محاسبات سریع و سرانگشتی مهم تاسیساتی:

تخمین بار سرمایی (روش اول)

جداول تخمین بار سرمایی بر اساس سه وضعیت کم بار، بار متوسط و بار زیاد و با در نظر گرفتن شرایط زیر بر مبنای ویرایش دوم کتاب:

Heating, Ventilating, and Air Conditioning System Estimating Manual (Second Edition, A.M. Khashab)

تدوین شده است.

شرایط طرح خارج:

دمای خشک $= 95°F\ (35°C)$

دمای مرطوب $= 75 - 78°F\ (-23.9 - 25.6°C)$

شرایط طرح داخل:

دمای خشک $= 76 - 80°F\ (-24.4 - 26.7°C)$

رطوبت نسبی $= 50\%$

انتخاب یکی از موارد «بار کم»، «بار متوسط» و یا «بار زیاد» بستگی به شرایط اقلیمی و تصمیم برآورد کننده با توجه به مقتضیات پروژه مورد نظر دارد. همان گونه که در جداول مشخص است، در هر یک از «بارهای کم»، «متوسط» و یا «زیاد»، گرمای محسوس و نهان ناشی از عوامل گرمازا مانند وجود افراد و یا روشنایی کاملاً متفاوت است. در «بار کم» تعداد حضور افراد در واحد سطح کمتر و در «بار زیاد» بیشتر است و به موازات آن شدت و ضعف توان روشنایی به ازای واحد سطح نیز چنین است. به عنوان مثال در اولین جدول پیش رو که مربوط به تخمین بار سرمایی واحدهای آپارتمانی است، در «بار کم» هر ۳۲۵ فوت مربع و در «بار زیاد» هر ۱۰۰

فوت مربع برای یک نفر در نظر گرفته شده است و همچنین مقدار روشنایی در «بار کم» 1.0 وات و در «بار زیاد» 4.0 وات به ازای هر فوت مربع منظور شده است.

تخمین بار سرمایی واحدهای آپارتمانی

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	325	1.0	450	0.7
بار متوسط	175	2.0	400	1.0
بار زیاد	100	4.0	350	1.5

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	30.2	10.8	11.9	3.6
بار متوسط	16.3	21.5	10.6	5.1
بار زیاد	9.3	43.1	9.3	7.7

* مثال: هر ۴۵۰ فوت مربع در بار کم حداقل به ۱ تن تبرید نیاز دارد.

تخمین بار سرمایی تالار کنفرانس، تئاتر، سالن اجتماعات و سایر اماکن مشابه

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	15	1.0	400	1.0
بار متوسط	11	2.0	250	2.0
بار زیاد	6	3.0	90	3.0

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	1.4	10.8	10.6	5.1

بار متوسط	1.0	21.5	6.6	10.2
بار زیاد	0.6	32.3	2.4	15.3

تخمین بار سرمایی ساختمان های آموزشی

(مدارس، مدارس عالی و دانشگاه)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	30	2.0	240	0.9
بار متوسط	25	4.0	185	1.4
بار زیاد	20	6.0	150	2.0

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	2.8	21.5	6.4	4.6
بار متوسط	2.3	43.1	4.9	7.1
بار زیاد	1.9	64.6	4.0	10.2

تخمین بار سرمایی کارخانه ها و کارگاه ها با کار سبک

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	200	9.0*	200	1.6
بار متوسط	150	10.0*	150	2.5
بار زیاد	100	12.0*	100	3.8

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2

بار کم	18.6	69.9*	5.3	8.2
بار متوسط	13.9	107.6*	4.0	12.8
بار زیاد	9.3	129.2*	2.6	19.4

* گرمای ناشی از روشنایی و سایر تجهیزات

تخمین بار سرمایی کارخانه ها و کارگاه ها با کار سنگین

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	300	15.0*	100	2.5
بار متوسط	250	45.0*	80	4.0
بار زیاد	200	60.0*	60	6.5

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	27.9	161.5*	2.6	12.8
بار متوسط	23.2	484.4*	2.1	20.4
بار زیاد	18.6	645.9*	1.6	33.2

* گرمای ناشی از روشنایی و سایر تجهیزات

تخمین بار سرمایی اتاق های بستری بیمار

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	75	1.0	275	0.4*
بار متوسط	50	1.5	220	0.5*
بار زیاد	25	2.0	165	0.7*

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	7.0	10.8	7.3	2.04*
بار متوسط	4.6	16.2	5.8	2.6*
بار زیاد	2.3	21.5	4.4	3.6*

* بر اساس سیستم القایی (یا فن کوئل با تامین هوای تازه توسط هواساز).

تخمین بار سرمایی فضاهای عمومی بیمارستان

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	100	1.0	175	1.0
بار متوسط	80	1.5	140	1.1
بار زیاد	50	2.0	110	1.3

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	9.3	10.8	4.6	5.1
بار متوسط	7.4	16.2	3.7	5.6
بار زیاد	4.6	21.5	2.9	6.6

تخمین بار سرمایی هتل ها، متل ها و خوابگاه ها

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	200	1.0	350	1.0
بار متوسط	150	2.0	300	1.3
بار زیاد	100	3.0	220	1.5

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	18.6	10.8	9.3	5.1
بار متوسط	13.9	21.5	7.9	6.6
بار زیاد	9.3	32.3	5.8	7.7

تخمین بار سرمایی کتابخانه ها

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	80	1.0	340	1.0
بار متوسط	60	1.5	280	1.2
بار زیاد	40	3.0	200	1.4

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	7.4	10.8	8.9	5.1
بار متوسط	5.6	16.2	7.4	6.1
بار زیاد	3.7	32.3	5.3	7.1

تخمین بار سرمایی موزه ها

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	80	1.0	340	1.0
بار متوسط	60	1.5	280	1.2
بار زیاد	40	3.0	200	1.4

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	7.4	10.8	8.9	5.1
بار متوسط	5.6	16.2	7.4	6.1
بار زیاد	3.7	32.3	5.3	7.1

تخمین بار سرمایی فضاهای عمومی اماکن اداری

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	130	4.0	360	0.25 (خارجی) 0.80 (داخلی)
بار متوسط	110	6.0	280	0.5 (خارجی) 1.1 (داخلی)
بار زیاد	80	9.0	190	0.8 (خارجی) 1.8 (داخلی)
واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	12.1	43.1	9.5	1.3 (خارجی) 4.7 (داخلی)
بار متوسط	10.2	64.6	7.4	2.6 (خارجی) 5.6 (داخلی)

بار زیاد	7.4	96.9	5.0	4.1 (خارجی) 9.2 (داخلی)

تخمین بار سرمایی دفاتر اداری

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	150	2.0	360*	0.25
بار متوسط	125	5.8	280*	0.5
بار زیاد	100	8.0	190*	0.8

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	13.9	21.5	9.5*	1.3
بار متوسط	11.6	62.4	7.4*	2.6
بار زیاد	9.3	86.1	5.0*	4.1

* به جدول اصلی اضافه شده است.

تخمین بار سرمایی خانه های بزرگ (ساختمان ویلایی)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	600	1.0	600	0.7
بار متوسط	400	2.0	500	1.0
بار زیاد	200	4.0	380	1.5

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	55.7	10.8	15.9	3.6
بار متوسط	37.2	21.5	13.2	5.1
بار زیاد	18.6	43.1	10.0	7.7

تخمین بار سرمایی خانه های متوسط (ساختمان ویلایی)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	600	0.7	700	0.6
بار متوسط	360	1.5	550	0.9
بار زیاد	200	3.0	400	1.3

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	55.7	7.5	18.5	3.1
بار متوسط	33.4	16.2	14.5	4.6
بار زیاد	18.6	32.3	10.6	6.6

تخمین بار سرمایی رستوران های بزرگ

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	17	1.5	135	1.4
بار متوسط	15	1.7	100	1.75
بار زیاد	13	2.0	80	2.4

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	1.6	16.2	3.6	7.2
بار متوسط	1.4	18.3	2.6	8.9
بار زیاد	1.2	21.5	2.1	12.2

تخمین بار سرمایی رستوران های متوسط

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	-	-	150	1.5
بار متوسط	-	-	120	1.50
بار زیاد	-	-	100	2.0

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	-	-	4.0	7.7
بار متوسط	-	-	3.2	7.7
بار زیاد	-	-	2.6	10.2

تخمین بار سرمایی مراکز خرید (زیر زمین)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	30	2.0	340.9	0.7
بار متوسط	25	3.0	285	1.0
بار زیاد	20	4.0	225	1.2

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	2.8	21.5	8.9	3.6
بار متوسط	2.3	32.3	7.5	5.1
بار زیاد	1.9	43.1	6.0	6.1

تخمین بار سرمایی مراکز خرید (طبقه هم کف)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	45	3.5	350	0.9
بار متوسط	25	6.0	245	1.4
بار زیاد	16	90	150	2.0

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	4.2	37.7	9.3	4.6
بار متوسط	2.3	64.6	6.5	7.1
بار زیاد	1.5	96.9	4.0	10.2

تخمین بار سرمایی مراکز خرید (طبقات بالاتر از هم کف)

	ساکنین	روشنایی	ظرفیت سرمایی	مقدار هوادهی
واحد انگلیسی	$ft^2/person$	W/ft^2	ft^2/ton	cfm/ft^2
بار کم	75	2.0	400	0.8
بار متوسط	55	2.5	340	1.0
بار زیاد	40	3.5	280	1.2

واحد متریک	$m^2/person$	W/m^2	m^2/kW	lps/m^2
بار کم	7.0	21.5	10.6	4.1
بار متوسط	5.1	26.9	8.9	5.1
بار زیاد	3.7	37.7	7.4	6.1

تخمین سرمایی کل برای ساختمان های عمومی، آموزشی، تجاری و مسکونی

	ظرفیت سرمایی $(m^2/kW)ft^2/ton$		
نوع ساختمان	بار کم	بار متوسط	بار زیاد
ساختمان های عمومی	475 (12.6)	380 (10.0)	285 (7.5)
ساختمان های آموزشی	400 (10.6)	320 (8.5)	240 (6.4)
ساختمان های تجاری	330 (8.7)	265 (7.0)	200 (5.3)
ساختمان های مسکونی	625 (16.5)	500 (13.2)	375 (9.9)

تخمین بار گرمایی (روش اول)

به طور کلی بار گرمایی برای اغلب ساختمان ها بین ۲۰ تا Btu/hr ۶۰ به ازای هر فوت مربع یا ۲۰۰ تا Btu/hr ۶۰۰ به ازای هر مترمربع تخمین زده می شود که میانگین ۲۵ تا Btu/hr ۴۰ به ازای هر فوت مربع یا ۲۵۰ تا Btu/hr ۴۰۰ به ازای هر مترمربع بنا به شرایط اقلیمی گرم یا سرد برای تخمین و براورد کلی بیشتر به کار می آید.

برای ساختمان های خاص با صد درصد هوای تازه مانند بیمارستان ها و آزمایشگاه ها دامنه تخمین بار گرمایی بین ۴۰ تا Btu/hr ۱۲۰ به ازای هر فوت مربع یا ۴۰۰ تا Btu/hr ۱۲۰۰ به ازای هر مترمربع است.

تخمین بار گرمایی (روش دوم)

روش دیگر برای تخمین بارهای گرمایی با جزئیات بیشتر تخمین انتقال حرارت از طریق جدارها و جمع آن با بار گرمایی ناشی از هوای نفوذی است. در این روش می توان مطابق زیر بار گرمایی جدارها و هوای نفوذی را برآورد و سپس با هم جمع کرد:

تخمین بار گرمایی به ازای هر فوت مربع جدار خارجی با مصالح بنایی بدون عایق:

$$Q = 0.4\ \Delta T$$

تخمین بار گرمایی به ازای هر فوت مربع جدار خارجی با مصالح بنایی با عایق:

$$Q = 0.6\ \Delta T$$

تخمین بار گرمایی به ازای هر فوت مربع در و پنجره مشرف به خارج:

$$Q = 0.90\ \Delta T$$

تخمین بار گرمایی ناشی از نفوذ هوا به ازای هر فوت مکعب حجم فضا:

$$Q = 0.027\ \Delta T$$

تخمین بار گرمایی ناشی از تعویض مکانیکی هوا:

$$Q = 1.08 \times cfm \times \Delta T$$

روش دوم- تخمین بار گرمای تولید آبگرم مصرفی بر اساس هر واحد لوازم بهداشتی و نوع ساختمان بر حسب Btu/hr

نوع ساختمان	دستشویی و توالت خصوصی	دستشویی و توالت عمومی	وان	دوش	سینک آبدارخانه	سینک ظرفشویی
خانه ویلایی	700	-	4500	23000	-	4500
آپارتمان	700	1100	4500	23000	-	4500

هتل	700	23000	4500	23000	4500	7000
سالن ورزش	800	2700	8000	80000	-	-
ساختمان اداری	600	1600	-	-	4000	4000
کارخانه ها	1200	6000	-	120000	8000	8000
بیمارستان ها*	1000	2700	6700	33000	6700	6700
مدارس	1200	6000	-	-	6700	-
خوابگاه	800	2700	-	53000	5400	5400

* مصرف آب گرم رختشویخانه بیمارستان ۲.۵ گالن در ساعت برای هر پوند بار خشک تخمین زده می شود. بنابراین بار گرمایی تولید آب گرم مصرفی برای رختشویخانه بیمارستان برابر ۱۷۰۰ But/hr به ازای هر پوند بار خشک برآورد می شود. مصرف آب گرم آشپزخانه بیمارستان نیز ۱.۵ گالن در ساعت به ازای هر نفر تخمین زده می شود. بر این اساس بار گرمایی تولید آب گرم مصرفی برای آشپزخانه بیمارستان ۱۰۰۰ But/hr به ازای هر نفر برآورد می شود.

در تمامی روابط محاسبات تخمینی و تقریبی فوق (ΔT) بیانگر اختلاف دمای داخل و خارج بر حسب فارنهایت و (Q) بیانگر مقدار اتلاف گرما بر حسب But/hr است. cfm نیز بیانگر مقدار تعویض هوای مکانیکی بر حسب فوت مکعب در دقیقه است.

تخمین بار گرمایی (روش سوم)

نمودارهای ۱ تا ۷، برآوردی از ظرفیت گرمایی ساختمان بر حسب But/hr به ازای هر فوت مکعب (وات به زای هر مترمکعب) به دست می دهند. مرجع کلیه نمودارهای تخمین بار گرمایی، کتاب زیر است:

Heating, Ventilating, and Air Conditioning Systems Estimating Manual (Second Edition, A.M. Khashab)

نمودارهای پیش رو تعداد محدودی از شرایط مختلف را شامل می شوند و ممکن است به طور کامل منطبق با شرایط دلخواه و مورد نظر نباشند. از این رو در پاره ای موارد لازم است که برای شرایط خاص، میان یابی هایی در خطوط خود نمودار و یا بین اعداد مستخرجه از نمودارهای مختلف صورت گیرد.

لازم به ذکر است که نمودارهای تخمین بار گرمایشی بر اساس سه گونه دمای داخل $15 \cdot 6°C$ (60°F) . $18 \cdot 3°C$ (65°F) و $21 \cdot 1°C$ (70°F) تدوین شده است. اختیار نمودن چنین دماهایی به عنوان دمای طرح داخل با توجه به نوع پوشش زمستانی ساکنین در اماکن مختلف بسیار اقتصادی و صرفه جویانه است.

تعیین مقدار گرمای مورد نیاز برای تولید آبگرم مصرفی

برای تعیین ظرفیت گرمایی منبع آبگرم مصرفی اعم از دوجداره یا کوئل دار می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$Q = V \times 8.33(t_2 - t_1)$$

Q= ظرفیت گرمایشی (Btu/hr)

V= مقدار واقعی مصرف آبگرم (gph)

t_2= دمای آبگرم خروجی بر حسب فارنهایت که معمولاً ۱۴۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود.

در سیستم SI می توان از طریق رابطه زیر مقدار ظرفیت گرمایشی منبع تولید و ذخیره آبگرم مصرفی را محاسبه کرد:

$$Q = \frac{4.2V(t_2 - t_1)}{3600T}$$

Q= ظرفیت گرمایشی (kW)　　V= حجم منبع (litre)

t_2= دمای آبگرم خروجی (°C)　　t_1= دمای آب سرد ورودی (°C)

T: مدت زمان برای گرم شدن آب (hr)

منبع ذخیره آبگرم

کاربری	ظرفیت ذخیره (لیتر/نفر)	مصرف انرژی (کیلو وات/نفر)
مسکونی با یک حمام	30	0.75
مسکونی با دو حمام	45	1.00
کارخانجات و ادارات	5	0.10
هتل	35	1.00
خوابگاه	30	0.70
بیمارستان	33	1.00
مدارس روزانه	5	0.10
مدارس شبانه روزی	25	0.70
اماکن ورزشی	35	1.00

SOURCE: BUILDING SERVICES HANDBOOK-FRED HALL AND ROGER GREENO.

۸-۳

تخمین مقدار هوای حامل بار گرمایی و سرمایی

در سیستم های تهویه مطبوع به ویژه سیستم های تمام هوا، گرما، یا سرمای فضای مورد نظر از طریق انتقال هوای گرم یا سرد تامین می شود؛ بنابراین لازم است که دبی هوای گرم یا سرد مورد نیاز تعیین شود.

تعیین مقدار هوای حامل بار گرمایی

برای تعیین دقیق مقدار هوای حامل بار گرمایی می توان از رابطه زیر بهره جست:

$$cfm = \frac{Btu/hr}{1.08(105-T)} \qquad (۱)$$

cfm = مقدار هوای گرم بر حسب فوت مکعب در دقیقه (cfm)

Btu/hr بار گرمایی فضا بر حسب بی تی یو بر ساعت (Btu/hr)

1.08 = حاصل ضرب جرم مخصوص هوا در گرمای ویژه هوا در واحد زمان $(0.0749lb/f^3 \times 0.24Btu/lb \cdot F \times 60)$

105 = حداکثر دمای هوای ورودی به اتاق بر حسب فارنهایت (F)

T = دمای زمستانی طرح داخل فضا بر حسب فارنهایت (F)

تخمین مقدار هوای حامل بار گرمایی

چنانچه دمای داخل را $77°F$ $(25°C)$ در نظر بگیریم، بر اساس رابطه (۱) می توان از طریق رابطه زیر مقدار هوای گرم را تخمین زد:

$$cfm = \frac{Btu/hr}{30} \qquad (۲)$$

به طور کلی می توان به ازای هر Btu/hr ۱۲۰۰۰ ظرفیت گرمایی مقدار تقریبی هوا را بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ فوت مکعب در دقیقه در نظر گرفت.

دبی هوای حامل بار گرمایی

جدول زیر دبی هوای حامل بار گرمایی با دماهای مختلف را بر اساس چگالی $0.075\ ft^3/lb$ و مطابق با رابطه زیر نمایش می دهد:

$$\frac{Btu}{hr} = 1.08 \times \Delta t \times cfm$$

دمای هوا (°F)										بار گرمایی
120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	Btu/hr
231	253	278	308	347	397	463	556	694	926	30000
270	295	324	360	405	463	540	643	810	1080	35000
309	337	370	412	463	529	617	741	925	1234	40000
347	379	417	463	521	595	694	833	1042	1389	45000
386	421	463	514	579	661	772	926	1157	1543	50000
424	463	509	566	637	728	849	1019	1273	1698	55000
463	505	556	617	694	794	926	1111	1389	1852	60000
502	547	602	669	752	860	1003	1203	1505	2006	65000
540	589	648	720	810	926	1080	1296	1620	2160	70000
579	631	694	772	868	992	1157	1389	1736	2315	75000
617	673	741	823	926	1058	1235	1481	1852	2469	80000
656	715	787	875	984	1124	1311	1574	1968	2623	85000
694	758	833	926	1042	1190	1389	1667	2083	2778	90000
734	800	880	977	1100	1257	1644	1759	2199	2932	95000
772	842	926	1029	1157	1323	1543	1852	2315	3084	10000
810	884	972	1080	1215	1389	1620	1944	2431	3241	105000
849	926	1019	1132	1273	1455	1698	2037	2546	3395	110000
887	968	1065	1183	1331	1521	1775	2130	2662	3549	115000
926	1010	1111	1235	1389	1587	1852	2222	2778	3704	120000
965	1052	1157	1286	1447	1653	1929	2315	2894	385	125000

SOURCE: HVAC/R TERMINOLOGY-SECOND EDITION - RICHARD WIRTZ.

تعیین مقدار هوای حامل بار سرمایی

برای تعیین دقیق مقدار هوای حامل بار سرمایی می توان از رابطه زیر بهره جست:

$$cfm = \frac{(\frac{Btu}{hr}\text{بار محسوس})}{1.08\times\Delta t} \qquad (۱)$$

چنانچه نسبت گرمای محسوس (SHR) بین ۰.۷۵ تا ۰.۷۹ باشد می توان Δt را برابر ۲۱ در نظر گرفت و اگر SHR بین ۰.۸۰ تا ۰.۸۵ باشد، Δt برابر ۱۹ منظور می گرد و اگر SHR بین ۰.۸۵ تا ۰.۹۰ باشد، می توان Δt را برابر ۱۷ درجه فارنهایت در نظر گرفت. نسبت گرمای محسوس (SHR) از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$SHR = \frac{\text{گرمای محسوس}}{(\text{گرمای نهان} + \text{گرمای محسوس})}$$

تخمین مقدار هوای حامل بار سرمایی

در حالت تقریبی و بدون در اختیار داشتن مقدار SHR می توان Δt را برابر ۱۹ یا ۲۰ در نظر گرفت. در این صورت رابطه (۱) به شکل ساده تر زیر تبدیل می شود:

$$cfm = \frac{Btu/hr}{20} \qquad (۲)$$

مثال: چنانچه بار محسوس اتاقی Btu/hr ۲۳۰۰۰ و بار نهان آن برابر Btu/hr ۴۹۰۰ باشد، مقدار هوای حامل بار سرمایی را محاسبه کنید.

ابتدا مقدار SHR را محاسبه می کنیم:

$$SHR = 23000 \,/\, (23000 + 4900) = 0.82$$

از آنجا که SHR معادل ۰.۸۲ به دست آمده است، Δt را برابر ۱۹ درجه فارنهایت در نظر می گیریم، بنابراین از طریق رابطه (۱) دبی هوای حامل بار سرمایی محاسبه می شود:

$$cfm = 2300 / (1.08 \times 19) = 1121$$

از آنجا که SHR معادل ۰.۸۲ به دست آمده است، Δt را برابر ۱۹ درجه فارنهایت در نظر می گیریم، بنابراین از طریق رابطه (۱) دبی هوای حامل بار سرمایی محاسبه می شود:

$$cfm = 23000 / (1.08 \times 19) = 1221$$

به طور کلی می توان به ازای هر یک تن تبرید $(12000Btu/hr)$ مقدار تقریبی هوا را بین ۴۰۰ تا ۹۰۰ فوت مکعب در دقیقه در نظر گرفت.

تعیین دبی آب حامل بار گرمایی و سرمایی

در سیستم های تهویه مطبوع به ویژه سیستم های تمام آب، انتقال گرما یا سرما به فضای مورد نظر توسط آب صورت می گیرد و در برخی سیستم های تمام هوا و نیز سیستم های آب- هوا، آب به عنوان سیال اولیه نقش عمده ای را در انتقال حرارت ایفا می کند. بنابراین لازم است که دبی آب سرد یا گرم ورودی به کوئل های هواساز، فن کوئل ها و سایر تجهیزات تبادل حرارت تعیین شود.

برای تعیین دبی آبگرم یا آب سرد سیستم های گرمایشی و سرمایشی به طور دقیق می توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$gpm = \frac{Btu/hr}{8.33 \times 60 \times \Delta t}$$

که در آن:

gpm = دبی آب سرد یا گرم بر حسب گالن در دقیقه

Btu/hr = بار گرمایی یا سرمایی بر حسب بی تی یو بر ساعت

8.33 = وزن مخصوص آب بر حسب پوند بر گالن

60 = تبدیل یک ساعت به دقیقه

Δt اختلاف دمای آب ورودی و خروجی یا آب رفت و برگشت سیستم که معمولاً برای آب گرم ۲۰ و برای آب سرد ۱۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود.

رابطه بالا را به طور ساده تر می توان نوشت:

$$gpm = \frac{Btu/hr}{(500 \times \Delta t)}$$

یا بر اساس واحدهای (SI) چنین نوشت:

$$lps = \frac{kW}{4.18 \times \Delta t}$$

lps = دبی آب سرد یا گرم بر حسب لیتر بر ثانیه

kW = بار گرمایی یا سرمایی بر حسب کیلووات

Δt = اختلاف دمای آب ورودی و خروجی با استفاده از واحدهای (SI) که برای آب گرم 11.1 درجه سلسیوس و برای آب سرد 5.6 درجه سلسیوس در نظر گرفته می شود.

تعیین و تخمین دبی آب گرم سیستم گرمایشی

دبی آب گرم به طور دقیق از رابطه زیر قابل محاسبه اشت:

$$gpm = \frac{But/hr}{8.33 \times 60 \times \Delta t} \quad (۱)$$

gpm = دبی آب گرم در حال گردش بر حسب گالن در دقیقه

Btu/hr = بار گرمایی بر حسب بی تی یو بر ساعت

8.33 = وزن مخصوص آب بر حسب پوند بر گالن

60 = تبدیل یک ساعت به دقیقه

Δt = اختلاف دمای آب ورودی و خروجی یا آب رفت و برگشت سیستم است. چنانچه ΔT را در همه حالت ها برابر ۲۰ درجه فارنهایت در نظر گیریم، می توانیم رابطه (۱) را به شکل ساده‌تر زیر تبدیل کنیم:

$$gpm = \frac{Btu/hr}{10000}$$

به این ترتیب دبی آب در گردش برای سیستم گرمایش به راحتی از تقسیم بار گرمایی بر عدد ۱۰۰۰۰ بر حسب گالن در دقیقه (gpm) به دست می آید.

در سیستم (SI) می توان از طریق رابطه زیر دبی آب گرم را بر حسب لیتر بر ثانیه (l/sec) به دست آورد:

$$l/sec = \frac{Q_H}{\Delta t}$$

Q_H = بار گرمایشی بر حسب کیلووات (kW)

Δt = اختلاف دمای رفت و برگشت بر حسب سلسیوس (°C)

چنانچه اختلاف دمای آب رفت و برگشت را همواره ۱۰ درجه سلسیوس در نظر بگیریم، رابطه فوق به شکل ساده تر زیر در خواهد آمد.

$$l/sec = \frac{Q_H}{41.9}$$

که به صورت تخمینی می توان برای به دست آوردن دبی آب گرم بر حسب لیتر بر ثانیه، ظرفیت گرمایی را بر حسب کیلووات تقسیم بر عدد ۴۲ نمود:

$$l/sec = \frac{Q_c}{42}$$

تعیین و تخمین دبی آب سرد

دبی آب سرد در حال گردش نیز مشابه دبی آب گرم از طریق رابطه زیر به طور دقیق قابل محاسبه است:

$$gmp = \frac{Btu/hr}{8.33 \times 60 \times \Delta} \quad (۱)$$

در سیستم های سرمایشی معمولاً اختلاف دمای آب رفت و برگشت (Δ) سیستم برابر ۱۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود. چنانچه این عدد را در مخرج رابطه (۱) ضرب کنیم رابطه ساده تر (۲) پدید خواهد آمد:

$$gmp = \frac{Btu/hr}{5000} \quad (۲)$$

بنابراین با تقسیم بار سرمایی کل بر عدد ۵۰۰۰ دبی آب سرد بر حسب گالن در دقیقه (gpm) به دست می آید.

در سیستم (SI) می توان از طریق رابطه زیر دبی آب سرد را بر حسب لیتر بر ثانیه (l/sec) به دست آورد:

$$l/sec = \frac{Q_c}{4.19\ \Delta t}$$

Q_c = بار سرمایشی بر حسب کیلووات (kW)

(Δ) = اختلاف دمای رفت و برگشت بر حسب سلسیوس $(°C)$

چنانچه اختلاف دمای آب رفت و برگشت را هواره ۵ درجه سلسیوس در نظر بیریم، رابطه فوق به شکل ساده تر زیر در خواهد آمد.

$$l/sec = \frac{Q_c}{20.95}$$

که به صورت تخمینی می توان برای به دست آوردن دبی آب سرد بر حسب لیتر بر ثانیه، ظرفیت سرمایی را بر حسب کیلووات تقسیم بر عدد ۲۱ نمود:

$$l/sec = \frac{Q_c}{21}$$

مقدار هوای تازه مورد نیاز برای اماکن مختلف

از طریق جدول زیر می توان مقدار هوای تازه مورد نیاز برخی اماکن مسکونی، تجاری، آموزشی، درمانی ورزشی و خدماتی را تعیین نمود. هوای تازه اغلب اماکن مندرج در این جدول بر اساس هر نفر تدوین شده است. در صورتی که نفرات مستقر در مکانی نامعلوم باشد، می توان از مقادیر مربوط به سطح مورد نیاز برای هر نفر استفاده کرد. در غیر این صورت تعیین هوای تازه به ازای هر نفر در اولویت قرار می گیرد. در پاره ای موارد، هوای تازه بر اساس مساحت اتاق تعیین شده است.

مکان	سطح مورد نیاز برای هر نفر ft^2	مقدار هوای تازه به ازای هر نفر cfm/person		مقدار هوای تازه به ازای هر فوت مساحت کف cfm/f^2
		با دود سیگار	بدون دود سیگار	
طبقات همکف و زیرزمین فروشگاه های بزرگ	35	25	5	0.05
طبقات فوقانی فروشگاه های بزرگ	50	25	5	0.05
انبار قسمت فروش	70	25	5	-
محل عبور خریداران در فروشگاه ها	50	10	5	-
انبار اصلی فروشگاه	200	10	5	-

فروشگاه خرده فروشی و حراجی	25	7.5	5	-
گل فروشی	100	25	5	-
گلخانه	1000	-	5	-
آرایشگاه مردانه و سالن زیبایی زنانه	40	35	20	-
کفاشی	100	15	10	-
عکاسی	100	-	5	-
تاریکخانه عکاسی	100	-	20	-

←ادامه

تهویه مکانیکی و تأمین هوای تازه

فضا	حداقل مقدار هوای تازه متر مکعب به متر مربع کف در دقیقه بدون استفاده از هوای برگشت	حداقل مقدار هوای تازه متر مکعب به متر مربع کف در دقیقه با استفاده از هوای برگشت
آشپزخانه های بزرگ و تجاری	0.6	بدون برگشت
آشپزخانه های مسکونی و خصوصی	0.3	بدون برگشت
دفاتر کار	0.12	0.03
کلاس های درس	0.36	0.09
فروشگاه	0.6	0.15
اتاق های انبار	0.06	0.015

رستوران	0.6	0.03
راهروهای عمومی	0.12	0.03
اتاق رختکن	0.12	0.03
توالت های عمومی	0.75	بدون برگشت
توالت های مسکونی	0.45	بدون برگشت
اتاق های خصوصی بیمارستان	0.12	0.03
آزمایشگاه با تخلیه موضعی هوا	0.3	بدون برگشت
آزمایشگاه های عمومی	0.12	0.03
محل های تجمع عمومی	0.6	0.15
ایستگاه های راه آهن	0.12	0.03
آرایشگاه ها	0.6	0.15
گالری های هنری	0.12	0.03
موزه ها	0.12	0.03

مرجع: مبحث چهاردهم مقررات ملی ساختمان

پمپ

اگر چه پمپ ها از تنوع بسیار زیادی برخوردارند؛ اما اکثر پمپ های مورد استفاده در سیستم های گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع از نوع گریز از مرکز هستند که می توان آن ها را از نظر نصب، ساختار و کاربری در انواع زمینی، خطی، یک طبقه، چند طبقه، گردشی و تغذیه

طبقه بندی کرد. بنابراین اطلاعات گردآوری شده برای این بخش مربوط به پمپ های گریز از مرکز در کاربردهای مختلف تهویه مطبوع می شود.

تخمین دبی پمپ برای انتقال آب سرد

$$\text{gpm} = \frac{(\text{Btu/hr})}{5000}$$

تخمین دبی پمپ برای انتقال آب گرم

$$\text{gpm} = \frac{(\text{Btu/hr})}{10000}$$

تخمین دبی پمپ برج خنک کن

برای چیلرهای تراکمی به ازای هر تن :3gmp

برای چیلرهای جذبی به ازای هر تن: 3.6gpm