

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Н.Ф. Крупененков

**ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**

Учебно-методическое пособие

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Санкт-Петербург

2016

УДК 621.565(076)

Крупененков Н.Ф. Холодильное технологическое оборудование: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 46 с.

Указаны цель и порядок выполнения практических работ по дисциплине «Холодильное технологическое оборудование».

Предназначено для студентов бакалавриата направления 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения по дисциплине «Холодильное технологическое оборудование».

Рецензент: доктор техн. наук, проф. А.Н. Носков

Рекомендовано к печати Советом факультета холодильной, криогенной техники и кондиционирования, протокол № 1 от 31 августа 2016 г.



Университет ИТМО – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2016

© Крупененков Н.Ф., 2016

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Подбор холодильного оборудования для коммерческой холодильной камеры

Подобрать холодильное оборудование для холодильной камеры исходя из данных, приведенных в прил. 1. Разместить в заданном помещении холодильную камеру и оборудование для нее в соответствии с предъявляемыми требованиями (прил. 2). Выбрать элементы холодильной установки по каталогу или по прил. 3, 4, 5. Составить принципиальную гидравлическую схему холодильной установки. Сделать эскиз размещения камеры с позиционированием элементов холодильной установки в аксонометрической проекции и их описанием. Обосновать выбор типа воздухоохладителя для холодильной камеры с позиции оптимального распределения воздушных потоков и максимального использования грузового объема.

Отчет о работе должен содержать: титульный лист, эскизы размещения выбранного холодильного оборудования с указанием размеров (согласно выбранной модели) и прокладки трубопроводов, принципиальную гидравлическую схему холодильной установки, выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Определение равновесной температуры охлаждаемого помещения

Определить равновесную температуру охлаждаемого помещения по данным, приведенным в прил. 6. Рассчитать, как изменится температура в охлаждаемом объекте при условии, что коэффициент теплопередачи охлаждающих приборов k_0 уменьшится по сравнению с заданным значением на 20, 50 и 80 %, а коэффициент теплопередачи наружных ограждений увеличится соответственно на 20, 50 и 100 %. Определить влияние параметров k_0 , F_0 и T_0 , влияющих на показатели значений теплоотвода и на температуру воздуха $T_{\text{пм}}$. Методика расчетов представлена в прил. 7.

Отчет о работе должен содержать: титульный лист, эскиз охлаждаемого объекта, результаты расчетов, выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тепловой расчет одноэтажного холодильника

Выполнить тепловой расчет для одноэтажного холодильника, планировка которого приведена на рис. 1 прил. 8. Место расположения холодильника и его размеры указаны в прил. 9. Параметры режимов охлаждаемых помещений приведены в прил. 10. Определить величину теплопритоков, поступающих в камеры холодильника, по величине укрупненного суммарного удельного теплопритока, значения которого даны в прил. 11, 12. Выбрать способ охлаждения, подобрать теплообменное холодильное оборудование и разместить его в камерах с учетом равномерного распределения воздуха.

Отчет о работе должен содержать: титульный лист, эскизы размещения в камерах холодильника выбранного холодильного оборудования с указанием размеров (согласно выбранной модели), результаты расчетов, выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Тепловой расчет и подбор оборудования для камеры охлаждения фруктов

Выполнить тепловой расчет для камеры охлаждения фруктов, планировка которой приведена в прил. 13. Исходные данные и размеры указаны в прил. 14. Определить величину теплопритоков, поступающих в камеру охлаждения фруктов, по методике, указанной в прил. 15. Выбрать способ охлаждения, подобрать холодильное оборудование (прил. 16, 17) и разместить воздухоохладители в камере с учетом равномерного распределения воздуха.

Отчет о работе должен содержать: титульный лист, эскизы размещения выбранного холодильного оборудования в камере охлаждения фруктов с указанием размеров (согласно выбранной модели), результаты расчетов, выводы.

Приложение 1

Исходные данные к практическому занятию № 1

Варианты	Размер помещения $L \times B \times H$, м	Размер холодильной камеры $L \times B \times H$, м	T_{oc} , °C	T_0 , °C	Холодильный агент R	$Q_{км}$, кВт	Расположение холодильного агрегата
1	6×6×3,6	3×5×3	32	-5	134a	3,08	Верхнее
2	6×6×3,6	4×5×3	32	-25	507	5,35	Нижнее
3	6×6×3,6	4×2,5×3	32	-30	404a	2,96	Верхнее
4	12×6×3,6	6×5×3	32	-5	134a	6,57	Нижнее
5	6×6×3,6	5×5×3	32	-25	404a	6,29	Нижнее
6	6×9×3,6	6×5×3	32	-30	507	7,98	Нижнее
7	12×6×3,6	9×5×3	32	-5	134a	10,03	Нижнее
8	12×6×3,6	3×5×3	32	-35	404a	5,39	Нижнее
9	12×6×3,6	3×4×3	32	-40	507	3,6	Нижнее
10	6×6×3,6	3×5×3	27	-5	134a	3,33	Верхнее
11	6×6×3,6	4×5×3	27	-25	507	6,18	Нижнее
12	6×6×3,6	4×2,5×3	27	-30	404a	2,79	Верхнее
13	12×6×3,6	6×5×3	27	-5	134a	7,11	Нижнее
14	6×6×3,6	5×5×3	27	-25	404a	7,02	Нижнее
15	6×6×3,6	6×5×3	27	-30	507	8,22	Нижнее
16	12×6×3,6	9×5×3	27	-5	134a	10,9	Нижнее
17	12×6×3,6	3×5×3	27	-35	404a	6,17	Нижнее
18	12×6×3,6	3×4×3	27	-40	507	4,29	Нижнее

Примечание: T_{oc} – температура окружающей среды, °C; T_0 – температура кипения холодильного агента, °C; $Q_{км}$ – холодопроизводительность компрессора, кВт.

Размещение холодильных агрегатов

Выбор места для установки хладоновых холодильных агрегатов и коммерческого холодильного оборудования определяется следующими условиями:

1. Температура в помещении должна быть не ниже 5 °С (в самое холодное время года) и не выше 40 °С (в самое жаркое). Нижнее значение температуры определено условиями работы конденсатора водяного охлаждения и терморегулирующего вентиля. Верхнее значение вызвано пределом прочности холодильного оборудования.
2. Объем помещения, в котором устанавливают холодильный агрегат, должен быть не менее 3 м³ на 1 кг холодильного агента, содержащегося в холодильной машине. Применительно к холодильному агрегату с конденсатором воздушного охлаждения объем помещения должен составлять не менее 20 м³ на 1 кВт холодопроизводительности холодильной машины. Если это условие невыполнимо, то помещение оборудуют системой приточно-вытяжной вентиляции. Производительность приточного вентилятора выбирают из расчета не менее 800 м³/ч на каждый кВт холодопроизводительности агрегата. При установке в машинном отделении агрегатов с конденсатором водяного охлаждения система вытяжной вентиляции должна обеспечивать трехкратный воздухообмен.
3. Оборудование должно размещаться на расстоянии не менее 1,5 м от отопительных и нагревательных устройств и не должно подвергаться воздействию прямых солнечных лучей.
4. Расстояние от агрегата до стены для доступа воздуха к конденсатору воздушного охлаждения должно быть не менее 0,2 м. При размещении коммерческого холодильного оборудования со встроенным холодильным агрегатом необходимо, чтобы воздух свободно поступал к решеткам машинного отделения. Ширина прохода к агрегату составляет не менее 0,7 м. Чтобы избежать быстрого загрязнения конденсатора воздушного охлаждения, не рекомендуется устанавливать агрегат в пыльных помещениях и в помещениях с земляным полом.

5. Размещать холодильное оборудование в помещениях следует таким образом, чтобы не создавать препятствий свободному передвижению людей. В больницах, детских садах, школах-интернатах, гостиницах должны применяться машины блочного исполнения с бессальниковыми компрессорами. В музеях, торговых центрах, ресторанах допускается применение агрегатированных холодильных машин разъемного исполнения с бессальниковыми компрессорами.
6. Размеры помещения, в котором монтируют сборные камеры, должны быть больше размеров камеры не менее чем на 0,5 м с каждой стороны и по высоте, а междуэтажное перекрытие должно выдерживать нагрузку 6000 кг/м².
7. Холодильный агрегат, монтируемый вне охлаждаемых объектов, размещают в машинном отделении вблизи охлаждаемых объектов, но не в тамбуре камер. Холодильные агрегаты устанавливают в машинном отделении таким образом, чтобы главный проход от электрощита до выступающих частей машины (фундамента, ограждения и др.) составлял не менее 1,2 м, между выступающими частями машин – не менее 1 м, между машиной и стеной – не менее 0,8 м. Не рекомендуется располагать агрегат выше испарителя. Запрещается устанавливать его на лестницах, лестничных площадках, под лестницами, в коридорах и вестибюлях детских и лечебных учреждений.
8. Давление в водопроводной магистрали, подводимой к агрегату с конденсатором водяного охлаждения, должно быть в пределах 0,2...0,6 МПа.
9. Холодильное оборудование должно быть защищено от внешних механических повреждений ограждениями, выполненными из негорючих материалов, не препятствующими естественной циркуляции воздуха и обеспечивающими доступ к оборудованию для его осмотра и ремонта.
10. Не разрешается размещать холодильные агрегаты непосредственно в жилых помещениях, на лестничных площадках и под лестницами, в коридорах, фойе, вестибюлях, эвакуационных выходах. Исключение делается для автономных кондиционеров.

Размещение холодильного агрегата определяется видом используемого оборудования: моноблок, би-блок или сплит-система, холодильный агрегат, оснащенный батареями.

Моноблок устанавливают непосредственно в стенном или потолочном проеме холодильной камеры. Следует обратить внимание на месторасположение настенного агрегата: он не должен находиться на основном пути передвижения персонала. Моноблоки создаются преимущественно для охлаждения камер, выполненных из панелей типа сэндвич. Последние имеют толщину не более 120 мм.

При монтаже моноблока в стене камеры, имеющей большую толщину, предусматривается выемка со стороны камеры, необходимая для циркуляции воздуха через воздухоохладитель моноблока. Моноблок устанавливается в проеме стены камеры. Крепление моноблока к стене производится в соответствии с указаниями фирмы-изготовителя. Проверяется плотность примыкания теплоизолированной вставки моноблока со стеной камеры. При необходимости производят уплотнение с помощью вспенивающихся герметиков, имеющих малое значение теплопроводности. После подключения электропитания проверяются герметичность системы охлаждения, уровень вибрации, уровень шума вне камеры. Производят настройку агрегата на заданный температурный режим и точность его поддержания.

Приложение 3

Среднетемпературные компрессорно-конденсаторные агрегаты ТЕКО POWERSET – blueline R 134a

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
B-F103-A055 Y	A 0.55 Y	27	3010	740	2500	670	2060	600	1670	540	1330	480	1050	420
		32	2850	770	2360	690	1940	620	1570	550	1250	490	970	430
		43	2480	840	2050	740	1670	650	1340	570	1060	500	800	440
B-F103-A076 Y	A 0.76 Y	27	3990	1370	3410	1190	2870	1040	2370	910	1920	790	1520	690
		32	3750	1400	3200	1210	2690	1060	2220	920	1790	800	1400	690
		43			2730	1240	2280	1080	1860	1940	1480	810	1130	700
B-F203-A17 Y	A 1.7 Y	27	4090	1170	3440	1020	2850	900	2320	790	1860	690	1460	610
		32	3860	1220	3240	1060	2680	930	2180	810	1740	710	1360	620
		43	3350	1310	2800	1130	2310	980	1860	840	1460	730	1120	630
B-F203-B159 Y	B 1.59 Y	27	5060	1580	4270	1370	3560	1190	2920	1040	2340	900	1840	780
		32	4750	1630	4020	1400	3340	1210	2730	1050	2170	910	1690	790
		43	4080	1710	3440	1460	2850	1250	2310	1080	1810	930	1380	790
B-F203-B1510 Y	B 1.510 Y	27	5560	1830	4720	1570	3950	1340	3260	1160	2630	1000	2060	870
		32	5220	1880	4440	1610	3710	1380	3050	1180	2450	1020	1910	880
		43	4490	1970	3800	1680	3160	1430	2570	1210	2030	1040	1560	880
B-F306-D213 Y	D 2.13 Y	27	7660	2310	6460	2020	5360	1760	4380	1520	3500	1320	2730	1150
		32	7200	2400	6060	2080	5020	1810	4090	1560	3240	1360	2510	1170
		43	6180	2560	5180	2220	4260	1920	3410	1650	2680	1420	2020	1230

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °C	Температура испарения, °C											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
B-F306-D215 Y	D 2.15 Y	27	8620	2650	7320	2270	6090	1950	4990	1660	4010	1420	3130	1210
		32	8090	2720	6850	2320	5700	1990	4650	1690	3710	1440	2880	1240
		43	6930	2830	5840	2410	4820	2070	3890	1760	3040	1500	2290	1280
B-G108-D316 Y	D 3.16 Y	27	9550	2730	7990	2440	6600	2160	5330	1900	4250	1660	3300	1440
		32	9000	2840	7540	2510	6200	2220	4970	1950	3940	1690	3030	1460
		43	7780	3050	6470	2670	5280	2330	4180	2020	3250	1730	2440	1470
B-G108-D318 Y	D 3.18 Y	27	10950	3050	9210	2680	7650	2360	6230	2060	4960	1800	3870	1570
		32	10310	3160	8680	2760	7170	2420	5830	2110	4600	1840	3560	1600
		43	8920	3370	7450	2920	6130	2550	4880	2210	3810	1910	2860	1640
B-G112-D319 Y	D 3.19 Y	27	11790	3500	9970	3040	8280	2660	6780	2320	5430	2010	4230	1740
		32	11130	3640	9370	3150	7770	2730	6330	2370	5030	2050	3910	1770
		43	9590	3880	8070	3340	6640	2880	5360	2470	4160	2120	3160	1810
B-G212-F421 Y	F 4.21 Y	27	12890	3440	10840	3110	9000	2790	7350	2490	5930	2200	4690	1930
		32	12200	3660	10260	3280	8520	2930	6920	2600	5570	2280	4380	2000
		43	10690	4090	8970	3630	7410	3200	5980	2800	4760	2430	3700	2090
B-G212-F424 Y	F 4.24 Y	27	13980	4230	11810	3750	9820	3330	8050	2930	6460	2580	5110	2250
		32	13240	4470	11150	3950	9260	3490	7580	3050	6050	2670	4760	2320
		43	11510	4970	9670	4360	8000	3810	6460	3300	5150	2840	3980	2430
B-G212-F525 Y	F 5.25 Y	27	15160	4220	12800	3810	10660	3450	8770	3090	7060	2760	5610	2450
		32	14320	4530	12080	4060	10060	3650	8270	3240	6620	2900	5230	2560
		43	12490	5150	10520	4580	8720	4070	7120	3580	5640	3160	4390	2740

Продолжение прил. 3

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
B-G212-F528 У	F 5.28 У	27	16090	4950	13650	4350	11440	3830	9480	3370	7720	2970	6150	2630
		32	15210	5220	12910	4560	10840	4010	8960	3520	7280	3100	5770	2760
		43	13290	5750	11280	5030	9440	4420	7780	3870	6250	3440	4950	3070
B-K116-S533 У	S 5.33 У	27	19820	5770	16750	5050	13970	4430	11520	3870	9260	3410	7360	2980
		32	18730	6130	15830	5340	13220	4650	10850	4060	8710	3560	6880	3130
		43	16370	6820	13800	5930	11460	5180	9370	4480	7420	3940	5790	3470
B-K216-S739 У	S 7.39 У	27	24140	6510	20300	5810	16880	5180	13750	4590	11110	4020	8790	3500
		32	22920	6950	19250	6160	15950	5460	12980	4800	10440	4190	8240	3620
		43	20030	7860	16800	6900	13880	6010	11210	5220	8940	4490	6970	3830
B-K226-S1051 У	S 10.51 У	27	29580	8600	24980	7580	20820	6680	17120	5830	13750	5100	10910	4420
		32	27920	9140	23570	8020	19620	7030	16120	6100	12880	5330	10160	4610
		43	24320	10160	20480	8880	16970	7770	13830	6710	10920	5820	8470	5020
B-L126-S1556 У	S 15.56 У	27	34340	9940	28890	8770	24000	7730	19630	6740	15760	5860	12480	5060
		32	32470	10510	27310	9200	22700	8040	18400	7010	14810	6050	11630	5200
		43	28400	11560	23830	10040	19700	8690	15860	7480	12610	6390	9780	5430
B-L126-V1571 У	V 15.71 У	27	41490	12290	35210	10630	29390	9220	24200	7940	19540	6830	15470	5840
		32	39280	12900	33230	11120	27700	9590	22750	8210	18270	7040	14420	5990
		43	34130	14040	28910	12020	24010	10300	19620	8720	15520	7400	12070	6220
B-L226-V2084 У	V 20.84 У	27	49670	13980	41870	12210	34830	10740	28590	9380	22940	8190	18180	7070
		32	46980	14720	39570	12770	32880	11120	26910	9690	21510	8420	16970	7250
		43	40970	16120	34560	13850	28570	11920	23040	10290	18390	8850	14230	7560

Окончание прил. 3

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
В-L235-Z25106 У	Z 25.106 У	27	60380	18640	51340	16100	42940	13920	35510	11900	28740	10210	22700	8730
		32	57100	19500	48420	16810	40550	14450	33370	12320	26930	10510	21120	8960
		43	49670	21050	42040	18080	34980	15500	28690	13130	22710	11120	17690	9350
В-L235-Z30126 У	Z 30.126 У	27	68600	23380	58720	20010	49370	17090	41020	14400	33390	12140	26620	10180
		32	64630	24250	55290	20760	46570	17670	38510	14860	31240	12480	24620	10460
		43			47870	22030	40060	18770	33030	15740	26490	13140	20530	10920

Приложение 4

Таблица 1

Среднетемпературные компрессорно-конденсаторные агрегаты ТЕКО POWERSET – blueline R 404A–R507

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
B-F103-A054 Y	A 0.54 Y	27	3300	1420	2890	1260	2510	1100	2160	970	1820	850	1510	740
		32			2640	1330	2300	1140	1980	1000	1670	870	1380	750
		43											1090	770
B-F203-A075 Y	A 0.75 Y	27			3810	1500	3270	1340	2800	1180	2340	1030	1920	900
		32			3520	1570	3020	1390	2580	1220	2160	1060	1770	920
		43									1720	1140	1410	960
B-F306-A157 Y	A 1.57 Y	27	6480	1930	5590	1780	4780	1610	4050	1460	3360	1310	2760	1170
		32	5990	2040	5180	1870	4430	1690	3740	1520	3100	1360	2540	1210
		43							3030	1660	2510	1450	2030	1260
B-F306-B159 Y	B 1.59 Y	27					5380	2750	4640	2380	3920	2070	3270	1780
		32					4930	2880	4270	2450	3620	2100	3020	1800
		43											2430	1820
B-F306-B210 Y	B 2.10 Y	27	8530	3130	7440	2900	6440	2660	5520	2450	4650	2240	3860	2030
		32			6820	3160	5900	2860	5070	2610	4270	2370	3530	2150
		43												
B-G108-B210 Y	B 2.10 Y	27			8230	2920	7040	2690	5960	2470	4940	2230	4070	1990
		32			7640	3140	6530	2860	5530	2600	4570	2340	3750	2070
		43					5350	3260	4480	2890	3710	2520	3040	2170

Продолжение табл. 1

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
B-G108-D313 Y	D 3.13 Y	27	11660	4400	10190	4000	8790	3620	7500	3280	6300	2930	5220	2620
		32	10690	4810	9380	4230	8110	3800	6930	3410	5820	3040	4790	2700
		43												3820
B-G212-D315 Y	D 3.15 Y	27	13720	4310	11880	4000	10190	3690	8670	3390	7270	3070	5960	2800
		32	12730	4680	11060	4280	9490	3910	8070	3580	6700	3260	5500	2940
		43									5460	3630	4480	3200
B-G212-D416 Y	D 4.16 Y	27	14620	4990	12730	4600	10970	4200	9380	3810	7900	3420	6520	3080
		32	13510	5350	11800	4880	10190	4430	8720	4010	7330	3590	6030	3220
		43									6000	3980	4940	3480
B-G212-D418 Y	D 4.18 Y	27	15560	5370	13590	4980	11730	4580	10050	4210	8490	3800	7070	3420
		32			12610	5320	10920	4870	9330	4460	7870	4020	6540	3610
		43											5290	4050
B-G212-F419 Y	F 4.19 Y	27	16610	6220	14610	5640	12720	5070	10940	4590	9270	4120	7750	3670
		32			13520	6020	11780	5350	10160	4810	8610	4290	7180	3820
		43											5860	4170
B-K112-F419 Y	F 4.19 Y	27	18150	5730	15700	5300	13490	4840	11520	4410	9690	3980	8010	3590
		32	16820	6150	14650	5630	12610	5100	10760	4640	8970	4200	7430	3760
		43									7410	4630	6140	4080

Продолжение табл. 1

Тип агрегата	Компрессор	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения °С											
			+5°		±0°		-5°		-10°		-15°		-20°	
			Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v	Q_0	P_v
В-K112-F524 Y	F 5.24 Y	27	21170	7310	18550	6620	16050	5970	13770	5440	11640	4900	9730	4390
		32			17140	7130	14880	6370	12800	5740	10820	5160	9010	4630
		43											7320	5170
В-K112-F525 Y	F5.25 Y	27					16910	6300	14550	5730	12340	5200	10330	4680
		32					15670	6780	13520	6100	11480	5490	9590	4950
		43												
В-K216-F725 Y	F 7.25 Y	27	24300	6020	20930	5700	17920	5300	15260	4910	12680	4550	10500	4170
		32	22640	6450	19590	6060	16750	5640	14150	5250	11790	4830	9750	4410
		43							11710	5950	9780	5390	8040	4850
В-K216-F728 Y	F 7.28 Y	27	26010	7050	22520	7010	19310	6500	16440	5980	13700	5460	11320	4930
		32	24140	7990	20950	7430	17980	6850	15280	6300	12710	5740	10520	5160
		43									10460	6310	8630	5580
В-K216-S733 Y	S 7.33 Y	27	29510	9550	25780	8750	22180	7950	18940	7230	15920	6460	13080	5790
		32			23830	9320	20560	8420	17570	7590	14720	6790	12060	6060
		43											9770	6580
В-L116-S1039 Y	S 10.39 Y	27	36290	10530	31490	9740	26970	8940	23030	8140	19350	7340	15980	6610
		32	33660	11280	29300	10360	25210	9430	21500	8580	17900	7770	14820	6960
		43									14780	8640	12240	7620
В-L226-S1551 Y	S 15.51 Y	27	47510	13530	41100	12490	35220	11390	29940	10340	24890	9330	20600	8340
		32	44070	14480	38220	13280	32770	12040	27880	10900	23110	9820	19060	8750
		43							22730	12300	18920	10830	15570	9450

Таблица 2

Низкотемпературные компрессорно-конденсаторные агрегаты ТЕКО POWERSET – blueline R 404A–R507

Тип агрегата	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С								B, мм	T, мм	H, мм	VL, м ³ /ч
		–25°		–30°		–35°		–40°					
		Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v				
B-F103-A054 Y	27	1220	650	970	570	750	490	560	420	390	700	360	1700
	32	1110	660	880	570	670	490	490	410				
	43	870	660	670	560	490	460	340	370				
B-F203-A075 Y	27	1550	780	1230	670	950	580	710	500	510	700	445	2500
	32	1420	790	1120	680	850	580	620	500				
	43	1120	810	860	680	630	570	430	460				
B-F306-A157 Y	27	2220	1050	1760	930	1350	810	1010	700	700	700	500	2750
	32	2030	1070	1600	940	1210	820	880	700				
	43	1610	1100	1240	950	900	800	620	660				
B-F306-B159 Y	27	2680	1500	2130	1260	1660	1060	1260	890	700	700	500	2750
	32	2440	1500	1950	1260	1500	1050	1120	880				
	43	1930	1500	1520	1220	1140	1010	800	840				
B-F306-B210 Y	27	3130	1830	2500	1640	1940	1450			700	700	500	2750
	32	2850	1930	2260	1730	1740	1520						
	43	2220	2150	1740	1880	1300	1610						
B-G108-B210 Y	27	3290	1740	2620	1510	2030	1290	1530	1090	715	860	556	3250
	32	3020	1800	2390	1540	1830	1310	1360	1090				
	43	2420	1850	1880	1570	1400	1310	980	1070				

Продолжение табл. 2

Тип агрегата	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С								В, мм	Т, мм	Н, мм	VL, м ³ /ч
		-25°		-30°		-35°		-40°					
		Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v				
B-G108-D313 Y	27	4210	2330	3360	2050					715	860	556	3250
	32	3840	2390	3050	2080								
	43	3060	2450	2370	2090								
B-G212-D315 Y	27	4850	2520	3890	2250	3030	1990	2310	1740	715	860	776	3850
	32	4460	2620	3560	2330	2750	2040	2070	1760				
	43	3590	2790	2820	2440	2120	2090	1540	1740				
B-G212-D416 Y	27	5340	2770	4310	2490					715	860	776	3850
	32	4930	2870	3960	2570								
	43	4020	3020	3200	2670								
B-G212-D418 Y	27	5760	3080	4660	2780					715	860	776	3850
	32	5310	3230	4290	2890								
	43	4320	3510	3440	3050								
B-G212-F419 Y	27	6330	3260	5150	2880	4080	2510	3180	2180	715	860	776	3850
	32	5840	3380	4740	2980	3740	2580	2890	2230				
	43	4760	3620	3830	3130	2980	2670	2240	2260				
B-K112-F419 Y	27	6560	3190	5310	2830	4190	2490	3260	2170	985	950	742	6800
	32	6080	3330	4910	2940	3850	2560	2970	2220				
	43	4980	3560	3980	3100	3080	2670	2320	2260				
B-K112-F524 Y	27	7940	3940	6440	3520	5090	3130	3970	2760	985	950	742	6800
	32	7330	4130	5940	3680	4690	3250	3610	2860				
	43	5990	4530	4790	3970	3730	3480	2800	3020				

Продолжение табл. 2

Тип агрегата	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С								B, мм	T, мм	H, мм	VL, м ³ /ч
		-25°		-30°		-35°		-40°					
		Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v				
B-K112-F525 Y	27	8460	4210	6910	3760	5510	3340	4330	2940	985	950	742	6800
	32	7860	4430	6390	3940	5070	3480	3960	3040				
	43	6420	4900	5200	4270	4100	3690	3130	3160				
B-K216-F725 Y	27	8540	3790	6890	3430					985	950	1042	7400
	32	7910	3990	6360	3590								
	43	6500	4340	5150	3870								
B-K216-F728 Y	27	9240	4390	7450	3900					985	950	1042	7400
	32	8540	4580	6860	4040								
	43	6940	4880	5510	4240								
B-K216-S733 Y	27	10630	5120	8550	4500					985	950	1042	7400
	32	9810	5320	7810	4650								
	43	7870	5640	6190	4840								
B-L116-S1039 Y	27	13080	5860	10580	5190					1326	1100	844	11100
	32	12110	6150	9760	5420								
	43	9900	6660	7900	5820								
B-L226-S1551 Y	27	16710	7400	13420	6530					1326	1100	1269	14200
	32	15410	7720	12310	6770								
	43	12510	8220	9820	7120								
B-L226-S2056 Y	27	19030	8410	15290	7450					1326	1100	1269	14200
	32	17560	8700	14090	7670								
	43	14240	9160	11290	8010								

Окончание табл. 2

Тип агрегата	Температура окружающей среды, °С	Температура испарения, °С								B, мм	T, мм	H, мм	VL, м ³ /ч
		-25°		-30°		-35°		-40°					
		Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v	Q ₀	P _v				
B-L226-V2571 Y	27	22420	10520	18050	9150					1326	1100	1269	14200
	32	20600	10840	16510	9390								
	43	16590	11350	13070	9650								
B-L226-V3084 Y	27	26500	12710	21400	10990					1326	1100	1269	14200
	32	24440	13120	19600	11330								
	43	19510	14040	15660	11910								

Приложение 5

Таблица 1

ЕСО – потолочный испаритель – серия СТЕ-НЗ (шаг ребер 3,5 мм)

Тип, модель	Q_0 , (TD=8K), кВт	Поверхность теплообмена, м ²	Расход воздуха, м ³ /ч	Дальнобойность, м	Размеры	
					A, мм	B, мм
СТЕ 26НЗ	1,29	7,3	750	8	680	380
СТЕ 38НЗ	1,50	11,0	650	7	680	380
СТЕ 53НЗ	2,60	14,7	1500	9	1030	730
СТЕ75НЗ	3,17	22,0	1300	8	1030	730
СТЕ80НЗ	3,91	22,0	2250	11	1380	1080
СТЕ 113НЗ	4,76	33,0	1950	10	1380	1080
СТЕ 150НЗ	6,35	44,0	2600	12	1730	1430
СТЕ116НЗ	5,60	31,8	2740	14	1230	930
СТЕ 174НЗ	8,39	47,7	4110	16	1680	1380
СТЕ 233НЗ	11,20	63,6	5480	18	2130	1830
СТЕ 291НЗ	13,98	79,6	6850	20	2580	2280
СТЕ 349НЗ	16,79	95,5	8220	22	3030	2730

Таблица 2

ЕСО – потолочный испаритель – серия СТЕ- М6 (шаг ребер 6,0 мм)

Тип, модель	Q_0 , (TD=8K), кВт	Поверхность теплообмена, м ²	Расход воздуха, м ³ /ч	Дальнобойность, м	Объём труб, дм ³	Вентилятор		Размеры	
						Шт.×d, мм	Число оборотов, мин ⁻¹	A, мм	B, мм
СТЕ 20М6	1,14	4,47	820	8,5	1,56	1x250	1300	680	380
СТЕ 29М6	1,44	6,70	750	7,5	2,34	1x250	1300	680	380
СТЕ 41 М6	2,29	8,94	1640	10,0	2,89	2x250	1300	1030	730
СТЕ 58М6	2,88	13,40	1500	9,0	4,34	2x250	1300	1030	730
СТЕ 63М6	3,43	13,41	2460	12,0	4,23	3x250	1300	1380	1080

Окончание табл. 2

Тип, модель	Q_{0b} (TD=8K), кВт	Поверхность теплообмена, m^2	Расход воздуха, $m^3/ч$	Дально- бой- ность, м	Объём труб, dm^3	Вентилятор		Размеры	
						Шт.× d , мм	Число оборо- тов, $мин^{-1}$	A, мм	B, мм
СТЕ 86M6	4,30	20,10	2250	11,0	6,35	3x250	1300	1380	1080
СТЕ 115M6	5,75	26,80	3000	13,0	8,35	4x250	1300	1730	1430
СТЕ 96M6	5,07	19,38	3130	15,0	6,17	2x315	1360	1230	930
СТЕ 145M6	7,61	29,07	4700	17,0	8,06	3x315	1360	1680	1380
СТЕ 194M6	10,13	38,76	6260	19,0	11,08	4x315	1360	2130	1830
СТЕ 243M6	12,67	48,45	7830	21,0	13,21	5x315	1360	2580	2280
СТЕ 291M6	15,20	58,14	9400	23,0	17,76	6x315	1360	3030	2730

Таблица 3

ЕСО – потолочный испаритель – серия СТЕ L8 (шаг ребер 8,5 мм)

Тип, модель	Q_{0b} (TD=8K), кВт	Поверхность теплообмена, m^2	Расход воздуха, $m^3/ч$	Дально- бой- ность, м	Объём труб, dm^3	Вентилятор		Размеры	
						Шт.× d , мм	Число оборо- тов, $мин^{-1}$	A, мм	B, мм
СТЕ 16L8ED	1,00	3,29	870	9,0	1,56	1x250	1300	680	380
СТЕ 23L8ED	1,21	4,93	780	8,0	2,34	1x250	1300	680	380
СТЕ 34L8ED	2,00	6,58	1740	11,0	2,89	2x250	1300	1030	730
СТЕ 45L8ED	2,42	9,86	1560	10,0	4,34	2x250	1300	1030	730
СТЕ51L8ED	3,00	9,87	2610	13,0	4,23	3x250	1300	1380	1080
СТЕ 68L8ED	3,62	14,79	2340	12,0	6,35	3x250	1300	1380	1080
СТЕ 90L8ED	4,83	19,72	3120	14,0	8,35	4x250	1300	1730	1430
СТЕ 84L8ED	4,51	14,27	3270	16,0	6,17	2x315	1360	1230	930
СТЕ 125L8ED	6,74	21,40	4900	18,0	8,06	3x315	1360	1680	1380
СТЕ 158L8ED	8,61	28,54	6530	20,0	11,08	4x315	1360	2130	1830
СТЕ 209L8ED	11,22	35,68	8180	22,0	13,21	5x315	1360	2580	2280
СТЕ 254L8ED	13,51	42,81	9810	24,0	17,76	6x315	1360	3030	2730

Приложение 6

Исходные данные к практическому занятию № 2

Варианты	T_n , °C	K_n , Вт/(м ² ·К)	F_n , м ²	T_0 , °C	K_0 , Вт/(м ² ·К)	F_0 , м ²
1	25	0,59	800	-10	11	120
2	27	0,50	750	-11	10	100
3	28	0,52	730	-12	10	110
4	28	0,53	810	-10	12	130
5	29	0,56	770	-9	13	125
6	30	0,48	810	-10	11	125
7	26	0,47	750	-12	12	100
8	27	0,46	780	-9	11	135
9	28	0,45	820	-12	10	150
10	29	0,44	815	-11	12	130
11	25	0,48	800	-10	11	120
12	26	0,47	750	-11	10	100
13	27	0,46	730	-12	10	110
14	28	0,45	810	-10	12	130
15	29	0,44	770	-9	13	125

Примечание: T_n – температура наружного воздуха; K_n – коэффициент теплопередачи наружных ограждений; F_n – площадь теплопередающей поверхности наружных ограждений; T_0 – температура воздуха охлаждаемого помещения; K_0 – коэффициент теплопередачи охлаждающих приборов; F_0 – площадь теплопередающей поверхности охлаждающих приборов.

Приложение 7

Равновесная температура воздуха в охлаждаемом помещении

Для понижения температуры воздуха в закрытом помещении (аппарате) и поддержания ее на заданном уровне помещение (аппарат) необходимо охлаждать, т. е. отводить из него теплоту, например, с помощью холодильной машины.

С момента понижения температуры в помещении (аппарате) $t_{пм}$ в него начинает проникать теплота из окружающей среды, возникают

и другие теплопритоки. Скорость изменения температуры $t_{\text{пм}}$ прямо пропорциональна разности между теплопритоком Q_{T} в помещение (количеством теплоты в джоулях, проникающим в помещение и выделяющимся в нем в единицу времени, например, в секунду) и теплоотводом Q_0 из него (холодильной мощностью в ваттах испарителя холодильной машины или установленных в помещении охлаждающих приборов) и обратно пропорциональна коэффициенту тепловой емкости C объекта

$$Dt_{\text{пм}}/d\tau = (Q_{\text{T}} - Q_0)/C. \quad (1)$$

Здесь коэффициент тепловой емкости C (Дж/К) представляет собой количество теплоты, которое нужно подвести к объекту или отвести от него, чтобы изменить температуру помещения (аппарата) на 1 К.

Равенству $dt_{\text{пм}}/d\tau = 0$ соответствует наступление равновесия между теплопритоком и теплоотводом, характеризуемое уравнением теплового баланса

$$Q_{\text{T}} = Q_0, \quad (2)$$

и самоустановление определенной температуры воздуха $t_{\text{пм}}$ в охлаждаемом помещении (или любой среды в охлаждаемом аппарате), называемой *равновесной температурой*.

Уравнение теплового баланса, включающее теплопритоки от различных источников при стационарном режиме, может иметь следующий вид:

$$Q_{\text{н}} + Q_{\text{гр}} + Q_{\text{вн}} = Q_0, \quad (3)$$

где $Q_{\text{н}}$ – теплоприток через ограждения; $Q_{\text{гр}}$ – теплоприток от обрабатываемых грузов; $Q_{\text{вн}}$ – теплоприток от источников, расположенных внутри помещения (от людей, от осветительных приборов, от двигателей и т. п.).

Схема теплового баланса охлаждаемого помещения показана ниже.

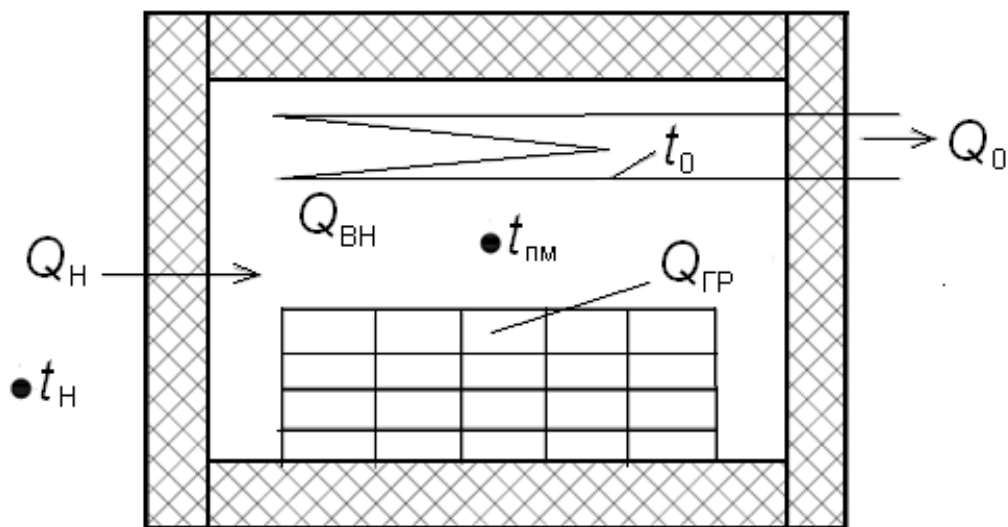


Схема теплового баланса охлаждаемого помещения

Такое равновесие, однако, является временным, преходящим. Холодильные установки работают при переменных внешних условиях, т. е. неизменно выводятся из состояния равновесия. Если теплоприток Q_T становится больше теплоотвода Q_0 , то это вызывает повышение температуры $t_{пм}$. Если же теплоприток оказывается меньше теплоотвода, то результатом такого неравенства будет понижение температуры в помещении. В связи с этим важно знать, как ведет себя данная система, будучи выведенной из состояния равновесия.

Для простоты рассуждения можно считать, что в охлаждаемое помещение проникает теплота от единственного источника – только через наружные ограждения. С этой же целью расчет ведется по зависимости для стационарного режима.

Количество теплоты (Дж), проникающее через ограждения в единицу времени:

$$Q_T = Q_n = k_n F_n (t_n - t_{пм}), \quad (4)$$

где k_n – коэффициент теплопередачи ограждения; F_n – площадь поверхности ограждений; t_n – температура наружного воздуха.

С другой стороны, секундное количество теплоты (B_T), отводимое охлаждающими приборами, определяется выражением

$$Q_0 = k_0 F_0 (t_{\text{пм}} - t_0), \quad (5)$$

где k_0 – коэффициент теплопередачи охлаждающих приборов; F_0 – площадь поверхности охлаждающих приборов; t_0 – температура охлаждающей среды (если пренебречь термическими сопротивлениями внутренней теплоотдачи и стенок трубы, ее можно принять равной температуре поверхности охлаждающих приборов). Тогда, согласно выражению (2),

$$k_{\text{н}} F_{\text{н}} (t_{\text{н}} - t_{\text{пм}}) = k_0 F_0 (t_{\text{пм}} - t_0). \quad (6)$$

Если внешние условия изменились, например, повысилась температура наружного воздуха, то это вызовет возрастание теплопритока $Q_{\text{т}}$, как следует из выражения (4), и его превышение над теплоотводом Q_0 , в результате чего произойдет повышение температуры воздуха в помещении.

Последнее, в свою очередь, вызывает рост теплоотвода, характеризуемого выражением (5). Но повышение температуры воздуха $t_{\text{пм}}$ будет замедлять рост теплопритока через ограждения до тех пор, пока теплоприток не сравняется с растущим теплоотводом (т. е. возрастающей производительностью испарителя) при новом значении температуры $t_{\text{пм}}$.

Такое самовыравнивание температуры охлаждаемого помещения (объекта) не всегда решает задачу регулирования этого параметра. Величина саморегулируемого параметра может выйти за установленные в данном случае пределы, и для ее сохранения внутри этих пределов надо располагать соответствующими средствами. Из уравнения теплового баланса (6) можно найти величину равновесной температуры воздуха в помещении:

$$t_{\text{пм}} = (k_{\text{н}} F_{\text{н}} t_{\text{н}} + k_0 F_0 t_0) / (k_{\text{н}} F_{\text{н}} + k_0 F_0), \quad (7)$$

здесь выражение (7) включает те величины, воздействуя на которые можно добиться изменения температуры $t_{\text{пм}}$ в желаемом направлении. Поскольку в уравнении (1) регулирующим воздействием является холодопроизводительность испарителя Q_0 , то для регулирования (вручную или автоматически) температуры $t_{\text{пм}}$ следует изменять величины, входящие в формулу (5), т. е. k_0 , F_0 и t_0 .

Изменяя скорость циркуляции воздуха (например, остановкой или пуском вентилятора), можно менять интенсивность теплообмена в охлаждающих приборах и, следовательно, величину k_0 ; выключением части или всех охлаждающих приборов можно менять площадь их поверхности F_0 . Несколько иначе влияет температура кипения t_0 прежде всего потому, что она, как правило, непостоянна и также саморегулируется при изменениях k_0 и F_0 .

Иногда можно непосредственно изменять температуру t_0 , например, увеличивая или уменьшая холодильную мощность компрессора либо, охлаждая помещение хладоносителем, изменять его температуру (в этом случае температура поверхности охлаждающих приборов будет соответствовать не температуре кипения рабочего тела, а температуре хладоносителя).

Если в выражении (7) разделить все члены на k_0F_0 , то оно примет вид:

$$t_{\text{пм}} = \{ [k_{\text{н}}F_{\text{н}} / (k_0F_0)] t_{\text{н}} + t_0 \} / \{ [k_{\text{н}}F_{\text{н}} / (k_0F_0)] + 1 \}. \quad (8)$$

При значительном превышении k_0F_0 над $k_{\text{н}}F_{\text{н}}$, т. е. $k_0F_0 \gg k_{\text{н}}F_{\text{н}}$, равновесная температура $t_{\text{пм}}$, как это видно из выражения (8), будет стремиться к t_0 . Аналогичным преобразованием можно показать, что при $k_0F_0 \ll k_{\text{н}}F_{\text{н}}$ равновесная температура воздуха будет стремиться к $t_{\text{н}}$.

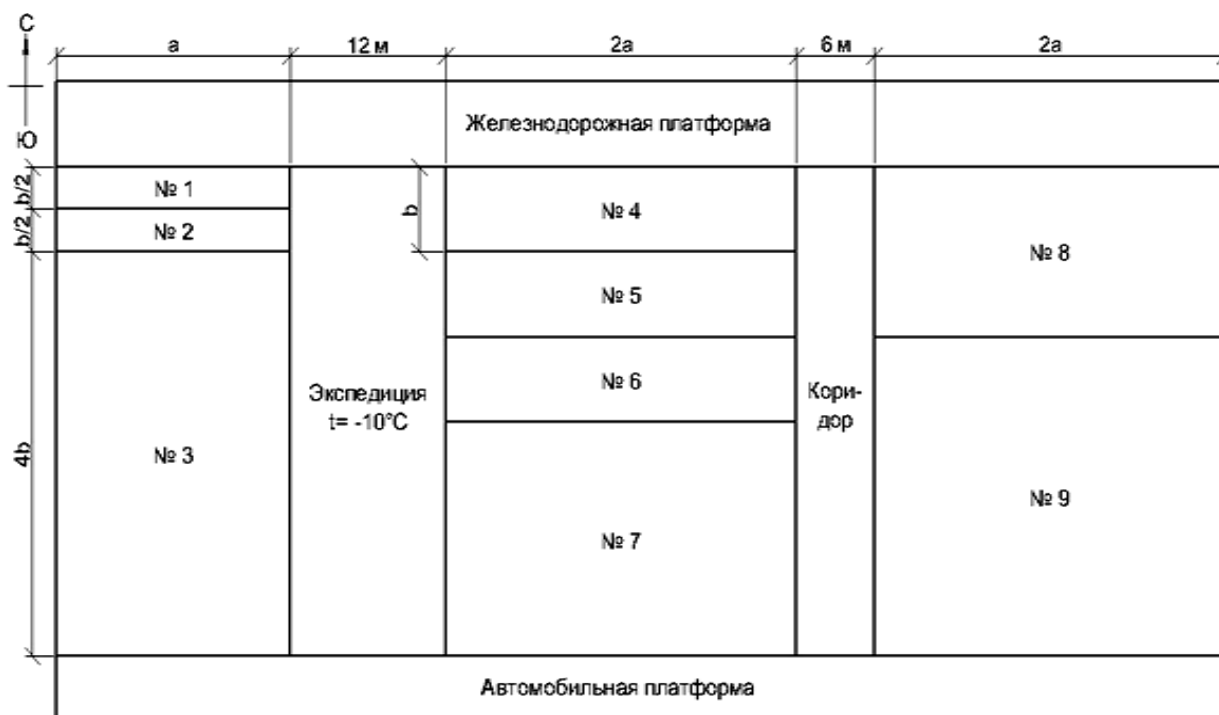
Таким образом, температура $t_{\text{пм}}$ охлаждаемого помещения (объекта) может устанавливаться в пределах от температуры поверхности охлаждающих приборов t_0 до температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$. Изменяя холодильную мощность Q_0 , можно добиться установления в помещении температуры на желаемом уровне.

Наличие других (прочих) теплопритоков $Q_{\text{пр}}$ в охлаждаемом помещении не вносит качественных поправок в приведенные выводы. Равновесная температура в этом случае может быть определена по выражению, аналогичному (7),

$$t_{\text{пм}} = (k_{\text{н}}F_{\text{н}}t_{\text{н}} + k_0F_0t_0 + Q_{\text{пр}}) / (k_{\text{н}}F_{\text{н}} + k_0F_0). \quad (7a)$$

Так как теплопритоки $Q_{\text{пр}}$ являются внешними возмущениями, то и их влияние будет компенсироваться изменением Q_0 .

Приложение 8



Планировка одноэтажного холодильника

Приложение 9

Вариант	Место расположения холодильника	Номера камер, для которых необходимо подобрать охлаждающие приборы	Размеры камер, м		
			Длина a	Ширина b	Высота h
1	Астрахань	1,4,3	12	18	6
2	Владимир	2,7,8	18	12	6
3	Пермь	1,6,9	12	24	6
4	Смоленск	2,6,8	24	12	6
5	Саратов	1,3,8	18	18	6
6	Санкт - Петербург	1, 7, 9	18	24	6
7	Екатеринбург	2,7,9	24	24	6
8	Барнаул	2,4,8	24	18	6
9	Брянск	1,7,9	18	12	6
10	Ставрополь	2,4,9	18	18	6
11	Самара	1,7,9	12	12	6

Расчетные значения температуры и относительной влажности наружного воздуха следует брать по данным раздела «Климатология» СНиП. При отсутствии этого источника можно воспользоваться сведениями прил.12.

Приложение 10

Номера камер	Назначение камер	Температура поступающих грузов	Параметры воздуха камеры	
			Температура, °С	Относительная влажность, %
1–2	Замораживание продуктов	+8	–30	90
3–7	Хранение замороженных продуктов	–8	–20	95
8–9	Хранение охлажденных продуктов	+8	–2	90

Приложение 11

Назначение охлаждаемого помещения	Температура, °С	q_f , для одноэтажного холодильника, Вт/м ²
Хранение мороженных грузов	–20	70–90
Хранение охлажденных грузов	–3...4	80–95
Замораживание продуктов	–30	850–900
Экспедиция	12	35

Величину теплопритоков следует определить по зависимости

$$Q = F_{\text{стр}} \cdot q_f,$$

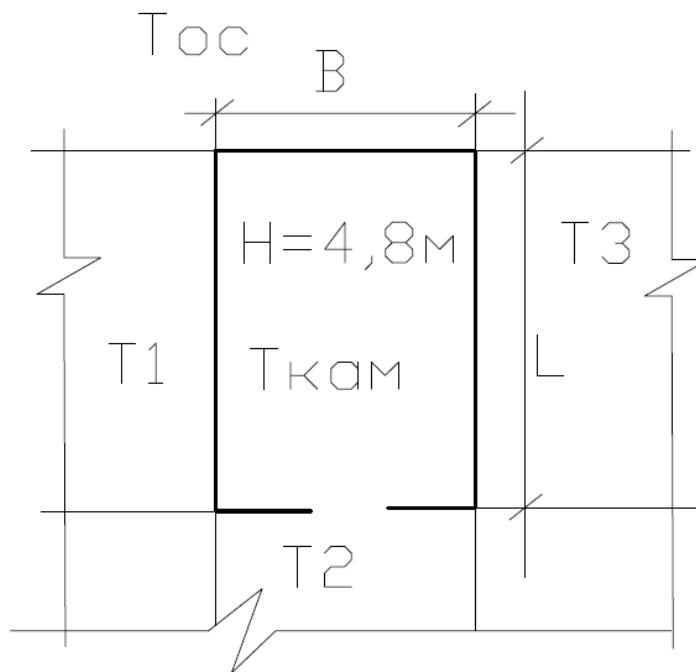
где $F_{\text{стр}}$ – строительная площадь охлаждаемого помещения, м²;
 q_f – укрупненный показатель суммарного удельного теплопритока, Вт/м².

Приложение 12

Расчетные значения температуры и относительной влажности наружного воздуха

Город	Температура, °С			Относительная влажность, %	
	Среднегодовая	Летняя	Зимняя	Летняя	Зимняя
Астрахань	9,4	34	-22	37	81
Владивосток	4,0	30	-12	79	62
Владимир	3,4	29	-28	57	86
Волгоград	7,6	35	-25	33	84
Вологда	2,2	28	-29	61	84
Воронеж	5,4	33	-25	47	87
Грозный	10,1	34	-16	47	80
Иркутск	-1,1	29	-36	58	77
Красноярск	0,5	30	-40	52	72
Мурманск	0,0	25	-26	63	86
Новороссийск	12,7	33	-12	53	74
Новосибирск	-0,1	30	-39	56	80
Омск	0,0	31	-36	52	79
Оренбург	3,9	34	-30	40	83
Пермь	1,5	29	-31	57	83
Полтава	7,0	31	-21	48	85
Ростов-на-Дону	8,7	33	-21	41	81
Саратов	5,3	33	-28	41	77
Сочи	13,4	32	-1	67	70
Ставрополь	9,1	33	-19	47	82
Тамбов	4,8	32	-26	49	81
Тюмень	1,3	31	-35	58	77
Томск	-0,6	29	-39	59	79
Санкт-Петербург	4,3	27	-24	59	82
Курск	5,4	30	-24	53	84

Приложение 13



Планировка камеры охлаждения фруктов

Приложение 14

Исходные данные к практическому занятию № 4

Вариант	$T_{oc},$ °C	$T_1,$ °C	$T_2,$ °C	$T_3,$ °C	$B,$ м	$L,$ м
1	25	0	16	0	6	12
2	27	4	16	4	6	18
3	28	4	12	4	12	18
4	28	8	12	8	12	24
5	29	8	12	8	6	24
6	30	0	10	0	18	24
7	26	4	10	4	18	18
8	27	6	8	6	24	24
9	28	6	8	6	18	24
10	29	6	8	6	12	18
11	28	4	12	4	12	18
12	28	8	12	8	12	24
13	29	8	12	8	6	24
14	30	0	10	0	18	24
15	29	6	8	6	12	18

Методика определения величины теплопритоков, поступающих в камеру охлаждения фруктов

Исходные данные. В камере охлаждения фруктов с температурой $t_{\text{кам}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ находятся яблоки, упакованные в деревянные ящики. Начальная температура яблок $t_{\text{н}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная – $t_{\text{к}} = 6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Требуется: определить продолжительность охлаждения, вместимость камеры, тепловую нагрузку на камерное оборудование, подобрать воздухоохладители и компрессорные агрегаты.

Для качественного и интенсивного охлаждения фруктов, уложенных в ящики, штабель формируем таким образом, чтобы обеспечить через него инфильтрацию холодного воздуха. При таком складировании норма загрузки, отнесенная к 1 м^2 строительной площади камеры, составляет $g_f = 400 \text{ кг/м}^2$.

Строительная площадь камеры, м^2 :

$$F = LB.$$

Вместимость камеры охлаждения яблок, кг:

$$M_{\text{яб}} = F g_f.$$

Продолжительность охлаждения яблок (ч), уложенных в деревянную тару, можно найти из зависимости

$$\tau = (1/m) \ln((t_{\text{н}} - t_{\text{кам}})/(t_{\text{к}} - t_{\text{кам}})),$$

где m – темп охлаждения для яблок, упакованных в ящики, и при скорости инфильтрации воздуха $w_{\text{н}} = 0,8 - 1,0 \text{ м/с}$, принимают $m = (16,1 - 19,7) \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$.

Теплоприток (кВт) через ограждающие конструкции камеры рассчитывается с учетом теплопритока от солнечной радиации только через кровлю холодильника:

$$Q_1 = \Sigma(k_i F_i \Delta t_i) + k F \Delta t_c,$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, принимаем для наружной стены $0,40 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, для внутренней с коридором – $0,52 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, для покрытия – $0,37 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$, Δt_c – дополнительная разность температур от солнечной радиации ($\Delta t_c = 18 \text{ }^\circ\text{C}$).

Теплоприток от охлаждаемых яблок, упакованных в ящики, кВт:

$$Q_2 = [M_{яб}c_{яб} (t_n - t_k)/\tau + M_T c_T (t_n - t_{к.т})/\tau]K,$$

где $c_{яб}$ – удельная теплоемкость яблок, кДж/(кг·К) (прил. 8); c_T – удельная теплоемкость тары, кДж/(кг·К) (прил. 9); M_T – масса тары ($M_T = 0,1M_{яб}$); $t_{к.т}$ – температура тары в конце охлаждения, принимаем 3 °С; K – коэффициент неравномерной тепловой нагрузки по времени (для камер с периодической загрузкой/выгрузкой $K = 1,2 \div 1,3$).

Теплоприток (кВт) от биохимических процессов, протекающих в яблоках:

$$Q_{2б} = M_{яб}q_b,$$

где q_b – удельная теплота биохимического процесса ($q_b = 9 \div 11$ Вт/т).

Эксплуатационные теплопритоки (кВт) принимаем ориентировочно

$$Q_4 = 0,2Q_2.$$

Тепловая нагрузка на камерное оборудование (кВт) будет равна

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_{2б} + Q_4.$$

Теплообменная площадь воздухоохладителей (m^2) должна быть не менее

$$F_b = Q / (k_0\theta_0),$$

где k_0 – коэффициент теплопередачи воздухоохладителя, принимаем 15 Вт/($m^2 \cdot K$); θ_0 – температурный напор с целью уменьшения опасности подмораживания продуктов для фруктовых камер (принимают в пределах 5 ÷ 6 К).

Выбираем воздухоохладители к установке в камере по теплообменной поверхности f_b (прил. 16, 17).

Воздухоохладитель имеет:

– теплообменную поверхность $f_b = m^2$;

– шаг ребрения $l_{op} = mm$;

- диаметр вентилятора $d_b =$ м;
 - мощность электродвигателя вентилятора $N_{\text{вент}} =$ кВт;
 - количество вентиляторов $n_{\text{вент}} =$ шт.;
 - общую объемную подачу вентиляторов $V_{\text{вент}} =$ м³/ч.
- Тогда количество установленных воздухоохладителей

$$n_b = F_b/f_b, \text{ шт.}$$

Суммарная объемная подача вентиляторов всех воздухоохладителей

$$V_c = n_b V_{\text{вент}}, \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Кратность циркуляции воздуха в камере находим по зависимости

$$z = V_c/(LBH), \text{ ч}^{-1}.$$

Для камер интенсивного охлаждения фруктов рекомендуемое значение кратности циркуляции 140–200 ч⁻¹, т. е. подобранные воздухоохладители удовлетворяют (не удовлетворяют) технологическим условиям работы такой камеры.

Действительная тепловая нагрузка на камерное оборудование составляет:

$$Q_d = Q_1 + Q_2 + Q_{2б} + n_b n_{\text{вент}} N_b, \text{ кВт.}$$

Сравнить Q_d и Q для оценки необходимости дополнительных перерасчетов.

Величина охлаждения воздуха в воздухоохладителях

$$\Delta t = Q_d/V_c c_b \rho_b,$$

где c_b – удельная теплоемкость воздуха при температуре воздуха камеры, кДж/(кг·К) (прил. 18); ρ_b – плотность воздуха, кг/м³ (прил. 18).

Для камер охлаждения рекомендуемая величина охлаждения воздуха составляет $\Delta t = 2\text{--}4$ К.

Отобразить размещение подобранных воздухоохладителей на планировке (см. прил. 8).

Приложение 16

Характеристики аммиачных воздухоохладителей GHP и AB2

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача $V_{в}$, м ³ /ч	Мощность вентиляторов N , кВт	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
045E/18	8	36,5	4800	0,55	1210×790×765	158
050E/18	8	60,7	6800	0,55	1410×836×783	236
065E/18	8	102,1	8700	0,75	1860×992×1023	406
080E/18	8	131,2	18300	1,5	2260×1236×1263	510
080G/18	8	218,7	17000	1,5	2260×1456×1280	767
065F/112	12	88,7	8700	0,75	1860×1236×1040	428
080C/112	12	123,5	16200	1,5	1960×1236×1236	526
080D/112	12	148,2	15800	1,5	1960×1456×1280	628
080H/112	12	182,4	17000	1,5	2260×1456×1280	739
065E/116	16	55,4	9100	0,75	1860×992×1023	323
080B/116	16	77,1	16900	1,5	1960×1236×1263	416
080D/116	16	115,6	16200	1,5	1960×1456×1280	571
080H/116	16	143,3	17300	1,5	2260×1456×1280	670
050F/28	8	151,8	13200	1,1	2490×1178×800	536
065E/28	8	204,2	17400	1,5	3060×992×1033	755
065F/28	8	255,2	17000	1,5	3060×1212×1040	928
050F/212	12	105,6	13600	1,1	2490×1178×800	454
065F/212	12	177,4	17400	1,5	3060×1236×1040	790
080D/212	12	296,4	31600	3,0	3260×1456×1280	1163
080B/216	16	154,2	33800	3,0	3260×1236×1263	763
080C/216	16	192,8	33200	3,0	3260×1236×1263	889
080D/216	16	231,2	32400	3,0	3260×1456×1280	1051
AB2-50	13,4	50,0	9360	0,8	1900×1000×730	340
AB2-75	8,6	75,0	13680	1,2	1900×1000×730	380
AB2-100	17,5	100,0	19440	2,2	1900×2200×800	735
AB2-150	11,3	150,0	19440	2,2	1900×2200×800	735
AB2-250	13,4/17,5	250,0	35280	3,0	2200×2000×1300	1570

Приложение 17

Таблица 1

Хладоновые воздухоохладители типа ГНР с одним вентилятором

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача $V_{в}$, м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
041A/14	4	28,8	2800	996×665×565	47
041B/14	4	36,0	2650	996×665×565	51
046A/14	4	46,1	4340	1196×685×665	63
046B/14	4	57,7	4220	1196×685×665	70
051B/14	4	72,1	5590	1396×690×665	82
066A/14	4	102,5	9390	1831×785×965	151
066B/14	4	128,1	9020	1831×785×965	165
071A/14	4	134,5	13200	2046×865×1065	186
071B/14	4	168,2	12650	2046×865×1065	204
081A/14	4	182,8	18440	2231×955×1265	251
041B/17	7	21,2	2990	996×665×565	45
041C/17	7	25,5	2910	996×665×565	49
046B/17	7	34,0	4500	1196×685×665	61
046C/17	7	40,7	4430	1196×685×665	66
051C/17	7	50,9	5860	1396×690×665	77
066A/17	7	60,3	10110	1831×785×965	136
066B/17	7	75,4	9870	1831×785×965	148
066C/17	7	90,5	9660	1831×785×965	158
071B/17	7	99,0	13880	2046×865×1065	181
071C/17	7	118,8	13570	2046×865×1065	194
081B/17	7	134,5	19220	2231×955×1265	242
081C/17	7	161,4	18860	2231×1055×1265	272
051C/110	10	36,7	5950	1396×690×665	16
051D/110	10	48,9	5760	1396×790×665	92
066C/110	10	65,2	9870	1831×785×965	158
066D/110	10	86,9	9430	1831×985×965	193
071C/110	10	85,6	13880	2046×865×1065	194
071D/110	10	114,1	13230	2046×1065×1065	240
081C/110	10	116,2	19220	2231×1055×1265	271
081D/110	10	155,0	18450	2231×1055×1265	308
051C/112	12	31,1	6030	1396×690×665	73
051D/112	12	41,5	5870	1396×790×665	87
066C/112	12	55,4	10090	1831×785×965	151
066D/112	12	73,8	9690	1831×985×965	186

Окончание табл. 1

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_B , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
071D/112	12	96,9	13610	2046×1065×1065	231
081C/112	12	98,7	19580	2231×1055×1265	262
081D/112	12	131,6	18900	2231×1055×1265	296

Таблица 2

Воздухоохладители типа ГНР с двумя вентиляторами

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_B , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
041A/24	4	57,7	5600	1596×665×565	77
041B/24	4	72,1	5300	1596×665×565	85
046A/24	4	92,3	8680	1996×685×665	109
046B/24	4	115,3	8440	1996×685×665	123
051B/24	4	144,2	11180	2476×690×665	147
066A/24	4	207,6	18780	3046×785×965	265
066B/24	4	259,5	18040	3046×785×965	293
071A/24	4	272,0	26400	3476×865×1065	334
071B/24	4	340,0	25300	3476×865×1065	369
081A/24	4	369,0	36880	3876×955×1265	449
041B/27	7	42,4	5980	1596×665×565	74
041C/27	7	50,9	5280	1596×665×565	81
046B/27	7	67,9	9000	1996×685×665	104
046C/27	7	81,5	8860	1996×685×665	114
051C/27	7	101,9	11720	2476×690×665	137
066A/27	7	122,2	20220	3046×785×965	230
066B/27	7	152,8	19740	3046×785×965	252
066C/27	7	183,3	19320	3046×785×965	275
071B/27	7	200,2	27760	3476×865×1065	317
071C/27	7	240,2	27140	3476×865×1065	346
081B/27	7	271,6	38440	3846×955×1265	428
081C/27	7	325,9	37720	3846×1055×1265	479
051C/210	10	73,3	11900	2476×690×665	136
051D/210	10	97,8	11520	2476×790×665	166

Окончание табл. 2

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_v , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
066C/210	10	132,0	19740	3046×785×965	273
066D/210	10	176,0	18860	3046×985×965	336
071D/210	10	172,9	27760	3476×865×1065	344
071D/210	10	230,6	26460	3476×1065×1065	422
081C/210	10	234,7	38440	3846×1055×1265	477
081D/210	10	312,9	36900	3846×1055×1265	555
051C/212	12	62,3	12060	2476×690×665	131
051D/212	12	83,0	11740	2476×790×665	159
066C/212	12	112,1	20180	3046×785×965	263
066D/212	12	149,5	19380	3046×985×965	323
071D/212	12	195,8	27220	3476×1065×1065	404
081D/212	12	199,3	39160	3846×1055×1265	459
081D/212	12	265,7	37800	3846×1055×1265	530

Таблица 3

Воздухоохладители типа ГНР с тремя вентиляторами

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_v , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
041A/34	4	85,6	8400	2276×665×565	77
041B/34	4	108,1	7950	2276×665×565	85
046A/34	4	138,4	13020	2876×685×665	109
046B/34	4	173,0	12660	2876×685×665	123
051B/34	4	216,2	16770	3646×690×665	147
066A/34	4	312,7	28170	4261×785×965	265
066B/34	4	390,8	27060	4261×785×965	293
071A/34	4	409,4	39600	4906×865×1065	334
071B/34	4	511,8	37950	4906×865×1065	369
081A/34	4	555,3	55320	5461×955×1265	449
041B/37	7	63,7	8970	2276×665×565	74
041C/37	7	76,4	8730	2276×665×565	81
046B/37	7	101,9	13500	2876×685×665	104
046C/37	7	122,2	13290	2876×685×665	114
051C/37	7	152,8	17580	3846×690×665	137

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_B , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
066A/37	7	184,1	30330	4261×785×965	230
066B/37	7	230,1	29610	4261×785×965	252
066C/37	7	276,2	28980	4261×785×965	275
071B/37	7	301,3	41640	4906×865×1065	317
071C/37	7	361,6	40710	4906×865×1065	346
081B/37	7	408,7	57660	5461×955×1265	428
081C/37	7	490,4	56580	5461×1055×1265	479
051C/310	10	110,0	17850	3646×690×665	136
051D/310	10	146,7	17280	3646×790×665	166
066C/310	10	198,8	29610	4261×785×965	273
066D/310	10	265,1	28290	4261×985×965	336
071C/310	10	260,3	41640	4906×865×1065	344
071D/310	10	347,1	39690	4906×1065×1065	422
081C/310	10	353,1	57660	5461×1055×1265	477
081D/310	10	470,8	55350	5461×1055×1265	555
051C/312	12	93,4	18090	3646×690×665	131
051D/312	12	124,6	17610	3646×790×665	159
066C/312	12	168,9	30270	4261×785×965	263
066D/312	12	225,1	29700	4261×985×965	323
071D/312	12	294,8	40830	4906×1065×1065	404
081D/312	12	299,9	58740	5461×1055×1265	459
081D/312	12	399,8	56700	5461×1055×1265	530

Таблица 4

Воздухоохладители типа LUC с двумя вентиляторами

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_B , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
LUC 145 R	4,23	5,5	1246	560×357×400	17
LUC 200 R	4,23	8,7	1239	560×357×464	19
LUC 285 R	4,23	10,0	2336	966×357×400	23

Окончание табл. 4

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача $V_{в}$, м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
LUC 320 R	4,23	13,4	2076	966×357×400	28
LUC 420 R	4,23	18,2	2562	1220×357×400	33
LUC 520 R	4,23	21,4	3252	1220×357×464	44
LUC 620 R	4,23	25,8	3696	1650×357×400	45
LUC 780 R	4,23	32,3	7095	1650×482×495	65
LUC 960 R	4,23	38,6	7895	1650×482×590	75
LUC 140 L	6,35	5,2	1217	560×357×400	17
LUC 195 L	6,35	7,5	1239	560×357×464	19
LUC 280 L	6,35	9,3	2267	966×357×400	23
LUC315L	6,35	11,7	2075	966×357×400	28
LUC 415 L	6,35	16,0	2561	1220×357×400	33
LUC515L	6,35	18,6	3250	1220×357×464	45
LUC 615 L	6,35	22,6	3694	1650×357×400	46
LUC 755 L	6,35	28,0	7093	1650×482×495	66
LUC 955 L	6,35	33,7	7893	1650×482×590	76

Примечание. Воздухоохладители типов LUC 145 R – LUC 955 L рекомендуется применять при температуре охлаждаемого воздуха не ниже минус 5 °С.

Таблица 5

**Воздухоохладители типа LUC с двумя вентиляторами
(среднетемпературные)**

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача $V_{в}$, м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
LUC 155 E	4,23	5,5	1246	560×475×400	17
LUC210E	4,23	8,7	1239	560×475×464	19
LUC 295 E	4,23	10,0	2336	966×475×400	23
LUC 350 E	4,23	13,4	2076	966×475×400	28
LUC 440 E	4,23	18,2	2562	1220×475×400	33
LUC 550 E	4,23	21,4	3252	1220×475×464	44
LUC 650 E	4,23	25,8	3696	1650×475×400	45
LUC 840 E	4,23	32,3	7095	1650×475×495	65
LUC1030 E	4,23	38,6	7895	1650×475×590	75
LUC 150 C	6,35	5,2	1217	560×475×400	17
LUC 205 C	6,35	7,5	1239	560×475×464	19

Марка	Шаг между ребрами l_{op} , мм	Площадь теплообмена $F_{во}$, м ²	Объемная подача V_B , м ³ /ч	Габаритные размеры $L \times B \times H$, мм	Масса m , кг
LUC 290 C	6,35	9,3	2267	966×475×400	23
LUC 345 C	6,35	11,7	2075	966×475×400	28
LUC 435 C	6,35	16,0	2561	1220×475×400	33
LUC 545 C	6,35	18,6	3250	1220×475×464	45
LUC 645 C	6,35	22,6	3694	1650×475×400	46
LUC 835 C	6,35	28,0	7093	1650×475×495	66
LUC1025 C	6,35	33,7	7893	1650×475×590	76

Примечание. Воздухоохладители типов LUC 155 E – LUC 1025 L рекомендуется применять при температуре охлаждаемого воздуха не ниже минус 20 °С.

Приложение 18

Физические свойства сухого воздуха

Температура, °С	Плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Температуропроводность 10^{-2} , м/с	Динамический коэффициент вязкости 10^{-6} , Па·с	Кинематический коэффициент вязкости 10^{-6} , м ² /с	Число Прандтля
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	11,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698

Приложение 19

Плотность укладки продуктов

Продукт	Плотность, кг/ м ³	Продукт	Плотность, кг/ м ³
Масло сливочное	700	Говядина замороженная:	
Сыр без тары	500	в полутушах	300
Яйцо	300	в четвертинах	350
Цитрусовые	300	Свинина	450
Плоды	350–400	замороженная	
Капуста в контейнерах	300	Мясо, замороженное	600
Картофель в контейнерах	500	в блоках	
Консервы разные	450	Птица в ящиках	400
Мясо в стоечных поддонах	600	Рыба, замороженная	600
		в блоках	

Приложение 20

Удельная теплоемкость и теплопроводность продуктов

Продукт	Удельная теплоемкость продукта, с, кДж/(кг·К)		Теплопроводность продукта, λ, Вт/(м·К)	
	охлажденного	замороженного	охлажденного	замороженного
Говядина	3,4	1,67	0,45–0,50	1,09–1,59
Свинина	2,85	1,59	0,37–0,49	0,72–1,56
Рыба	3,64	1,90	0,53	1,19–1,40
Птица	3,18	1,55	0,41	1,30
Клубника	3,85	1,75	0,48	1,11
Вишня	3,34	2,52	0,52	1,34
Клюква	3,77	2,10	–	–
Персики	3,81	1,72	–	–
Фруктовые соки	3,60–4,00	2,00–2,20	0,55	2,08
Смородина	3,77	2,10	–	–
Сливы	3,68	2,00	–	–
Огурцы	4,06	2,05	0,53	1,25
Картофель	3,43	1,80	0,48	1,09
Лук репчатый	3,81	2,13	0,47	1,30
Свекла	3,77	2,01	0,63	1,12
Томаты	3,85	1,92	0,60	1,40
Яйца	3,56	1,88	0,42	0,96
Морковь	3,89	1,88	0,62	1,10
Яблоки	3,72	1,82	–	–
Цветы	3,85	–	–	–

Приложение 21

Характеристика тары для продукции

Материал тары	Масса тары, % от массы продукта	Удельная теплоемкость, кДж(кг·К)
Стекланная	100	0,84
Деревянная	20	2,51
Картонная	10	1,67
Пластмассовая	20	2,09
Металлическая (алюминий)	15	0,84
Металлическая (сталь)	20	0,42

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бараненко А.В., Калюнов В.С., Румянцев Ю.Д. Практикум по холодильным установкам. – СПб.: ИД «Профессия», 2012. – 304 с.

Бараненко А.В., Куцакова В.Е. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов: Учеб. пособие. Ч. 3. – М.: Колос, 2004.

Касьянов Г.И., Сязин И.Е. Криообработка: Учеб. пособие. – М.: Экоинвест, 2014. – 372 с.

Полевой А.А. Холодильные установки. – СПб.: ИД «Профессия», 2011. – 472 с.

Практикум по холодильному технологическому оборудованию / А.В. Бараненко, В.С. Калюнов, Б.Н. Малеванный, А.Я. Эглит. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 170 с.

Холодильная технология пищевой промышленности: Учеб. пособие / А.М. Ибраев, Ю.А. Фирсова, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев. – Казань, КГТУ, 2010. – 124 с.

Чумак И.Г. Транспортировка и хранение тропических плодов. – Одесса: ИЦ «Репринтинфо», 2004. – 306 с.

Журналы: Холодильная техника; Холодильный бизнес; International journal of refrigeration.

Web-сайты: www.grasso.nl; www.guentner.de; www.danfoss.com; www.ostrov.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическое занятие № 1.....	3
Практическое занятие № 2.....	3
Практическое занятие № 3.....	4
Практическое занятие № 4.....	4
Приложение 1.....	5
Приложение 2.....	6
Приложение 3.....	9
Приложение 4.....	13
Приложение 5.....	21
Приложение 6.....	23
Приложение 7.....	23
Приложение 8.....	28
Приложение 9.....	28
Приложение 10.....	29
Приложение 11.....	29
Приложение 12.....	30
Приложение 13.....	31
Приложение 14.....	31
Приложение 15.....	32
Приложение 16.....	35
Приложение 17.....	36
Приложение 18.....	41
Приложение 19.....	42
Приложение 20.....	42
Приложение 21.....	43
Список литературы.....	44

Крупененков Николай Федорович

ХОЛОДИЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Р.А. Сафарова

Компьютерная верстка
И.В. Гришко

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 29.11.2016. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,79. Печ. л. 3,0. Уч.-изд. л. 2,75
Тираж 50 экз. Заказ № С 50

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9