

Вопрос 13. Существует много терминов, характеризующих работу холодильных машин и автономных кондиционеров, имеющих такие машины. Например, правилен ли термин «холодопроизводительность машины»? Как в этом разобраться, чтобы это было правильно и профессионально?

Ответ. Ваш вопрос весьма актуален, слишком много людей «берутся за перо» и часто пишут что угодно. Ниже приводятся основные понятия и определения, характеризующие работу автономных кондиционеров.

Полная (total cooling capacity TC) холодопроизводительность испарителя ХМ – количество холода – нетто (за вычетом потерь холода в кондиционере), полученное в испарителе ХМ в данных условиях (при некоторых расходах и параметрах сред на входе в испаритель и конденсатор). Она же равна $Q_X = L_{np} \rho_B (i_H - i_O)$ в стационарном режиме работы ХМ.

Полная (total) паспортная холодопроизводительность испарителя ХМ – количество холода-нетто, полученное в испарителе ХМ и переданное воздуху при паспортных условиях: паспортных расходах и параметрах сред на входе в испаритель и конденсатор. Паспортные условия для некоторых производителей автономных кондиционеров приведены в таблице.

Паспортные условия, принятые для определения холодопроизводительности автономных кондиционеров ведущими фирмами-производителями

№ п/п	Производитель, страна	Паспортные условия				
		Испаритель			Конденсатор	
		t_{nc}	$t_{nм}$	φ_n	t_n	t_{W_n}
		°С	°С	%	°С	°С
1.	Carrier (США)	27	19,5	-	35	-
2.	York (США)	27	19,5	-	35	-
3.	Trane (США)	27	-	50	35	-
4.	AIRWELL (Франция)	27	19	-	35	-
5.	Clivet (Италия)	27	19,5	-	30	-
6.	ABB-Fläkt (Швеция)	23	-	50	-	24
7.	Raumklima (Австрия)	24	19,5	-	30	-
8.	Россия	27	-	60	35	24
9.	ILKA (бывш. ГДР)	26	-	50	32	25

По ГОСТ 10808-73* («Кондиционеры автономные общего назначения. Типы и основные параметры»), переизданном в 1980 г, к отечественным кондиционерам предъявляются следующие требования. Производительность по теплу определяется при таких условиях: температура и влажность входящего в кондиционер воздуха 21°С, 30%; температура и влажность наружного воздуха: -5°С, 80%, температура охлаждающей воды: 6°С. Предельные значения температуры наружного воздуха от -40°С до +45°С, охлаждающей воды до +30°С. Предельные отклонения производительности для всех типов кондиционеров $\pm 10\%$ по воздуху, -8% по холоду, верхнее отклонение не регламентируется. Производительность по теплу не должна превышать 3-х кратного значения от номинальной. Кондиционеры должны

обеспечивать автоматическое регулирование температуры воздуха в помещении от +18°C до +28°C с погрешностью $\pm 1^\circ\text{C}$. По заказу потребителя кондиционеры могут изготавливаться с регулированием относительной влажности воздуха в помещении от 30% до 70% с погрешностью $\pm 5\%$, а также без подогрева воздуха.

Явная (ощутимая) холодопроизводительность (sensible cooling capacity SCC) – есть количество холода, снимаемое в испарителе ХМ и идущее на снижение температуры воздуха: $Q_{X.\text{явн}} = L_{\text{пр}} \rho_B c_B (t_H - t_O)$ в стационарном режиме работы. Эта часть холода расходуется на поддержание АК температуры воздуха в помещении и ассимиляции теплоизбытков в зоне действия приточных струй.

Скрытая холодопроизводительность (latent) – разница между полным и явным холодом, расходуемая на снижение влагосодержания (осушение) воздуха: $Q_{X.\text{скр}} = Q_X - Q_{X.\text{явн}} = L_{\text{пр}} \rho_B i_{\text{пара}} (d_H - d_O)$ в стационарном режиме работы.

Холодильный коэффициент – отношение получаемого в испарителе холода к мощности, затрачиваемой компрессором:

$$\varepsilon = Q_X / N_K. \quad (1)$$

Отопительный коэффициент – отношение теплоты, получаемой в конденсаторе, к мощности, затрачиваемой компрессором:

$$\mu = Q_{\text{конд}} / N_K = \varepsilon + 1. \quad (2)$$

Уравнение теплового баланса холодильной машины – теплота, получаемая в конденсаторе равно сумме холода, получаемого в испарителе, и мощности, потребляемой компрессором:

$$Q_{\text{конд}} - Q_X - N_K = 0. \quad (3)$$

Степень энергетической эффективности (EER: energy-efficiency ratio) – термин, принятый в американской практике – есть сумма холодильного и отопительного коэффициентов достигает:

$$EER = \varepsilon + \mu = 7 \dots 9 \quad (4)$$

и больше, используется, когда объект одновременно потребляет и теплоту и холод от водоохлаждающей машины.

Коэффициент влаговываждения процесса в ВО АК – отношение полного холода к явному:

$$\xi_{\text{ВО}} = \frac{Q_X}{Q_{X.\text{явн}}} = \frac{\Delta i_{\text{ВО}}}{\Delta t_{\text{ВО}}} = \frac{1}{1 - i_{\text{пара}} / \varepsilon_{\text{ВО}}} \geq 1. \quad (5)$$

Если гигрометрическая разность температур начального состояния охлаждаемого воздуха удовлетворяет условию:

$$t_H - t_{H.p} < \frac{Q_{X.\text{полн}}}{L_{\text{пр}} \rho_B c_B (1 - BF)}, \quad (6)$$

то происходит охлаждение и осушение воздуха ($\xi_{\text{ВО}} > 1$). В случае, если обрабатываемый воздух имеет $\varphi_H \approx 100\%$, то коэффициент влаговываждения приближается к $\xi_{\text{ВО}} = 3$, то есть на снижение температуры воздуха расходуется только третья часть вырабатываемого холода; остальной расходуется на его

осушение. Отношение в правой части (6) имеет значение в среднем 15...20°C.

Энтальпийная эффективность процесса в ВО есть отношение

$$\theta_{B_i} = \frac{i_H - i_O}{i_H - i_F} \leq 1 \quad (7)$$

перепада энтальпии воздуха в воздухоохладителе к перепаду энтальпий при средней энтальпии насыщенного воздуха вблизи поверхности ВО (i_F).

Байпас-фактор (BF) – безразмерная величина, учитывающая недостижимость воздухом теоретического конечного состояния поверхности F в ВО: $BF=1-\theta_{B_i} \approx 0,05 \dots 0,15$; для данного аппарата зависит от расхода воздуха через ВО-испаритель ХМ; с увеличением расхода байпас-фактор увеличивается. Эта величина используется для расчета и построения процесса в ВО.

Эффективность ассимиляции теплоты АК без рециркуляции есть отношение ассимилируемой в помещении теплоты к явной холодопроизводительности испарителя:

$$\varepsilon_Q = \frac{Q_{ном}}{b_i Q_X / \xi_{ВО}} = \frac{c_B (t_B - t_{np})}{b_i \Delta i_{ВО} / \xi_{ВО}} \quad (8)$$

Вопрос 14. На практике встречаются случаи, когда для ответственных объектов характеристики испарителя ХМ АК и компрессорно-конденсаторного агрегата задаются отдельно в табличной, а иногда графической форме. Как в этом случае правильно определить холодопроизводительность испарителя?

Ответ. Объясним методику решения такой задачи на примере. Первоначально вы построили исходные зависимости для испарителя и воздушного конденсатора, используя свободное поле $i-d$ диаграммы (рис. 1). При известном расходе воздуха холодопроизводительность испарителя Q_X зависит от энтальпии воздуха перед ним или температуры мокрого термометра. Аналогично для конденсатора холодопроизводительность $Q_{конт} - N_{компр}$ зависит при известном расходе воздуха от его начальной температуры. Зная эти параметры и путем подбора, показанного на рис. 1 стрелками, можно найти значения Q_X на правом нижнем графике (относительно энтальпии), равное значению $Q_{конт} - N_{компр}$ – на левом верхнем (относительно температуры). Пример выполнен для кондиционера York в случае, когда в помещение подается наружный или циркулирует внутренний воздух с энтальпией $i_H=54$ кДж/кг, а к конденсатору – воздух с температурой $t_H \approx 28$ °С.

В этом случае искомая холодопроизводительность данного кондиционера при заданных расходах с учетом совместной работы испарителя и конденсатора будет равна $Q_X \approx 33$ кВт, а температура кипения хладона $t_{кин} \approx 4$ °С. Графическая интерпретация метода последовательных приближений проста и позволяет быстро получить правильный результат.

Анализируя цифры холодопроизводительности в поле рис. 1, обратим внимание, что она может меняться от 20 до 45 кВт, что весьма значительно и при неучете может приводить к ошибке.

Рис.1. Пример графического представления данных автономных кондиционеров York в поле $i-d$ диаграммы в виде зависимости $Q_X=f(i_H, t_{кин}, L_{np})$ для испарителя и $Q_K-N_{компл}=f(t_H, t_{кин})$. Испаритель (внутренний блок) K*EU090 York $L=5610$ м³/ч, компрессорно-конденсаторный агрегат H*CE180A50 (сплошные) H*CA300A50 (пунктир).

Ключ: для испарителя K*EU090 York и компрессорно-конденсаторного агрегата H*CE180A50 перед испарителем $t_{H.M}=19^\circ\text{C}$ ($i_H=54$ кДж/кг), перед конденсатором $t_{H.конд}=28^\circ\text{C}$ по номограмме решение получаем при $t_{кин}\approx 4^\circ\text{C}$: $Q_X=33$ кВт. Если $L_{np}=5610$ м³/ч=1,87 кг/с перепад энтальпий в ВО равен: $\Delta i_{BO}=Q_X/G_{np}=33/1,87=17,7$ кДж/кг.

Вопрос 15. Возможно ли обобщение характеристик автономных кондиционеров определенного типа и производителя для данной линейки оборудования?

Ответ. Да, это можно сделать, если рассматривать не абсолютную, а относительную холодопроизводительность в долях от паспортной $\bar{Q}_X = Q_X / Q_{X.nacn}$. Такой подход позволяет сразу оценивать эту величину при любых комбинациях энтальпии (или температуры мокрого термометра) перед испарителем и температуры воздуха перед конденсатором, а также температуры кипения или давления кипения хладагента. Данное обобщение всегда связано с некоторым разбросом величины относительной холодопроизводительности, т.к. кондиционеры имеют разные холодильные машины и полное подобие не соблюдается. Приведенное на рис. 2 обобщение величин \bar{Q}_X и ε для разных моделей ХМ допустимо при разбросе не более 5%.

Рис. 2. Сводный график обобщенных характеристик относительной холодопроизводительности \bar{Q}_X и холодильного коэффициента ε совместно работающих внутренних и наружных блоков автономных кондиционеров FB4ACarrier и 38 TUA, 38TF Carrier в таких парах: FB4A030 – 38TG030 $Q_{X.nacn}=10,3$ кВт; FB4A036 – 38TG040 $Q_{X.nacn}=12,3$ кВт; FB4A042 – 38TUA $Q_{X.nacn}=14,1$ кВт; FB4A048 – 38TG060 $Q_{X.nacn}=17,3$ кВт; FB4A060 – 38TUA $Q_{X.nacn}=17,6$ кВт. Для всех моделей $\Delta i_{BO.nacn}\approx 19,5$ кДж/кг. Выделенная четырехугольником область соответствует диапазону холодопроизводительности по условиям испытаний при термодинамически-возможных сочетаниях $t_H-t_{H.M}$ для АК, использующего только наружный воздух и без его перегрева.