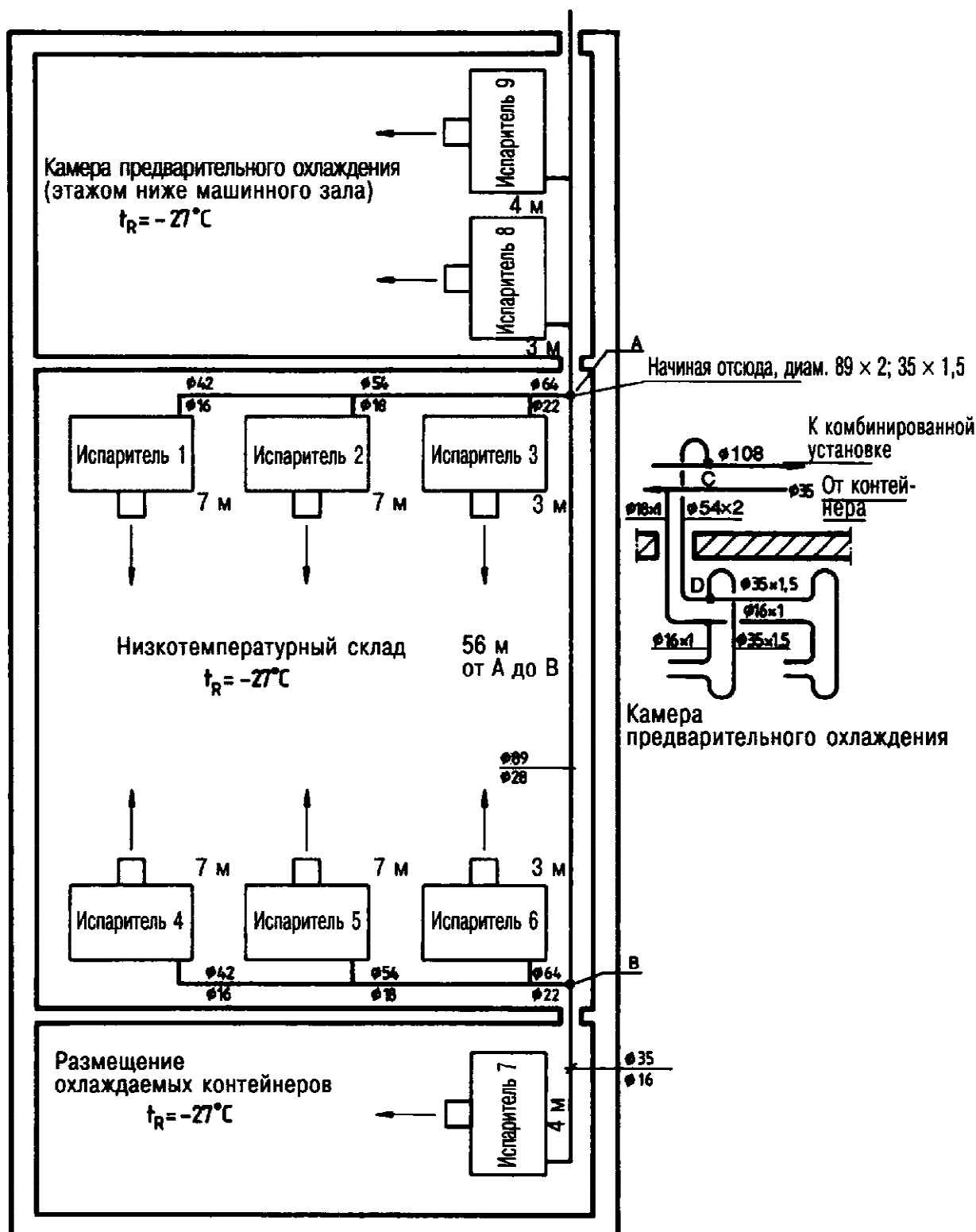


Рис. 4.52.



Вносим в диаграмму 10 метров.

1-й участок

Для всасывающего трубопровода (SL) от Vda1 к узлу Vda2 получаем следующее:

$$l_{\text{геом}} = 7,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 10,5 \text{ м}.$$

Диаграмма = 10 м.

Решение:

1. От точки «длина трубопровода 10 м» влево к точке пересечения с линией «температура испарения -35°C ».

2. От указанной выше точки пересечения вертикально вверх к точке пересечения с линией «эквивалентный перепад давления 1,0 К».

3. От этой точки пересечения опять влево к точке пересечения с линией, спускающейся вертикально сверху. Со ссылкой на используемый в номограмме пример расчета последняя точка пересечения также обозначена буквой G.

4. От точки «температура конденсации $+40^{\circ}\text{C}$ » вертикально вверх к точке пересечения с линией «температура кипения -35°C ».

5. От указанной выше точки пересечения идем вправо к точке пересечения с обозначенной кривой, начинающейся в месте указания холодопроизводительности – в данном случае $Q_o = 13,5$ кВт на верхней оси абсцисс.

6. От этой точки пересечения вертикально вниз до точки G (см. п. 3).

7. Выбирается ближайший больший по размеру или, если «обратный контроль» не показывает существенно более высокого «перепада давления в К», ближайший меньший по размеру диаметр трубопровода.

8. Результат: $d_a = 42 \times 1,5$ мм.

2-й участок

Всасывающий трубопровод от узла Vda2 к узлу Vda3.

Принцип действия здесь идентичен описанному в п. 4.3.7.1, за исключением: $Q_o = 27$ кВт (суммируются производительности Vda1 и Vda2).

$$l_{\text{геом}} = 7,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 7,0 \text{ м} + 50\% = 10,5 \text{ м} \quad \text{номограмма: } 10 \text{ м}.$$

Результат: $d_a = 54 \times 2$ мм.

3-й участок

Всасывающий трубопровод от узла Vda3 к узлу A:

$$l_{\text{геом}} = 3 \text{ м}; \quad Q_o = 40,5 \text{ кВт};$$

$$l_{\text{экв}} = 4,5 \text{ м}.$$

Решение: $d_a = 64 \times 2$ мм.

4-й участок

Поскольку расположение и производительность испарителей на противоположной стороне зала идентичны приведенным выше, мы имеем следующую картину:

Vda4 к узлу Vda5: SL $d_a = 42 \times 1,5$ мм;

Vda5 к узлу Vda6: SL $d_a = 54 \times 2$ мм;

Vda6 к узлу B SL $d_a = 64 \times 2$ мм.

5-й участок

Всасывающий трубопровод (SL) в камере размещения охлаждаемых контейнеров к узлу B (см. рис. 4.52):

$$l_{\text{геом}} = 4 \text{ м}; \quad Q_o = 11 \text{ кВт};$$

244 Глава 4. Практические проекты холодильных установок

$$l_{\text{экв}} = 6 \text{ м}$$

Решение: $d_a = 35 \times 1,5 \text{ мм}$

6-й участок

Всасывающий трубопровод от узла В к узлу А:

$$l_{\text{геом}} = 56 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 84 \text{ м (внести в номограмму в точке 80 м);}$$

$$Q_o = 51,5 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 89 \times 2 \text{ мм.}$

7-й участок

Всасывающий трубопровод от узла А к узлу С в машинном зале (см. рис. 4.53):

$$l_{\text{геом}} = 5 \text{ м (примерная оценка);}$$

$$l_{\text{экв}} = 7,5 \text{ м};$$

$$Q_o = 92 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 89 \times 2 \text{ мм (по таблице).}$

8-й участок

Всасывающий трубопровод от соединения Vda9 к узлу D:

$$l_{\text{геом}} = 4 \text{ м (примерная оценка);}$$

$$l_{\text{экв}} = 6 \text{ м};$$

$$Q_o = 13,5 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 35 \times 1,5 \text{ мм.}$

9-й участок

Всасывающий трубопровод от соединения Vda8 к узлу D:

$$l_{\text{геом}} = 2 \text{ м.}$$

Решение: $d_a = 35 \times 1,5 \text{ мм.}$

10-й участок

Всасывающий трубопровод от узла D к узлу С в машинном зале:

$$l_{\text{геом}} = 5,5 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 8,25 \text{ м (внести в номограмму в точке 8 м);}$$

$$Q_o = 27 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 54 \times 2 \text{ мм.}$

11-й участок

Всасывающий трубопровод от узла С к соединению распределителя на стороне всасывания комбинированной холодильной установки:

$$l_{\text{геом}} = 8,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 12 \text{ м};$$

$$Q_o = 119 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 108 \times 2,5 \text{ мм.}$

12-й участок

Сводная таблица определяемых размеров труб для всасывающей линии.

Таблица 4.23. Размеры

d_a	35 × 1,5 мм	42 × 1,5 мм	54 × 2 мм	64 × 2 мм	89 × 2 мм	108 × 2 мм
Длина, м	4	7	7	3	56	8
	4	7	7	3	5	
	2		5,5			
Сумма, м	10	14	19,5	6	61	8

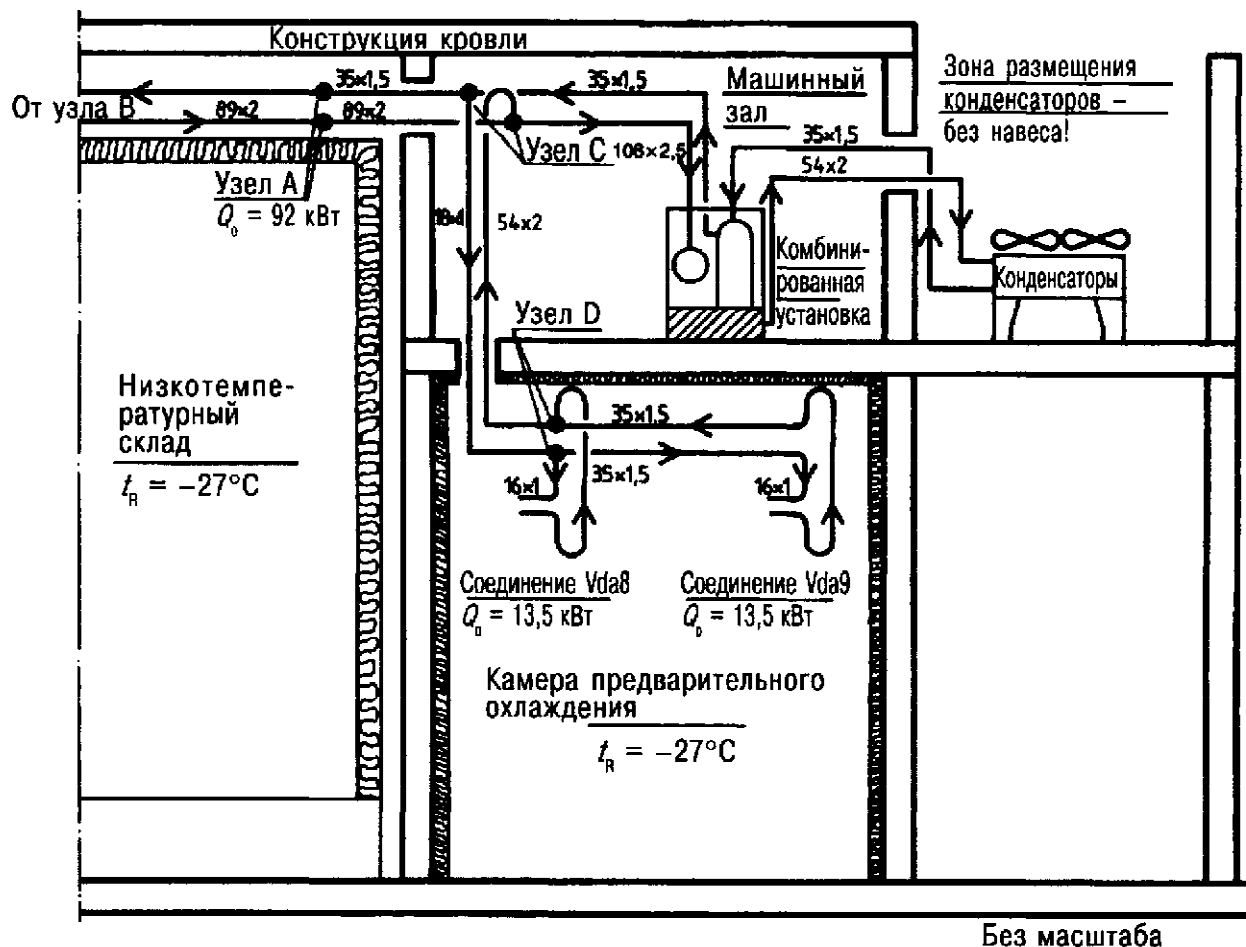


Рис. 4.53.

4.3.7.2. Жидкостный трубопровод

Жидкостный трубопровод (F1) от коллектора к узлу С:

$$l_{\text{геом}} = 8 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 12 \text{ м};$$

$$Q_o = 120 \text{ кВт}.$$

Примечание: Для определения диаметра трубы для жидкостного трубопровода используется соответствующая номограмма. Способ работы с такой номограммой идентичен принципу определения параметров всасывающего трубопровода. (Исключение составляет лишь разность температур, которая, как показывает практика, равняется 0,5 К.)

Решение: $d_{\text{выбран}} = 35 \times 1,5 \text{ мм}$.

1-й участок

Жидкостный трубопровод от узла С к узлу D:

$$l_{\text{геом}} = 5,5 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 8,25 \text{ м (внести в номограмму в точке 8 м)};$$

$$Q_o = 27 \text{ кВт}.$$

Решение: $d_a = 18 \times 1 \text{ мм}$.

2-й участок

Жидкостный трубопровод от узла D к Vda8:

Выбрано: $d_a = 16 \times 1 \text{ мм}$; $l_{\text{геом}} = 1,5 \text{ м}$.

3-й участок

Жидкостный трубопровод от узла D к Vda9:

$l_{\text{геом}} = 4 \text{ м}$ (примерная оценка);



$$l_{\text{экв}} = 6 \text{ м};$$

$$Q_o = 13,5 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 16 \times 1 \text{ мм.}$$

4-й участок

Жидкостный трубопровод от узла С к узлу А:

$$l_{\text{геом}} = 5 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 7,50 \text{ м};$$

$$Q_o = 92 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 35 \times 1,5 \text{ мм.}$$

5-й участок

Жидкостный трубопровод от узла А к Vda3:

$$l_{\text{геом}} = 7 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 10,50 \text{ м};$$

$$Q_o = 40,5 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 22 \times 1 \text{ мм.}$$

6-й участок

Жидкостный трубопровод от Vda3 к Vda2:

$$l_{\text{геом}} = 7 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 10,50 \text{ м};$$

$$Q_o = 27 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 18 \times 1 \text{ мм.}$$

7-й участок

Жидкостный трубопровод от Vda2 к Vda1:

$$l_{\text{геом}} = 7 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 10,50 \text{ м};$$

$$Q_o = 13,5 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 16 \times 1 \text{ мм.}$$

8-й участок

Жидкостный трубопровод от узла А к узлу В:

$$l_{\text{геом}} = 56 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 84 \text{ м};$$

$$Q_o = 48,5 \text{ кВт.}$$

$$\text{Решение: } d_a = 28 \times 1 \text{ мм.}$$

9-й участок

Жидкостный трубопровод от узла В к Vda6:

$$\text{Решение: } d_a = 22 \times 1 \text{ мм.}$$

10-й участок

Жидкостный трубопровод от Vda6 к Vda5:

$$\text{Решение: } d_a = 18 \times 1 \text{ мм.}$$

11-й участок

Жидкостный трубопровод от Vda5 к Vda4:

$$\text{Решение: } d_a = 16 \times 1 \text{ мм.}$$

12-й участок

Жидкостный трубопровод от узла В к Vda7:

$$\text{Решение: } d_a = 16 \times 1 \text{ мм.}$$

Таблица 4.24. Сводная таблица установленных размеров труб для жидкостного трубопровода

d_a	16 × 1 мм	18 × 1 мм	22 × 1 мм	28 × 1,5 мм	35 × 1,5 мм
	7,0		7,0	56,0	5,0
Длина, м	7,0	7,0	7,0		8,0
	1,5	7,0			
	4,0	5,5			
	4,0				
Сумма, м	23,5	19,5	14,0	56,0	13,0

4.3.7.3. Нагнетательный трубопровод

Нагнетательный трубопровод, проложенный от винтового компаунд-компрессора к воздушному конденсатору с осевым вентилятором:

$$l_{\text{геом}} = 15,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 22 \text{ м};$$

$$Q_o = 120,6 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 54 \times 2,0 \text{ мм}$ (выбрано).

4.3.7.4. Трубопровод конденсаторный

Конденсаторный трубопровод от воздушного конденсатора с осевым вентилятором к коллектору комбинированной установки:

$$l_{\text{геом}} = 15,0 \text{ м};$$

$$l_{\text{экв}} = 22 \text{ м};$$

$$Q_o = 120,6 \text{ кВт.}$$

Решение: $d_a = 35 \times 1,5 \text{ мм}$ (выбрано).

4.3.8. Теплоизоляция Armaflex для всасывающего и жидкостного трубопроводов

– Всасывающий трубопровод выполняется с принятыми на практике низкотемпературных зон змеевиками серии «М», что соответствует номинальной толщине 19 мм.

– Для жидкостного трубопровода с учетом встроенного переохладителя жидкости выбрано исполнение с необходимыми здесь змеевиками серии «Н», что соответствует номинальной толщине 13 мм.

4.3.8.1. Таблица требуемых длин трубопроводов

Таблица 4.25

10 м	М 35	23,5 м	Н 15
14 м	М 42	19,5 м	Н 18
19,5 м	М 54	14 м	Н 22
6 м	М 64	56 м	Н 28
61 м	М 89	13 м	Н 35
8 м	М 108		

4.3.9. Проектирование элементов системы управления и контроля

4.3.9.1. Терморегулирующие вентили фирмы Alco

Расчет для испарителя SGB 63-F41 V6.07

$Q_o = 13,5$ кВт – холодопроизводительность испарителя при следующих условиях:

$$t_R = -27^\circ\text{C};$$

$$t_o = -35^\circ\text{C};$$

$$\Delta T = 8 \text{ K};$$

$$t_3 = 0^\circ\text{C}.$$

$$\Delta P = P_c - P_o - \text{прочие сопротивления}.$$

Формула для практических условий:

$\Delta P = P_c - P_o - 15$ бар – (распределитель жидкости, распределительные трубы) – 1,5 бар (прочие сопротивления).

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{TFI}} \cdot K_{\Delta\text{PFI}}.$$

$$\Delta P = 18,61 - 2,36 - 1 - 1,5 = 13,75 \text{ бар}.$$

$$Q_N = 13,5 \cdot 1,092 \cdot 0,88 = 12,97 \text{ кВт}.$$

Выбрано: Alco TCLE 400 SW WL 12 × 16 мм при:

$$Q_{N \text{ каталожи}} = 15,7 \text{ кВт}.$$

Для калькуляции: 8 шт. TCLE 400 SW WL 12 × 16 мм.

Примечание:

Придется отказаться от использования расширительных (МОР)-клапанов с ограничением давления, идентифицируемых изготовителем через так называемый показатель МОР, из-за опасности смещения наполнителя в режиме оттаивания горячим газом!

Расчет для испарителя SGB 56-F41 V6.07.

$Q_o = 11$ кВт – холодопроизводительность испарителя при:

$$t_R = -27^\circ\text{C};$$

$$t_o = -35^\circ\text{C};$$

$$\Delta T = 8 \text{ K};$$

$$t_3 = 0^\circ\text{C}.$$

$$\Delta P = 18,61 - 2,36 - 1 - 1,5 = 13,75 \text{ бар}.$$

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{TFI}} \cdot K_{\Delta\text{PFI}}.$$

$$Q_N = 11 \text{ кВт} \cdot 1,092 \cdot 0,88 = 10,57 \text{ кВт}.$$

Выбрано: Alco TCLE 250 SW WL 10 × 16 мм с $Q_{N \text{ каталожи}} = 12,2$ кВт.

4.3.9.2. Электромагнитные клапаны фирмы Alco при использовании жидкости

Расчет для испарителя SGB 63-F41 V6.07

$Q_o = 13,5$ кВт – холодопроизводительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{TFI}} \cdot K_{\Delta\text{PFI}}.$$

$$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,10 \text{ бар (выбрано)}.$$

$$Q_N = 13,5 \cdot 0,681 \cdot 1,22 = 11,22 \text{ кВт}.$$

Выбрано: Alco 200RB4T4, пайка 12 мм с $Q_{N \text{ каталожи}} = 16,8$ кВт.

Для калькуляции: 8 шт. Alco 200RB6T5, пайка 16 мм.

Расчет для испарителя SGB 56-F41 V6.07

$Q_o = 11$ кВт – полезная производительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{TFI}} \cdot K_{\Delta\text{PFI}}.$$

$$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,10 \text{ бар (выбрано)}.$$

$$Q_N = 11 \cdot 0,681 \cdot 1,22 = 9,14 \text{ кВт}.$$

Выбрано: Alco 200RB4T4, пайка 12 мм с $Q_{N \text{ каталожи}} = 10,9$ кВт.

4.3.9.3. Электромагнитные клапаны фирмы Alco при использовании всасываемого газа

Расчет для испарителя SGB 63-F41 V6.07

$Q_o = 13,5$ кВт – холодопроизводительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{IFI}} \cdot K_{\text{APFI}}$$

$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,20$ бар (выбрано).

$$Q_N = 13,5 \cdot 2,13 \cdot 0,87 = 25,02 \text{ кВт.}$$

Выбрано: Alco 240RA20T11-M, пайка 35 мм, со шпинделем ручного открытия клапана (к обозначению типа добавлен индекс «М») и с Q_N каталожн = 25,70 кВт.

Расчет для испарителя SGB 56-F41 V6.07

$Q_o = 11$ кВт – холодопроизводительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{IFI}} \cdot K_{\text{APFI}}$$

$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,20$ бар (выбрано).

$$Q_N = 11 \cdot 2,13 \cdot 0,87 = 20,38 \text{ кВт.}$$

Выбрано: Alco 240RA20T11-M, пайка 35 мм, см. выше.

4.3.9.4. Электромагнитные клапаны фирмы Alco при использовании перегретого газа

Расчет для испарителя SGB 63-F41 V6.07

$Q_o = 13,5$ кВт – холодопроизводительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{IFI}} \cdot K_{\text{APFI}}$$

$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,7$ бар (выбрано).

$$Q_N = 13,5 \cdot 1,216 \cdot 1,22 = 20,03 \text{ кВт.}$$

Выбрано: Alco 240RA8T7T, пайка 22 мм с Q_N каталожн = 27,7 кВт.

Alco 240RA9T5, пайка 16 мм, $Q_N = 36,5$ кВт.

Для калькуляции: 8 шт. Alco 240RA9T5, пайка 16 мм.

Расчет для испарителя SGB 56-F41 V6.07

$Q_o = 11$ кВт – холодопроизводительность испарителя:

$$Q_N = Q_o \cdot K_{\text{IFI}} \cdot K_{\text{APFI}}$$

$\Delta P_{\text{клапана}} = 0,7$ бар (выбрано).

$$Q_N = 11 \cdot 1,216 \cdot 1,22 = 16,32 \text{ кВт.}$$

Выбрано: Alco 240RA8T7, пайка 22 мм, $Q_N = 17,4$ кВт.

4.3.9.5. Запорные шаровые клапаны фирмы Alco для каждого испарителя

Тип испарителя: SGB63-F41 V6.07.

Соединение на входе: 15 мм, выбрано: Hansa KAV 16 мм, 8 шт.

Соединение на выходе: 28 мм, выбрано: Hansa KAV 28 мм, 8 шт.

Тип испарителя: SGB56-F41 V6.07.

Соединение на входе: 10 мм, выбрано: Hansa KAV 16 мм, 1 шт.

Соединение на выходе: 28 мм, выбрано: Hansa KAV 28 мм, 1 шт.

Запорные шаровые клапаны в исполнении «Bi-flow» (двухконтурные) находят применение в жидкостных, всасывающих трубопроводах и трубопроводе перегретого пара. Они оснащены опломбированным колпачком и предлагаются в типоразмерах KAV 6 мм – KAV 108 мм.

4.3.9.6. Смотровые стекла с индикатором влажности фирмы Alco для каждого испарителя

Выбрано: 9 штук AMI-1TT5, пайка 16 мм.

4.3.9.7. Фильтры-осушители хладагента для каждого испарителя

Выбрано: 9 штук Danfoss DU 165s, пайка 16 мм, производительность по жидкости: 30 кВт при $\Delta P = 0,07$ бар.

4.3.9.8. Обратные клапаны для монтажа на конденсатном трубопроводе

Выбрано: 9 штук обратных клапанов ф. Danfoss, типа NRV 16s, пайка 16 мм.

4.3.9.9. Обзорная схема оснащения испарителей (см. рис. 4.54)



Рис. 4.54. Элементы системы управления и контроля испарителей

4.3.10. Разделение холодильной установки на контуры регулирования процесса оттаивания и создание коммутационной схемы для электромагнитных клапанов в режиме размораживания и/или охлаждения

Как уже упоминалось выше, для осуществления процесса оттаивания выбирается способ с применением горячего газа (перегретого пара). С учетом такого принципа действия уже проектировались специальные испарители и относящиеся к ним оснащение. При оттаивании с помощью горячего газа может быть рекомендована схема испарителя, согласно которой не менее 2/3 теплообменника находится в режиме охлаждения, а оставшаяся 1/3 или меньше – в режиме оттаивания.

Фаза оттаивания запускается через контур регулирования посредством регулирующей электроники ф. Danfoss, и перегретый пар хладагента подается по отдельному теплонепроницаемому «нагнетательному трубопроводу оттаивания» к соответствующему испарителю или испарителям. Конденсируемый хладагент попадает – через «трубопровод отвода конденсата», проложенный с перепадом относительно сосуда для хладагента – от выхода испарителя к коллектору. Вся холодильная установка делится на 4 контура регулирования процесса оттаивания. Коммутационная схема для электромагнитных клапанов приведена в Приложении 1.

4.3.11. Планирование и выбор компонентов системы ADAP-Kool® фирмы Danfoss для электронного регулирования холодильной установки

В предыдущем разделе было рассмотрено деление холодильной установки на контуры регулирования с учетом требований в отношении режима оттаивания с помощью горячего газа. Система автоматического регулирования Danfoss ADAP-Kool® для холодильных установок представляет собой обширную программу регулирования, контроля и обработки сигналов для промышленных и торговых холодильных установок.

Она включает в себя следующие компоненты:

- электронные регуляторы типа АКС;
- терморегулирующий вентиль с широтно-импульсной модуляцией типа АКВ;
- Pt 1000 термодатчики типа АКС11 и АКС21;
- измерительные датчики давления типа АКС32;
- чувствительный элемент датчика измеряемых величин типа АКЛ;
- логический элемент типа АКА;
- пакет компьютерных программ типа АКМ.

4.3.11.1. Комбинированный регулятор для винтового компрессора (см. рис. 4.55)

Для регулирования установки планируется использовать комбинированный регулятор типа АКС25Н5, имеющий, кроме прочего, следующие функции: регулирование нейтральной зоны давления всасывания и давления конденсации, сдвиг заданного значения давления всасывания, выдержка времени при включении и выключении, счетчик рабочих часов, контроль давления и температу-

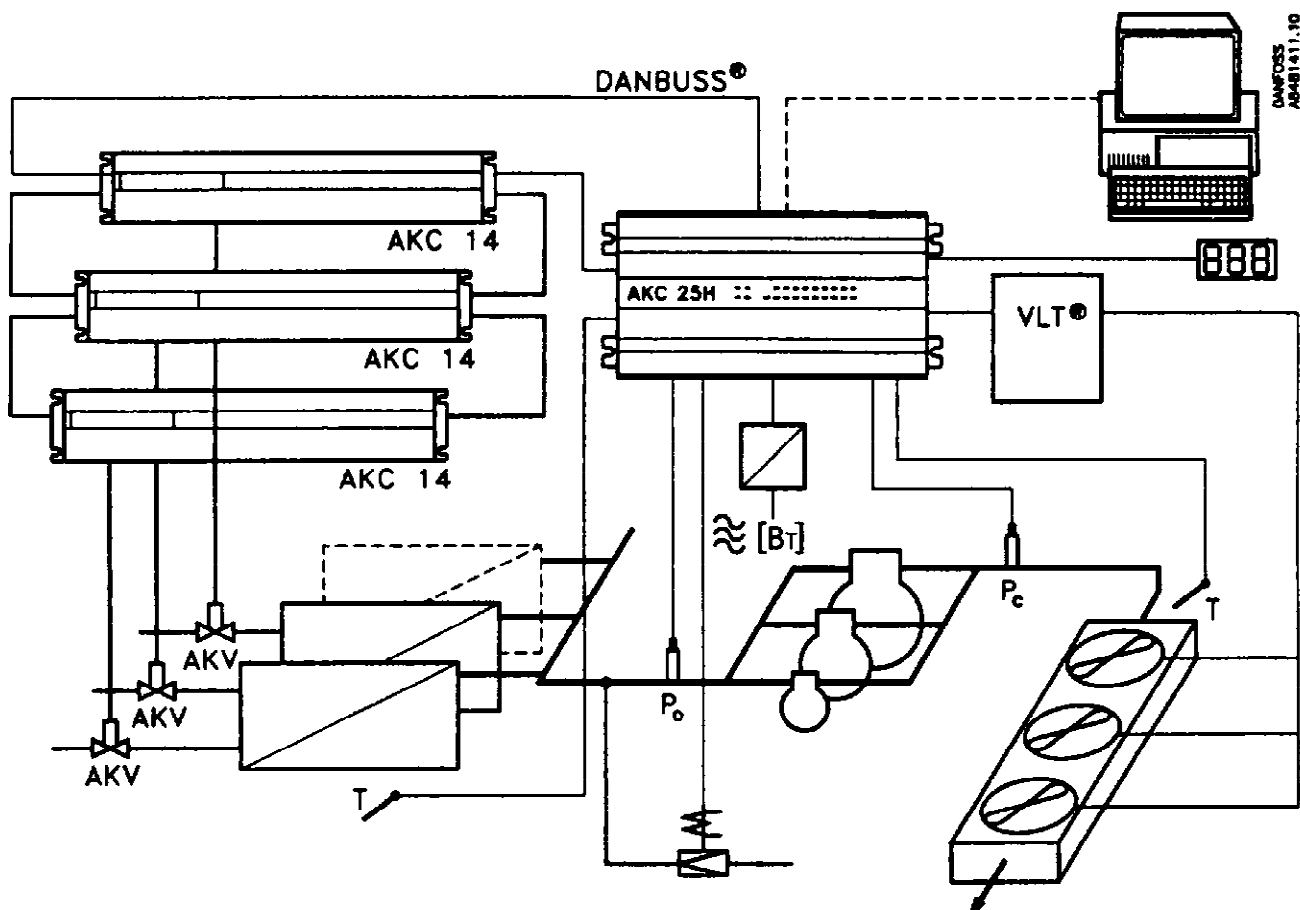


Рис. 4.55.

ры, передача данных, попеременная установка числа оборотов компрессора или вентилятора конденсатора, регулирование давления всасывания в зависимости от давления в камере или, соответственно, давления конденсации в зависимости от температуры окружающего воздуха, ограничение пиковых нагрузок, повышение давления всасывания в ночное время по показаниям внутреннего таймера.

В коллекторном трубопроводе высокого давления монтируется измерительный преобразователь типа АКС для высокого давления, а в коллекторном трубопроводе на стороне всасывания, соответственно, измерительный преобразователь типа АКС для низкого давления.

Управление двигателями вентиляторов у конденсаторов осуществляется бесступенчато посредством снабженного синусным фильтром преобразователя частоты типа VLT6022 фирмы Danfoss. Подъем давления всасывания путем изменения температуры камеры, а также изменение давления конденсации в зависимости от температуры окружающего воздуха достигаются с помощью Pt 1000-фильтра типа АКС21. Помимо этого, присоединяются еще два датчика АКС21 для контроля инжектируемого и сжатого газа и, наконец, два сигнальных модуля АКС 22Н для обоих компрессоров (максимальный ток, полная защита и проч.).

Датчик результатов измерения АКС 111 А позволяет регистрировать еще 8 значений температур в разных местах холодильной установки и в сочетании со счетчиком киловатт-часов определять величину текущего расхода.

4.3.11.2. Контуры регулирования и регуляторы

Охлаждаемые объекты (например, три низкотемпературные камеры) поделены в целом на 4 контура регулирования (см. п. 4.3.10):

- контур регулирования 1: испарители 8 и 9 в камере предварительного охлаждения;
- контур регулирования 2: испарители 1, 2 и 3 в низкотемпературном складе;
- контур регулирования 3: испарители 4, 5 и 6 в низкотемпературном складе;
- контур регулирования 4: испаритель 7 в камере размещения охлаждаемых контейнеров.

К регулятору АКС 114 присоединяется 1 расширительный вентиль, к регулятору АКС 115 – 2, а к АКС 116 – 3 таких вентиля. Тип – АКВ 10-п или АКВ 20-п. Выбор вентиля зависит от потребляемой мощности. Все они предназначены для индивидуального регулирования впрыска жидкости.

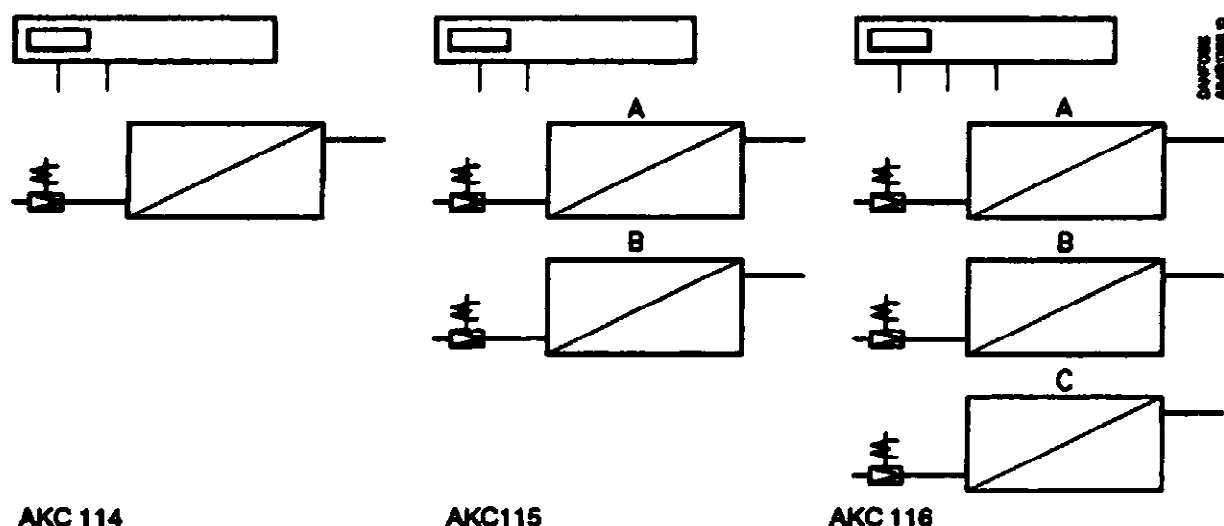


Рис. 4.56.



Функция электронного впрыска может быть отключена, и тогда она будет выполняться терморегулирующим вентилем (например, типа TE). При таком варианте использования необходимо подключить электромагнитный клапан к выходу АКВ регулятора. Функция терморегулирования призвана управлять процессом включения/выключения электромагнитного клапана, в результате чего удается удерживать температуру среды на требуемом постоянном уровне.

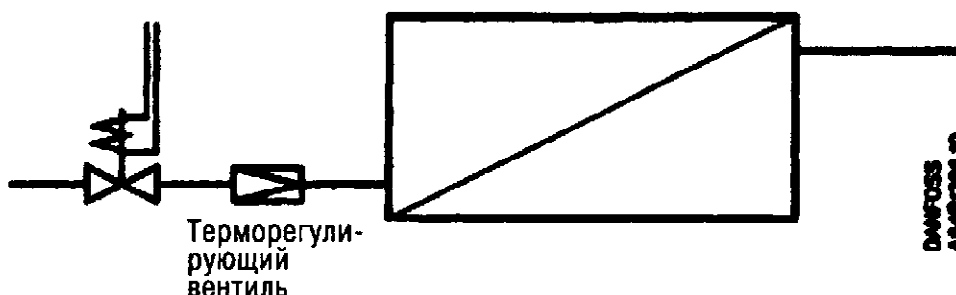


Рис. 4.57. Функция терморегулирующего вентиля (не серии «А»)

Регуляторы объектов охлаждения АКС 114, АКС 115 и АКС 116 способны осуществлять регулирование одного, двух или трех испарителей; здесь требуется: 1 × АКС 114, 1 × АКС 115 и 2 АКС 116. Они располагают функцией «оттаивания с применением газа» и в качестве альтернативы к «функции расширительного клапана АКВ» еще традиционной «функцией терморегулирующего вентиля».

Функция электронного впрыска может быть отключена, и тогда она будет выполняться терморегулирующим вентилем (например, типа TE). При таком варианте использования необходимо подключить электромагнитный клапан к выходу АКВ регулятора. Функция терморегулирования призвана управлять процессом включения/выключения электромагнитного клапана, в результате чего удается удерживать температуру среды на требуемом постоянном уровне.

4.3.11.3. Чувствительные элементы датчиков типа AKS 11

Размещение датчиков типа AKS11 предусмотрено на каждом испарителе при использовании регуляторов АКС 114, 115 и 116. Количество показанных на рисунке чувствительных элементов зависит от наличия расширительных вентилей с широтно-импульсной модуляцией типа АКВ. В традиционной функции «терморегулирующего вентиля» датчики S1 и S2 не требуются (измерение хладагента происходит на уровне «включено» и «выключено» в состоянии перегрева). Такие датчики не нуждаются в экранированном кабеле при подключении к регулятору в распределительном шкафу — здесь достаточно обычного кабеля типа NYM.

4.3.11.4. Расширительный вентиль типа АКВ с широтно-импульсной модуляцией

Для каждого испарителя были рассчитаны традиционные терморегулирующие вентили фирмы Alco.

В качестве альтернативы могут быть предложены относящиеся к системе Danfoss ADAP-KOOL® расширительные вентили АКВ. В этом случае, правда, потребуются некоторые дополнительные расчеты.

Для испарителей типа SGB63-F41 с номерами с 1 по 6 и 8, 9 произведенный расчет дает основания для выбора следующего типа вентиля: АКВ 15-1 (см. табл. 4.26).

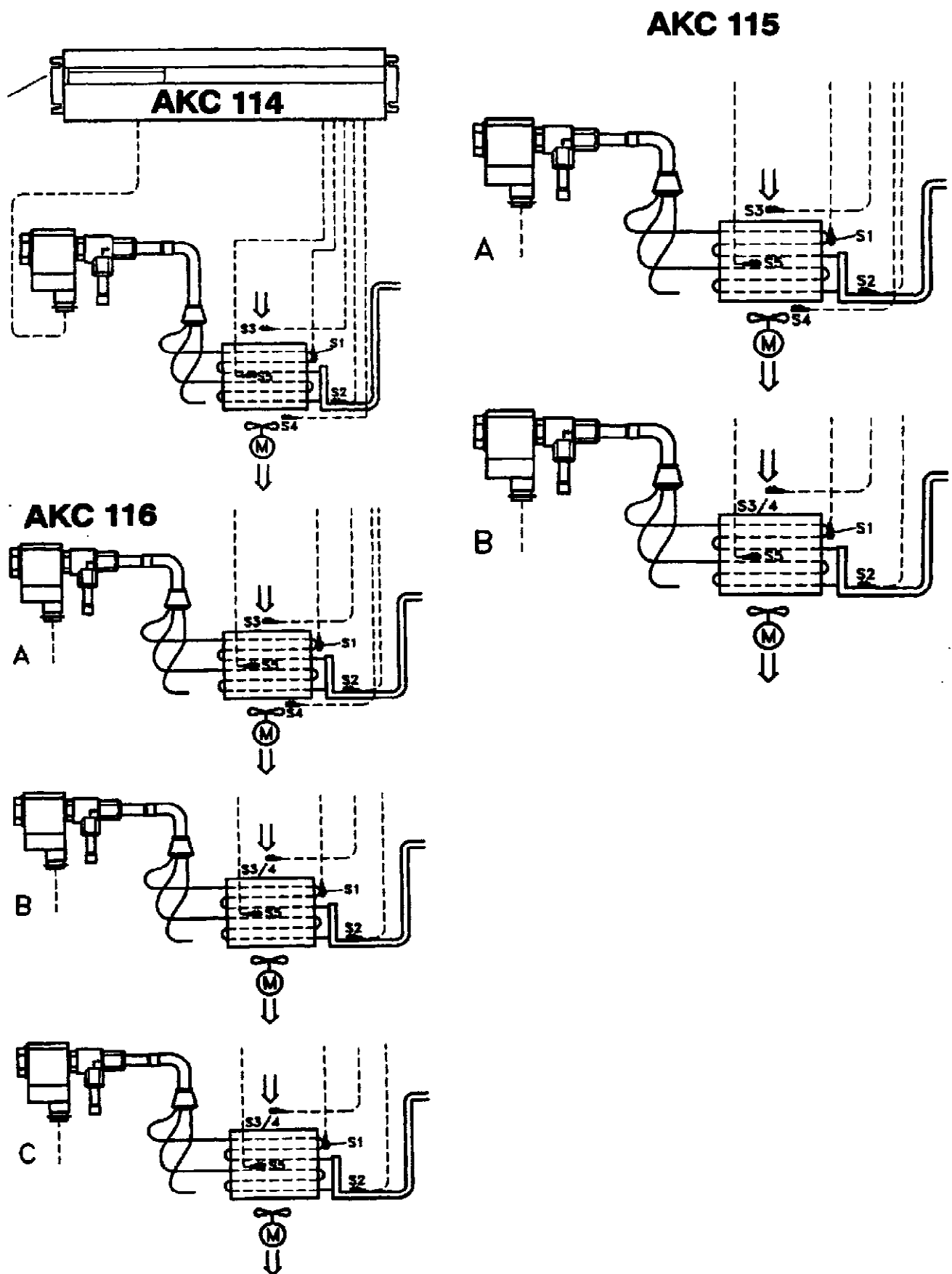


Рис. 4.58.

Таблица 4.26. Электронные расширительные вентили Danfoss ADAP-KOOL®

Хладагент	R 507
Мин. температура конденсации	40,0°C
Мин. давление конденсации (абсолютное)	18,3 бар
Температура кипения	-35,0°C
Давление кипения	1,7 бар
Разность давлений в распределителе и трубопроводах	1,0 бар
Разность давлений над вентилем	15,6 бар
Температура жидкости перед вентилем	36,0°C
Производительность испарителя	13,5 кВт
Требуемая производительность вентиля	17,5 кВт
Рекомендуемый вентиль	AKV 15-1
Производительность вентиля, кВт	19,6
Расчетная степень открытия вентиля, %	69,0

Для испарителя типа SGB56-F41 с номером 7 произведенный расчет показал целесообразность выбора вентиля типа AKV 15-1 (см. табл. 4.27).

Таблица 4.27

Хладагент	R 507
Мин. температура конденсации	40,0°C
Мин. давление конденсации (абсолютное)	18,3 бар
Температура кипения	-35,0°C
Давление кипения	1,7 бар
Разность давлений в распределителе и трубопроводах	1,0 бар
Разность давлений над вентилем	15,6 бар
Температура жидкости перед вентилем	36,0°C
Производительность испарителя	11,0 кВт
Требуемая производительность вентиля	14,3 кВт
Рекомендуемый вентиль	AKV 15-1
Производительность вентиля	19,6 кВт
Расчетная степень открытия вентиля	56,2%

Функция вентиля типа AKV 15 наглядно представлена на приведенном ниже чертеже.

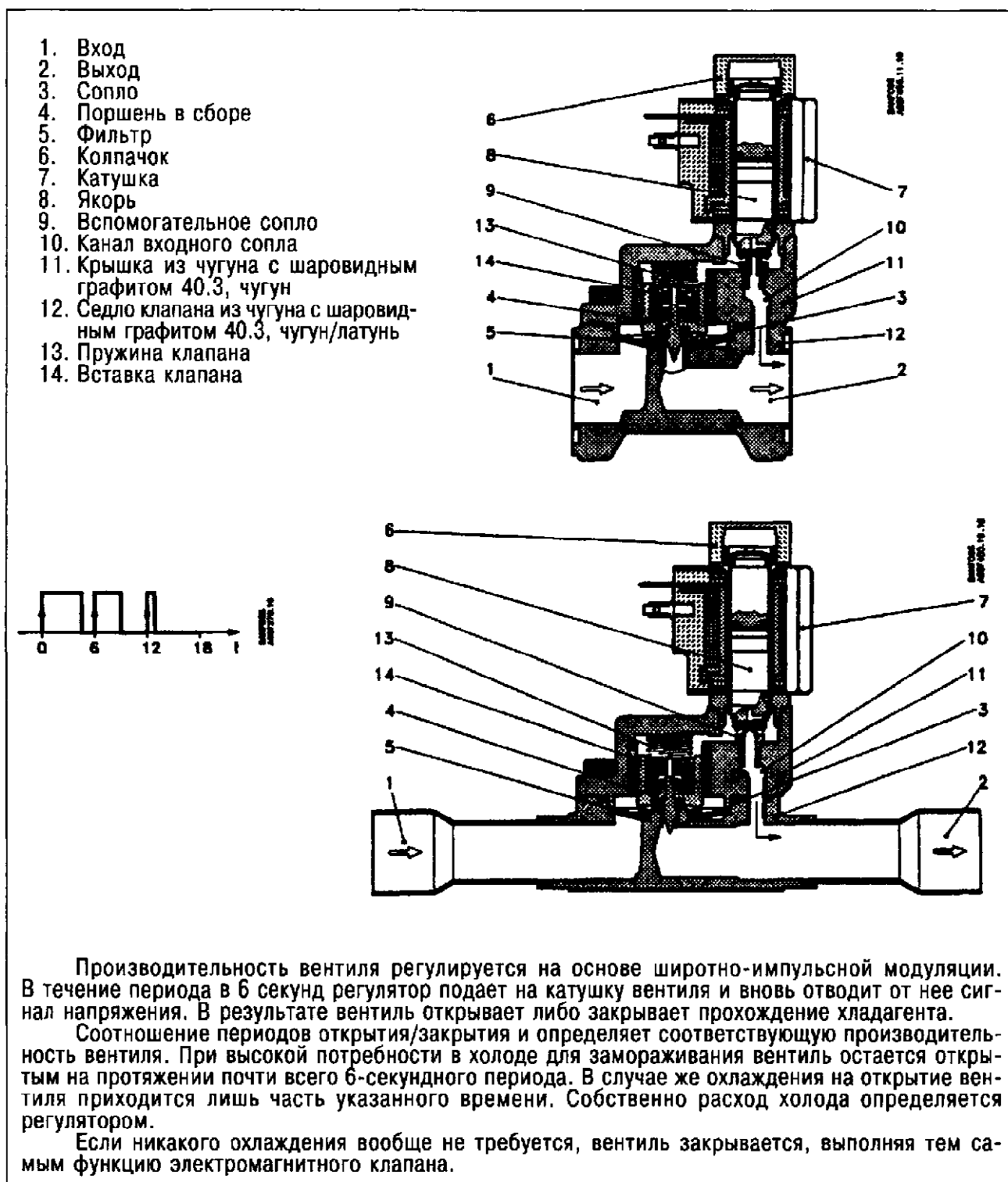


Рис. 4.59.

Примечания:

1. При использовании вентилях АКВ монтируется по 5 чувствительных элементов датчика на каждый испаритель.

2. Электромагнитный клапан для жидкости не требуется.

3. Во избежание мгновенного газообразования для конденсатора следует дополнительно предусмотреть контур переохлаждения воздуха, способный обеспечить переохлаждение порядка 5 К. Если установка уже располагает переохлаждением хладагента, указанная выше версия отпадает.

4. Жидкостный трубопровод рассчитывают на основе особенностей характеристики открытия клапана (открыто: протекание 100%, закрыто: протекание 0%)

с учетом его максимальной пропускной способности. Чтобы исключить внезапные удары давления при открытии или, соответственно, закрытии клапана, максимальная скорость в жидкостном трубопроводе должна составлять от 0,5 до $\leq 1,0$ м/с. Обязательно проверять диаметры по всему трубопроводу!

4.3.11.5. Дистанционная передача данных

Для передачи данных холодильная установка оснащена по принципу системы с управлением от ПК (что реализуется пользователем на месте монтажа) с возможностью дистанционной передачи информации изготовителю установки и обеспечением внешнего доступа к ней.

При этом необходимы следующие компоненты.

– Подключенный к шине передачи данных DANBUSS® логический элемент модема типа АКА 244 в качестве интерфейса между системой управления установкой и ПК. На интерфейсе RS232 находится модем типа LASAT Web Set Go, обеспечивающий телефонную связь с изготовителем. Здесь предусмотрено программное обеспечение типа АКМ на основе программы с доступом ко всем функциям в разных регуляторах.

К шине DANBUSS® подключена также логическая схема ПК типа АКА 241 для эксплуатационника установки. Посредством 9/9-полюсного компьютерного кабеля устанавливается связь с ноутбуком пользователя, располагающим специальным пакетом программ АК-Mimic.

4.3.12. Модулирующее регулирование давления для оттаивания с применением перегретого пара

Для оттаивания перегретым паром в процессе размораживания требуется повышенное давление газа перед испарителем, что позволяет отжимать образующийся конденсат в направлении коллектора. Это достигается с помощью управляемого контрольными сигналами регулятора давления (Danfoss PM3). К регулируемому модулю относятся также два регулятора высокого давления CVP и вспомогательный электромагнитный клапан EVM. В режиме охлаждения электромагнитный клапан, смонтированный перед одним из двух регуляторов CVP, открывается. При этом в нагнетательном трубопроводе удерживается, например, давление 12 бар. В процессе оттаивания этот электромагнитный клапан закрывается, иницируя следующий за ним регулятор CVP, благодаря которому в нагнетательном трубопроводе удерживается давление, например 14 бар. Этим обеспечивается то обстоятельство, что перед подлежащими оттаиванию испарителями имеет место перегретый газ более высокого давления, чем в резервуаре. На тот случай, если в силу каких-либо причин давление в коллекторе опустится ниже минимально допустимого значения (что поставило бы под угрозу подачу хладагента к еще охлаждающим испарителям), между нагнетательным трубопроводом и коллектором смонтирован трубопровод с регулятором давления в коллекторе. Этот регулятор типа KVD призван удерживать давление в коллекторе на минимальном уровне.

Система регулирования давления включает в себя следующие компоненты:

- 1 главный вентиль PM 3-50 с припаянным фланцем типа 12, 54 мм;
- 2 вспомогательных вентиля типа CVP, 4–28 бар (высокое давление);
- 1 вспомогательный электромагнитный клапан типа EVM + катушка 230 В;
- 1 соединение манометра и дополнительно еще:
- 1 регулятор давления в коллекторе KVD 15;
- 1 электромагнитный клапан, нагнетательный трубопровод для режима оттаивания – см. электросхему, где электромагнитные клапаны отмечены звездочкой (*), фирма Danfoss, типа EVR25, пайка 35 мм.



4.3.12.1. Технологическая схема «регулирования давления по принципу сервоуправления»

См. рис. 4.60.

4.3.12.2. Расчет регулирующего модуля с сервоуправлением фирмы Danfoss

Технические характеристики:

Комбинированная холодильная установка с винтовыми компрессорами:

$Q_o = 120,6$ кВт; $P_{кл} = 100,5$ кВт; $t_R = -27^\circ\text{C}$;

R 507:

$t_o = -35^\circ\text{C}$; $P_o = 1,71$ бар; $t_{o, \text{val}} = -37^\circ\text{C}$; $P_o = 1,57$ бар;

$\Delta T_{\text{SL}} = 2$ К; $t_1' = -28^\circ\text{C}$;

$t_c = +40^\circ\text{C}$; $P_c = 18,61$ бар; $t_3 = 0^\circ\text{C}$.

– Разность энтальпий: $q_{\text{ON}} = h_1' - h_4$, кДж/кг;

$h_3 = h_4 = 200$ кДж/кг; $h_1' = 349,83$ кДж/кг;

$q_{\text{ON}} = 349,83 - 200 = 149,83$ кДж/кг.

– Массовый расход хладагента: $m_R = Q_o / q_{\text{ON}}$, кг/с, где: Q_o , кДж/с, q_{ON} , кДж/кг.

$m_R = 120,60 : 149,83 = 0,8049$ кг/с = 2897,64 кг/час.

4.3.12.2.1. Расчет коэффициента пропускной способности k_v и выбор регулятора РМ фирмы Danfoss

$$k_v = \frac{m_R}{514} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{\Delta P \cdot \rho_N \cdot P_2}}, \text{ м}^3/\text{час},$$

где m_R , кг/час;

T_1 , К – температура перед вентилем;

ΔP , бар – перепад давления в вентиле; здесь: желательно 0,10 бар;

ρ_N – плотность газов/паров в нормальном состоянии (стандартная плотность ρ_N) при 0°C и $P = 1,01325$ бар.

R507:

$$\rho_N = 1,3 \cdot \frac{\text{молекулярный вес хладагента в кг/моль}}{\text{молекулярный вес воздуха с 28,8 кг/моль}}$$

$\rho_{N, R507} = 4,46$ кг/м³;

P_1 – давление перед вентилем; $P_c = 18,61$ бар.

P_2 – давление после вентиля; $P_1 - \Delta P = 18,61$ бар.
= 18,51 бар.

Хладагент	Молекулярный вес, кг/моль
R 134a	102
R 407C	86,2
R 404A	97,6
R 507	98,8

Расчет температуры перед вентилем: $T_2 = T_1 \left(\frac{P_c}{P_o} \right)^{\frac{n-1}{n}}$,

где $T_1 = 273,15 + t_o + 10$;

$T_1 = 273,15 + (-35) + 10 = 248,15$ К;

$P_c / P_o = 18,61 / 1,71 = 10,88$;

$n = 1,2$ (примерная оценка).

$T_2 = 248,15 \cdot (10,88)^{\frac{1,2-1}{1,2}} = 369,42$ К.

$t_2 = 96,27^\circ\text{C}$.

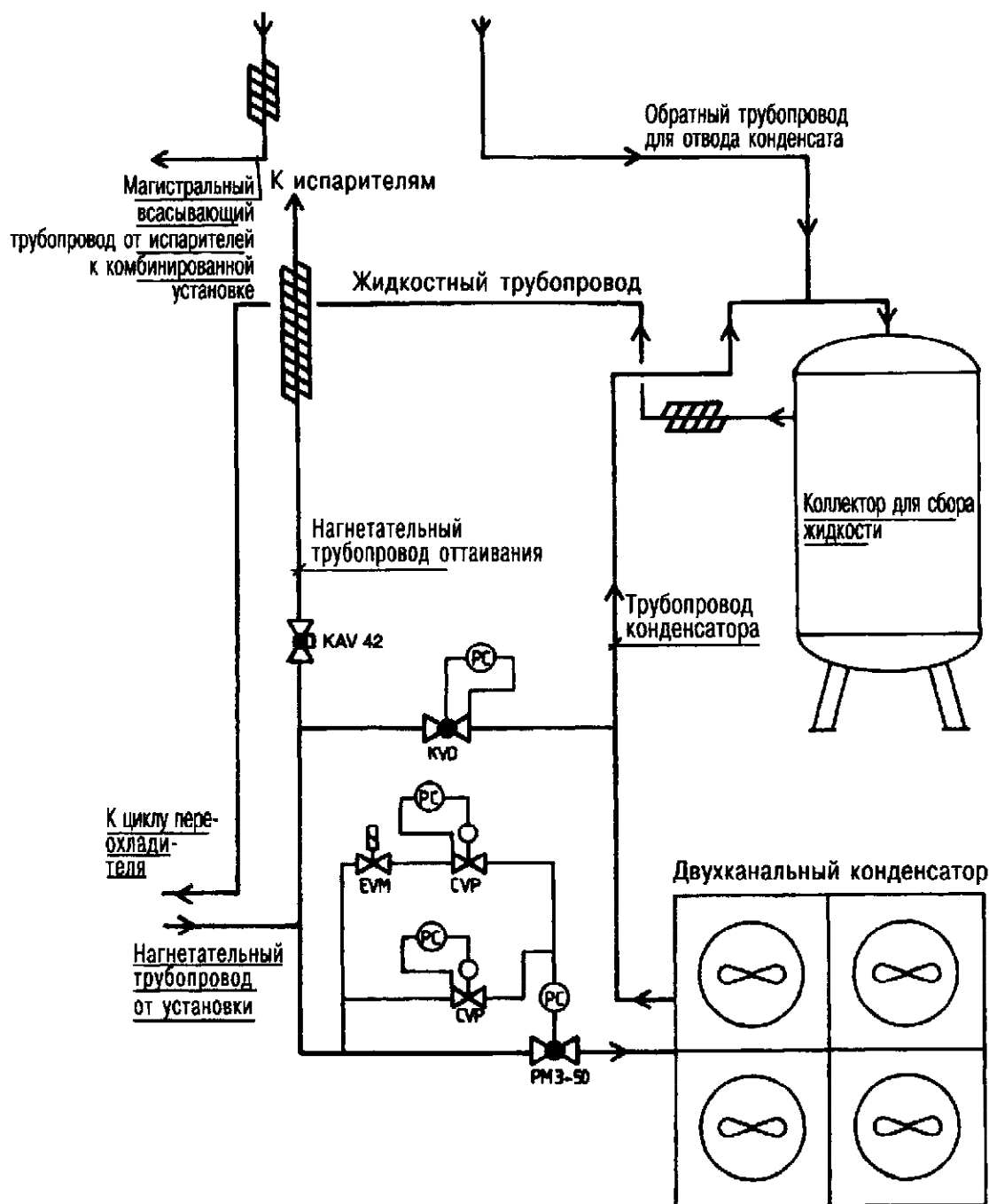


Рис. 4.60.

$$k_v = \frac{2897,64}{514} \cdot \sqrt{\frac{369,42}{0,1 \cdot 4,46 \cdot 18,51}} = 37,71 \text{ м}^3/\text{час.}$$

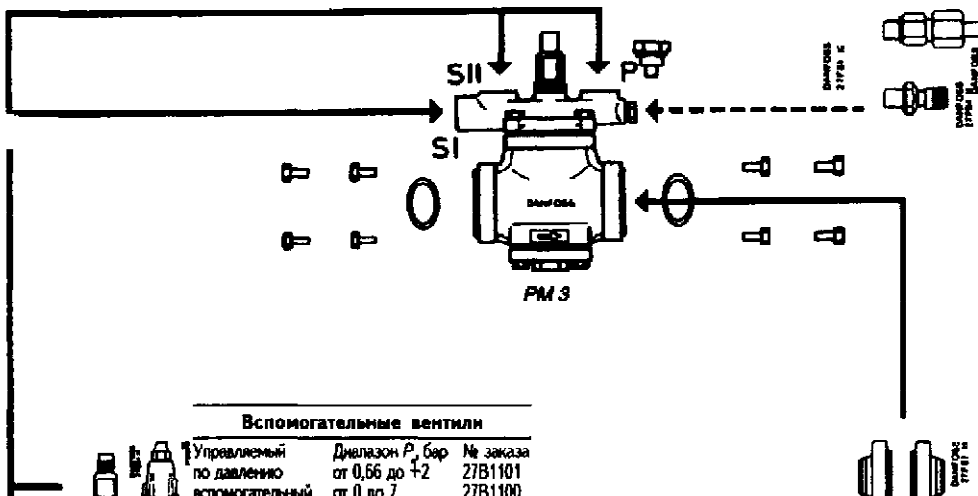
Выбрано:

Управляемый по давлению регулятор типа РМ 3-50 в качестве главного вентиля с величиной k_v согласно каталогу = 43 м³/час.

Составляющие:

- 1 вспомогательный электромагнитный клапан EVM + катушка 230 В;
- 2 регулятора давления конденсации CVP (для высокого давления), 4–28 бар;
- 1 фланец типа 12, пайка 54 мм, для РМ 50;
- 1 соединение для манометра, кромка 1/4" (с автоматическим замыканием).




Таблица 4.28



Присоединение манометра

Способ соединения	Номер заказа
диам. 6,5/диам.10 мм	27B2035
сварка/пайка	
кромка 1/4" (с автоматическим замыканием)	27B2041

Вспомогательные вентили

	Управляемый по давлению вспомогательный вентиль типа CVP	Диапазон P, бар от 0,56 до +2 от 0 до 7 от 6 до 22 ¹⁾	№ заказа 27B1101 27B1100 27B1160
	Управляемый по давлению вспомогательный вентиль типа CVC с присоединением сигнала	Диапазон P, бар от -0,40 до +7	№ заказа 27B1070
	Управляемый по разности давлений вспомогательный вентиль типа CVPP	Диапазон ΔP, бар от 0 до 7	№ заказа 27B1102 27B1162
	Управляемый по температуре вспомогательный вентиль типа CVT ²⁾	от -40 до 0	№ заказа 27B1110
		от -10 до +25	27B1111
		от +20 до +60	27B1112
	Электромагнитный вспомогательный вентиль типа EVM	переменный ток ~;	№ заказа 27N1122 ³⁾
		постоянный ток =;	27B1124 ³⁾

¹⁾ Поставка CPV для еще более высоких величин давления возможна по спецзаказу.
²⁾ Управляющее давление должно быть макс. на 3 бар выше давления среды; ND: для стороны низкого давления; HD: для стороны высокого давления.
³⁾ В заказе обязательно указывать номер заказа, величины напряжения и частоты.
⁴⁾ Адсорбционный наполнитель, капиллярная трубка 5 м.


Комплекты фланцев (для входа и выхода)

Тип вентилей	Тип фланца	Сварные фланцы		Паяные фланцы	
		дюймов	№ заказа*	дюймов	№ заказа*
PM 20	12	3/4	27N1220	7/8	27L1223
		1	27N1225	1 1/8	27L1229
PM 25	12	1 1/4	27N2332	1 3/8	27L2335
		1 1/2	27N2340		
PM 32	23	1 1/2	27N2440	1 5/8	27L2441
		2	27N2450		
PM 40	24	2	27N2550	2 1/8	27L2554
		2 1/8	27N2565		
PM 50	25	2 1/2	27N2665	2 5/8	27L2666
		3	27N2680		

* Номер заказа действителен для комплекта, состоящего из входного и выходного фланцев.

Пример: PM 3-40, заказ № 27F1034;
+ 1 1/2", комплект фланцев, заказ № 27N2440;
+ CPV, заказ № 27B1100;
+ CVT, заказ № 27B1111;
+ EVM, заказ № 27B1122, 220 В, 50 Гц;
+ присоединение манометра, заказ № 27B2035.

Принадлежности:

	Внешнее соединение,	№ заказа
	в том числе для парового сопла, заказ № 27F0498	27F0498

Примечание:

В расширенных таблицах рабочих параметров главных вентилей типа PM в случае PM 3-50 производительность по перегретому газу проверяется в кВт при скорректированной температуре газа $t_0 = -35^\circ\text{C}$ и $\Delta P = 0,20$ бар. Также и расход перегретого газа в кг/с проверяется при скорректированной температуре газа $t_0 = -35^\circ\text{C}$ и $\Delta P = 0,20$ бар. Вентиль PM 3-50 во всех случаях обеспечивает необходимую производительность.

4.3.12.2.2. Выбор регулятора давления в коллекторе фирмы Danfoss

Регулятор давления в коллекторе KVD повышает эксплуатационную безопасность и служит для поддержания достаточно высокого давления в баке во избежание дополнительного внезапного газообразования в жидкостном трубопроводе. Выбранный регулятор KVD15 с пайкой 16 мм монтируется на установке с применением 3-метровой трубы 16 × 1 мм между нагнетательным трубопроводом и трубопроводом конденсатора.