

2.3. Выбор параметров холодильного компрессорного агрегата

2.3.1. Области применения и технические характеристики компрессоров

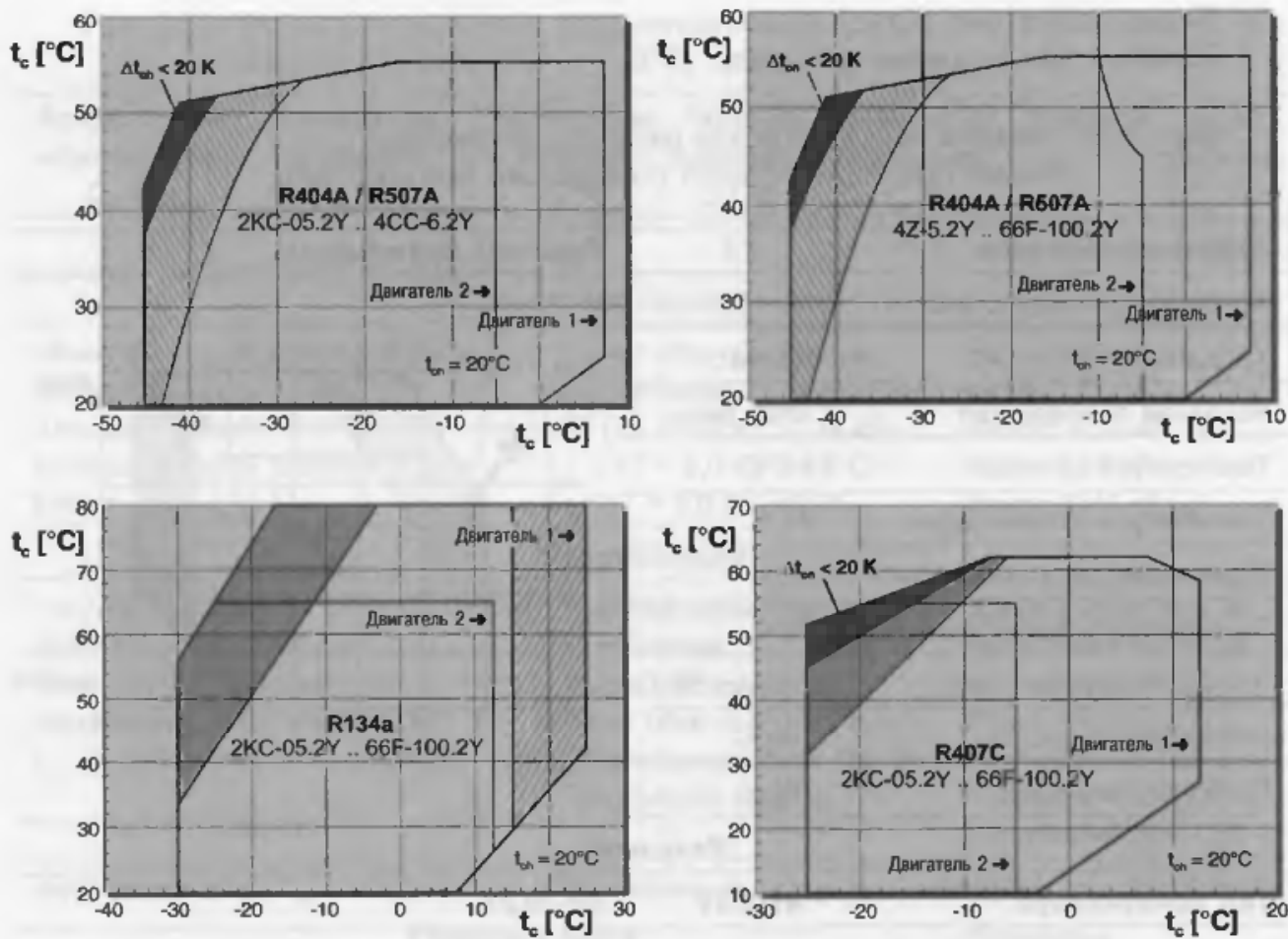
Между описанным в п. 2.2 проектированием испарителя, относящимися к нему данными холодопроизводительности, температуры холодильной камеры, температуры всасываемого воздуха, разности температур ΔT , с одной стороны, и расчетом холодильного компрессора, с другой стороны, существует определенная связь.

Проектировщик должен выбрать компрессор с такой же холодопроизводительностью и такой же температурой кипения – для обеспечения равновесия соответствующих характеристик испарителя и компрессора.

Приведенные далее диаграммы, выполненные изготовителем (рис. 2.19), демонстрируют возможные области применения компрессоров для хладагентов R404/R507, R134a и R407C. Они призваны помочь принять решение относительно выбора тех или иных приводных двигателей, возможно необходимого дополнительного охлаждения и ограниченных температур всасываемого газа.

Таблицы параметров холодильных компрессоров и относящиеся к ним диаграммы содержат данные холодопроизводительности, потребления мощности и электрического тока.

Производительность конденсатора можно вычислить путем сложения значений холодопроизводительности и потребляемой мощности.



Границы применения из расчета температуры всасываемого газа $25 (20)^\circ\text{C}$.

- (1) С хладагентами R134a и R407C при $t_c > 55^\circ\text{C}$ следует выбирать масло BSE55.
- (2) Температуры кипения и конденсации относятся к значениям точки росы (насыщенный пар)

t_o температура кипения ($^\circ\text{C}$)
 t_{oh} температура всасываемого газа ($^\circ\text{C}$)
 Δt_{oh} перегрев всасываемого газа (K)
 t_c температура конденсации ($^\circ\text{C}$)




-  дополнительное охлаждение или температура инжектируемого газа, макс. 0°C ;
-  дополнительное охлаждение;
-  дополнительное охлаждение + ограниченная температура всасываемого газа.

Рис. 2.19. Области применения компрессоров (по данным фирмы Битцер)

Все приведенные показатели относятся (согласно EN 12900, табл. 1) к температуре всасываемого газа 20°C , без переохлаждения жидкости.

Холодопроизводительность компрессора (по нормам EN 12900, п. 3.2) характеризуется как произведение реализуемого через компрессор объемного расхода хладагента и разности удельных энтальпий – хладагента на входе в компрессор и насыщенной жидкости.

Хладагент на входе в компрессор перегрет до указанного значения ($+20^\circ\text{C}$) выше точки росы на стороне всасывания.

Выбранный тип компрессора: 4P-10.2Y (см. рис. 2.20);

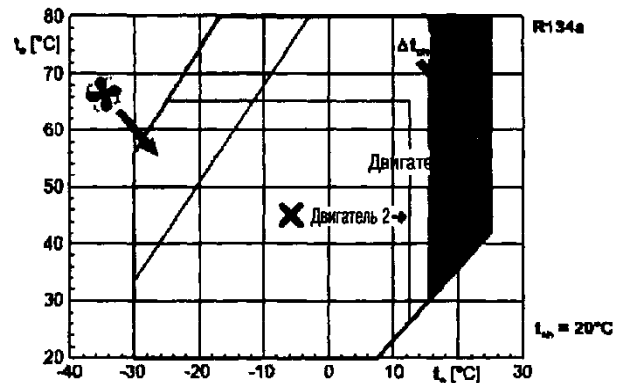
$Q_o = 16,98$ кВт, $P_{к1} = 6,32$ кВт, $\epsilon = 2,69$;

$Q_{o, \text{задан}} = 15,3$ кВт;

Переохлаждение: есть;
Температура всасываемого газа: 20°C.

Рис. 2.20. Таблица параметров для расчета компрессора.
Расчет полугерметичного поршневого компрессора

Заданные значения		Границы применения	
Холодопроизводительность	16 кВт		
Хладагент	R134a		
Исходная температура	точка росы		
Температура кипения	-6°C		
Температура конденсации	45°C		
Переохлаждение жидкости	есть		
Температура всасываемого газа	20°C		
Электропитание от сети	стандарт 50 Гц		
Регулятор мощности	100%		
Полезный перегрев	100%		
Результат			
Тип компрессора	4T-8.2Y	4P-10.2Y	
Холодопроизводительность	14,26 кВт	16,98 кВт	
Холодопроизводительность*	14,38 кВт	17,13 кВт	
Производительность испарителя	14,26 кВт	16,98 кВт	
Потребляемая мощность	5,31 кВт	6,32 кВт	
Ток (400 В)	9,31 А	11,43 А	
Производительность конденсации	20,9 кВт	24,8 кВт	
Коэффициент мощности	2,69	2,69	
Коэффициент мощности*	2,71	2,71	
Массовый расход	335 кг/час	399 кг/час	
Режим работы	стандартный	стандартный	



* При 2КС-05.2 – 4СС-6.2: по ЕН 12900 (температура инжектируемого газа 20°C, переохлаждение жидкости – есть).

Все прочие компрессоры: по ISO-DIS 9309/ДИН 8928 (температура инжектируемого газа 25°C, переохлаждение жидкости – есть).

Пример выбора:

Охлаждаемый продукт: мясо (говядина и свинина); испаритель уже выбран – типа Küba DZBE 063, $Q_{oVda} = 17,2$ кВт, хладагент R134a, холодопроизводительность $Q_o = 15,3$ кВт, время работы 16 часов в день; температура в холодильной камере $t_R = +2°C$; $\Delta T = 8$ К; $t_o = -6°C$; $t_C = +45°C$.

Представленные далее таблицы параметров демонстрируют принцип выбора компрессора.

Эти данные базируются на предписаниях ЕН 12900 касательно компрессоров для хладагентов (Номинальные условия, допуски и указываемые изготовителем значения производительности). В содержащейся там таблице 1 с данными производительности для хладагентов группы 1, BGV-D4, приводится температура на входе в компрессор $t_1 = +20^\circ\text{C}$.

Эти сведения в целом действительны для всех случаев применения, за исключением R717 и бытовых приборов.

Однако фактические условия работы холодильных установок порой весьма отличаются от представленных в тех или иных стандартах.

2.3.2. Технические характеристики выбранных компрессоров

Технические характеристики: 4P-10.2Y

Размеры и присоединения

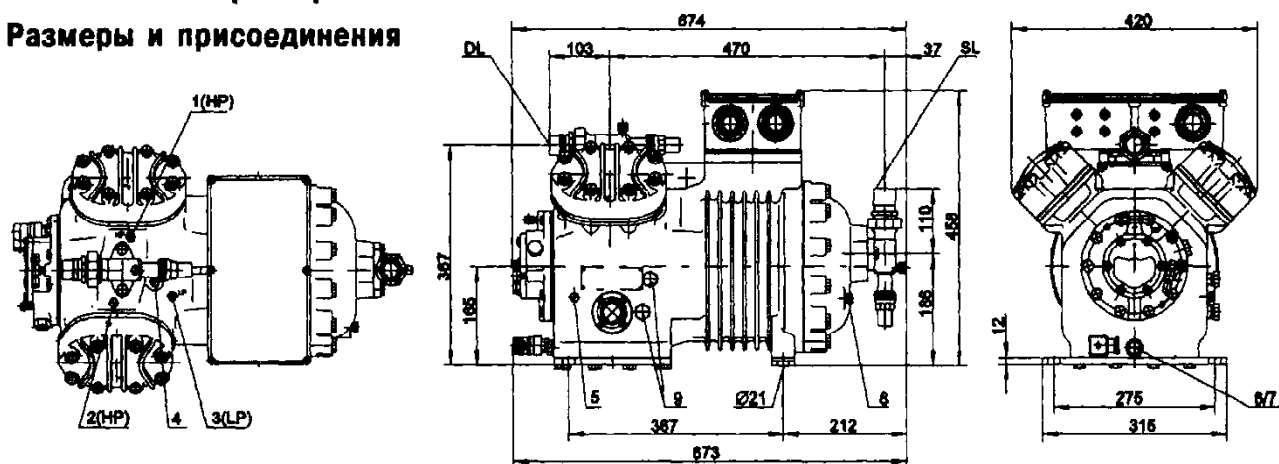
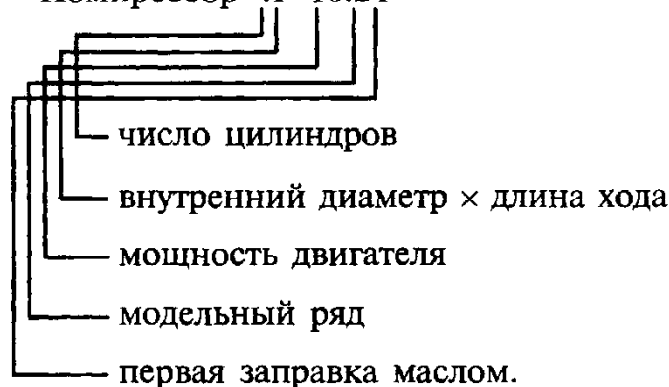


Рис. 2.22. Компрессор 4P-10.2Y (фирмы Битцер)

Пример принятого обозначения типа компрессора:

Компрессор 4P-10.2Y



Технические характеристики: см. табл. 2.7

Таблица 2.7. Технические характеристики компрессора 4P-10.2Y

Объемная производительность (1 450 в минуту, 50 Гц)	47,14 м ³ /час
Объемная производительность (1 750 в минуту, 80 Гц)	56,89 м ³ /час
Число цилиндров × внутренний диаметр × длина хода	4 × 55 × 57 мм
Напряжение двигателя (иные по запросу)	380...420 В PW-3-50 Гц
Макс. рабочий ток	21,0 А
Пусковой ток (ротор заблокирован)	59,0 А Y/99,0 А YY

Таблица 2.7. Технические характеристики компрессора 4P-10.2Y (окончание)

Масса	145 кг
Макс. избыточное давление (низкое/высокое давление)	19/28 бар
Присоединение всасывающей линии	35 мм – 1 3/8"
Присоединение напорной линии	28 мм – 1 1/8"
Присоединение охлаждающей воды	R 1/2"
Заправка маслом R134a/R404A/R507A/R407C	$t_c > 55^\circ\text{C}$; BSE32/ $t_c > 55^\circ\text{C}$: BSE55 (опция)
Заправка маслом R22 (R12/R502)	B5.2 (стандарт)
Объем заправляемого масла	3,00 дм ³
Нагрев масляной ванны	100 Вт (опция)
Контроль давления масла	MP54
Маслорасходный клапан	опция
Защита сжатого газа от перегрева	опция
Защита двигателя	INT69V5 (стандарт), INT389 (опция)
Класс защиты	IP54 (стандарт), IP389 (опция)
Разгрузка при пуске	опция
Регулирование мощности	100–50% (опция)
Дополнительный вентилятор	опция
Охлаждаемые водой головки цилиндров	опция
СIC-система	опция
Демпфирующие элементы	стандарт

2.3.3. Падение давления во всасывающей линии

Если проектировщик уже в начале своей работы предполагает, что между испарителем и компрессором возможно падение давления, обусловленное всасывающим трубопроводом, то следует поступать описанным ниже образом. (Напоминаем, что мы имеем дело с охлаждаемым посредством всасываемого газа полугерметичным компрессором типа 4P-10.2Y, который при $t_o = -6^\circ\text{C}$ и $t_c = +45^\circ\text{C}$ по нормам EN 12900 обеспечивает $Q_o = 16,98$ кВт и $p_{kl} = 6,32$ кВт.)

В практике холодильной техники «падение давления» ΔT_{sl} от 1,5 до 2 К во всасывающей линии считается вполне допустимым.

Тогда встает закономерный вопрос: достаточно ли будет имеющейся холодопроизводительности компрессора с учетом возможного падения давления на стороне всасывания?

Итак, проверим выбранную машину с точки зрения данного аспекта:

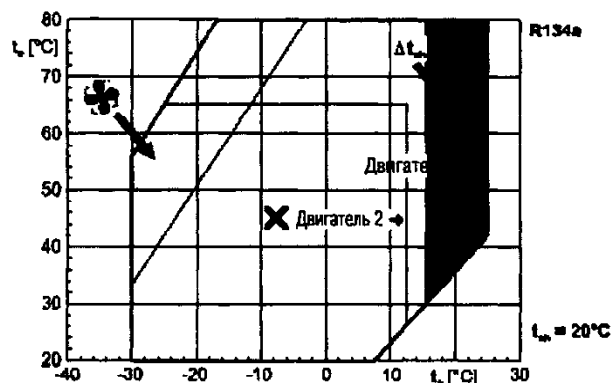
R134a $t_o = -7,5^\circ\text{C}$; $t_c = +45^\circ\text{C}$; $Q_o = 15,83$ кВт; $p_{kl} = 6,14$ кВт

Вывод:

- вычисленная требуемая холодопроизводительность составляет: $Q_o = 15,3$ кВт;
- измеренная холодопроизводительность, включая падение давления, составляет: $Q_o = 15,83$ кВт.

Рис. 2.23. Таблица параметров для расчета компрессора.
Расчет полугерметичного поршневого компрессора

Заданные значения		Границы применения	
Холодопроизводительность	16 кВт		
Хладагент	R134a		
Исходная температура	точка росы		
Температура кипения	-7,5°C		
Температура конденсации	45°C		
Переохлаждение жидкости	есть		
Температура всасываемого газа	20°C		
Электропитание от сети	стандарт 50 Гц		
Регулятор мощности	100%		
Полезный перегрев	100%		
Результат			
Тип компрессора	4T-10.2Y	4P-12.2Y	
Холодопроизводительность	15,83 кВт	18,57 кВт	
Холодопроизводительность*	15,97 кВт	18,73 кВт	
Производительность испарителя	15,83 кВт	18,57 кВт	
Потребляемая мощность	6,14 кВт	7,53 кВт	
Ток (400 В)	11,19 А	14,10 А	
Производительность конденсации	23,4 кВт	27,8 кВт	
Коэффициент мощности	2,58	2,46	
Коэффициент мощности*	2,60	2,49	
Массовый расход	371 кг/час	435 кг/час	
Режим работы	стандартный	стандартный	



* При 2КС-05.2 – 4СС-6.2: по ЕН 12900 (температура всасываемого газа 20°C, переохлаждение жидкости – есть).

Все прочие компрессоры: по ISO-DIS 9309/ДИН 8928 (температура инжектируемого газа 25°C, переохлаждение жидкости – есть).

2.3.4. Выбор конденсаторных агрегатов с воздушным охлаждением

Согласно нормам ЕН13215 (Конденсаторные группы для использования в холодильных установках) данные производительности конденсаторного агрегата должны соотноситься с температурой окружающей среды +32°C.

Представлены значения производительности конденсаторов для следующих значений температуры окружающей среды: 27, 38, 43 и 49°C. В отношении конденсаторных агрегатов с водяным охлаждением приводятся стандартные эталонные показатели при температуре конденсации +40°C из расчета давления на выходе компрессора. Входная температура воды составляет +30°C, а коэффици-

ент загрязнения $5 \cdot 10^{-5}$ м²К/Вт. Стандартные эталонные показатели для температуры всасываемого газа при высоких, средних и низких температурах кипения находятся на уровне +20°C.

Принцип выбора конденсаторных агрегатов с воздушным охлаждением примерно таков же, как и в случае проектирования отдельных холодильных компрессоров.

В каталогах изготовителей для выбора необходимых параметров указывается лишь температура окружающей среды t_a вместо температуры конденсации t_c .

Пример:

Хладагент R134a, $Q_o = 15,3$ кВт, время работы 16 часов в сутки.

$t_R = +2^\circ\text{C}$; $\Delta T = 8$ К; $t_o = -6^\circ\text{C}$; $t_c = +45^\circ\text{C}$;

$\Delta T_{SL} = 1,5$ К; $t_o = -7,5^\circ\text{C}$; уже выбранный испаритель (см. рис. 2.21) Küba DZBE 063 при $t_R = +2^\circ\text{C}$ и $\Delta T = 8$ К обладает производительностью $Q_o = 17,18$ кВт (см. табл. 2.8).

Таблица 2.8. Потолочный воздухоохладитель Küba DZBE 063 (выдержка из таблицы параметров)

Холодопроизводительность Q_o , кВт	Температура в камере t_R , °C	Температура кипения t_o , °C	Разность температур ΔT , К	Температура всасывания t_{oh} , °C	Хладагент	Число оборотов, n (в мин)
17,18	2,0	-6,0	8,0	-0,8	R134a	1400

Среди конденсаторных групп с воздушным охлаждением фирмы Копеланд была выбрана модель 59-3DS-100X.

Таблица 2.9. Холодопроизводительность (агент R134a)

Конденсаторный агрегат с воздушным охлаждением	Вентиляторы (шт.)	Температура окружающей среды	Климатические условия								Область нормальных температур	Область низких температур	
			Температура кипения, °C										
		°C	12,5	10	7	5	0	-5	-10	-15	-20		
		27	32830	30810	28430	26860	23060	19470	16150	13140	10510		
59-3D5-100X	2	32	30850	28980	26760	25300	21740	18360	15210	12340	9815		
		43					18980	16060	13300	10750	8460		

Данный конденсаторный агрегат обладает производительностью: $Q_o = 16,8$ кВт; $P_{кл} = 8,17$ кВт; $t_o = -7,5^\circ\text{C}$; $t_a = +32^\circ\text{C}$ (см. рис. 2.25).

Выбор из двух альтернативных конденсаторных групп с воздушным охлаждением дает следующий результат:

1. SAMX 4/466-4 с:

R134a; $t_o = -7,5^\circ\text{C}$; $t_a = +27^\circ\text{C}$; $Q_o = 16,64$ кВт;

2. SHGX 4/555-45L с:

R134a; $t_o = -7,5^\circ\text{C}$; $t_a = +32^\circ\text{C}$; $Q_o = 17,72$ кВт.

Использование одного из этих двух вариантов представляется весьма целесообразным. В первом случае следует убедиться в допустимости $t_a = +27^\circ\text{C}$!

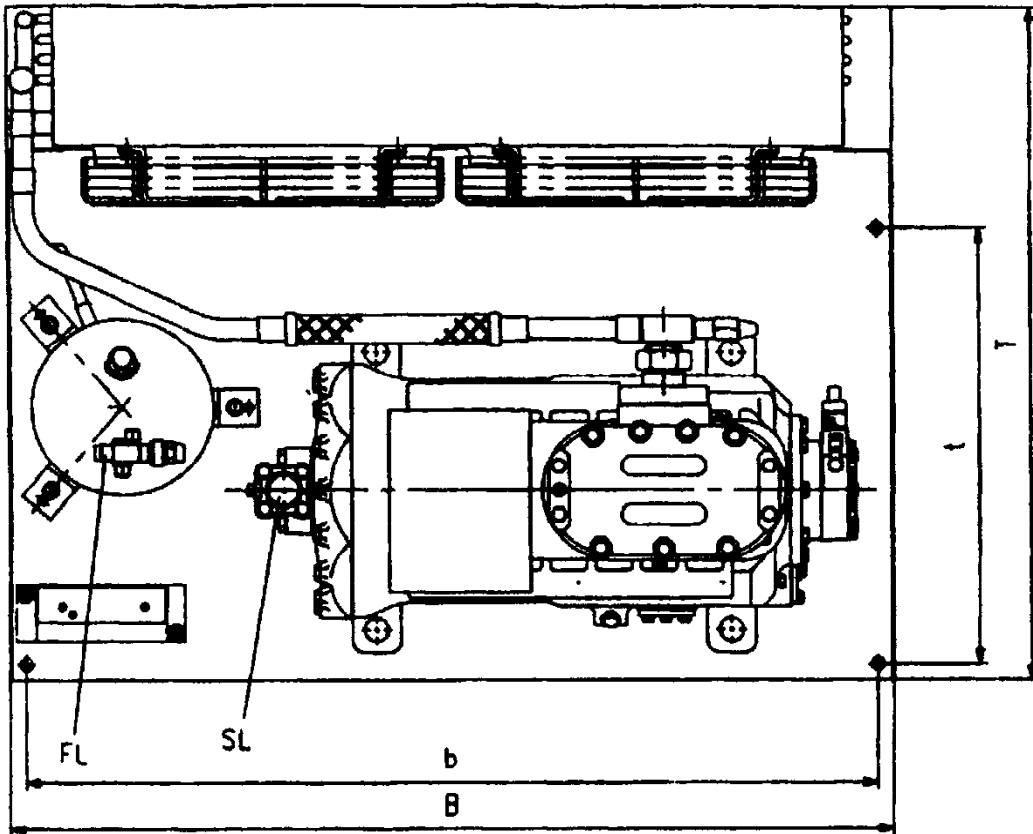


Рис. 2.24.

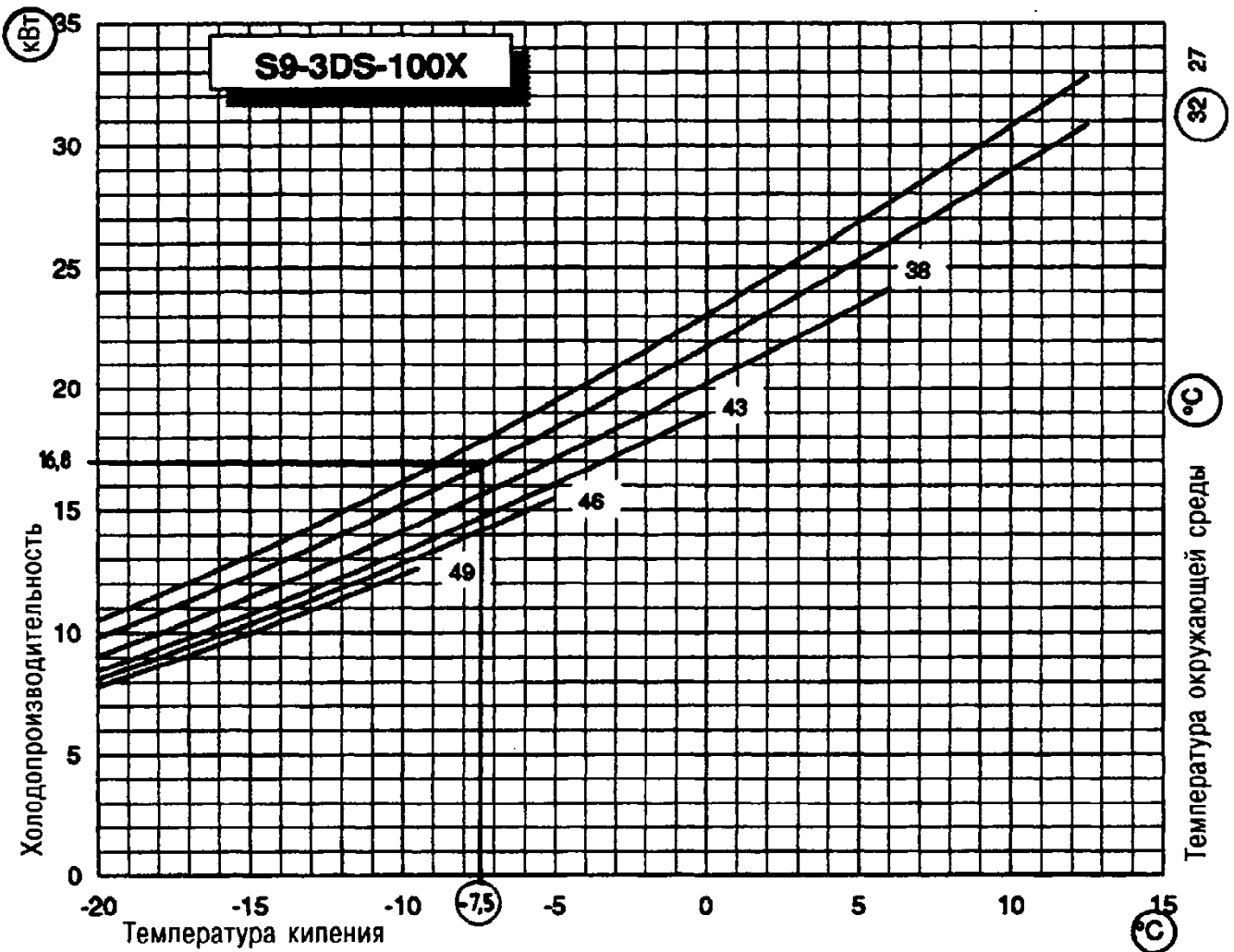


Рис. 2.25.

Таблица 2.10. Таблица параметров конденсаторных агрегатов

Тип	t_L °C	+10	+5	±0	t_o °C		-20	-30
					-5	-10		
1) SAMX 0/45-6LD	27	1,79	1,57	1,36	1,14	0,95	0,63	0,40
	32	1,68	1,45	1,25	1,06	0,89	0,59	0,37
1) SAMX 1/45-4LD	27	2,76	2,42	2,09	1,75	1,46	0,97	0,62
	32	2,60	2,24	1,93	1,63	1,37	0,90	0,57
SAMX 2/58-4L	27	3,80	3,33	2,84	2,38	1,97	1,26	0,80
	32	3,55	3,10	2,64	2,21	1,86	1,18	0,73
SAMX 2/73-4L	27	4,53	3,96	3,38	2,86	2,33	1,50	0,94
	32	4,21	3,87	3,12	2,64	2,20	1,40	0,86
SAMX 2/95-4L	27	6,03	5,27	4,50	3,81	3,16	2,08	1,31
	32	5,61	4,91	4,17	3,53	2,97	1,94	1,21
SAMX 2/121-4L	27	7,59	6,64	5,68	4,79	3,97	2,60	1,64
	32	7,06	6,18	5,25	4,44	3,73	2,43	1,51
SAMX 3/153-4L	27	10,02	8,77	7,50	6,31	5,20	3,39	2,13
	32	9,37	8,19	6,96	5,87	4,92	3,16	1,97
SAMX 3/185-4L	27	12,04	10,38	8,87	7,50	6,22	4,04	2,54
	32	11,06	9,67	8,22	6,97	5,87	3,87	2,35
SAMX 3/233-4L	27	14,51	12,66	10,80	9,12	7,54	5,02	3,15
	32	13,40	11,75	9,98	8,44	7,09	4,68	2,89
2) SAMX 4/306-4L	27	20,07	17,57	15,04	12,63	10,41	6,78	4,27
	32	18,78	16,39	13,95	11,72	9,82	6,34	3,94
2) SAMX 4/370-4L	27	22,95	20,71	17,79	14,98	12,41	8,08	5,07
	32	22,43	19,38	16,45	13,94	11,73	7,54	4,68
2) SAMX 4/466-4L	27	28,61	25,00	21,60	18,19	15,09	10,04	6,28
	32	26,49	23,20	19,99	16,90	14,20	9,36	5,80
2) SAMX 4/601-4L	27	39,72	34,41	29,12	24,93	20,65	13,70	8,51
	32	37,15	32,48	27,27	23,13	19,48	13,02	8,27
2) SAMX 5/724-4L	27	47,33	41,00	34,63	29,53	24,61	16,26	10,25
	32	44,25	38,25	32,58	27,56	23,24	15,39	9,73
2) SAMX 5/847-4L	27	55,36	48,01	40,56	34,24	28,78	19,05	11,98
	32	51,76	44,85	38,10	32,21	27,22	18,08	11,41

2.3.5. Контрольные задания

Требуемая холодопроизводительность низкотемпературной камеры составляет $Q_o = 18,0$ кВт при: $t_{L1} = -18^\circ\text{C}$; $\Delta T = 10$ К; $t_o = -28^\circ\text{C}$, $\Delta T_{sl} = 2$ К;

$t_o = -30^\circ\text{C}$; $t_a = +27^\circ\text{C}$; время работы 18 часов в сутки.

а) Рассчитать испаритель фирмы Кюба с расстоянием между ребрами 12,0 мм.

б) Определить размеры конденсаторного агрегата фирмы Битцер с воздушным охлаждением.

В качестве хладагента используется трехкомпонентная смесь R 404A.

в) Какова будет производительность испарителя и конденсаторной группы?

г) Какой будет новая суточная продолжительность работы установки?

Варианты решений

- а) Küba SGLE 63-F81; $Q_o = 18,2$ кВт при $t_{L1} = -18^\circ\text{C}$; $\Delta T_1 = 10$ К; $t_o = -28^\circ\text{C}$;
 б) Bitzer LH135/4H-15,2Y; $Q_o = 17,14$ кВт при $t_o = -30^\circ\text{C}$, $t_a = +32^\circ\text{C}$;
 в) $Q_{o,Vda} = 18,2$ кВт; $Q_{o, \text{ конденсаторного агрегата}} = 17,14$ кВт
 г) новое время работы: $(18 \text{ кВт} \cdot 18 \text{ часов}) : (17,14 \text{ кВт} \cdot \text{дней}) = 18,90$ часа в сутки.

Рис. 2.26. Таблица параметров воздухоохлаждителя Küba SGLE 63-F81.
Изделие № 3057.63-81

Холодопроизводительность Q_o , кВт	Температура в камере t_R , °C	Температура кипения t_o , °C	Разность температур ΔT_1 , К	Температура всасывания t_{oh} , °C	Хладагент	Число оборотов, n (в мин)
18,20	-18,0	-28,0	10,0	-21,5	R404A	880

Технические характеристики

Объемный расход воздуха: 8700 м ³ /час	Расчет оборудования на основе числа об. 880 в мин.	Эл. оттаивание: 230 В-1/400 В-3-У
Дальность обдува: 37,0 м	Q_o ($\Delta T_1 = 10,0$ К): 18,20 кВт	Корпус: 13,74 кВт
Площадь: 79,6 м ²	t_{oh} ($\Delta T_1 = 10,0$ К): -21,5°C	Ванна: 2,60 кВт
Расстояние между ребрами: 12,0 мм	t_o ($\Delta T_1 = 10,0$ К): -28,0°C	Всего: 16,34 кВт
Емкость трубы: 31,0 л		

Вентиляторы(ы)

1 шт.: 400±10% В -1-50 Гц; IP66	Рабочие характеристики вентилятора:	Данные двигателя на фирменной табличке вентилятора:
Диаметр лопасти: 630 мм	Режим работы: 50 Гц	Режим работы: 50 Гц
Температурный диапазон: -40 до +45°C	Число оборотов: 919 в мин	Число оборотов: 880 в мин
Звуковая мощность: 75 дБ (А)	Производительность: 539 Вт	Мощность: 680 Вт
L_{pA} на расстоянии 10 м: 44 дБ(А)	Потребление тока: 1,38 А	Потребление тока: 1,60 А

Звуковое давление L_{pA} относится к варианту монтажа под открытым небом (согласно ДИН 45635)

Размеры и масса

Присоединение на входе: 22* мм	Вес нетто: 224,0 кг
Присоединение на выходе: 35 мм	Вес брутто: 305,0 кг

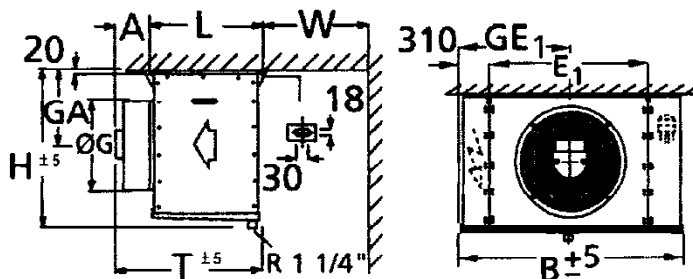
Материалы

Трубы: медь
 Ребра: алюминий
 Корпус: оцинкованная сталь;
 RAL 9018

* многократный впрыск через распределитель Küba-CAL

Версия: 2002.031

H = 1018 мм
 B = 1820 мм
 T = 931 мм
 L = 729 мм
 F = -
 A = 220 мм
 W = 600 мм



2.4. Расчет конденсаторов с воздушным охлаждением

Рис. 2.27. Таблица параметров для расчета компрессора.
Расчет компрессора в агрегате

Заданные значения		Границы применения	
Тип агрегата	LH135/4H-15.2Y		
Модельный ряд	стандартный		
Хладагент	R404A		
Исходная температура	точка росы		
Температура кипения	-30°C		
Температура окружающей среды	32°C		
Температура всасываемого газа	20°C		
Электропитание от сети	380...420 В PW-3-50 Гц		
Полезный перегрев	100%		
Результат			
Тип компрессора	LH135/4H-15.2Y		
Холодопроизводительность	17,14 кВт		
Производительность испарителя	17,14 кВт		
Потребляемая мощность*	10,67 кВт		
Ток (400 В)	18,46 А		
Массовый расход	452 кг/час		
Температура конденсации	40,55°C		
Переохлаждение жидкости	3,00 К		
Режим работы	стандартный		

* Производительность компрессора (потребление мощности вентилятором) см. в таблице параметров.