A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

تاسیسات

http://www.mohandes-iran.com

فهرست مباحث

فصل اول	مقدمه
فصل دوم	شرایط طرح داخل و خارج
فصل سوم	محاسبه بار گرمایشی
فصل چهارم	محاسبه نفوذ و تهویه
فصل پنجم	وسایل گرمایشی
فصل ششم	مقدمه‌ای بر لوله‌کشی
فصل هفتم	سیستم گرمایش با آب گرم
فصل هشتم	موتورخانه گرمایشی
فصل نهم	سیستم گرمایش با بخار
فصل دهم	شبکه توزیع آب مصرفی
فصل یازدهم	شبکه جمع‌آوری فاضلاب
فصل دوازدهم	شبکه گاز طبیعی
فصل سیزدهم	محاسبه بار سرمایشی
فصل چهاردهم	موتورخانه سرمایشی
فصل پانزدهم	نمودار رطوبت‌سنجی
فصل شانزدهم	کانال‌کشی و شبکه توزیع هوا

http://www.mohandes-iran.com

انواع سیستمهای تهویه مطبوع

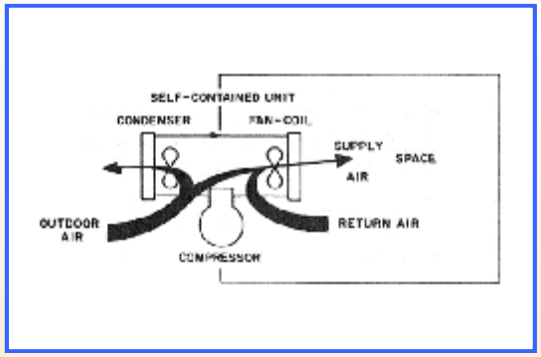
سیستم تهویه مطبوع یکی از بخش‌های اصلی تاسیسات مکانیکی ساختمان به شمار می‌آید. تهویه مطبوع علمی است که به بررسی اصول کنترل درجه حرارت، رطوبت، سرعت و تمیزی هوا در محیط به منظور رسیدن به شرایط آسایش انسان می‌پردازد. شبکه‌های توزیع آب مصرفی، جمع‌آوری فاضلاب و توزیع گاز طبیعی سایر بخش‌های اصلی تاسیسات مکانیکی ساختمان را تشکیل می‌دهند .

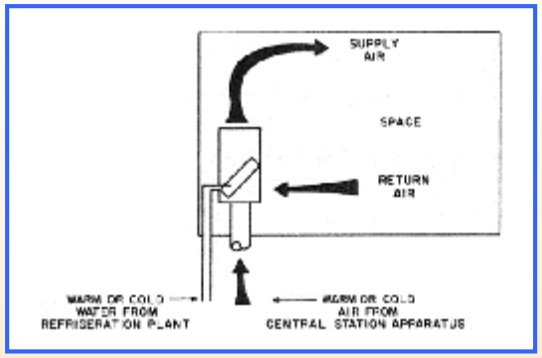
از آنجا که بخش عمده‌ای از زندگی انسان در ساختمان می‌گذرد، انتخاب صحیح نوع سیستم تهویه مطبوع برای ساختمان تصمیم مهمی است که توسط مهندس طراح اتخاذ می‌گردد. مهمترین مواردی که مهندس طراح جهت انتخاب سیستم مناسب باید در نظر داشته باشد عبارت است از:

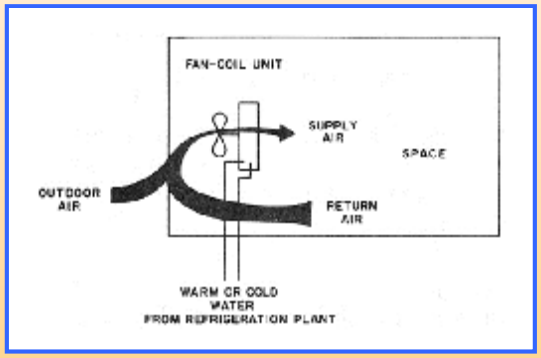
- امکانات مالی
- کاربری، محل و فضای موجود در ساختمان
- شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، شدت باد، شدت تابش و میزان سایه
- میزان تغییرات بارهای داخلی ساختمان در طول روز
- انتظارات کارفرما در مورد کیفیت هوا

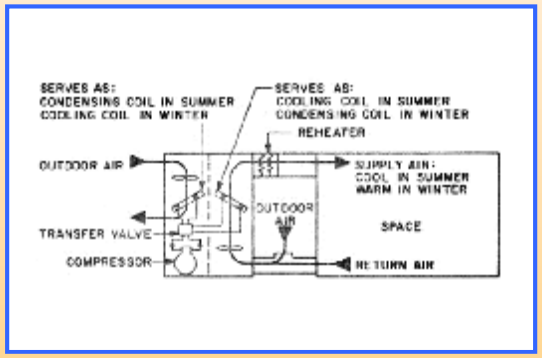
http://www.mohandes-iran.com

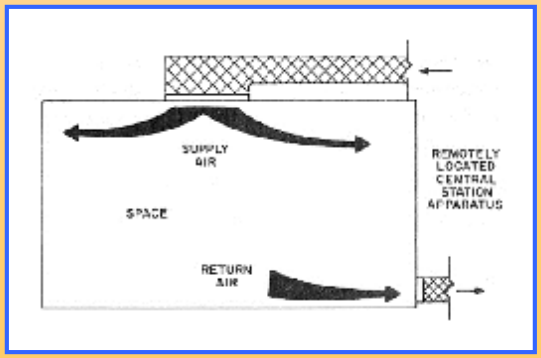
انواع سیستمهای تهویه مطبوع











- سیستمهای تهویه مطبوع
  - سیستمهای DX
  - سیستمهای تمام آب
  - سیستمهای تمام هوا
  - سیستمهای هوا-آب
  - پمپهای حرارتی

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

تاسیسات

http://www.mohandes-iran.com

فهرست مباحث

فصل اول	مقدمه
فصل دوم	شرایط طرح داخل و خارج
فصل سوم	محاسبه بار گرمایشی
فصل چهارم	محاسبه نفوذ و تهویه
فصل پنجم	وسایل گرمایشی
فصل ششم	مقدمه‌ای بر لوله‌کشی
فصل هفتم	سیستم گرمایش با آب گرم
فصل هشتم	موتورخانه گرمایشی
فصل نهم	سیستم گرمایش با بخار
فصل دهم	شبکه توزیع آب مصرفی
فصل یازدهم	شبکه جمع‌آوری فاضلاب
فصل دوازدهم	شبکه گاز طبیعی
فصل سیزدهم	محاسبه بار سرمایشی
فصل چهاردهم	موتورخانه سرمایشی
فصل پانزدهم	نمودار رطوبت‌سنجی
فصل شانزدهم	کانال‌کشی و شبکه توزیع هوا

http://www.mohandes-iran.com

انواع سیستمهای تهویه مطبوع

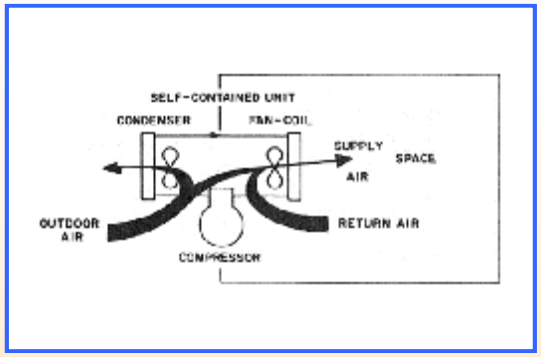
سیستم تهویه مطبوع یکی از بخش‌های اصلی تاسیسات مکانیکی ساختمان به شمار می‌آید. تهویه مطبوع علمی است که به بررسی اصول کنترل درجه حرارت، رطوبت، سرعت و تمیزی هوا در محیط به منظور رسیدن به شرایط آسایش انسان می‌پردازد. شبکه‌های توزیع آب مصرفی، جمع‌آوری فاضلاب و توزیع گاز طبیعی سایر بخش‌های اصلی تاسیسات مکانیکی ساختمان را تشکیل می‌دهند .

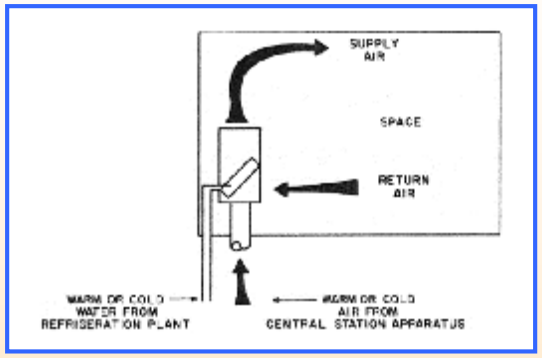
از آنجا که بخش عمده‌ای از زندگی انسان در ساختمان می‌گذرد، انتخاب صحیح نوع سیستم تهویه مطبوع برای ساختمان تصمیم مهمی است که توسط مهندس طراح اتخاذ می‌گردد. مهمترین مواردی که مهندس طراح جهت انتخاب سیستم مناسب باید در نظر داشته باشد عبارت است از:

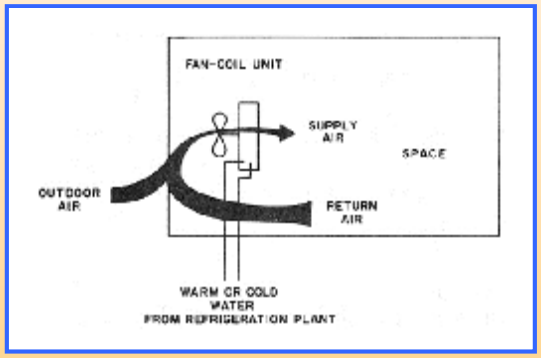
- امکانات مالی
- کاربری، محل و فضای موجود در ساختمان
- شرایط محیطی مانند دما، رطوبت، شدت باد، شدت تابش و میزان سایه
- میزان تغییرات بارهای داخلی ساختمان در طول روز
- انتظارات کارفرما در مورد کیفیت هوا

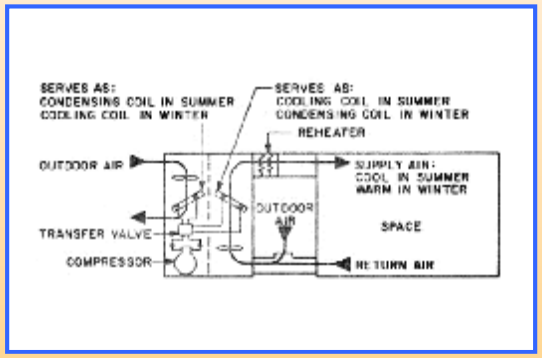
http://www.mohandes-iran.com

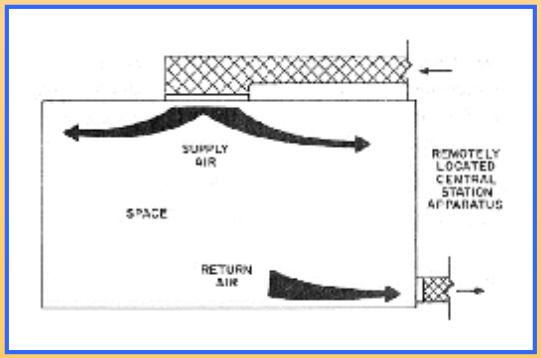
انواع سیستمهای تهویه مطبوع











- سیستمهای تهویه مطبوع
  - سیستمهای DX
  - سیستمهای تمام آب
  - سیستمهای تمام هوا
  - سیستمهای هوا-آب
  - پمپهای حرارتی

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

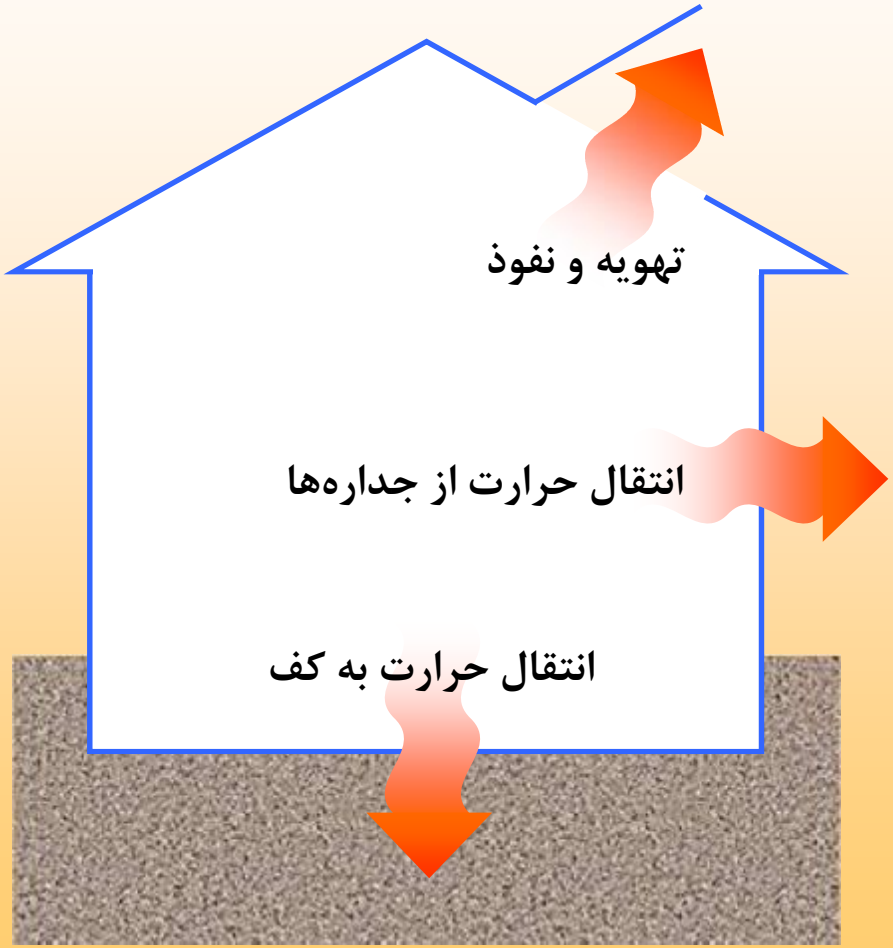
محاسبات بار گرمایشی

بار گرمایشی در فصل زمستان از دو بخش اصلی تشکیل می‌شود:

- اتلافات حرارتی از جداره‌های ساختمان
- اتلافات حرارتی ناشی نفوذ یا تهویه

با توجه به نحوه محاسبات بار، اتلافات حرارتی از جداره‌های ساختمان را می‌توان به دو بخش تقسیم نمود:

- اتلافات حرارتی از دیوارها، سقف و پنجره
- اتلافات حرارتی از دیوار زیرزمین و کف



http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی از جداره های ساختمان

با استفاده از مفهوم ضریب کلی انتقال حرارت و رابطه سرمایش نیوتن می‌توان نوشت:

$$q = UA(T_i - T_o)$$

با صرفنظر کردن از اثرات تشعشعی در محاسبات بار گرمایشی، ضریب انتقال حرارت کلی جدار عبارت است از:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \sum R_n + \frac{1}{h_o}$$

مقاومت حرارتی اجزای مختلف ساختمانی و نیز فیلم هوای داخل و خارج در جداول ضمیمه ارایه شده و عناوین مهم با کادر قرمز رنگ مشخص شده است.

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی از جداره های ساختمان

MATERIAL	DESCRIPTION	THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
					Per Inch Thickness $\frac{1}{k}$	For Listed Thickness $\frac{1}{c}$
BUILDING MATERIALS						
BUILDING BOARD Boards, Panels, Sheathing, etc	Asbestos-Cement Board		120	—	0.25	—
	Asbestos-Cement Board	⅛	120	1.25	—	0.03
	Gypsum or Plaster Board	⅜	50	1.58	—	0.32
	Gypsum or Plaster Board	½	50	2.08	—	0.45
	Plywood		34	—	1.25	—
	Plywood	¼	34	0.71	—	0.31
	Plywood	⅜	34	1.06	—	0.47
	Plywood	½	34	1.42	—	0.63
	Plywood or Wood Panels	¾	34	2.13	—	0.94
	Wood Fiber Board, Laminated or Homogeneous		26	—	2.38	—
			31	—	2.00	—
	Wood Fiber, Hardboard Type		65	—	0.72	—
	Wood Fiber, Hardboard Type	¼	65	1.35	—	0.18
	Wood, Fir or Pine Sheathing	25/32	32	2.08	—	0.98
	Wood, Fir or Pine	1¾	32	4.34	—	2.03
BUILDING PAPER	Vapor Permeable Felt		—	—	—	0.06
	Vapor Seal, 2 Layers of Mopped 15 lb felt		—	—	—	0.12
	Vapor Seal, Plastic Film		—	—	—	Negl
WOODS	Maple, Oak, and Similar Hardwoods		45	—	0.91	—
	Fir, Pine, and Similar Softwoods		32	—	1.25	—
MASONRY UNITS	Brick, Common	4	120	40	—	.80
	Brick, Face	4	130	43	—	.44
	Clay Tile, Hollow:					
	1 Cell Deep	3	60	15	—	0.80
	1 Cell Deep	4	48	16	—	1.11
	2 Cells Deep	6	50	25	—	1.52
	2 Cells Deep	8	45	30	—	1.85
	2 Cells Deep	10	42	35	—	2.22
	3 Cells Deep	12	40	40	—	2.50
	Concrete Blocks, Three Oval Core Sand & Gravel Aggregate	3	76	19	—	0.40
		4	69	23	—	0.71
		6	64	32	—	0.91
		8	64	43	—	1.11
		12	63	63	—	1.28
	Cinder Aggregate	3	68	17	—	0.86
		4	60	20	—	1.11
		6	54	27	—	1.50
		8	56	37	—	1.72
		12	53	53	—	1.89
	Lightweight Aggregate (Expanded Shale, Clay, Slate or Slag; Pumice)	3	60	15	—	1.27
		4	52	17	—	1.50
		8	48	32	—	2.00
		12	43	43	—	2.27
	Gypsum Partition Tile:					
	3"x12"x30" solid	3	45	11	—	1.26
	3"x12"x30" 4-cell	3	35	9	—	1.35
	4"x12"x30" 3-cell	4	38	13	—	1.67
	Stone, Lime or Sand		150	—	0.08	—

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی

MATERIAL	DESCRIPTION	THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R	
					Per Inch Thickness $\frac{1}{k}$	For Listed Thickness $\frac{1}{c}$
BUILDING MATERIALS, (CONT.)						
MASONRY MATERIALS Concretes	Cement Mortar		116	—	0.20	—
	Gypsum-Fiber Concrete 87½% gypsum, 12½% wood chips		51	—	0.60	—
	Lightweight Aggregates		120	—	0.19	—
	Including Expanded		100	—	0.28	—
	Shale, Clay or Slate		80	—	0.40	—
	Expanded Slag; Cinders		60	—	0.59	—
	Pumice; Perlite; Vermiculite		40	—	0.86	—
	Also, Cellular Concretes		30	—	1.11	—
			20	—	1.43	—
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Oven Dried)		140	—	0.11	—
	Sand & Gravel or Stone Aggregate (Not Dried)		140	—	0.08	—
	Stucco		116	—	0.20	—
PLASTERING MATERIALS	Cement Plaster, Sand Aggregate		116	—	0.20	—
	Sand Aggregate	½	116	4.8	—	0.10
	Sand Aggregate	¾	116	7.2	—	0.15
	Gypsum Plaster:					
	Lightweight Aggregate	½	45	1.88	—	0.32
	Lightweight Aggregate	⅝	45	2.34	—	0.39
	Lightweight Aggregate on Metal Lath	¾	45	2.80	—	0.47
	Perlite Aggregate		45	—	0.67	—
	Sand Aggregate		105	—	0.18	—
	Sand Aggregate	½	105	4.4	—	0.09
	Sand Aggregate	⅝	105	5.5	—	0.11
	Sand Aggregate on Metal Lath	¾	105	6.6	—	0.13
	Sand Aggregate on Wood Lath		105	—	—	0.40
	Vermiculite Aggregate		45	—	0.59	—
ROOFING	Asbestos-Cement Shingles		120	—	—	0.21
	Asphalt Roll Roofing		70	—	—	0.15
	Asphalt Shingles		70	—	—	0.44
	Built-up Roofing	⅜	70	2.2	—	0.33
	Slate	½	201	6.4	—	0.05
	Sheet Metal		—	—	Negl	—
	Wood Shingles		40	—	—	0.94
SIDING MATERIALS (On Flat Surface)	Shingles					
	Wood, 16", 7½" exposure		—	—	—	0.87
	Wood, Double, 16", 12" exposure		—	—	—	1.19
	Wood, Plus Insul Backer Board, ⅜"		—	—	—	1.40
	Siding					
	Asbestos-Cement, ¼" lapped		—	—	—	0.21
	Asphalt Roll Siding		—	—	—	0.15
	Asphalt Insul Siding, ½" Board		—	—	—	1.45
	Wood, Drop, 1"x8"		—	—	—	0.79
	Wood, Bevel, ½"x8", lapped		—	—	—	0.81
	Wood, Bevel, ¾"x10", lapped		—	—	—	1.05
	Wood, Plywood, ⅜", lapped		—	—	—	0.59
	Structural Glass		—	—	—	0.10
FLOORING MATERIALS	Asphalt Tile	⅛	120	1.25	—	0.04
	Carpet and Fibrous Pad		—	—	—	2.08
	Carpet and Rubber Pad					1.23
	Ceramic Tile	1	—	—	—	0.08
	Cork Tile		25	—	2.22	—
	Cork Tile	⅛	25	0.26	—	0.28
	Felt, Flooring					0.06
	Floor Tile	⅛	—	—	—	0.05
	Linoleum	⅛	80	0.85	—	0.08
	Plywood Subfloor	⅜	34	1.77	—	0.78
	Rubber or Plastic Tile	⅛	110	1.15		0.03
	Terrazzo	1	140	11.7	—	0.08
	Wood Subfloor	¾	32	2.08	—	0.98
	Wood, Hardwood Finish	¾	45	2.81	—	0.68

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی

MATERIAL	DESCRIPTION		THICKNESS (in.)	DENSITY (lb per cu ft)	WEIGHT (lb per sq ft)	RESISTANCE R: Per Inch Thickness 1/k	RESISTANCE R: For Listed Thickness 1/c
	INSULATING MATERIALS						
BLANKET AND BATT	Cotton Fiber			0.8 - 2.0	—	3.85	—
	Mineral Wool, Fibrous Form Processed From Rock, Slag, or Glass			1.5 - 4.0	—	3.70	—
	Wood Fiber			3.2 - 3.6	—	4.00	—
	Wood Fiber, Multi-layer Stitched Expanded			1.5 - 2.0	—	3.70	—
BOARD AND SLABS	Glass Fiber			9.5	—	4.00	—
	Wood or Cane Fiber						
	Acoustical Tile		½	22.4	.93	—	1.19
	Acoustical Tile		¾	22.4	1.4	—	1.78
	Interior Finish (Tile, Lath, Plank)			15.0	—	2.86	—
	Interior Finish (Tile, Lath, Plank)		½	15.0	0.62	—	1.43
	Roof Deck Slab						
	Sheathing (Impreg or Coated)			20.0	—	2.63	—
	Sheathing (Impreg or Coated)		½	20.0	0.83	—	1.32
	Sheathing (Impreg or Coated)		25/32	20.0	1.31	—	2.06
	Cellular Glass			9.0	—	2.50	—
	Cork Board (Without Added Binder)			6.5 - 8.0	—	3.70	—
	Hog Hair (With Asphalt Binder)			8.5	—	3.00	—
	Plastic (Foamed)			1.62	—	3.45	—
	Wood Shredded (Cemented in Preformed Slabs)			22.0	—	1.82	—
LOOSE FILL	Macerated Paper or Pulp Products			2.5 - 3.5	—	3.57	—
	Wood Fiber: Redwood, Hemlock, or Fir			2.0 - 3.5	—	3.33	—
	Mineral Wool (Glass, Slag, or Rock)			2.0 - 5.0	—	3.33	—
	Sawdust or Shavings			8.0 - 15.0	—	2.22	—
	Vermiculite (Expanded)			7.0	—	2.08	—
ROOF INSULATION	All Types Preformed, for use above deck						
	Approximately		½	15.6	.7	—	1.39
	Approximately		1	15.6	1.3	—	2.78
	Approximately		1½	15.6	1.9	—	4.17
	Approximately		2	15.6	2.6	—	5.26
	Approximately		2½	15.6	3.2	—	6.67
	Approximatley		3	15.6	3.9	—	8.33
	AIR						
AIR SPACES	POSITION	HEAT FLOW					
	Horizontal	Up (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.85
	Horizontal	Up (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.78
	Horizontal	Down (Winter)	¾	—	—	—	1.02
	Horizontal	Down (Winter)	1½	—	—	—	1.15
	Horizontal	Down (Winter)	4	—	—	—	1.23
	Horizontal	Down (Winter)	8	—	—	—	1.25
	Horizontal	Down (Summer)	¾	—	—	—	0.85
	Horizontal	Down (Summer)	1½	—	—	—	0.93
	Horizontal	Down (Summer)	4	—	—	—	0.99
	Sloping 45°	Up (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.90
	Sloping 45°	Down (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.89
	Vertical	Horiz. (Winter)	¾ - 4	—	—	—	0.97
	Vertical	Horiz. (Summer)	¾ - 4	—	—	—	0.86
AIR FILM	POSITION	HEAT FLOW					
Still Air	Horizontal	Up		—	—	—	0.61
	Sloping 45°	Up		—	—	—	0.62
	Vertical	Horizontal		—	—	—	0.68
	Sloping 45°	Down		—	—	—	0.76
	Horizontal	Down		—	—	—	0.92
15 Mph Wind	Any Position (For Winter)	Any Direction		—	—	—	0.17
7½ Mph Wind	Any Position (For Summer)	Any Direction		—	—	—	0.25

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی از جداره های ساختمان

GLASS

	Vertical Glass							Horizontal Glass			
	Single	Double			Triple			Single		Double (¼")	
Air Space Thickness (in.)		¼	½	¾-4	¼	½	¾-4	Summer	Winter	Summer	Winter
Without Storm Windows	1.13	0.61	0.55	0.53	0.41	0.36	0.34	0.86	1.40	0.50	0.70
With Storm Windows	0.54							0.43	0.64		

DOORS

Nominal Thickness of Wood (inches)	U Exposed Door	U With Storm Door
1	0.69	0.35
1 ¼	0.59	0.32
1 ½	0.52	0.30
1 ¾	0.51	0.30
2	0.46	0.28
2 ½	0.38	0.25
3	0.33	0.23
Glass (¾" Herculite)	1.05	0.43

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی از زیرزمین و کف

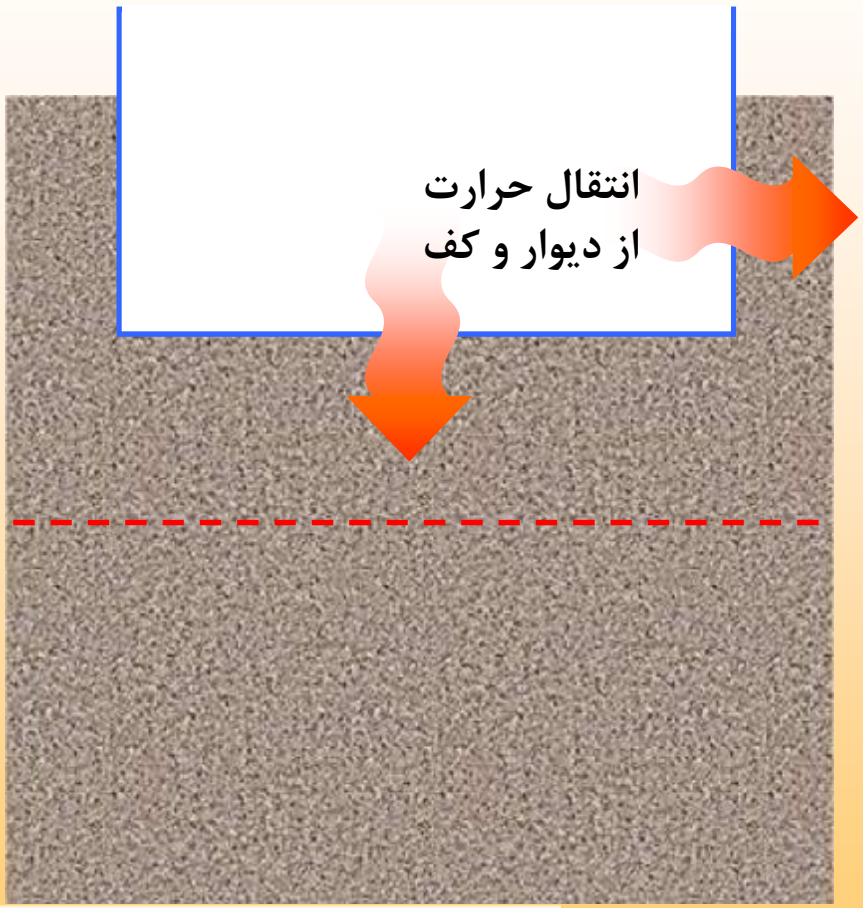
§ دمای داخلی زمین در نزدیک سطح تابع دمای محیط خارج بوده و این وابستگی با افزایش عمق به تدریج کاهش می‌یابد به نحوی که در عمق بیشتر از 8 فوت دمای زمین در طول سال تقریباً ثابت می‌باشد.

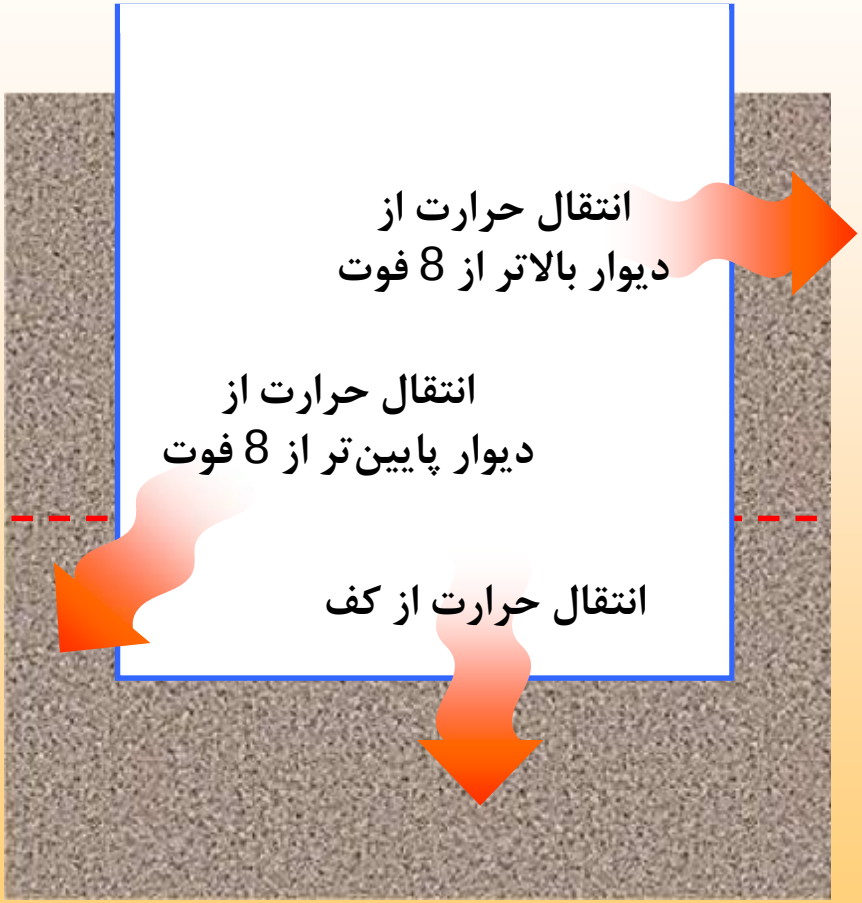
§ بنابراین در عمق کمتر از 8 فوت، دمای زمین در مجاورت دیوارهای زیرزمین و نیز کف ساختمان یکنواخت نخواهد بود. به این ترتیب انتقال حرارت از دیوارهای زیرزمین و نیز کف ساختمان کاملاً سه‌بعدی بوده و لذا جهت تخمین آن از داده‌های آزمایشی استفاده می‌گردد.

Outdoor Design Temp (F)	−30	−20	−10	0	+10	+20
Ground Temp (F)	40	45	50	55	60	65

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی از زیرزمین و کف





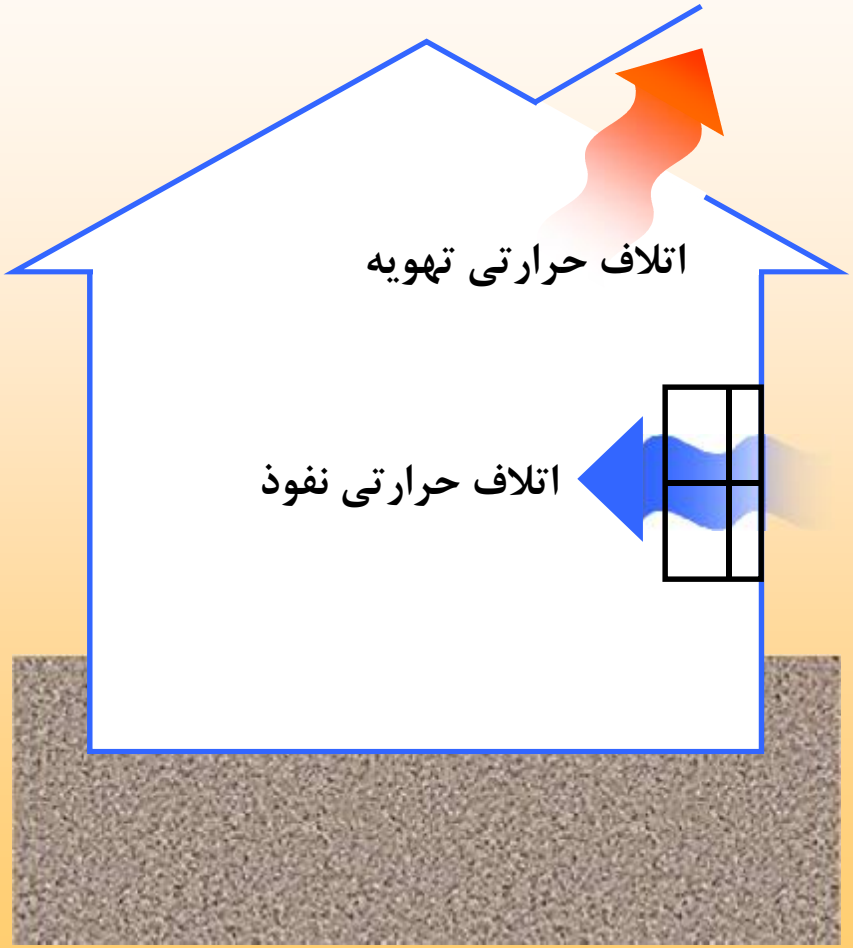
Floor or Wall	Transmission Coefficient U Btu/(hr) (sq ft) (deg F)
Basement Floor	.05
Portion of Wall exceeding 8 feet below ground level	.08

$$q = F_p L_p (T_i - T_o) + U A_b (T_i - T_g)$$

Distance of Floor From Ground Level	Perimeter Factor [q]
2 Feet above	.90
At ground level	.60
2 Feet below	.75
4 Feet below	.90
6 Feet below	1.05
8 Feet below	1.20

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه



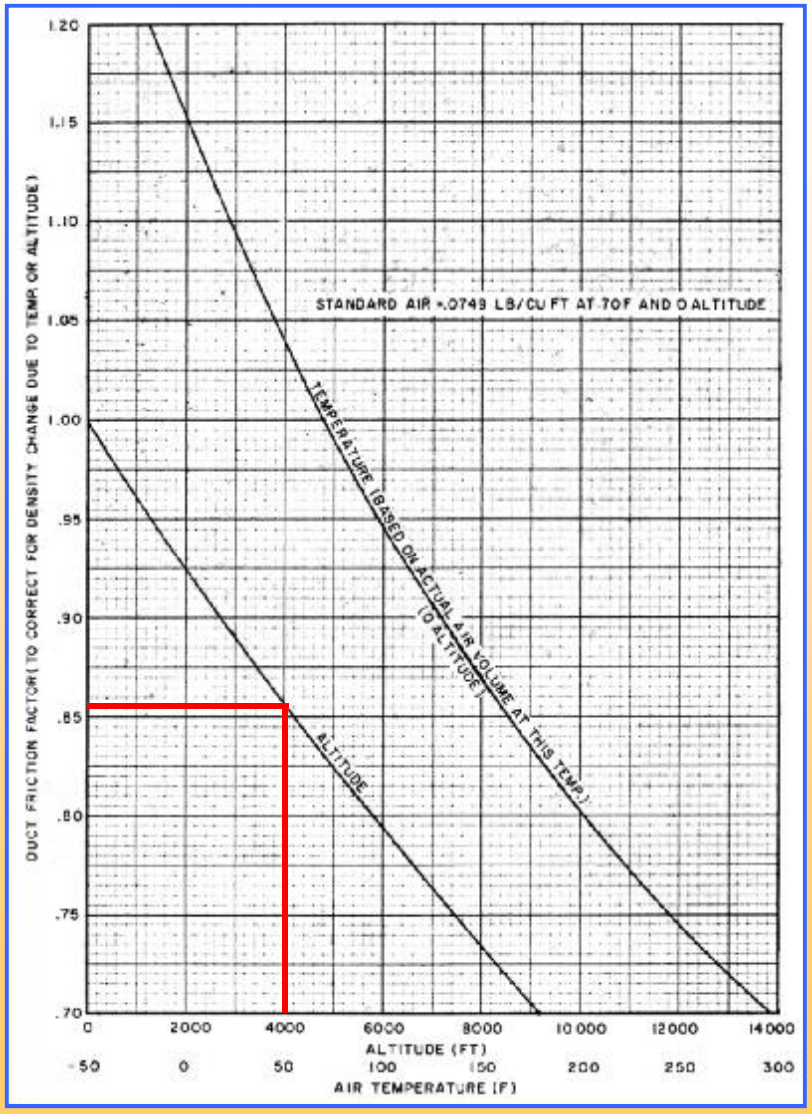
چنانچه گذر حجمی هوای نفوذ یـا تهویـه مشـخص باشد، بار گرمایشی ناشی ورود هـوای سـرد عبـارت است از:

$$q = 0.018 \times \dot{V} \times (T_i - T_o)$$

ضریب 018/0 در رابطه فوق برای هـوا در شـرایط استاندارد 70 °F و فشار اتمسفر بوده و برای سـایر شرایط باید از ضریب تصحیح چگالی، که در نمـودار صفحه بعد داده شده است، استفاده نمود. در دمـای 30 تا 120 °F و ارتفاع تا 2000 ft اثـر تصـحیح چگالی ناچیز بوده و رابطه به شکل ارایه شده، معتبر می‌باشد.

http://www.mohandes-iran.com

اتلافات حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه



هر چند در بسیاری از موارد تصحیح چگالی ناشی از هوا ناچیز است، اما ارتفاع محل تاثیر به سزایی در چگالی هوا و به تبع آن میزان بار حرارتی ناشی از نفوذ و تهویه دارد، به عنوان مثال برای شهر تهران، با ارتفاع 4000 ft از سطح دریا، ضریب تصحیح چگالی برابر 86/0 و لذا ضریب رابطه صفحه قبل برابر 93/0 خواهد بود.

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

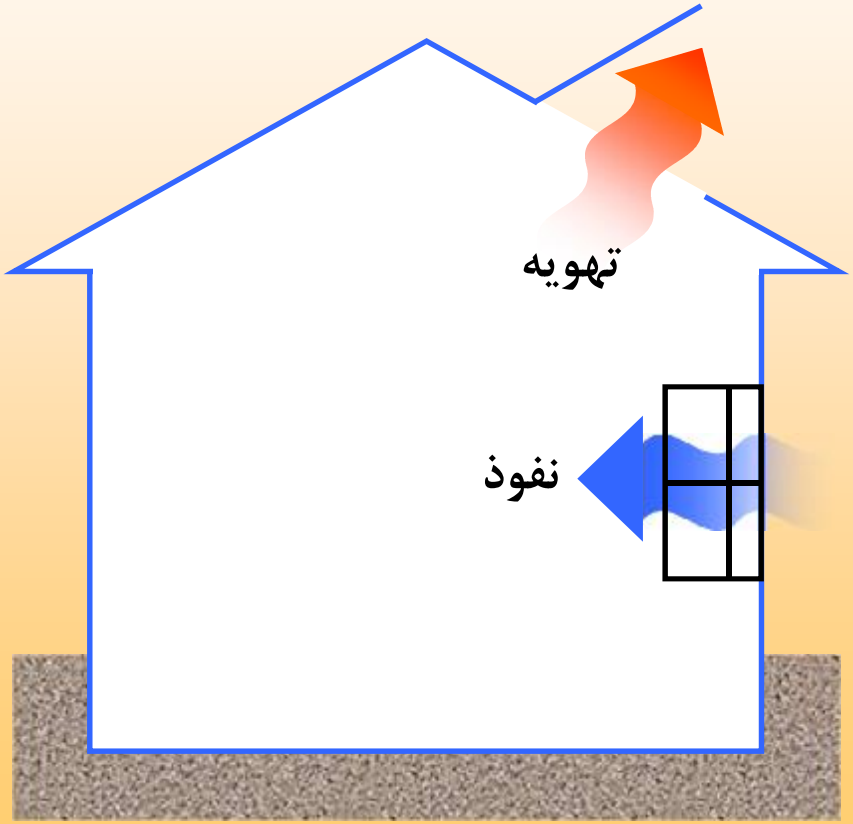
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

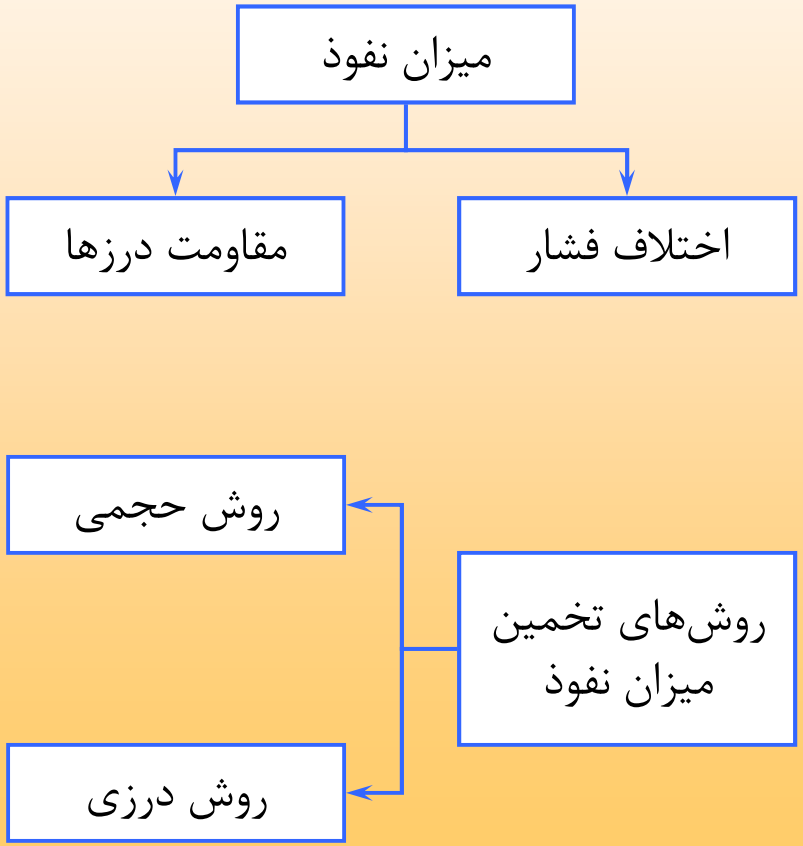
دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

برآورد میزان نفوذ

§ نشت هوا از درز و شکاف اطراف پنجـره‌هـا، درهـا و نیز سقف و دیوارهای ساختمان را نفوذ می‌نامند.





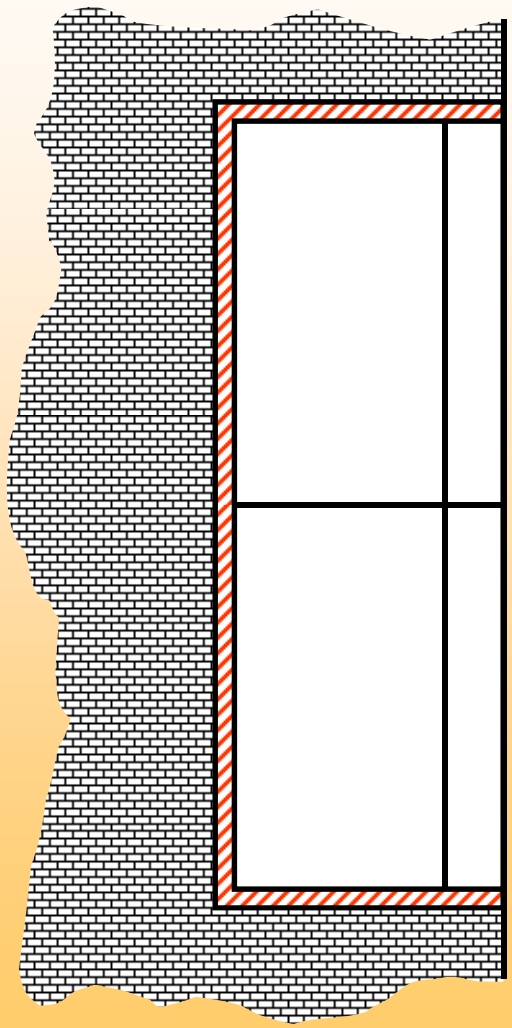
http://www.mohandes-iran.com

روش حجمی

نوع فضا	ACH
فضا با یک دیوار با در یا پنجره رو به خارج	1
فضا با دو دیوار با در یا پنجره رو به خارج	1.5
فضا با بیش از دیوار با در یا پنجره رو به خارج	2
فضاهای داخلی بدون دیوار با در یا پنجره رو به خارج	0.5
راهروی ورودی	2

http://www.mohandes-iran.com

روش درزی



§ در این روش برآورد حجم هوای نفوذی براساس اندازه‌گیری مشخصات اجزای ساختمانی و انتخاب اختلاف فشار وارد بر ساختمان صورت می‌گیرد.

§ از آنجا که درز اطراف درها و پنجره‌ها عموماً اصلی‌ترین منبع نفوذ هواست، روش فوق به‌عنوان روش درزی شناخته می‌شود .

$$\forall = C_D A\left(\frac{2\Delta p}{\rho}\right)^n \quad \Rightarrow \quad \forall = C\Delta p^n$$

$$\Delta p = \Delta p_s + \Delta p_w + \Delta p_p$$

اثر دودکش — وزش باد — اثر تهویه

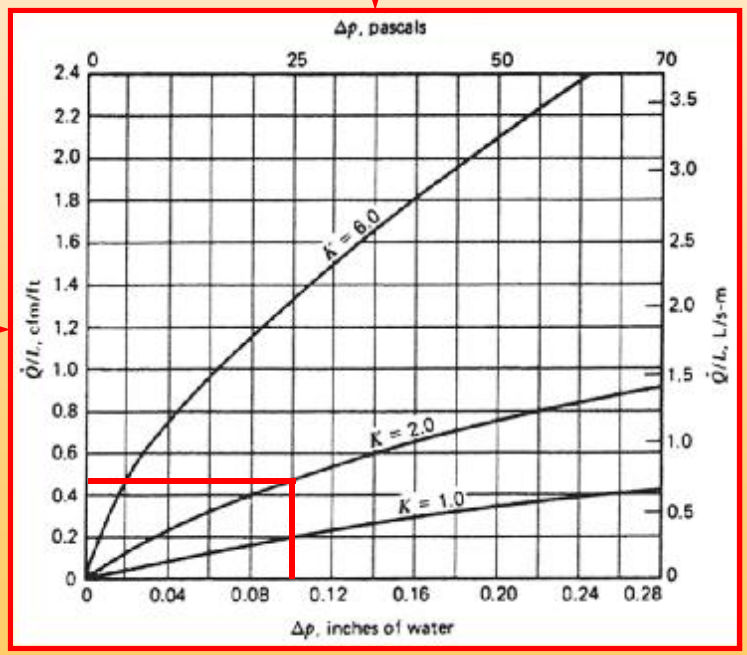
§ مقدار ضریب جریان برای درز در و پنجره به صورت آزمایشی تعیین شده و به جای استفاده از آن با مشخص بودن اختلاف فشار می‌توان میزان نفوذ هوا از درها و پنجره‌ها را مستقیماً با استفاده از نمودارهای بعدی برآورد نمود.

http://www.mohandes-iran.com

روش درزی

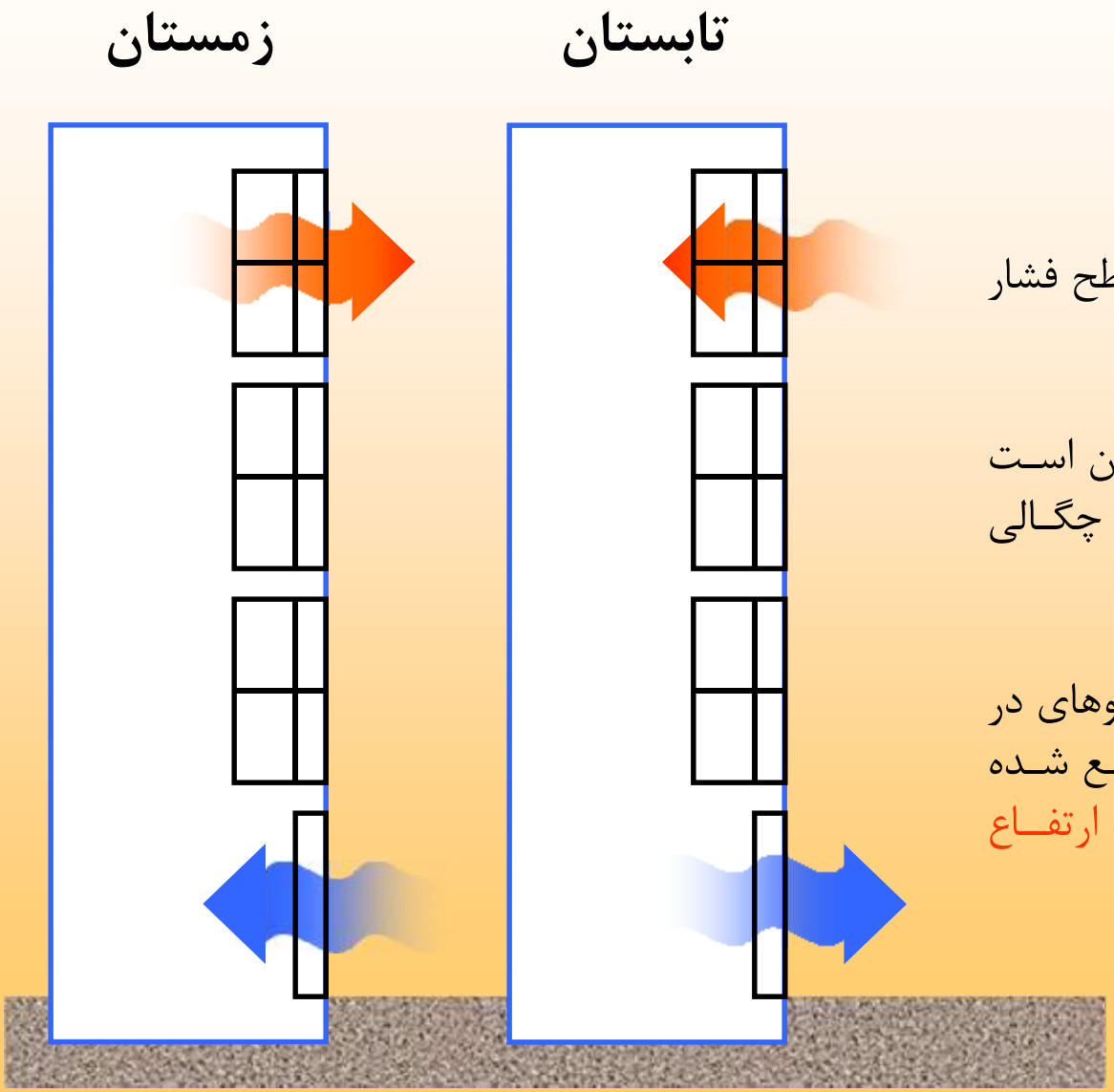
	Wood Double-hung (Locked)	Other Types
Tight-fitting window $K = 1.0$	Weatherstripped average gap ($\frac{1}{64}$-in. crack)	Wood casement and awning windows; weatherstripped Metal casement windows; weatherstripped
Average-fitting window $K = 2.0$	Non-weatherstripped average gap ($\frac{1}{64}$-in. crack) or Weatherstripped large gap ($\frac{3}{32}$-in. crack)	All types of vertical and horizontal sliding windows; weatherstripped. Note: If average gap ($\frac{1}{64}$-in. crack) this could be tight-fitting window Metal casement windows; Nonweatherstripped. Note: If large gap ($\frac{3}{32}$-in. crack) this could be a loose-fitting window
Loose-fitting window $K = 6.0$	Non-weatherstripped large gap ($\frac{3}{32}$-in. crack)	Vertical and horizontal sliding windows; nonweatherstripped

Tight-fitting door $K = 1.0$	Very small perimeter gap and perfect fit weatherstripping—often characteristic of new doors
Average-fitting door $K = 2.0$	Small perimeter gap having stop trim fitting properly around door and weatherstripped
Loose-fitting door $K = 6.0$	Larger perimeter gap having poor fitting stop trim and weatherstripped or Small perimeter gap with no weatherstripping



http://www.mohandes-iran.com

اثر دودکش



$$\Delta p_{st} = 0.52 p_b h \left[\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right]$$

که در آن h فاصله نقطه مورد نظر از سطح فشار خنثی است.

§ سطح فشار خنثی ارتفاعی از ساختمان است که در آن اختلاف فشار ناشی از اختلاف چگالی بین داخل و خارج ساختمان صفر باشد.

§ از نظر تئوری چنانچه درزها و بازشوهای در راستای عمودی به طور یکنواخت توزیع شده باشد، سطح فشار خنثی در وسط ارتفاع ساختمان قرار دارد.

http://www.mohandes-iran.com

وزش باد و اثر تهویه

§ فشار ناشی از سرعت هوا را فشار سرعتی نامیده و مقدار تئوری آن عبارت است از:

$$\Delta p_{wt} = \frac{1}{2}\rho V_w^2$$

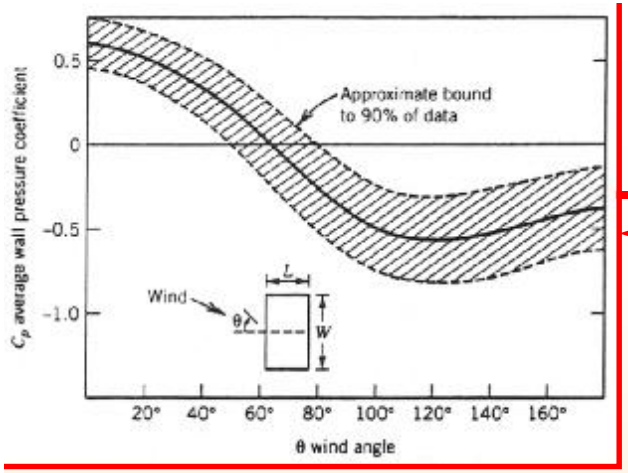
§ از آنجا که سرعت جریان هوا هنگام برخورد با ساختمان دقیقاً به صفر نمی‌رسد، برای در نظر گرفتن اثرات ناشی از آن از مفهوم ضریب فشار استفاده شده و اختلاف فشار ناشی از وزش باد با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\Delta p_w = C_p \Delta p_{wt}$$

§ مقدار ضریب فشار همواره کمتر از 1 بوده و تابع شکل و جهت ساختمان نسبت به باد است. تخمین مقدار ضریب فشار برای دیوار و سقف ساختمانهای مختلف با استفاده از نمودارهای صفحه بعد صورت می‌گیرد.

http://www.mohandes-iran.com

وزش باد و اثر تهویه



ضریب فشار

ساختمانهای کوتاه

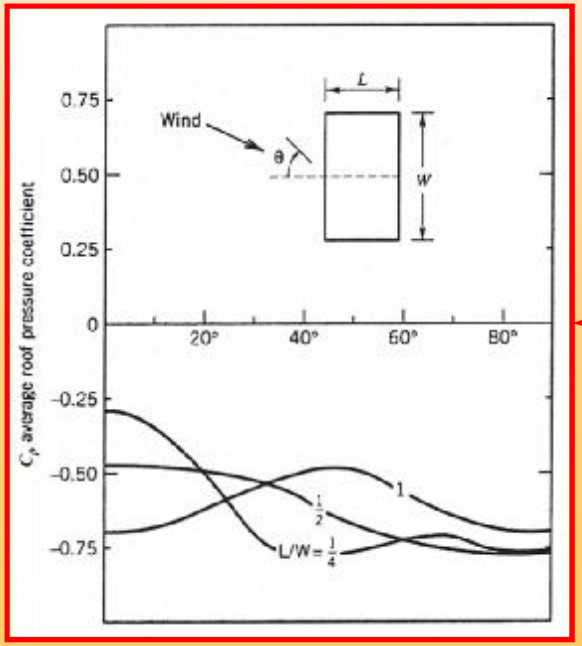
برای سقف 5/0

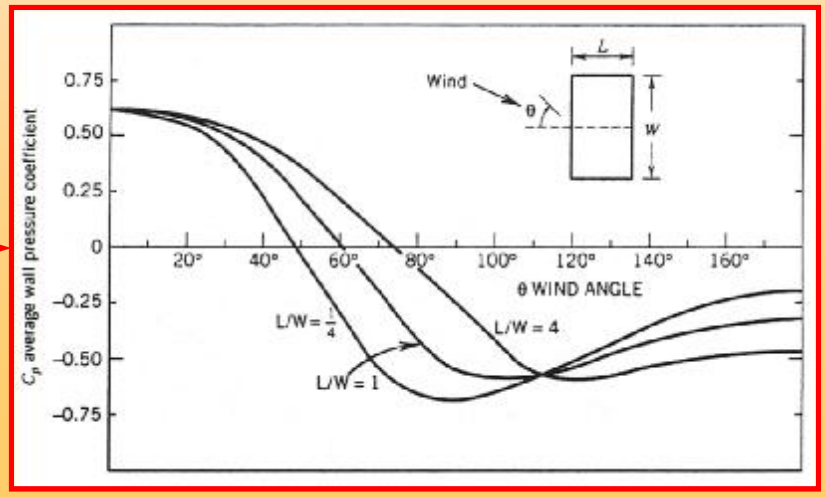
دیوار

ساختمانهای بلند

سقف

دیوار





http://www.mohandes-iran.com

روش سطح نفوذ موثر

$$\dot{V} = A_L (C_s \Delta T + C_w V_w^2)^{0.5}$$

سطح موثر

ضریب باد

ضریب دودکش

Shielding Class	House Height (Stories)		
	One	Two	Three
1	0.0119	0.0157	0.0184
2	0.0092	0.0121	0.0143
3	0.0065	0.0086	0.0101
4	0.0039	0.0051	0.0060
5	0.0012	0.0016	0.0018

	House Height (Stories)		
	One	Two	Three
Stack coefficient	0.0150	0.0299	0.0449

Class	Description
1	No obstructions or local shielding
2	Light local shielding; few obstructions, few trees, or small shed
3	Moderate local shielding; some obstructions within two house heights, thick hedge, solid fence, or one neighboring house
4	Heavy shielding; obstructions around most of perimeter, buildings or trees within 30 ft in most directions; typical suburban shielding
5	Very heavy shielding; large obstructions surrounding perimeter within two house heights; typical downtown shielding

http://www.mohandes-iran.com

سطح نفوذ موثر

	Units (see note)	Best Estimate	Mini-mum	Maxi-mum
Ceiling				
General	in^2/ft^2	0.026	0.011	0.04
Drop	in^2/ft^2	0.0027	0.00066	0.003
Ceiling penetrations				
Whole-house fans	in^2 ea	3.1	0.25	3.3
Recessed lights	in^2 ea	1.6	0.23	3.3
Ceiling/Flue vent	in^2 ea	4.8	4.3	4.8
Surface-mounted lights	in^2 ea	0.13		
Chimney	in^2 ea	4.5	3.3	5.6
Crawl space				
General (area for exposed wall)	in^2/ft^2	0.144	0.1	0.24
8 in. by 16 in. vents	in^2 ea	20		
Door frame				
General	in^2 ea	1.9	0.37	3.9
Masonry, not caulked	in^2/ft^2	0.07	0.024	0.07
Masonry, caulked	in^2/ft^2	0.014	0.004	0.014
Wood, not caulked	in^2/ft^2	0.024	0.009	0.024
Wood, caulked	in^2/ft^2	0.004	0.001	0.004
Trim	$in^2/lftc$	0.05		
Jamb	$in^2/lftc$	0.4	0.3	0.5
Threshold	$in^2/lftc$	0.1	0.06	1.1
Doors				
Attic/crawl space, not weatherstripped	in^2 ea	4.6	1.6	5.7
Attic/crawl space, weatherstripped	in^2 ea	2.8	1.2	2.9
Attic fold down, not weatherstripped	in^2 ea	6.8	3.6	13
Attic fold down, weatherstripped	in^2 ea	3.4	2.2	6.7
Attic fold down, with insulated box	in^2 ea	0.6		
Attic from unconditioned garage	in^2 ea	0	0	0
Double, not weatherstripped	in^2/ft^2	0.16	0.1	0.32
Double, weatherstripped	in^2/ft^2	0.12	0.04	0.33
Elevator (passenger)	in^2 ea	0.04	0.022	0.054
General, average	$in^2/lftc$	0.015	0.011	0.021
Interior (pocket, on top floor)	in^2 ea	2.2		
Interior (stairs)	$in^2/lftc$	0.04	0.012	0.070
Mail slot	$in^2/lftc$	0.2		
Sliding exterior glass patio	in^2 ea	3.4	0.46	9.3
Sliding exterior glass patio	in^2/ft^2	0.079	0.009	0.22
Storm (difference between with and without)	in^2 ea	0.9	0.46	0.96
Single, not weatherstripped	in^2 ea	3.3	1.9	8.2
Single, weatherstripped	in^2 ea	1.9	0.6	4.2
Vestibule (subtract per each location)	in^2 ea	1.6		

	Units (see note)	Best Estimate	Mini-mum	Maxi-mum
Piping/Plumbing/Wiring penetrations				
Uncaulked	in^2 ea	0.9	0.31	3.7
Caulked	in^2 ea	0.3	0.16	0.3
Vents				
Bathroom with damper closed	in^2 ea	1.6	0.39	3.1
Bathroom with damper open	in^2 ea	3.1	0.95	3.4
Dryer with damper	in^2 ea	0.46	0.45	1.1
Dryer without damper	in^2 ea	2.3	1.9	5.3
Kitchen with damper open	in^2 ea	6.2	2.2	11
Kitchen with damper closed	in^2 ea	0.8	0.16	1.1
Kitchen with tight gasket	in^2 ea	0.16		
Walls (exterior)				
Cast-in-place concrete	in^2/ft^2	0.007	0.0007	0.026
Clay brick cavity wall, finished	in^2/ft^2	0.0098	0.0007	0.033
Precast concrete panel	in^2/ft^2	0.017	0.0004	0.024
Lightweight concrete block, unfinished	in^2/ft^2	0.05	0.019	0.058
Lightweight concrete block, painted or stucco	in^2/ft^2	0.016	0.0075	0.016
Heavyweight concrete block, unfinished	in^2/ft^2	0.0036		
Continuous air infiltration barrier	in^2/ft^2	0.0022	0.0008	0.003
Rigid sheathing	in^2/ft^2	0.005	0.0042	0.006
Window framing				
Masonry, uncaulked	in^2/ft^2	0.094	0.082	0.148
Masonry, caulked	in^2/ft^2	0.019	0.016	0.03
Wood, uncaulked	in^2/ft^2	0.025	0.022	0.039
Wood, caulked	in^2/ft^2	0.004	0.004	0.007
Windows				
Awning, not weatherstripped	in^2/ft^2	0.023	0.011	0.035
Awning, weatherstripped	in^2/ft^2	0.012	0.006	0.017
Casement, weatherstripped	$in^2/lftc$	0.011	0.005	0.14
Casement, not weatherstripped	$in^2/lftc$	0.013		
Double horizontal slider, not weatherstripped	$in^2/lftc$	0.052	0.0009	0.16
Double horizontal slider, wood, weatherstripped	$in^2/lftc$	0.026	0.0070	0.081
Double horizontal slider, aluminum, weatherstripped	$in^2/lftc$	0.034	0.027	0.038
Double-hung, not weatherstripped	$in^2/lftc$	0.12	0.040	0.29
Double-hung, weatherstripped	$in^2/lftc$	0.031	0.009	0.089
Double-hung with storm, not weatherstripped	$in^2/lftc$	0.046	0.023	0.080
Double-hung with storm, weatherstripped	$in^2/lftc$	0.037	0.021	0.05

http://www.mohandes-iran.com

نفوذ در ساختمانهای تجاری

از آنجا که بخش مهمی از میزان هوای نفوذی از درهای ساختمان‌های تجاری، به دلیل رفت و آمـد و اسـتفاده از آنهاست، مشخصات نفوذ در مورد آنها تا حدودی می‌باشد.

در ورودی ساختمانهای تجاری معمولاً دو نوع در مورد استفاده قرار می‌گیرد:

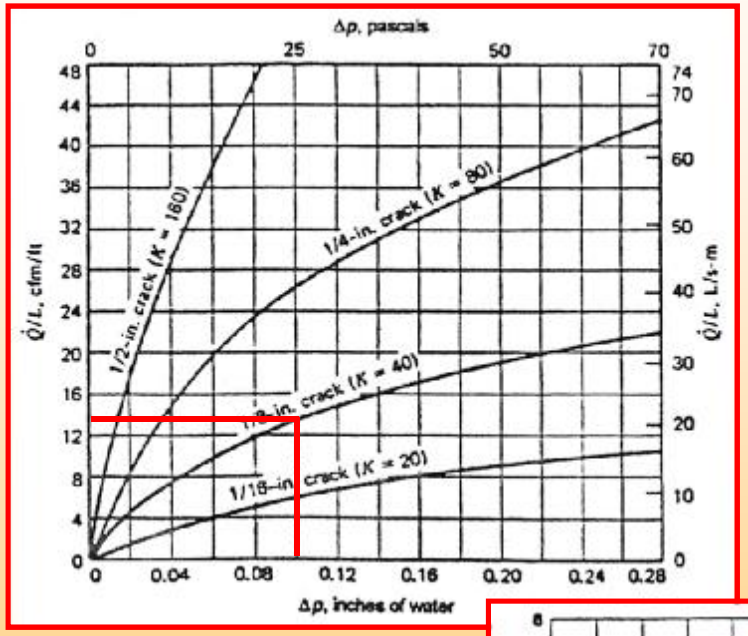
Swinging Doors

Revolving Doors

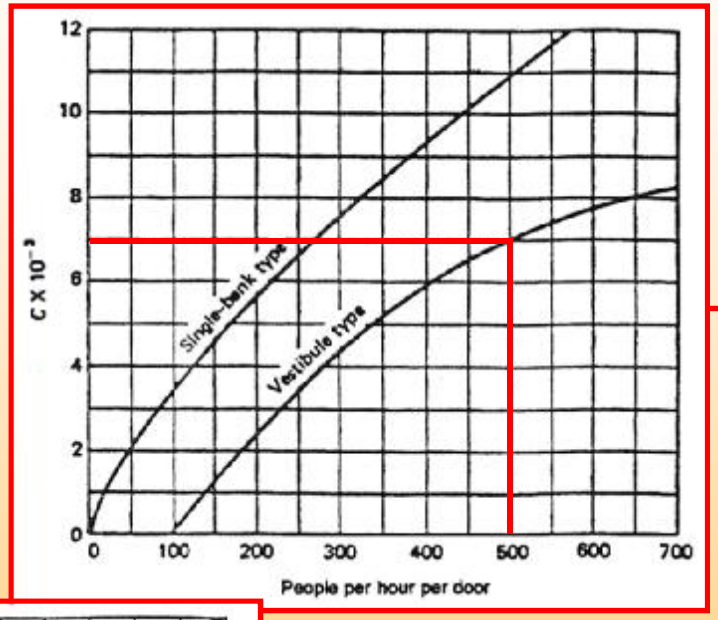
http://www.mohandes-iran.com

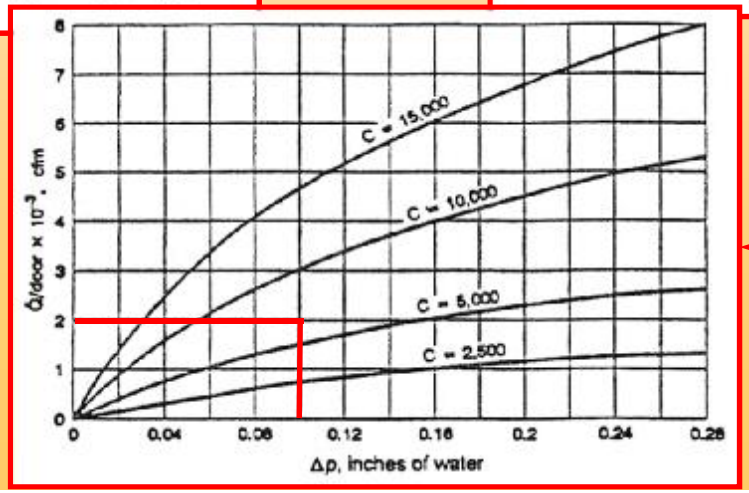
نفوذ در درهای Swinging

نفوذ از درزها



نفوذ ناشی از رفت و آمد





http://www.mohandes-iran.com

برآورد میزان تهویه

APPLICATION	SMOKING	CFM PER PERSON		CFM PER SQ FT OF FLOOR
		Recommended	Minimum*	Minimum*
Apartment Average	Some	20	15	—
Apartment De Luxe	Some	30	25	.33
Banking Space	Occasional	10	7½	—
Barber Shops	Considerable	15	10	—
Beauty Parlors	Occasional	10	7½	—
Broker's Board Rooms	Very Heavy	50	30	—
Cocktail Bars	Heavy	30	25	—
Corridors (Supply or Exhaust)	—	—	—	.25
Department Stores	None	7½	5	.05
Directors Rooms	Extreme	50	30	—
Drug Stores†	Considerable	10	7½	—
Factories‡§	None	10	7½	.10
Five and Ten Cent Stores	None	7½	5	—
Funeral Parlors	None	10	7½	—
Garage‡	—	—	—	1.0
Hospitals Operating Rooms‡**	None	—	—	2.0
Hospitals Private Rooms	None	30	25	.33
Hospitals Wards	None	20	15	—
Hotel Rooms	Heavy	30	25	.33
Kitchen Restaurant†	—	—	—	4.0
Kitchen Residence	—	—	—	2.0
Laboratories†	Some	20	15	—
Meeting Rooms	Very Heavy	50	30	1.25
Office General	Some	15	10	—
Office Private	None	25	15	.25
Office Private	Considerable	30	25	.25
Restaurant Cafeteria†	Considerable	12	10	—
Restaurant Dining Room†	Considerable	15	12	—
School Rooms‡	None	—	—	—
Shop Retail	None	10	7½	—
Theater‡	None	7½	5	—
Theater	Some	15	10	—
Toilets‡ (Exhaust)	—	—	—	2.0

*When minimum is used, use the larger.
‡See local codes which may govern.
†May be governed by exhaust.
§Use these values unless governed by other sources of contamination or by local codes.
**All outdoor air is recommended to overcome explosion hazard of anesthetics.

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

وسایل گرمایشی

پس از محاسبه بار گرمایشی فضاهای مختلف، با توجه به نوع سیستم گرمایشی و مقتضات ساختمان باید وسیله گرمایشی مناسب برای نقاط مختلف ساختمان انتخاب گردد. در این فصل وسایل گرمایشی متداول در حرارت مرکزی مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از:

- رادیاتور
- فن کویل
- یونیت هیتر
- کنوکتور

http://www.mohandes-iran.com

رادیاتور

- جنس رادیاتور
  - چدن
  - فولاد
  - آلومینیوم
- اجزای رادیاتور
  - شیر رگلاژ
  - زانو قفلی
  - شیر هواگیری

§ هرچند انتخاب رادیاتورها باید با توجه به بار گرمایشی و با استفاده از کاتالوگ سازنده صورت می‌گیرد، اما تقریباً می‌توان به ازای هر 500 Btu/hr بار گرمایشی یک پره برای رادیاتور در نظر گرفت.

§ بهترین محل نصب رادیاتور در زیر پنجره‌ها یا مجاورت دیوارهای سرد است تا از نفوذ هوای سرد جلوگیری کرده و دمای اتاق یکنواخت‌تر باشد.

§ فاصله رادیاتور از دیوار و کف حداقل 5 سانتیمتر است تا هوا به خوبی در اطراف آن جریان یابد. رادیاتورها را گاه برای زیبایی داخل فرورفتگی دیوار یا قاب قرار می‌دهند که این امر باعث کاهش راندمان حرارتی آنها می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

فن کویل

- اجزای فن کویل
  - فن
  - الکتروموتور
  - کویل مسی
  - فیلتر
  - شیر قطع و وصل
  - شیر هواگیری
  - لوله تخلیه
- انواع فن کویل
  - زمینی
  - سقفی
  - کانالی
- انواع لوله‌کشی
  - چهار لوله‌ای
  - سه لوله‌ای
  - دو لوله‌ای

§ چنانچه از فن‌کویل به عنوان وسیله سرمایشی استفاده شود، امکان تقطیر رطوبت هوا روی کویل‌ها وجود خواهد داشت. آب حاصل از تقطیر در سینی زیر کویل‌ها جمع شده و از طریق لوله تخلیه خارج می‌گردد. قطر لوله تخلیه اغلب ¾" و جنس آن از فولاد گالوانیزه است.

http://www.mohandes-iran.com

فن کویل

§ انتخاب فن‌کویل با توجه به بار گرمایشی-سرمایشی و با مراجعه به کاتالوگ سازنده صورت می‌گیرد. از آنجا که اختلاف دمای بین آب و محیط در گرمایش تقریباً دو برابر سرمایش است، ظرفیت گرمایشی فن‌کویل‌ها به مراتب بیش از ظرفیت سرمایشی آنها بوده و لذا اغلب فن‌کویل برای بار برودتی انتخاب شده و برای بار گرمایی چک می‌شود.

§ فن‌کویل‌ها در ظرفیت‌های 200 تا 1200 cfm تولید می‌گردد، هرچند به دلیل مشکلات حمل و نقل، از ظرفیت‌های بالای 1000 cfm کمتر استفاده می‌شود.

§ یکی از مزایای مهم فن‌کویل امکان کنترل دمای اتاق بوده و معمولاً از طریق روشن و خاموش کردن فن دستگاه با استفاده از ترموستات در شرایطی که آب پیوسته در کویل جریان دارد، صورت می‌گیرد.

§ دیوار مقابل فن‌کویل بهترین محل برای نصب ترموستات بشمار می‌آید.

http://www.mohandes-iran.com

یونیت هیتر و کنوکتور

	رادیاتور	فن کویل	یونیت هیتر	کنوکتور
نوع سیال	آب	آب	آب، بخار	آب، بخار
نوع جریان	طبیعی	اجباری	اجباری	طبیعی

http://www.mohandes-iran.com

School of Mechanical Engineering

Sharif University of Technology

Convection Heat Transfer

Instructor: M.H.Saidi

PhD, Professor

Lecture #6

Fall 2011

http://www.mohandes-iran.com

Boundary Layer Flow

http://www.mohandes-iran.com

Summary of previous session

- *Laminar Boundary Layer Flow:*
  Integral Solution

- This session:
  Laminar Boundary Layer Flow:
  Similarity Solution

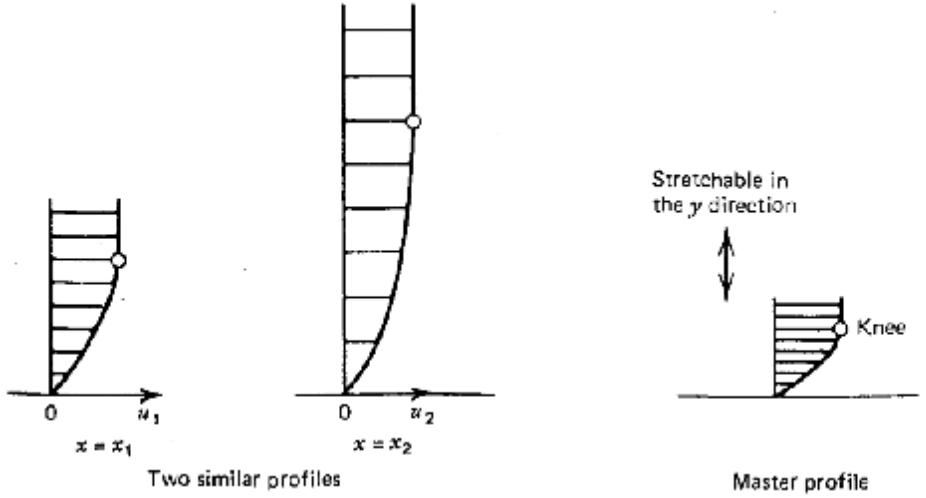
http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

Method: The basic idea in the construction of these solutions is the observation that from one location x to another, the u and T profiles look similar (hence, the name similarity solutions).



Construction of similar profiles in the analysis of velocity boundary layers.

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION: METHOD

Mathematically, the stretching of a master profile amounts to writing:

$$\frac{u}{U_\infty} = \text{function}(\eta) \qquad (70)$$

where the similarity variable η is proportional to y and the proportionality factor depends on x. Based on the scaling laws we already know, it is fairly obvious that η must be proportional to $y/\delta(x)$, with $\delta \sim x\,\mathrm{Re}_x^{-1/2}$

We assume that:

$$\frac{u}{U_\infty} = f'(\eta) \qquad (70)'$$

and

$$\eta = \frac{y}{x}\mathrm{Re}_x^{1/2} \qquad (71)$$

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION : METHOD

Function f' = df/dη is presently unknown and accounts for the shape of the master profile; this function is the object of the following analysis. The flow problem can be restated as the conservation of mass and momentum at every point in a P_∞ = constant boundary layer:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \qquad (72)$$

$$u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} = \nu\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \qquad (73)$$

subject only to .three boundary conditions :

$$u = v = 0 \qquad \text{at } y = 0 \qquad (74)$$

$$u \to U_\infty \qquad \text{as } y \to \infty \qquad (75)$$

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION : METHOD

A useful bit of shorthand is the introduction of a streamfunction ilf(x,y), defined as:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \qquad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \tag{76}$$

In terms of the streamfunction, the problem consists of solving:

$$\frac{\partial \psi}{\partial y}\frac{\partial^2 \psi}{\partial x\,\partial y} - \frac{\partial \psi}{\partial x}\frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = \nu \frac{\partial^3 \psi}{\partial y^3} \tag{77}$$

subject to

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = 0, \qquad \psi = 0 \text{ at } y = 0 \tag{78}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} \to U_\infty \qquad \text{as } y \to \infty \tag{79}$$

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION : METHOD

This problem is finally placed in the language of the similarity transformation (70) and (71) by evaluating ψ and its derivatives. For example, from the first part of eqs. (76), we obtain:

$$\psi = (U_\infty \nu x)^{1/2} f(\eta) \qquad (80)$$

and from the second part of eqs.(76), we have:

$$v = \frac{1}{2}\left(\frac{\nu U_\infty}{x}\right)^{1/2} (\eta f' - f) \qquad (81)$$

Partial derivatives of ψ are obtained by keeping in mind that according to eq. (80), ψ depends on x directly and via $\eta(x,y)$. The similarity statement of the problem reduces to (82) with following boundary conditions:

$$2f''' + ff'' = 0 \qquad (82)$$

$$f' = f = 0 \quad \text{at } \eta = 0 \qquad (83)$$

$$f' \to 1 \quad \text{as } \eta \to \infty \qquad (84)$$

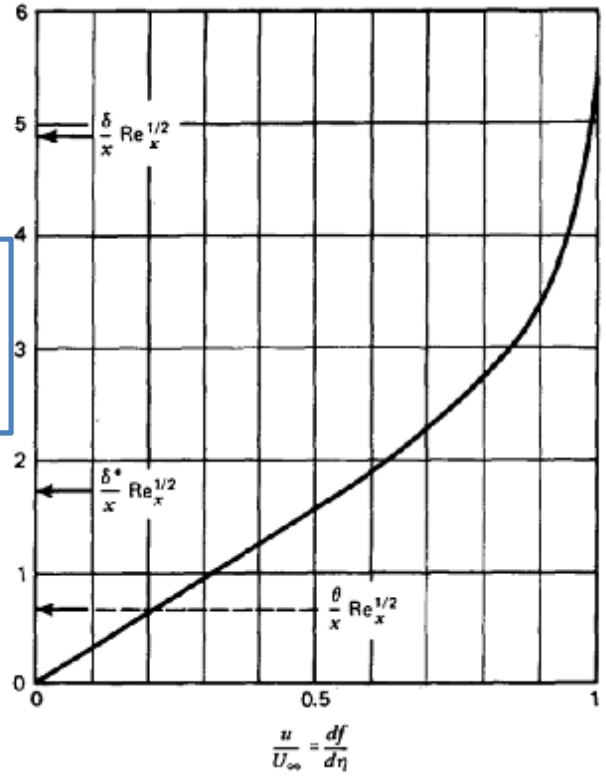
http://www.mohandes-iran.com

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION: Flow SOLUTION

Equation (82) is nonlinear; Blasius solved it by the method of matched asymptotic expansions. The resulting profile of f' is shown in the figure.

Numerically, it is found that u = 0.99U∞ at $\eta = 4.92$; the boundary layer thickness is taken as equal to the value of y corresponding to 99 percent of U∞.



Similarity velocity profile for laminar boundary layer flow on a plate aligned with a free stream.

http://www.mohandes-iran.com

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

The boundary layer thickness is obtained as following:

$$\frac{\delta}{x} = 4.92 \mathrm{Re}_x^{-1/2} \qquad (85)$$

To get around the need for convention in defining δ, two other thicknesses have been in use in the field of boundary layer theory:

Displacement thickness:

$$\delta^* = \int_0^\infty \left(1 - \frac{u}{U_\infty}\right) dy \qquad (86)$$

Momentum thickness:

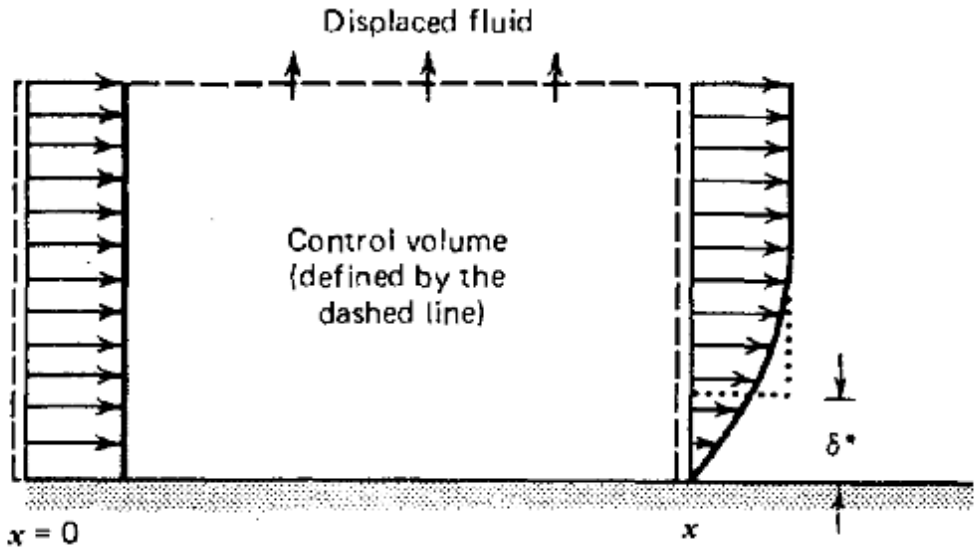
$$\theta = \int_0^\infty \frac{u}{U_\infty}\left(1 - \frac{u}{U_\infty}\right) dy \qquad (87)$$

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION



Displacement thickness δ^* and its physical interpretation.

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

The displacement thickness is a measure of the fraction of the original free stream slowed down viscously by the wall.

$$\delta^* U_\infty = \int_0^\infty U_\infty \, dy - \int_0^\infty u \, dy \qquad (88)$$

The momentum thickness θ is based on a similar argument:
It is a measure of the longitudinal momentum missing at any x relative to the original (x = 0) amount

$$\theta U_\infty^2 = \underbrace{\int_0^\infty U_\infty^2 \, dy}_{\substack{x \text{ momentum} \\ \text{at } x = 0}} - \underbrace{\int_0^\infty u^2 \, dy}_{\substack{x \text{ momentum} \\ \text{at any } x}} - \underbrace{U_\infty \int_0^\infty (U_\infty - u) \, dy}_{\substack{x \text{ momentum of the} \\ \text{fluid displaced out of the} \\ \text{boundary layer region}}} \qquad (89)$$

http://www.mohandes-iran.com

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

The displacement and momentum thicknesses for the Blasius similarity solution are:

$$\frac{\delta^*}{x} = 1.73\mathrm{Re}_x^{-1/2}, \qquad \frac{\theta}{x} = 0.664\mathrm{Re}_x^{-1/2} \tag{90}$$

Finally, the local skin friction coefficient predicted by the similarity solution is

$$C_{f,x} = \frac{\mu(\partial u/\partial y)_0}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2} = 2(f'')_{\eta=0}\,\mathrm{Re}_x^{-1/2} \tag{91}$$

Numerically, it is found that $(f'')_{y=0} = 0.332$; hence,

$$C_{f,x} = 0.664\mathrm{Re}_x^{-1/2} \tag{92}$$

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

This result is not far off from any of the considerably less laborious predictions based on the integral method (see Table). The average skin friction coefficient is:

$$C_{f,0-x} = \frac{\tau_{0-x}}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2} = 1.328 \mathrm{Re}_x^{-1/2} \qquad (92)'$$

Impact of the assumed profile shape on the Integral solution to the laminar boundary layer friction and heat transfer

Profile Shape $m(n)$ or $m(p)$ (Fig. 2.4)	$\frac{\delta}{x}\mathrm{Re}_x^{1/2}$	$C_{f,x}\mathrm{Re}_x^{1/2}$	$\mathrm{Nu}\,\mathrm{Re}_x^{-1/2}\,\mathrm{Pr}^{-1/3}$ Uniform Temperature ($\mathrm{Pr} > 1$)	$\mathrm{Nu}\,\mathrm{Re}_x^{-1/2}\,\mathrm{Pr}^{-1/3}$ Uniform Heat Flux ($\mathrm{Pr} > 1$)
$m = n$	3.46	0.577	0.289	0.364
$m = (n/2)(3 - n^2)$	4.64	0.646	0.331	0.417
$m = \sin(\pi n/2)$	4.8	0.654	0.337	0.424
Similarity solution	4.92[a]	0.664	0.332	0.453

http://www.mohandes-iran.com

Convection Heat Transfer

LAMINAR BOUNDARY LAYER FLOW

SIMILARITY SOLUTION

In other words, the averaged values from x = 0 to any x is twice as large as the local value calculated at x. The laminar skin friction results (92) and (92') are valid when Rex < 5 X 10^5

$$C_{f,x} = 0.664 \mathrm{Re}_x^{-1/2} \qquad (92)$$

$$C_{f,0-x} = \frac{\tau_{0-x}}{\frac{1}{2}\rho U_\infty^2} = 1.328 \mathrm{Re}_x^{-1/2} \qquad (92)'$$

http://www.mohandes-iran.com

Next session:

- *Laminar Boundary Layer Flow:*

Similarity Solution: Heat Transfer Solution

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

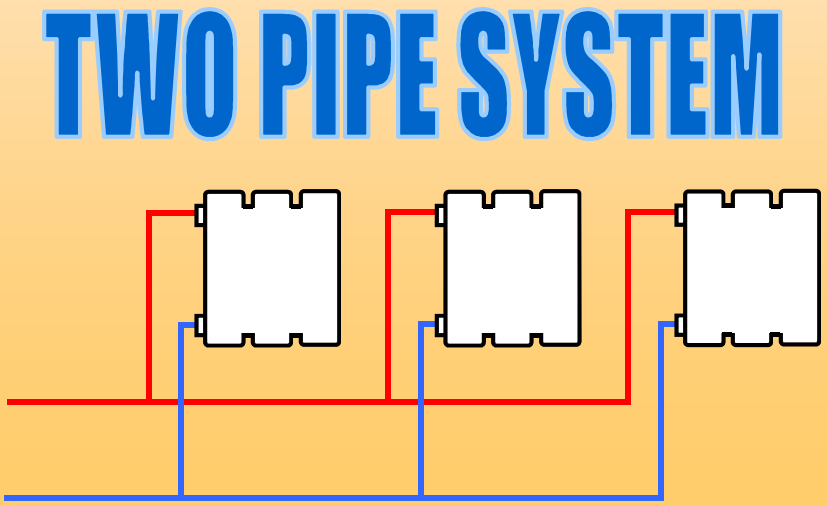
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

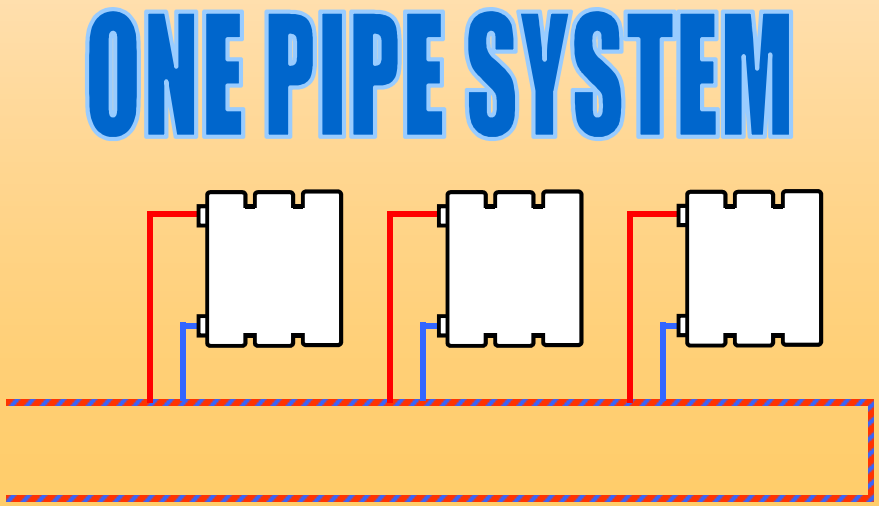
دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

گرمایش با آب گرم

- شبکه لوله‌کشی
  - شبکه باز
  - شبکه بسته
- شبکه یک لوله‌ای
- شبکه دو لوله‌ای
  - برگشت مستقیم
  - برگشت معکوس
  - برگشت مختلط

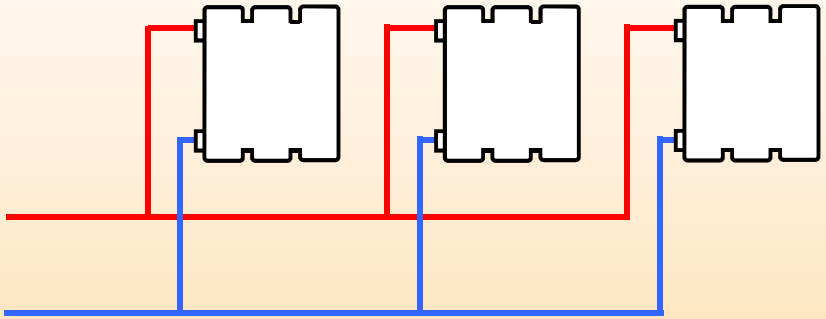




http://www.mohandes-iran.com

شبکه‌های دو لوله‌ای

DIRECT RETURN

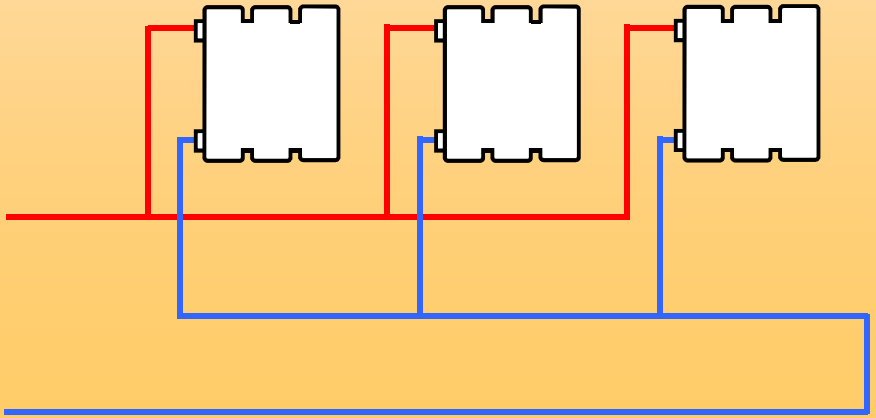


- مزایا: هزینه کمتر، سادگی اجرا و کاهش فضای لازم
- معایب: عدم توازن شبکه

- چنانچه وسایل گرمایشی دارای اختلاف افت فشار قابل توجه بوده و یا شبکه به هر دلیل نیازمند تنظیم جریان باشد، استفاده از برگشت مستقیم اقتصادی است.

- لوله‌کشی شبکه‌های باز باید به صورت مستقیم اجرا شود.

REVERSE RETURN



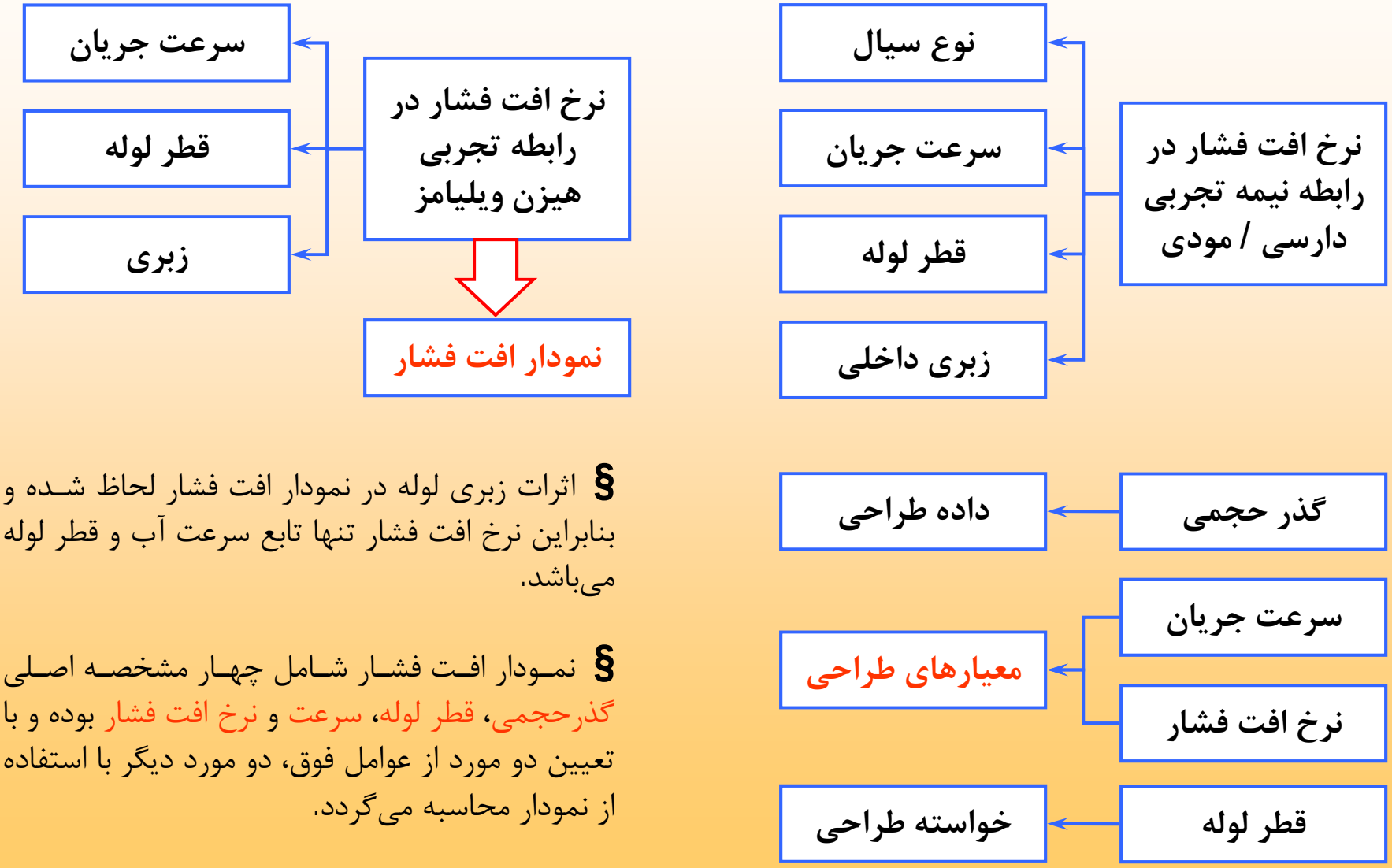
- مزایا: توازن شبکه
- معایب: هزینه بالاتر، سختی اجرا و افزایش فضای لازم

- چنانچه افت فشار در وسایل گرمایشی مختلف یکسان باشد، استفاده از روش برگشت معکوس توصیه می‌شود.

- در سیستم‌های باز استفاده از برگشت معکوس نامناسب بوده و مستلزم لوله‌کشی غیر ضروری است.

http://www.mohandes-iran.com

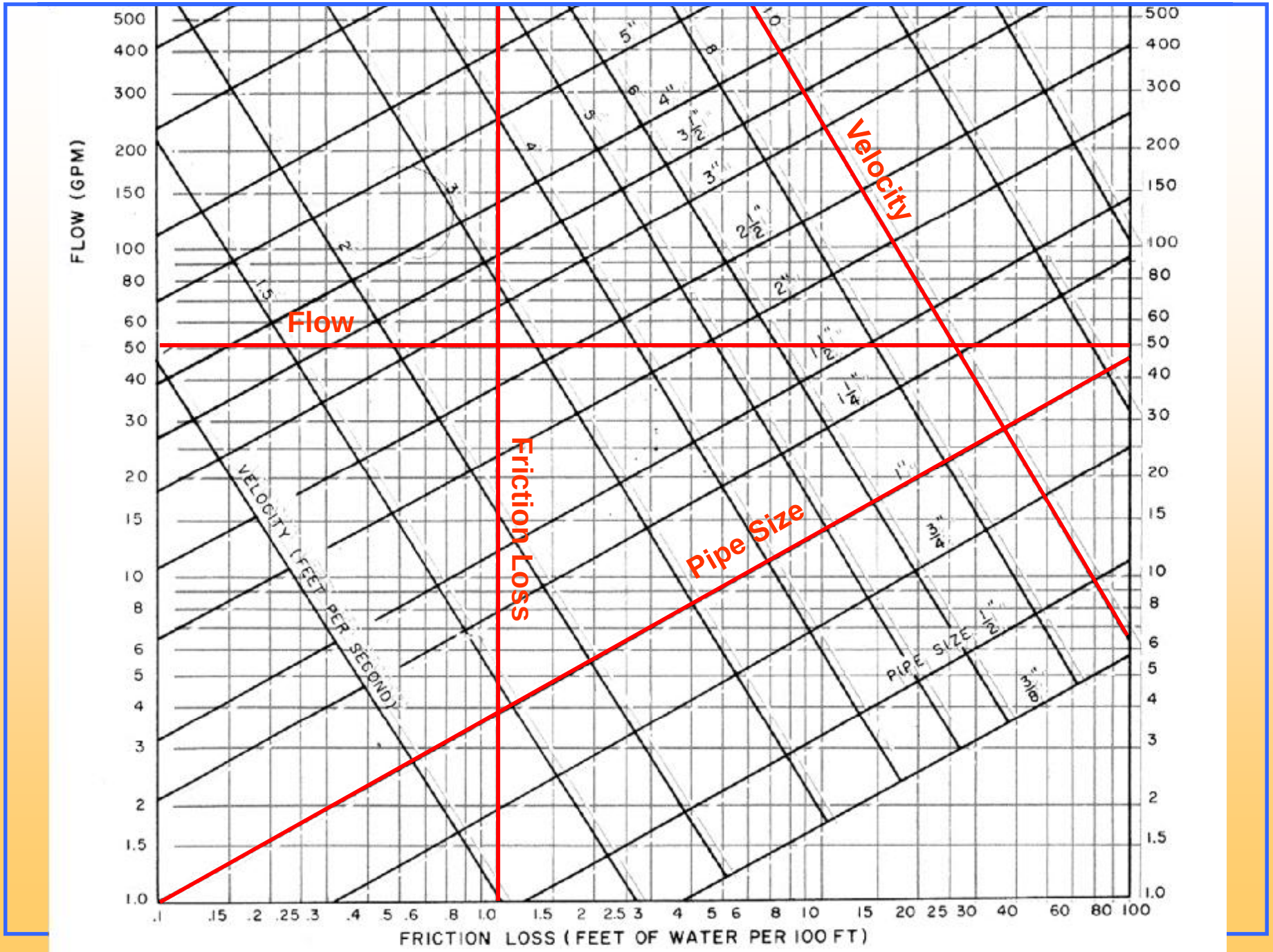
طراحی شبکه لوله‌کشی آب گرم



§ اثرات زبری لوله در نمودار افت فشار لحاظ شده و بنابراین نرخ افت فشار تنها تابع سرعت آب و قطر لوله می‌باشد.

§ نمودار افت فشار شامل چهار مشخصه اصلی گذرحجمی، قطر لوله، سرعت و نرخ افت فشار بوده و با تعیین دو مورد از عوامل فوق، دو مورد دیگر با استفاده از نمودار محاسبه می‌گردد.

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه لوله‌کشی آب گرم

گذر حجمی

$$Q = \frac{q}{C_p \times \Delta T} \Rightarrow Q = \frac{q}{8.33 \times 20} \times \frac{1}{60} \Rightarrow Q \approx \frac{q}{10000}$$

ضریب تبدیل

سرعت جریان

- سر و صدا، سایش و هزینه اولیه و کارکرد سیستم، حداقل و حداکثر سرعت در شبکه لوله‌کشی را محدود می‌کند.
- چنانچه اندازه لوله‌ها بیش از حد کوچک باشد، سرعت زیاد شده و باعث افزایش سر و صدا، سایش و هزینه پمپاژ می‌گردد. بزرگ بودن بیش از اندازه لوله‌ها نیز هزینه اولیه شبکه را افزایش می‌دهد. بنابراین اندازه لوله‌ها باید به نحوی تعیین شود که هزینه اولیه سیستم را کاهش داده و از اثرات مخرب سرعت بالای آب در شبکه جلوگیری کند.
- معمولاً گستره مناسب سرعت آب در تاسیسات ساختمانی بین 2 تا 4 fps بوده و برای مکان‌هایی مانند سالن‌های ورزشی و کارخانجات که سر و صدا اهمیت چندانی ندارد، می‌تواند تا حداکثر تا 10 fps افزایش یابد.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه لوله‌کشی آب گرم

نرخ افت فشار

§ حتی در صورتی که سرعت جریان آب در محدوده مناسب قرار داشته باشد، انتخاب نرخ افت فشار بالا موجب افزایش هزینه پمپاژ می‌شود. در مقابل پایین بودن بیش از حد نرخ افت فشار نیز باعث بزرگ شدن اندازه لوله‌ها و در نتیجه افزایش هزینه اولیه شبکه می‌گردد.

§ به این ترتیب باید توازنی بین افزایش هزینه کارکرد ناشی از افت فشار بالا و افزایش هزینه اولیه ناشی از افت فشار پایین وجود داشته باشد. گستره مناسب نرخ افت فشار برای کاربردهای تاسیساتی معمولاً بین 1 تا 4% است.

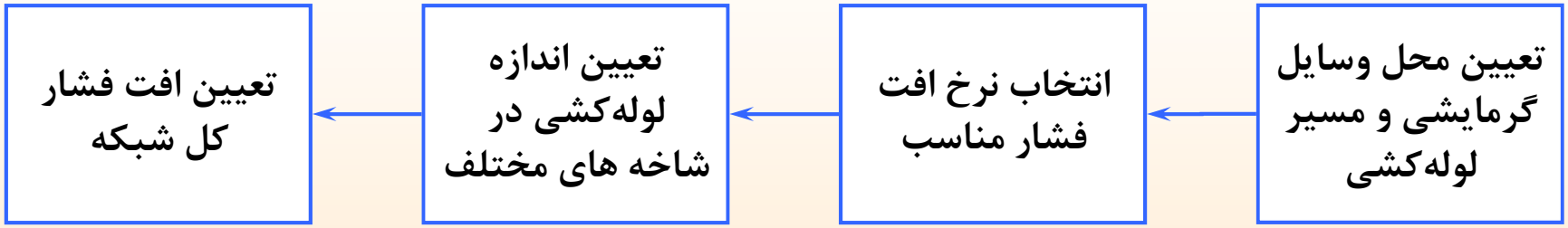
روش طراحی

§ متداول‌ترین روش استفاده از روش نرخ افت فشار ثابت است که در آن از نرخ افت فشاری ثابت در تمام شاخه‌های مسیر استفاده می‌شود. معمولاً نرخ افت فشار 5/2% برای انجام محاسبات مناسب است.

§ اگر سرعتی که با استفاده از گذر حجمی و نرخ افت فشار 5/2% شبکه بدست می‌آید، در محدوده مجاز باشد، قطر بدست آمده قابل قبول بوده و در غیر این صورت سرعت 4 fps باید مبنای انتخاب نرخ افت فشار در شبکه قرار گیرد.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه لوله‌کشی آب گرم



نکات اجرایی

- جنس لوله‌ها در شبکه گرمایش با آب از فولاد سیاه بوده و برای جلوگیری از خوردگی و نیز کاهش اتلافات حرارتی باید حداقل با استفاده از 1 اینچ پشم شیشه عایق‌پیچی گردد.
- برای جلوگیری از تغییر شکل لوله‌های افقی با طول بیش از 30 فوت، باید از اتصالات انبساطی استفاده نمود.
- در ورودی انشعاب واحدهای مجزا و نیز رایزرها نصب شیر فلکه ضروری است.
- تمامی تجهیزات نظیر دیگ و مبدل‌های حرارتی باید با شیر فلکه به شبکه متصل شده و دارای شیر تخلیه باشند.
- در بالای تمام وسایل گرمایشی و نیز در مرتفع‌ترین نقاط شبکه لوله‌کشی باید شیر هواگیری نصب گردد.

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

آب گرم مصرفی

§ علاوه بر بار گرمایشی ساختمان، بار آب گرم مصرفی نیز می‌بایست توسط موتورخانه تامین گردد. هر چند دمای آب گرم با توجه به مورد مصرف آن تا حدی متفاوت است، جهت محاسبه بار آب گرم مصرفی در ساختمان‌های مسکونی و تجاری اغلب دمای آب ورودی برابر 60 °F و دمای آب گرم خروجی برابر 140 °F در نظر گرفته می‌شود.

ضریب ذخیره | **ضریب مصرف** | **میزان مصرف**

	Apartment House	Club	Gymnasium	Hospital	Hotel	Industrial Plant	Office Building	Private Residence	School
1. Basins,private lavatory	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2. Basins,public lavatory	4	6	8	6	8	12	6	-	15
3. Bathtubs	20	20	30	20	20	-	-	20	-
4. Dishwashers	15	50-150	-	50-150	50-200	20-100	-	15	20-100
5. Foot basins	3	3	12	3	3	12	-	3	3
6. Kitchen sink	10	20	-	20	30	20	20	10	20
7. Laundry, stationary tubs	20	28	-	28	28	-	-	20	-
8. Pantry sink	5	10	-	10	10	-	10	5	10
9. Showers	30	150	225	75	75	225	30	30	225
10. Slop sink	20	20	-	20	30	20	20	15	20
11. Demand factor	0.30	0.30	0.40	0.25	0.25	0.40	0.30	0.30	0.40
12. Storage capacity factor	1.25	0.90	1.00	0.60	0.80	1.00	2.00	0.70	1.00

http://www.mohandes-iran.com

آب گرم مصرفی

§ بار آب گرم مصرفی بر توجه به میزان واقعی مصرف آب گرم تعیین شده و عبارت است از:

$$q = 8.33 \times MPD \times \Delta T$$

میزان واقعی مصرف
برحسب GPH

§ به منظور تهیه آب گرم در موتورخانه از منبع دو جداره یا منبع کویل‌دار استفاده می‌شود.

§ منبع دو جداره از دو استوانه تو در تو تشکیل شده است که آب داغ تولیدی در دیگ وارد جدار بین دو استوانه شده و آب ذخیره شده در منبع را گرم می‌کند.

§ در ظرفیتهای بالا قطر منابع دو جداره بیش از حد زیاد شده و لذا آب ذخیره شده خوب گرم نمی‌شود. در چنین شرایطی منابع کویل‌دار مورد استفاده قرار می‌گیرد. منبع کویل‌دار یک مبدل حرارتی از نوع پوسته-لوله‌ای بوده و با جریان آب داغ در کویل، آب داخل منبع گرم می‌شود.

§ در تاسیسات بزرگ بهتر است بجای یک منبع از دو یا چند منبع ذخیره آب گرم استفاده نمود تا در صورت تعمیرات، نیاز ساختمان به آب گرم تا حدودی تامین گردد.

http://www.mohandes-iran.com

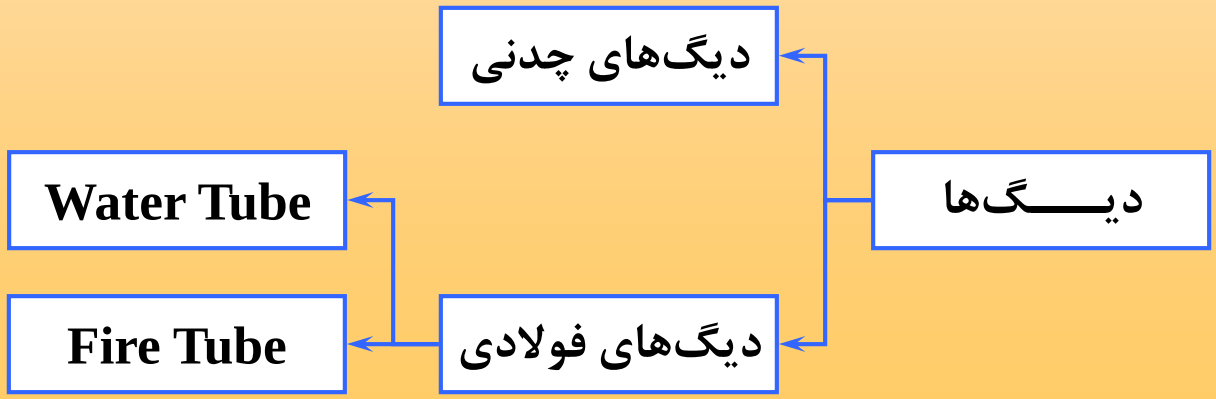
دیگ آب گرم

§ با مشخص بودن بار گرمایشی کل شامل بار ساختمان و بار آب گرم مصرفی، قدرت دیگ بـا در نظـر گـرفتن حدود 15% ضریب اطمینان تعیین می‌گردد:

$$q_B = q \times SF$$

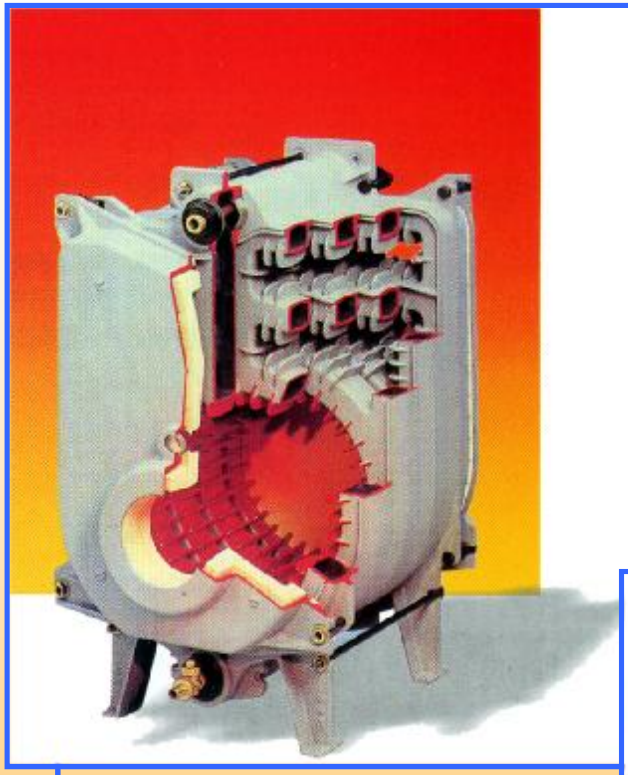
§ در تاسیسات بزرگ بهتر است بجای یک دیگ از دو یا چند دیگ استفاده نمود تـا بـا توجـه بـه میـزان نیـاز گرمایشی مورد استفاده قرار گرفته و به علاوه در صورت تعمیرات، گرمایش ساختمان تا حدودی تامین شود.

§ همچنین می‌توان از یک دیگ کوچکتر به منظور تهیه آب گرم مصرفی و از یک یا چنـد دیـگ اصـلی جهـت تامین بار گرمایشی ساختمان استفاده نموده و در فصولی که احتیاج به گرمایش کل ساختمان نیست، دیگ‌هـای اصلی را از سرویس خارج نمود.



http://www.mohandes-iran.com

دیگهای چدنی



مزایا:

الف) حمل و نقل و مونتاژ ساده

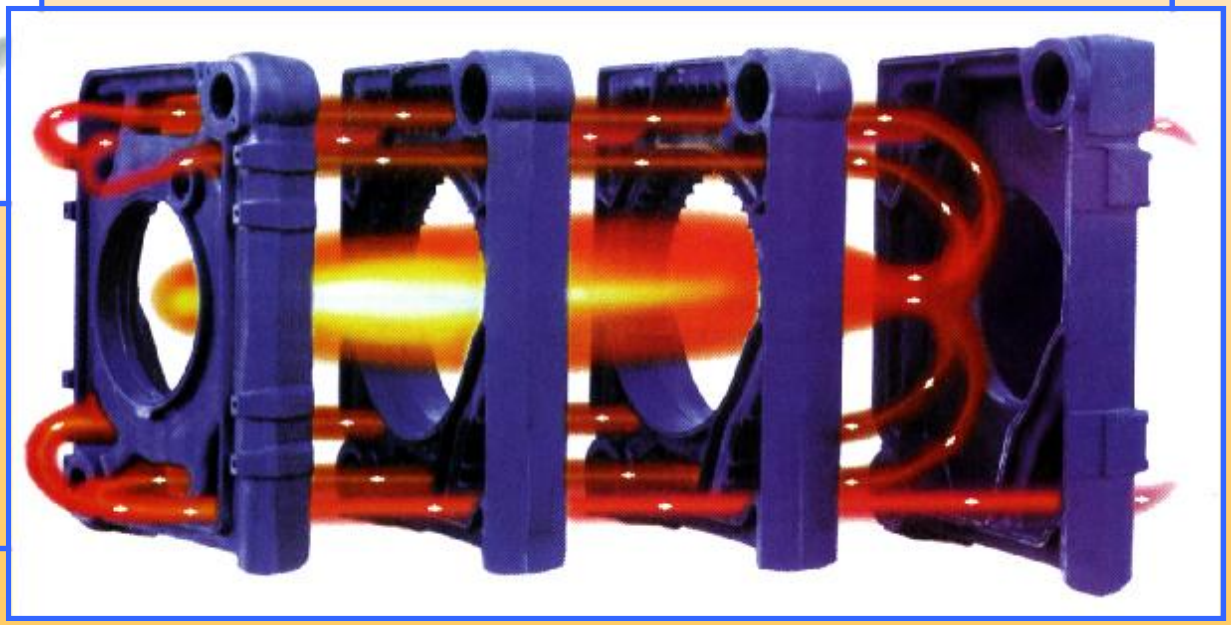
ب) امکان تغییر ظرفیت

ج) مقاومت در برابر خوردگی

معایب:

الف) فشار کاری پایین

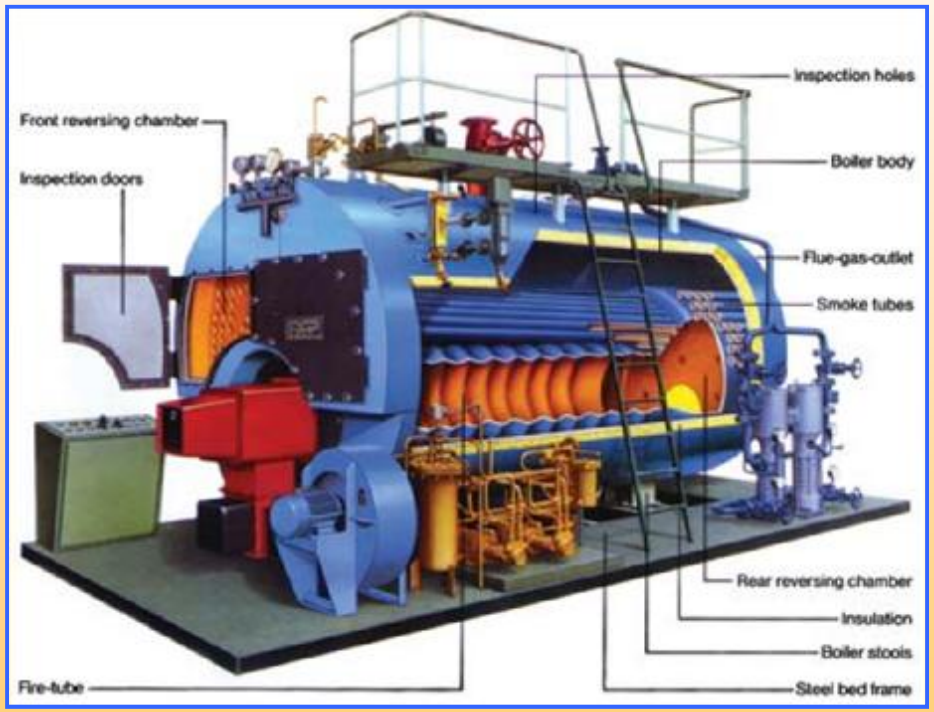
ب) شکنندگی پره‌ها



http://www.mohandes-iran.com

دیگهای فولادی

FIRE TUBE BOILERS



WATER TUBE BOILERS

http://www.mohandes-iran.com

مشعل حرارتی و مخزن سوخت

$q_{burner} = \frac{q_B}{\eta}$	$\dot{m} = \frac{q_{burner}}{1000}$ **CFH**	**مشعل گازسوز**
	$\dot{m} = \frac{q_{burner}}{140000}$ **GPH**	**مشعل گازوئیل‌سوز**

اگرچه در حال حاضر بسیاری از مناطق کشور از شبکه گاز شهری برخوردار است، اما چنانچه بنا به ملاحظات مکانی یا کاربردی استفاده از سوخت گازوئیل ضروری باشد، می‌توان حجم مخزن سوخت لازم از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$V = \dot{m} \times n \times h \times A$$

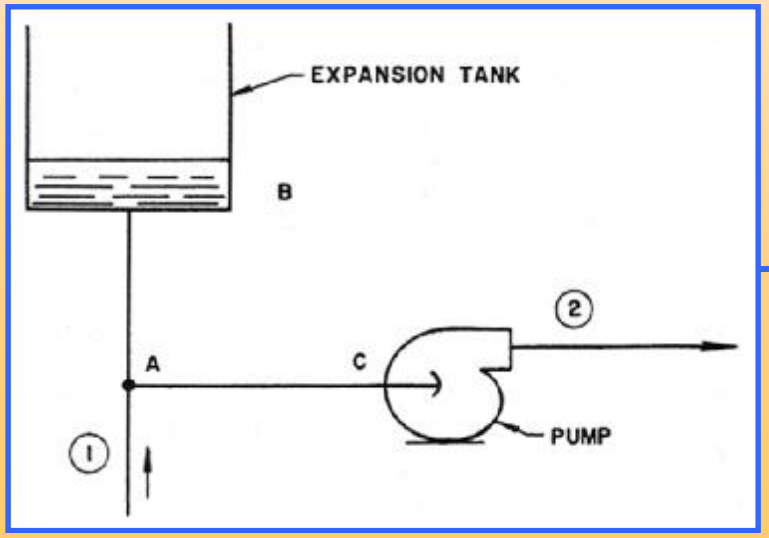
- V: حجم مخزن، gal
- $\dot{m}$: مصرف سوخت، GPH
- n: تعداد روزهای مورد نظر
- h: تعداد ساعات کار
- A: درصد انقطاع کار، 50-60%

http://www.mohandes-iran.com

منبع انبساط

- **منبع انبساط**
  - امکان تغییر حجم آب
  - پر کردن شبکه
  - تنظیم فشار شبکه
- **انواع منبع انبساط**
  - منبع انبساط باز
  - منبع انبساط بسته

چنانچه فشار جریان در هیچ نقطه‌ای از شبکه مشخص نباشد، سیستم از نظر سیالاتی نامعین بوده و فشار در سایر نقاط شبکه نیز نامشخص خواهد بود. با استفاده از منبع انبساط، فشار شبکه در نقطه اتصال منبع مشخص شده و سیستم نیز معین خواهد شد. با همین توجیه در هر شبکه لوله‌کشی بسته تحت هیچ شرایطی نباید بیش از یک منبع انبساط نصب گردد زیرا در این صورت قیود سیالاتی سیستم بیش از اندازه بوده و جریان سیال در شبکه قابل پیش‌بینی نخواهد بود.



http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

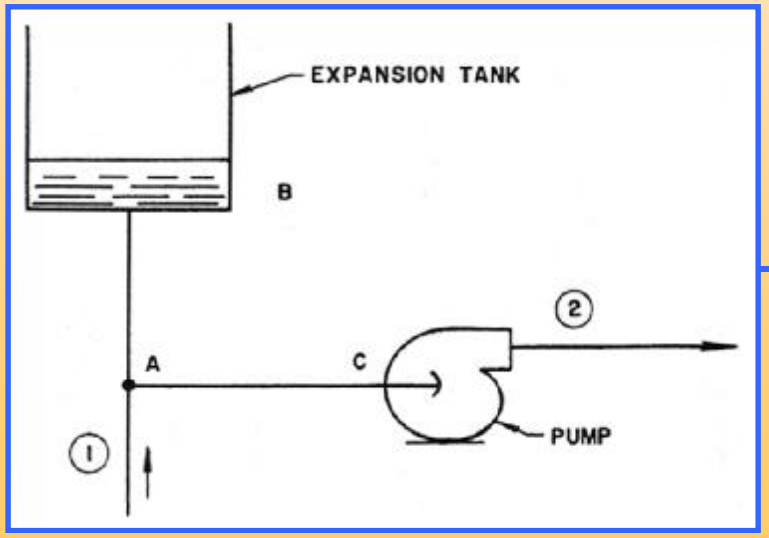
دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

منبع انبساط

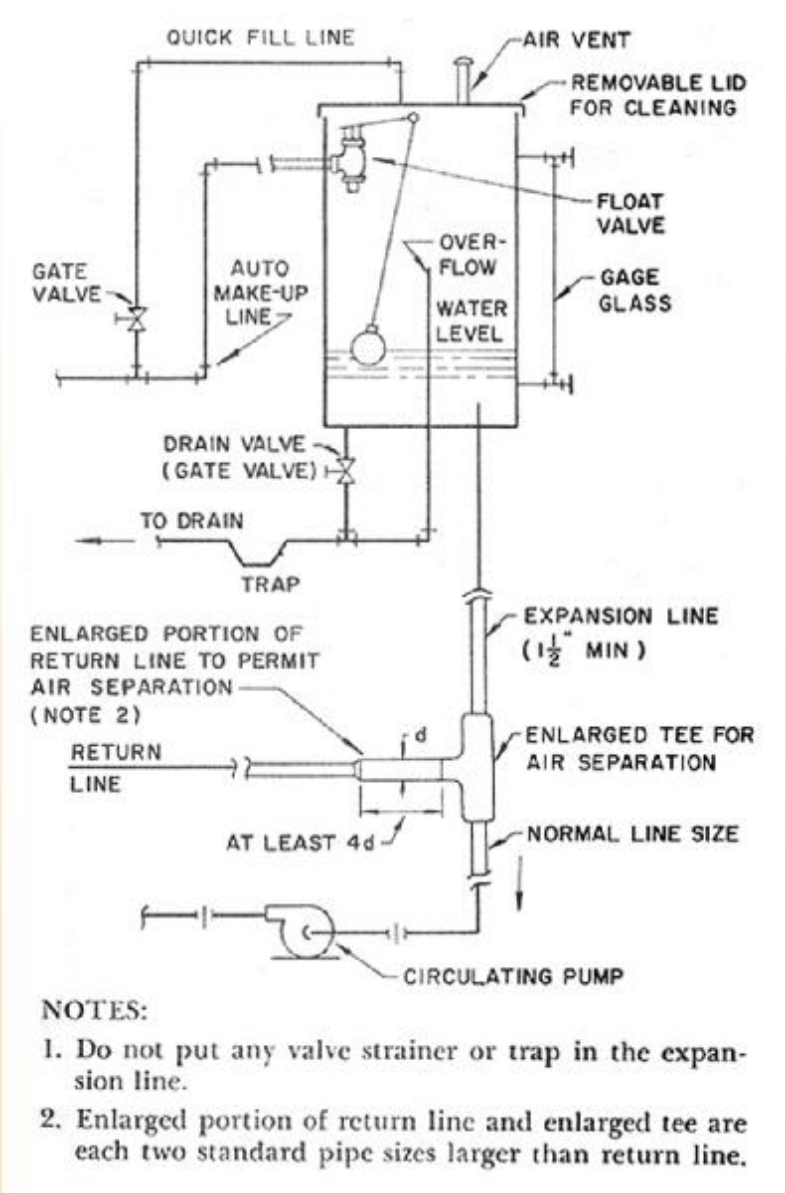
- **منبع انبساط**
  - امکان تغییر حجم آب
  - پر کردن شبکه
  - تنظیم فشار شبکه
- **انواع منبع انبساط**
  - منبع انبساط باز
  - منبع انبساط بسته

چنانچه فشار جریان در هیچ نقطه‌ای از شبکه مشخص نباشد، سیستم از نظر سیالاتی نامعین بوده و فشار در سایر نقاط شبکه نیز نامشخص خواهد بود. با استفاده از منبع انبساط، فشار شبکه در نقطه اتصال منبع مشخص شده و سیستم نیز معین خواهد شد. با همین توجیه در هر شبکه لوله‌کشی بسته تحت هیچ شرایطی نباید بیش از یک منبع انبساط نصب گردد زیرا در این صورت قیود سیالاتی سیستم بیش از اندازه بوده و جریان سیال در شبکه قابل پیش‌بینی نخواهد بود.



http://www.mohandes-iran.com

منبع انبساط باز



§ منبع انبساط باز با هوای آزاد در ارتباط بوده و بنابراین باید حداقل 2 تا 3 متر بالاتر از آخرین مبدل حرارتی ساختمان نصب گردد تا حتی در شرایطی که پمپ سیرکولاسیون آب گرم خاموش است، شبکه لوله‌کشی پر از آب باشد.

§ با توجه به این که فشار سیستم در نقطه اتصال منبع انبساط برابر فشار اتمسفر است، طبیعی است که منابع باز تنها در سیستم‌های آب گرم با فشار پایین قابل استفاده می‌باشد.

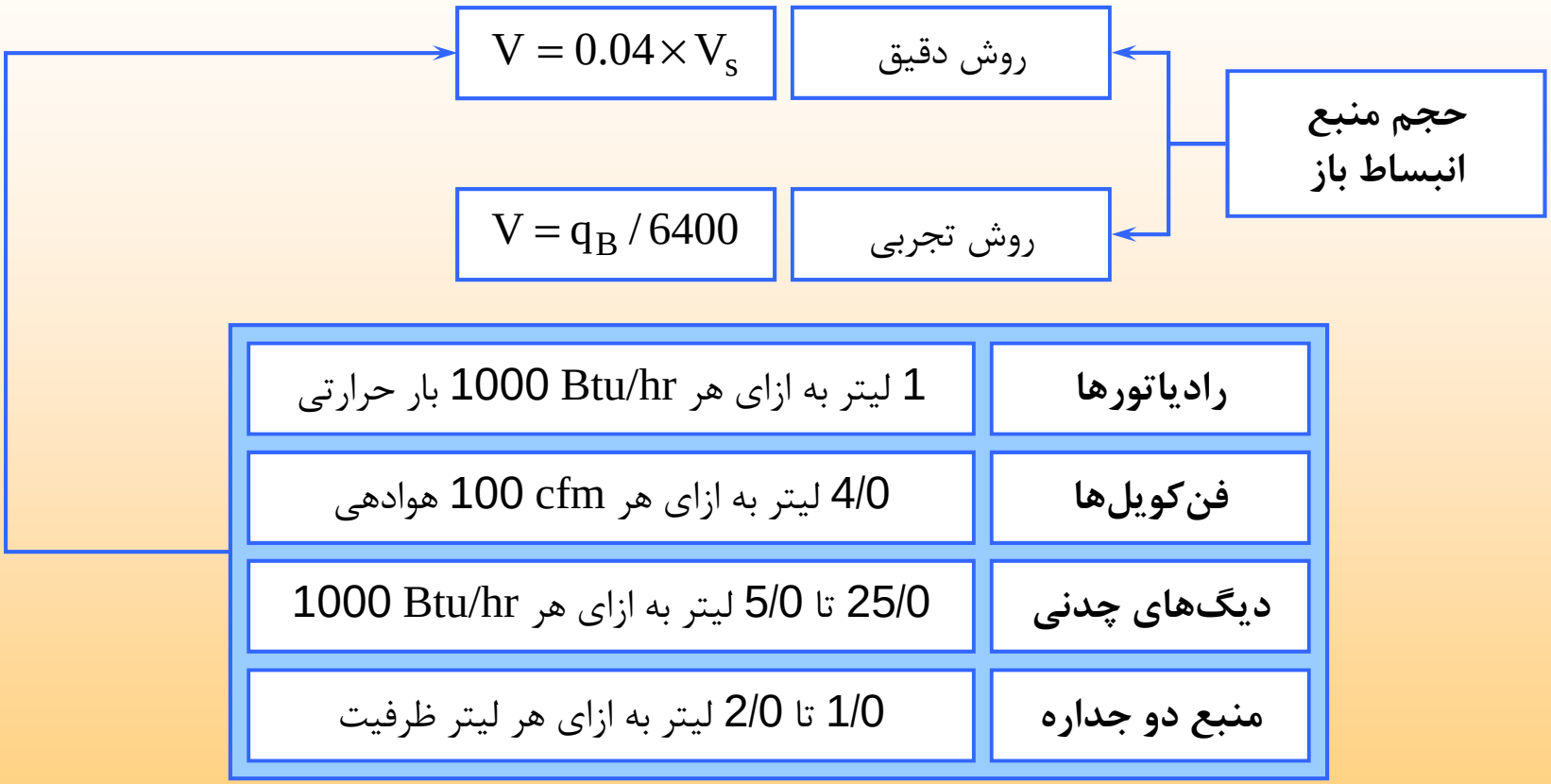
§ بدلیل تماس با هوا جنس منبع انبساط باز معمولاً از ورق فولاد گالوانیزه بوده و برای حداقل نمودن اتلافات حرارتی عایق می‌شود.

§ هر چند از نظر تئوری می‌توان منبع انبساط را تنها با یک لوله با سیستم متصل نمود، اما معمولاً جهت چرخش آب گرم در منبع انبساط و جلوگیری از یخ زدن آب آن در زمستان، دو لوله رفت و برگشت برای منبع انبساط در نظر گرفته می‌شود.

§ لوله رفت باید مستقیماً و بدون شیر فلکه به دیگ متصل گردد.

http://www.mohandes-iran.com

حجم منبع انبساط باز



قطر لوله برگشت منبع انبساط [in]

$$D_{min} = 0.59 + 0.04\sqrt{\frac{q_B}{4000}}$$

قطر لوله رفت منبع انبساط [in]

$$D_{min} = 0.59 + 0.059\sqrt{\frac{q_B}{4000}}$$

http://www.mohandes-iran.com

منبع انبساط بسته

§ منبع انبساط بسته با هوای آزاد در ارتباط نبوده و لذا فشار داخل منبع می‌تواند بیش از یک اتمسفر باشد. بنابراین طبیعی است که منابع انبساط بسته را می‌توان در داخل موتورخانه نیز نصب نمود.

§ در شرایط یکسان، منبع انبساط بسته بزرگتر بوده و هزینه نصب و نگهداری آن نیز بالاتر است، با این وجود در مواردی که امکان استفاده از منبع انبساط باز وجود نداشته باشد، بکارگیری آن ضروری خواهد بود. از جمله این موارد عبارت است:

الف) سیستم‌های آب داغ با فشار بالا
ب) محدودیت ارتفاع ساختمان جهت تامین فشار در آخرین مبدل حرارتی
پ) عدم دسترسی به فضای پشت بام
ت) مناطق بسیار سرد که امکان یخ زدن آب منبع انبساط باز وجود دارد

http://www.mohandes-iran.com

حجم منبع انبساط بسته

$$V = \frac{0.04 \times V_s}{\frac{P_a}{P_f} - \frac{P_a}{P_o}}$$

§ P_a فشار مطلق منبع انبساط قبل از پر کردن سیستم بوده و معمولاً برابر فشار اتمسفر است.

§ P_f فشار مطلق منبع انبساط پس از پر شدن و قبل از راه‌اندازی سیستم بوده و باید به اندازه‌ای باشد که هنگام خاموش بودن پمپ سیرکولاتور، بالاترین مبدل حرارتی را از آب پر کند. بنابراین:

$$P_f = 0.43H + 14.7 + 4$$

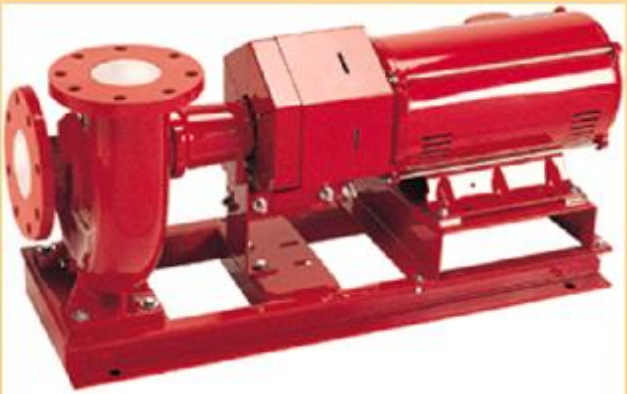
§ P_o حداکثر فشار مطلق کاری سیستم بوده و از روی کاتالوگ دیگ تعیین می‌گردد. توجه به این نکته ضروری است که فشار کاری دیگ در کاتالوگ‌ها غالباً به صورت نسبی بیان شده و لذا برای استفاده در رابطه فوق باید با فشار اتمسفر جمع شود.

http://www.mohandes-iran.com

پمپ سیرکولاتور

IN-LINE PUMP

MOUNTED PUMP



§ پمپ‌های سیرکولاتور از نوع گریز از مرکز بوده و با توجه به ظرفیت آن در دو نوع خطی و زمینی تولید می‌گردد.

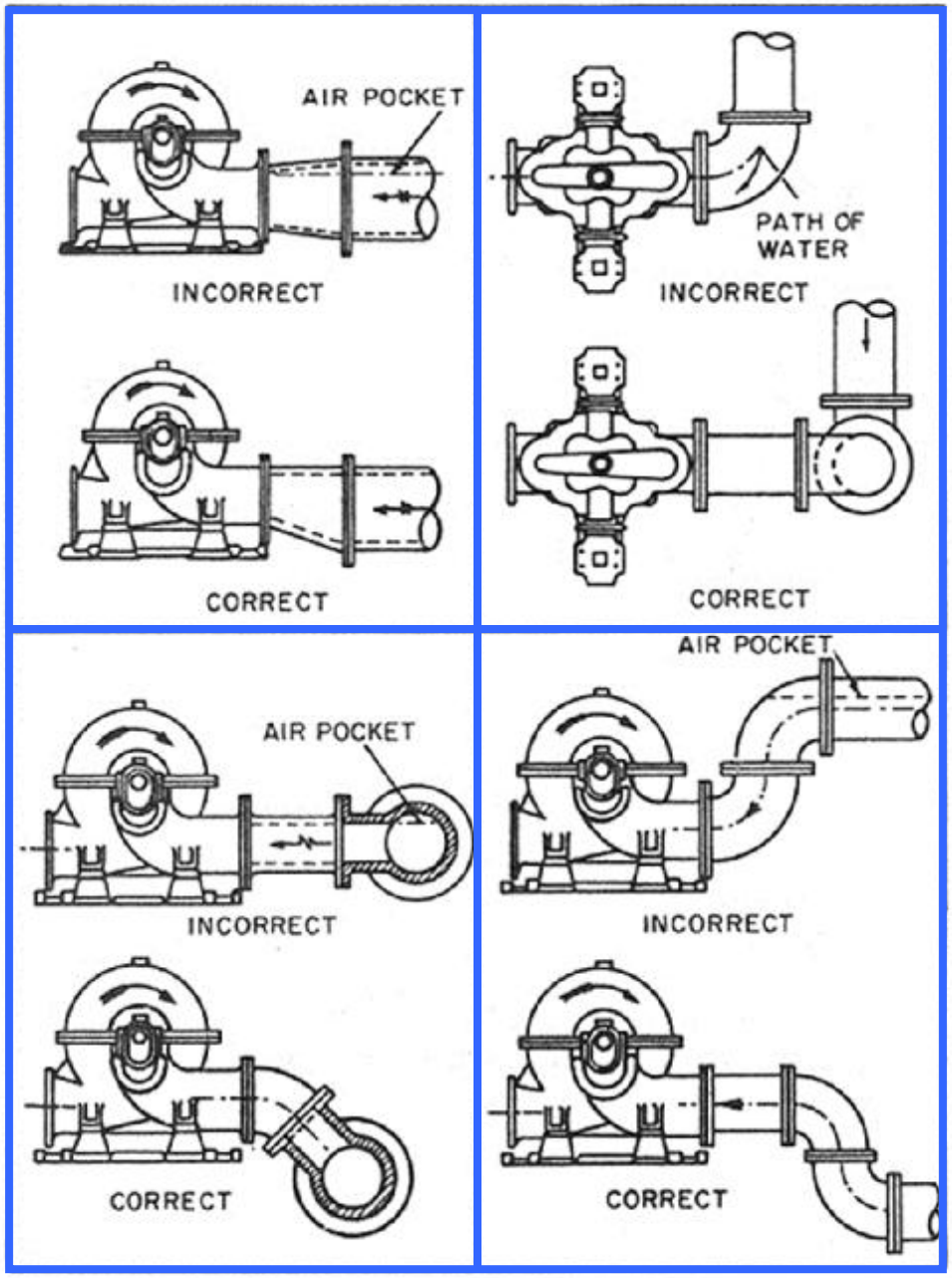
§ تا دبی 100 gpm پمپ‌های خطی و برای دبی‌های بالاتر پمپ‌های زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مشخصات پمپ
- هد پمپ
- دبی پمپ
- NPSH

$$Q = \frac{q}{10000}$$

§ انتخاب پمپ باید دقیقاً بر مبنای هد محاسبه شده و بدون در نظر گرفتن ضریب اطمینان صورت گیرد زیرا معمولاً لوله‌های نو افت اصطکاکی کمتری داشته و با توجه به شکل منحنی مشخصه پمپهای گریز از مرکز، در ابتدای نصب توان بیشتری مورد خواهد بود. بنابراین چنانچه برای محاسبه هد پمپ ضریب اطمینان در نظر گرفته شود احتمال دارد الکتروموتور پمپ تحت اضافه بار قرار گیرد.

نکات نصب پمپ سیرکولاتور



§ هنگامی که آب از چند مسیر به تجهیراتی نظیر پمپ یا دیگ وارد یا از آنها خارج می‌شود، از کلکتور به منظور اتصال لوله‌ها به لوله اصلی ورودی یا خروجی استفاده می‌گردد. قطر کلکتور را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$d_c = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + L}$$

§ جهت تخلیه آب کلکتور در مواقع لزوم، معمولاً در زیر کلکتور شیر تخلیه‌ای به قطر ¾ اینچ نصب می‌گردد.

http://www.mohandes-iran.com

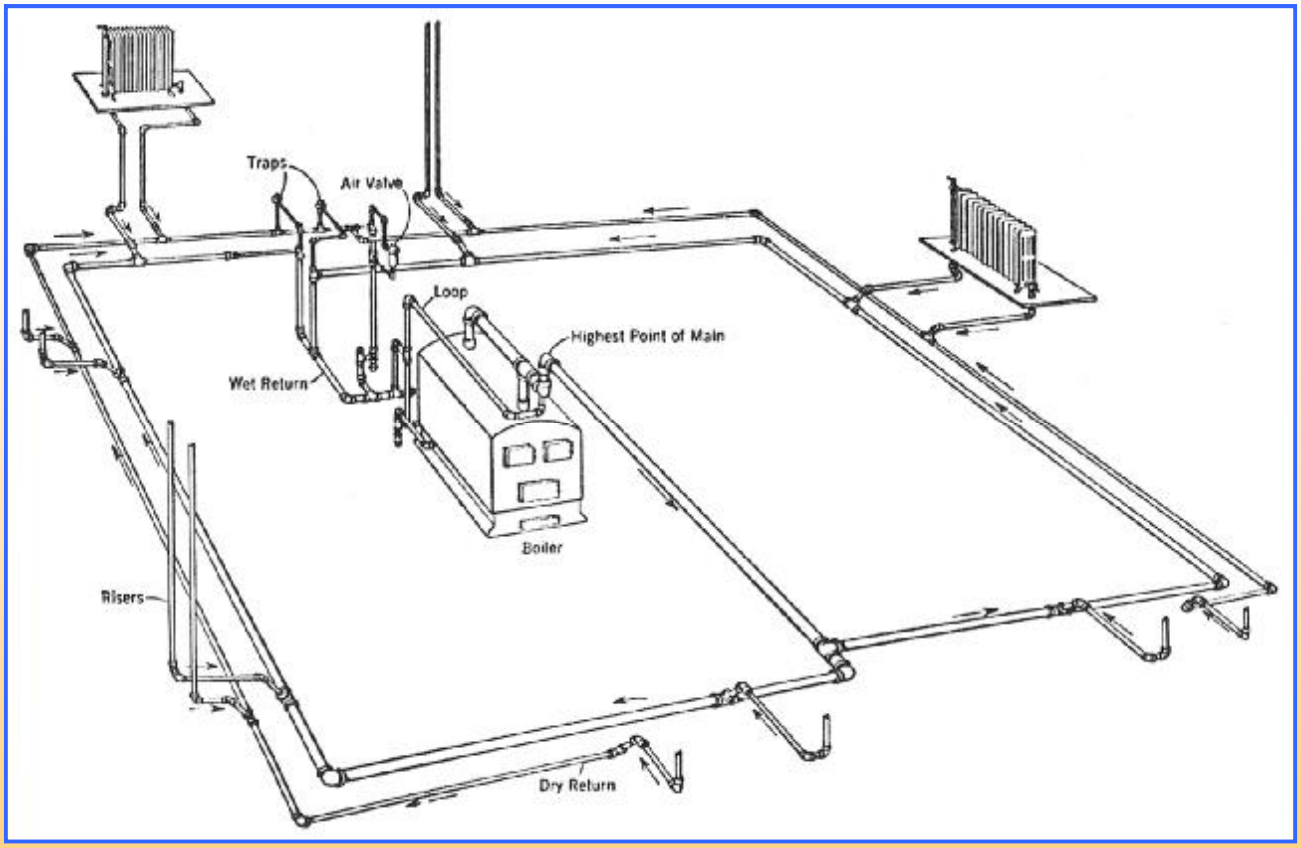
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

مراحل طراحی شبکه بخار



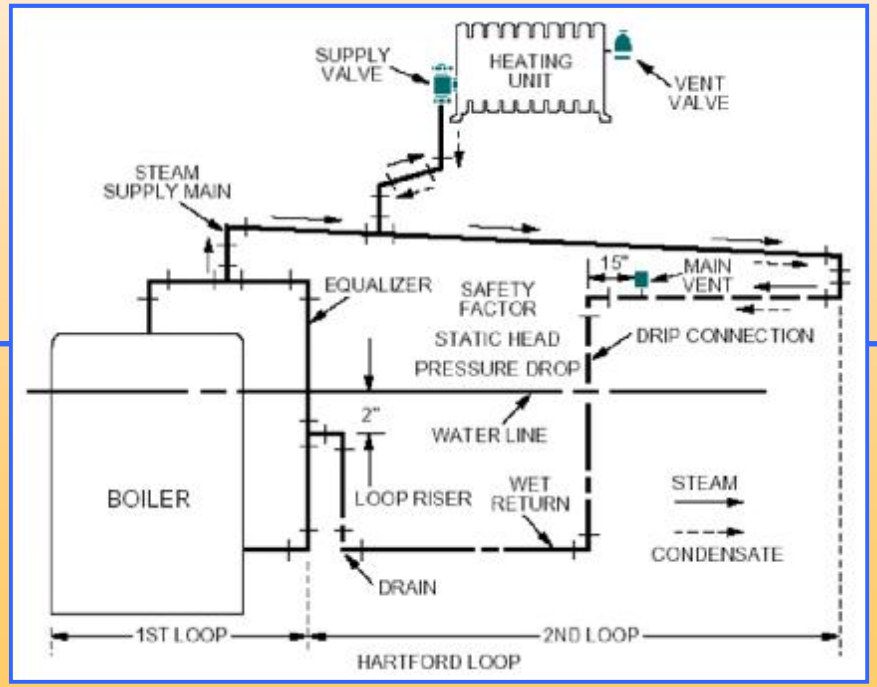
§ در سیستم گرمایش با بخار آب در دیگ تبخیر شده و بخار تحت فشار دیگ از طریق لوله‌های رفت وارد وسایل گرمایشی می‌شود. وجود تله بخار در خروجی وسایل گرمایشی از خارج شدن بخار جلوگیری کرده و به این ترتیب تنها آب کندانس از مسیر برگشت وارد دیگ شده و این سیکل ادامه می‌یابد. چنین سیستمی عملاً نیازی به پمپ نداشته و به دلیل استفاده از بخار، انرژی زیادی تولید خواهد کرد.

http://www.mohandes-iran.com

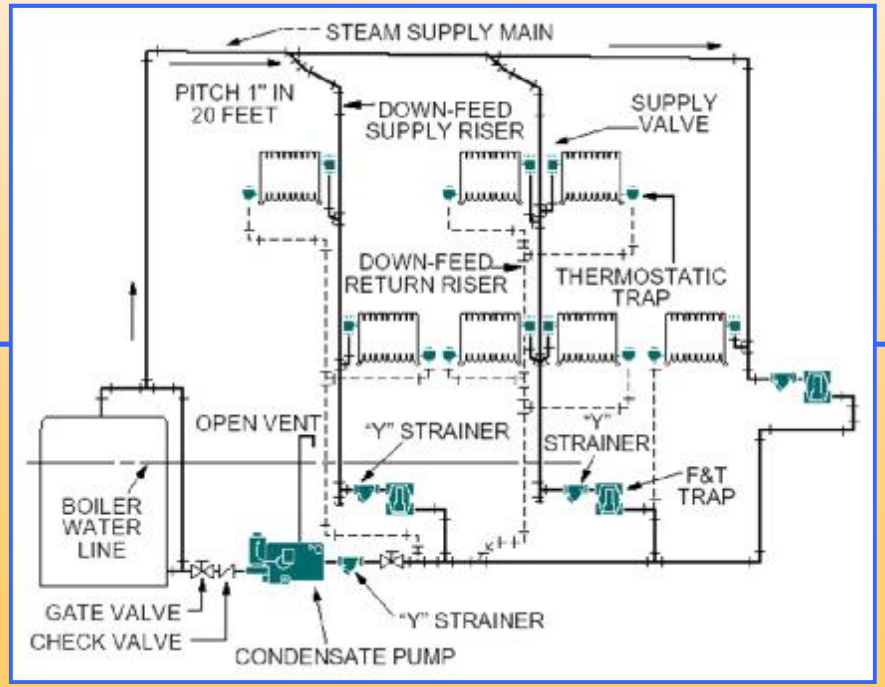
تقسیم‌بندی سیستم‌های بخار

نحوه آرایش لوله‌ها

ONE-PIPE SYSTEM



TWO-PIPE SYSTEM

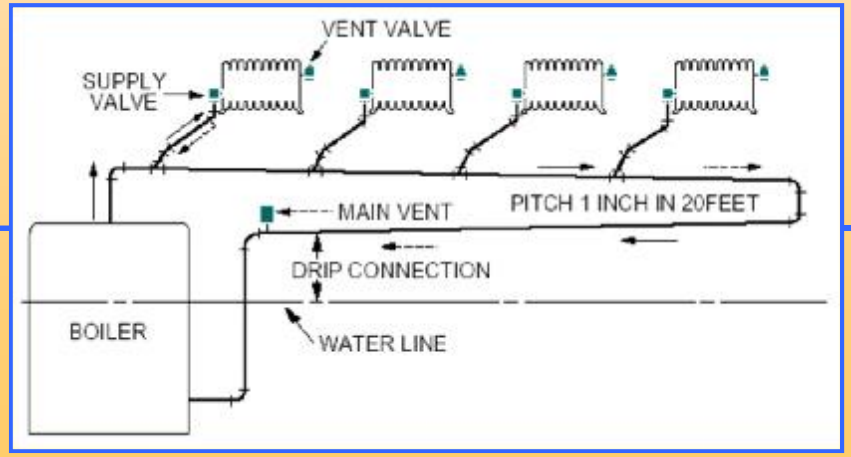


http://www.mohandes-iran.com

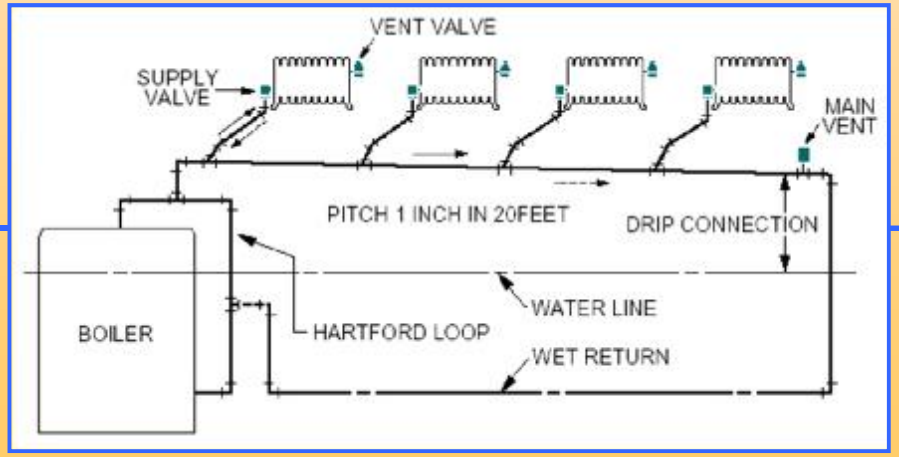
تقسیم‌بندی سیستم‌های بخار

نحوه برگشت آب کندانس

DRY RETURN



WET RETURN

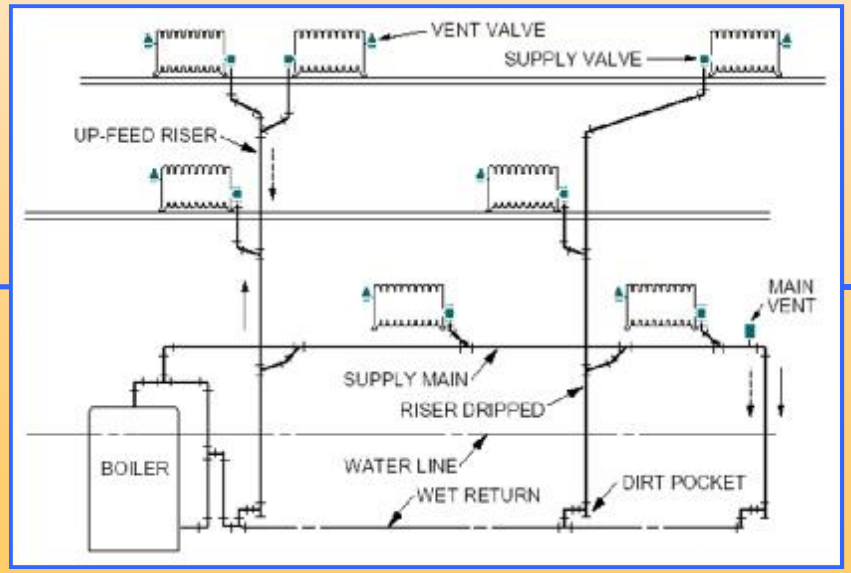


http://www.mohandes-iran.com

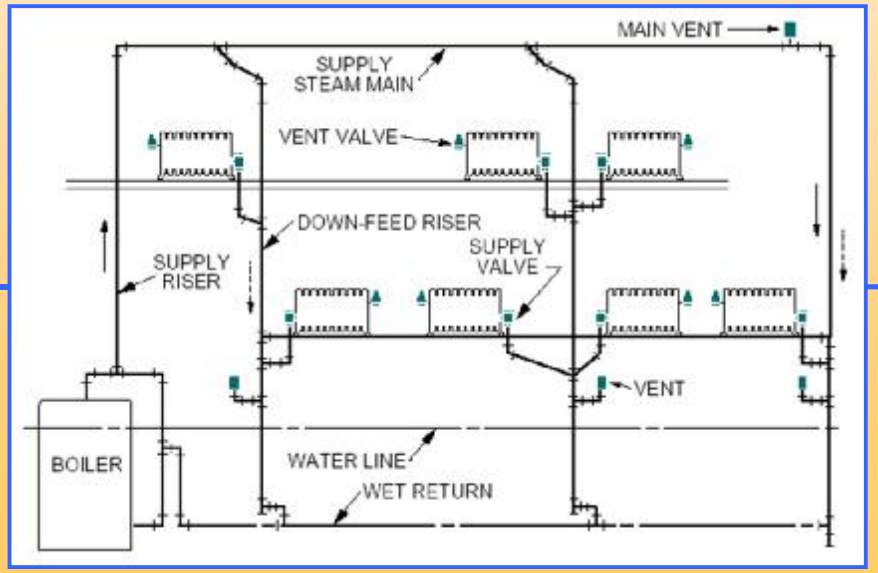
تقسیم‌بندی سیستم‌های بخار

جهت جریان بخار در رایزرها

UP FEED



DOWN FEED



http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم گرمایش با بخار

فشار بالا	بیش از 100 psig
فشار متوسط	15 تا 100 psig
فشار پایین	صفر تا 15 psig
بخار	تحت خلاء بدون پمپ خلاء
خلاء	تحت خلاء با پمپ خلاء

تعیین فشار کاری سیستم

تعیین محل وسایل گرمایشی، لوله‌های افقی و لوله‌های قائم روی نقشه پلان

تعیین گذر جرمی بخار در نقاط مختلف شبکه

$$\dot{m} = \frac{q}{h} \Rightarrow \dot{m} \approx \frac{q}{1000}$$

سیستم‌های فشار پایین

- $\dot{m}$ گذر جرمی بخار برحسب lb/hr
- q بار گرمایشی برحسب Btu/hr (بار گرمایشی در سیستم‌های بخار گاهی برحسب EDR بیان می‌شود که برابر 240 Btu/hr است)
- h گرمای نهان تبخیر آب برحسب But/lb

http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم گرمایش با بخار

تعیین اندازه لوله‌های تغذیه بخار و برگشت آب کندانس

اندازه لوله بخار

- **فشار اولیه و نرخ افت فشار بخار**
- **گذر جرمی بخار**
- **جهت حرکت بخار و آب کندانس در خطوط**

§ حداکثر کل افت فشار در خطوط تغذیه بخار و برگشت کندانس یک چهارم فشار اولیه سیستم است.

§ حداکثر نرخ افت فشار در خطوط تغذیه 2 psi در 100 ft و در خطوط برگشت کندانس 5/0 psi در 100 ft است.

اندازه لوله‌ها بر مبنای نرخ افت فشار کمتر محاسبه می‌گردد.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم گرمایش با بخار

SUPPLY

NOM. PIPE SIZE (in.)	PRESSURE DROP PER 100 FT													
	⅛ psi (1 oz)		⅛ psi (2 oz)		¼ psi (4 oz)		½ psi (8 oz)		¾ psi (12 oz)		1 psi		2 psi	
	SATURATED PRESSURE (PSIG)													
	3.5	12	3.5	12	3.5	12	3.5	12	3.5	12	3.5	12	3.5	12
¾	9	11	14	16	20	24	29	35	36	43	42	50	60	73
1	17	21	26	31	37	46	54	66	68	82	81	95	114	137
1¼	36	45	53	66	78	96	111	138	140	170	162	200	232	280
1½	56	70	84	100	120	147	174	210	218	260	246	304	360	430
2	108	134	162	194	234	285	336	410	420	510	480	590	710	850
2½	174	215	258	310	378	460	540	660	680	820	780	950	1,150	1,370
3	318	380	465	550	660	810	960	1,160	1,190	1,430	1,380	1,670	1,950	2,400
3½	462	550	670	800	990	1,218	1,410	1,700	1,740	2,100	2,000	2,420	2,950	3,450
4	726	800	950	1,160	1,410	1,690	1,980	2,400	2,450	3,000	2,880	3,460	4,200	4,900
5	1,200	1,430	1,680	2,100	2,440	3,000	3,570	4,250	4,380	5,250	5,100	6,100	7,500	8,600
6	1,920	2,300	2,820	3,350	3,960	4,850	5,700	7,000	7,200	8,600	8,400	10,000	11,900	14,200
8	3,900	4,800	5,570	7,000	8,100	10,000	11,400	14,300	14,500	17,700	16,500	20,500	24,000	29,500
10	7,200	8,800	10,200	12,600	15,000	18,200	21,000	26,000	26,200	32,000	30,000	37,000	42,700	52,000
12	11,400	13,700	16,500	19,500	23,400	28,400	33,000	40,000	41,000	49,500	48,000	57,500	67,800	81,000

RETURN

PIPE SIZE (in.)	PRESSURE DROP PER 100 FT																	
	½ psi (½ oz)			1/24 psi (⅔ oz)			⅛ psi (1 oz)			⅛ psi (2 oz)			¼ psi (4 oz)			½ psi (8 oz)		
	Wet*	Dry	Vac	Wet*	Dry	Vac	Wet*	Dry	Vac	Wet*	Dry	Vac	Wet*	Dry	Vac	Wet*	Dry	Vac
RETURN MAINS																		
¾						42			100			142			200			283
1	125	62		145	71	143	175	88	176	250	103	249	350	115	350			494
1¼	213	130		248	149	244	300	168	300	425	217	426	600	241	600			848
1½	338	206		393	236	388	475	265	475	675	340	674	950	378	950			1,340
2	700	470		810	535	815	1,000	575	1,000	1,400	740	1,420	2,000	825	2,000			2,830
2½	1,180	760		1,580	868	1,360	1,680	950	1,680	2,350	1,230	2,380	3,350	1,360	3,350			4,730
3	1,880	1,460		2,130	1,560	2,180	2,680	1,750	2,680	3,750	2,250	3,800	5,350	2,500	5,350			7,560
3½	2,750	1,970		3,300	2,200	3,250	4,000	2,500	4,000	5,500	3,230	5,680	8,000	3,580	8,000			11,300
4	3,880	2,930		4,580	3,350	4,500	5,500	3,750	5,500	7,750	4,830	7,810	11,000	5,380	11,000			15,500
5						7,880			9,680			13,700			19,400			27,300
6						12,600			15,500			22,000			31,000			43,800
RETURN RISERS																		
¾		48			48	143		48	175		48	249		48	350			494
1		113			113	244		113	300		113	426		113	600			848
1¼		248			248	388		248	475		248	674		248	950			1,340
1½		375			375	815		375	1,000		375	1,420		375	2,000			2,830
2		750			750	1,360		750	1,680		750	2,380		750	3,350			4,730
2½						2,180			2,680			3,800			5,350			7,560
3						3,250			4,000			5,680			8,000			11,300
3½						4,480			5,500			7,810			11,000			15,500
4						7,880			9,680			13,700			19,400			27,300
5						12,600			15,500			22,000			31,000			43,800

*Vac values may be used for wet return risers and mains.

طراحی سیستم گرمایش با بخار

تعیین محل، انتخاب نوع و محاسبه ظرفیت تله‌های بخار

§ عملکرد اصلی تله بخار نگه داشتن بخار در وسیله گرمایشی یا سیستم لوله‌کشی و عبور هوا و آب کندانس است.

§ با مشخص بودن کاربری، فشار کاری و گذر جرمی بخار، نوع و ظرفیت تله‌های بخار تعیین می‌گردد.

§ هرچند نوع تله بیش از هر چیز به کاربری آن بستگی دارد، اما عوامل دیگری نظیر هزینه، سهولت تعمیرات، اندازه تله، چیدمان خطوط و تجربیات فردی طراح نیز در این رابطه موثر است.

محل تله بخار

- خروجی وسایل گرمایشی
- زیر رایزرهای آب‌ریز در اتصال به لوله برگشت
- انتهای لوله رفت قبل از اتصال به لوله برگشت

انواع تله بخار

- تله‌های ترمواستاتیکی
- تله‌های ترمودینامیکی
- تله‌های مکانیکی

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم گرمایش با بخار

تعیین محل، انتخاب نوع و محاسبه ظرفیت تله‌های بخار

§ عملکرد اصلی تله بخار نگه داشتن بخار در وسیله گرمایشی یا سیستم لوله‌کشی و عبور هوا و آب کندانس است.

§ با مشخص بودن کاربری، فشار کاری و گذر جرمی بخار، نوع و ظرفیت تله‌های بخار تعیین می‌گردد.

§ هرچند نوع تله بیش از هر چیز به کاربری آن بستگی دارد، اما عوامل دیگری نظیر هزینه، سهولت تعمیرات، اندازه تله، چیدمان خطوط و تجربیات فردی طراح نیز در این رابطه موثر است.

محل تله بخار

- خروجی وسایل گرمایشی
- زیر رایزرهای آب‌ریز در اتصال به لوله برگشت
- انتهای لوله رفت قبل از اتصال به لوله برگشت

انواع تله بخار

- تله‌های ترمواستاتیکی
- تله‌های ترمودینامیکی
- تله‌های مکانیکی

http://www.mohandes-iran.com

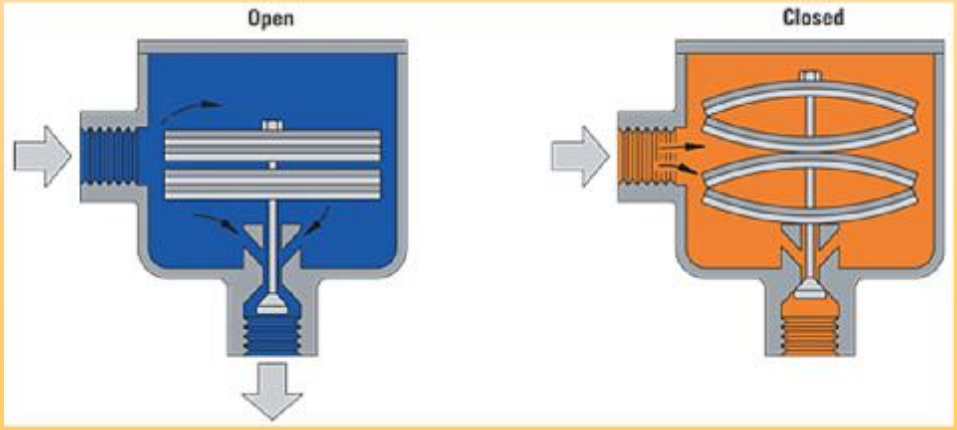
تله‌های بخار

THERMOSTATIC TRAPS

§ این نوع تله‌ها با واکنش نسبت به دمای سیال داخل تله عمل می‌کنند. در صورت وجود بخار، دهانه خروجی به دلیل بالا بودن دمای بخار بسته نگهداشته می‌شود. با پر شدن تله از آب کندانس، دمای المان حرارتی کم شده و مجرای خروجی باز می‌گردد.

§ از آنجا که برای عمل کردن تله ترمواستاتیکی، آب کندانس داخل تله باید خنک شود، در صورت استفاده از آن برای وسایل گرمایشی بهتر است حداقل 2 فوت فاصله بین خروجی وسیله گرمایشی و ورودی تله برای خنک شدن آب کندانس در نظر گرفته شود تا راندمان وسیله گرمایشی افزایش یابد.

§ مهمترین انواع تله‌های ترموستاتیکی عبارت است از: تله‌های آکاردئونی (فانوسی) و تله‌های بی‌متال.

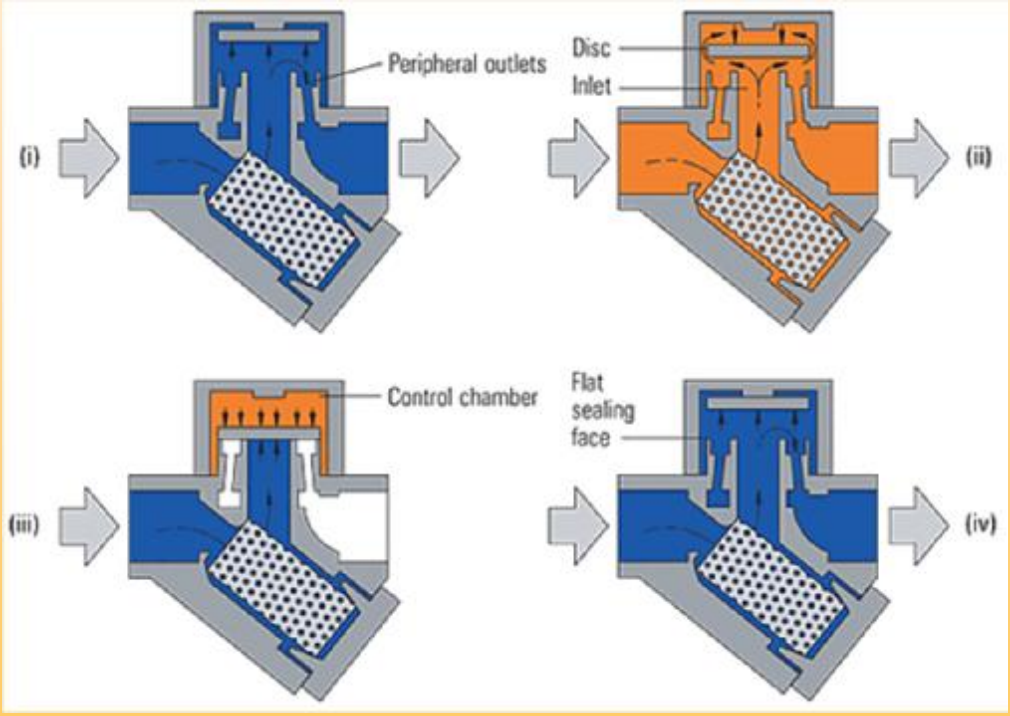


http://www.mohandes-iran.com

تله‌های بخار

THERMODYNAMIC TRAPS

§ این نوع تله‌ها بر پایه دینامیک جریان بخار و آب کندانس در مجرای داخلی تله بخار و عدم توازن فشار در دو طرف المـان فشارشکن تله عمل می‌کنند.



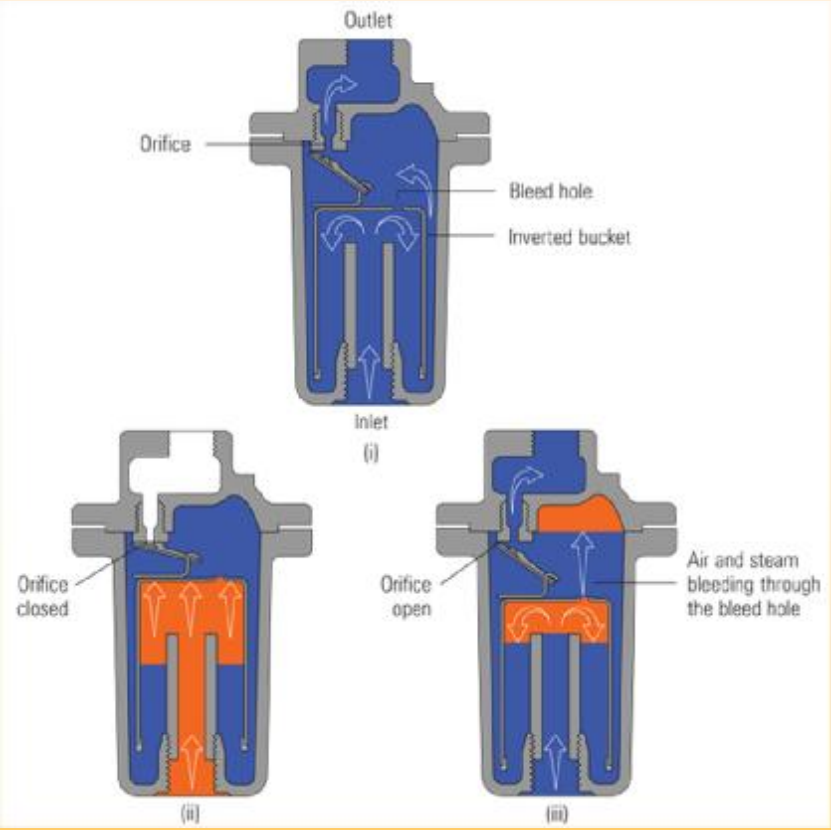
http://www.mohandes-iran.com

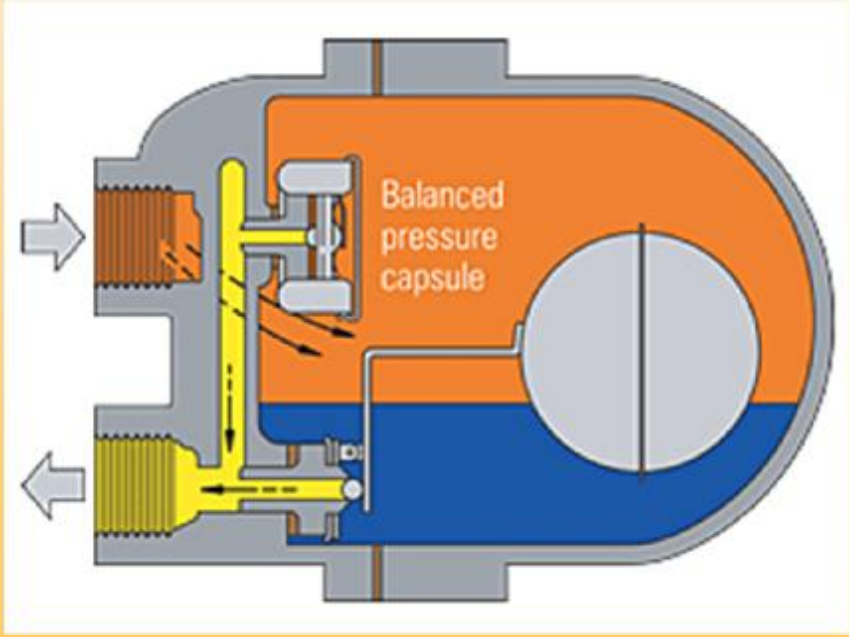
تله‌های بخار

MECHANICAL TRAPS

§ عملکرد این نوع تله‌ها، مکانیکی بوده و بر مبنای اختلاف چگالی بین بخار و آب کندانس قرار دارد. چگالی آب کندانس به مراتب بیش از چگالی بخار بوده و با پر شدن تله از آب دهانه خروجی تله باز می‌شود.

§ مهمترین انواع تله‌های مکانیکی عبارت است از:
تله‌های شناور- ترمواستاتیکی و تله‌های سطل وارون.





http://www.mohandes-iran.com

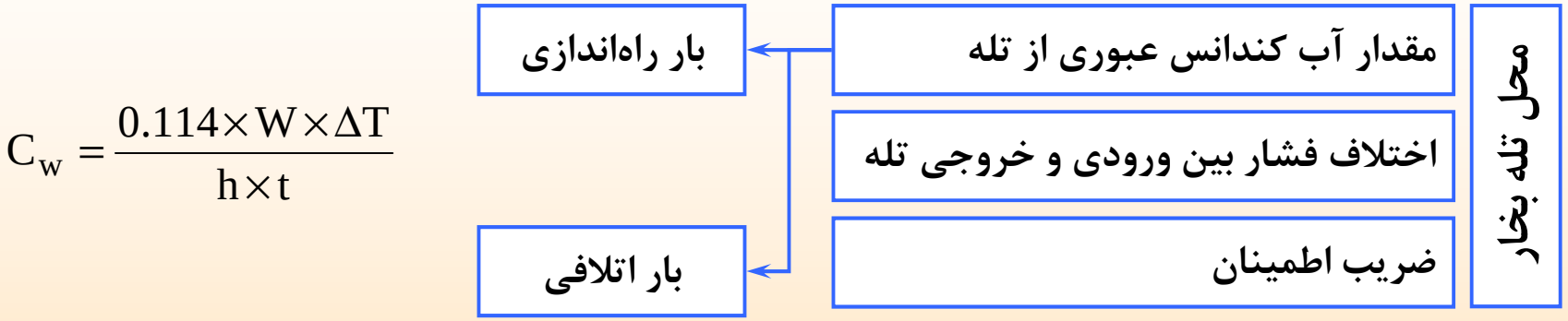
تله‌های بخار

STEAM TRAP SELECTION

Application		Thermo-static	Thermo-dynamic	Free Float	Inverted Bucket	Float & Thermostatic
Drip & Tracing						
Main Drip	to 30 PSIG	1		2	3	2
	to 300 PSIG	1	2	3	2	3
	to 650 PSIG	1	2			3
	to 2500 PSIG					
Steam Tracing		1	2	2	2	2
Process						
Heat Exchanger	to 20 PSIG	2		1	2	1
	to 150 PSIG	1		1	2	1
	to 300 PSIG	1		1	2	1
	to 600 PSIG			1		
Cooker/Reactor	to 15 PSIG	2		1	3	1
	to 60 PSIG	1		1	3	1
	to 150 PSIG	1		1	3	1
	to 600 PSIG	2		1		
Pressing	to 100 PSIG	1		1	2	1
	to 300 PSIG	1	2	2	2	
Reboiler		2		1	3	1
Rotating Cylinders		2*		1*	2	
Sterilizer		1		2		2
Tank Heating	Storage	1		2		2
	Line Heater	1		2		2
Evaporator				1	2	2
HVAC						
Air Heating Coils	to 15 PSIG	2		1	3	1
	to 60 PSIG	2		1	2	1
	to 250 PSIG	2		1		
Radiator		1				
Unit Heater		1		1	2	1
Absorption Chiller		2		1	2	1

http://www.mohandes-iran.com

تله‌های بخار



$$C_w = \frac{0.114 \times W \times \Delta T}{h \times t}$$

$$C_r = \frac{L \times K \times \Delta T}{h}$$

§ با گذشت زمان به تدریج بار راه‌اندازی کاهش و بار اتلافی افزایش یافته و لذا حداکثر بار در نقطه میانی سیکل راه‌اندازی اتفاق می‌افتد. بنابراین از مجموع بار راه‌اندازی و نصف بار اتلافی به منظور تعیین میزان آب کندانس استفاده می‌شود.

§ دلایل اعمال ضریب اطمینان برای انتخاب تله‌های بخار:

الف) متغیر بودن فشار در ورودی و خروجی تله‌های بخار و لذا تغییر ظرفیت آنها

ب) امکان ورود آب کندانس به خط بخار یا وسایل گرمایشی در مرحله راه اندازی

ج) عدم خروج هوا از شبکه بخار در صورت پیوسته بودن جریان آب کندانس

Safety Factor	
Draining steam main	3 to 1
Draining steam riser	2 to 1
Draining valves	3 to 1
Draining coils	3 to 1
Draining apparatus	3 to 1

http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم گرمایش با بخار

محاسبه ظرفیت مخزن و پمپ برگشت کندانس

§ چنانچه ارتفاع پایین‌ترین وسیله گرمایشی برای برگشت طبیعی آب کندانس به دیگ تحت نیروی ثقل، کافی نباشد، پمپ کندانس به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

§ پمپ‌های کندانس معمولاً از نوع گریز از مرکز بوده و دارای مخزن و شناور خودکار است.

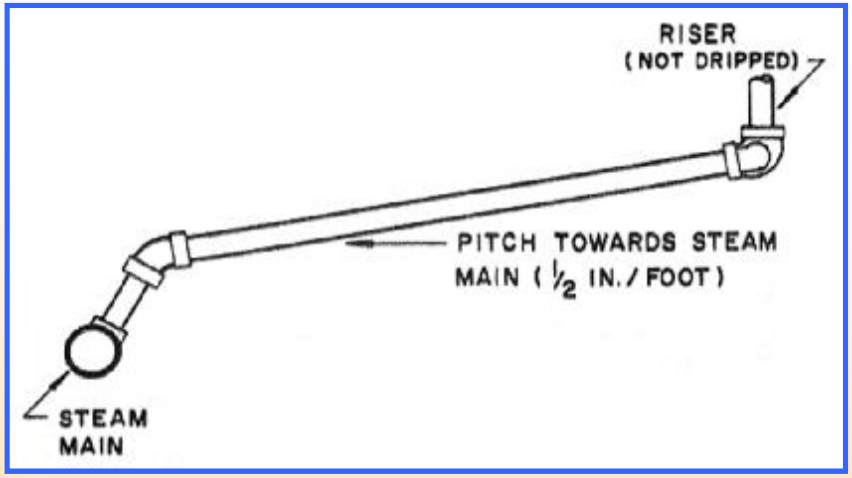
§ ظرفیت پمپ کندانس معادل 5/2 تا 3 برابر جریان معمول شبکه در نظر گرفته می‌شود.

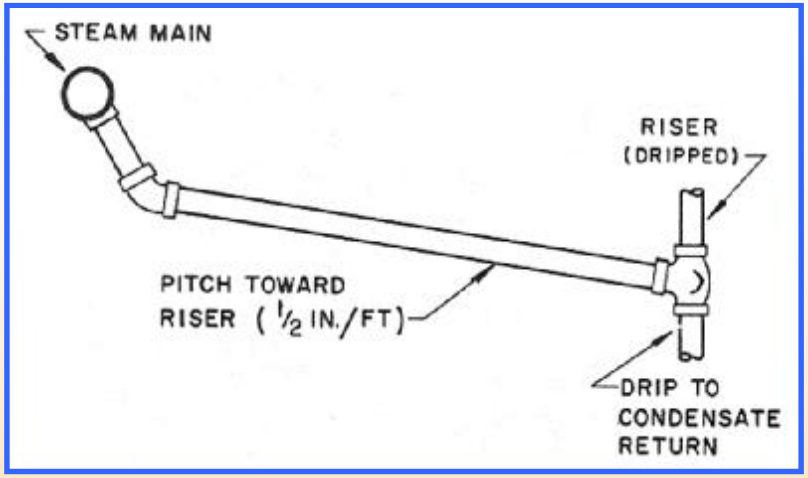
§ اندازه مخزن کندانس به نحوی تعیین می‌گردد که از نوسان زیاد سطح آب دیگ جلوگیری نماید. به این منظور حجم مخزن کندانس معادل 5/1 برابر مقدار کندانس شبکه بخار در یک دقیقه در نظر گرفته می‌شود.

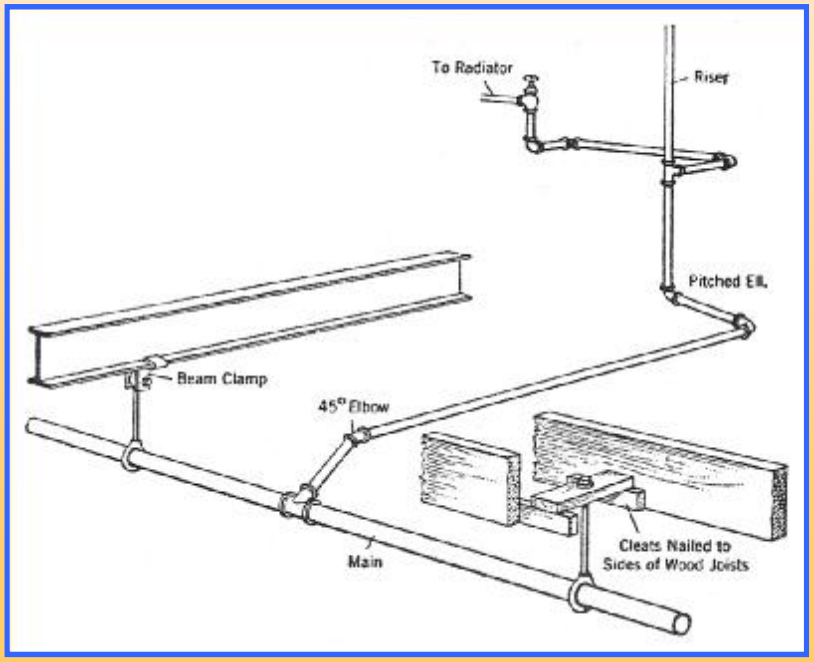
http://www.mohandes-iran.com

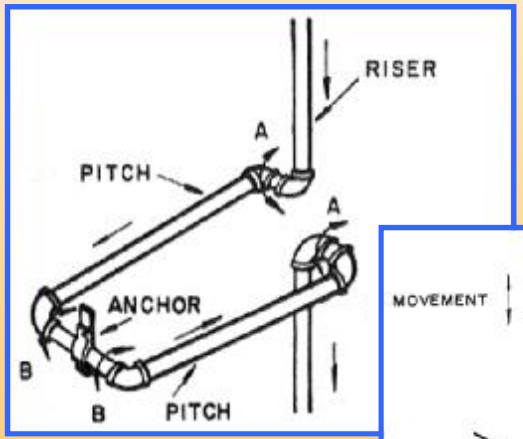
نکات اجرایی در لوله‌کشی بخار

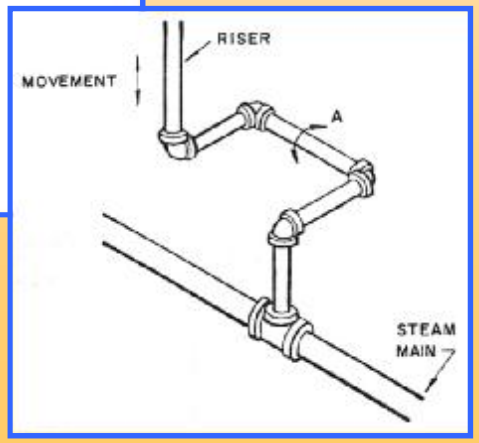
STEAM PIPING





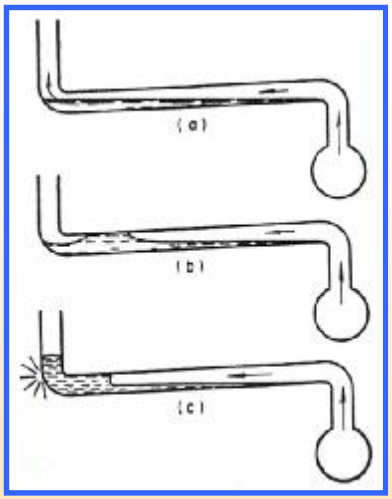






http://www.mohandes-iran.com

نکات اجرایی در لوله‌کشی بخار



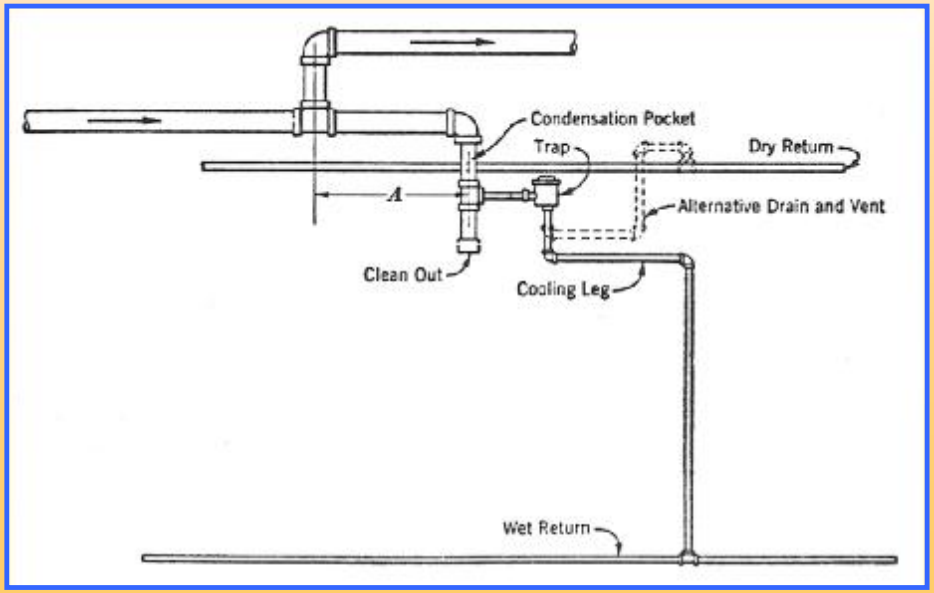
§ مطابق شکل، چنانچه شیب خطوط اصلی بخار نامناسب باشد، احتمال وقوع ضربه قوچ در لوله وجود خواهد داشت.

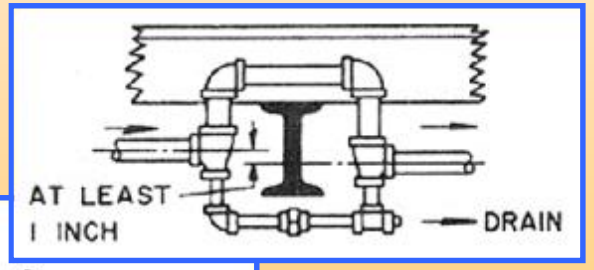
§ موارد زیر در جلوگیری از وقوع ضربه قوچ موثر است:

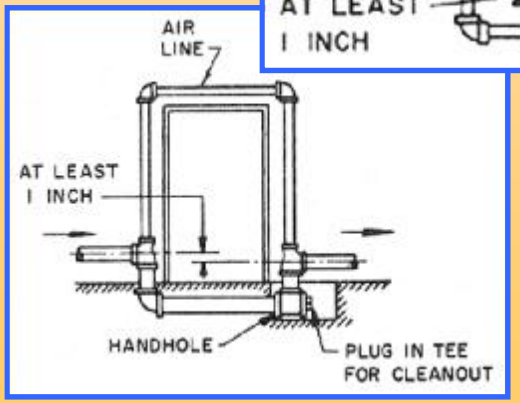
الف) شیب مناسب لوله‌ها

ب) جلوگیری از تجمع آب در لوله‌ها

ج) انتخاب مناسب اندازه لوله‌ها بویژه چنانچه جریان بخار و کندانس مختلف‌الجهت باشد.



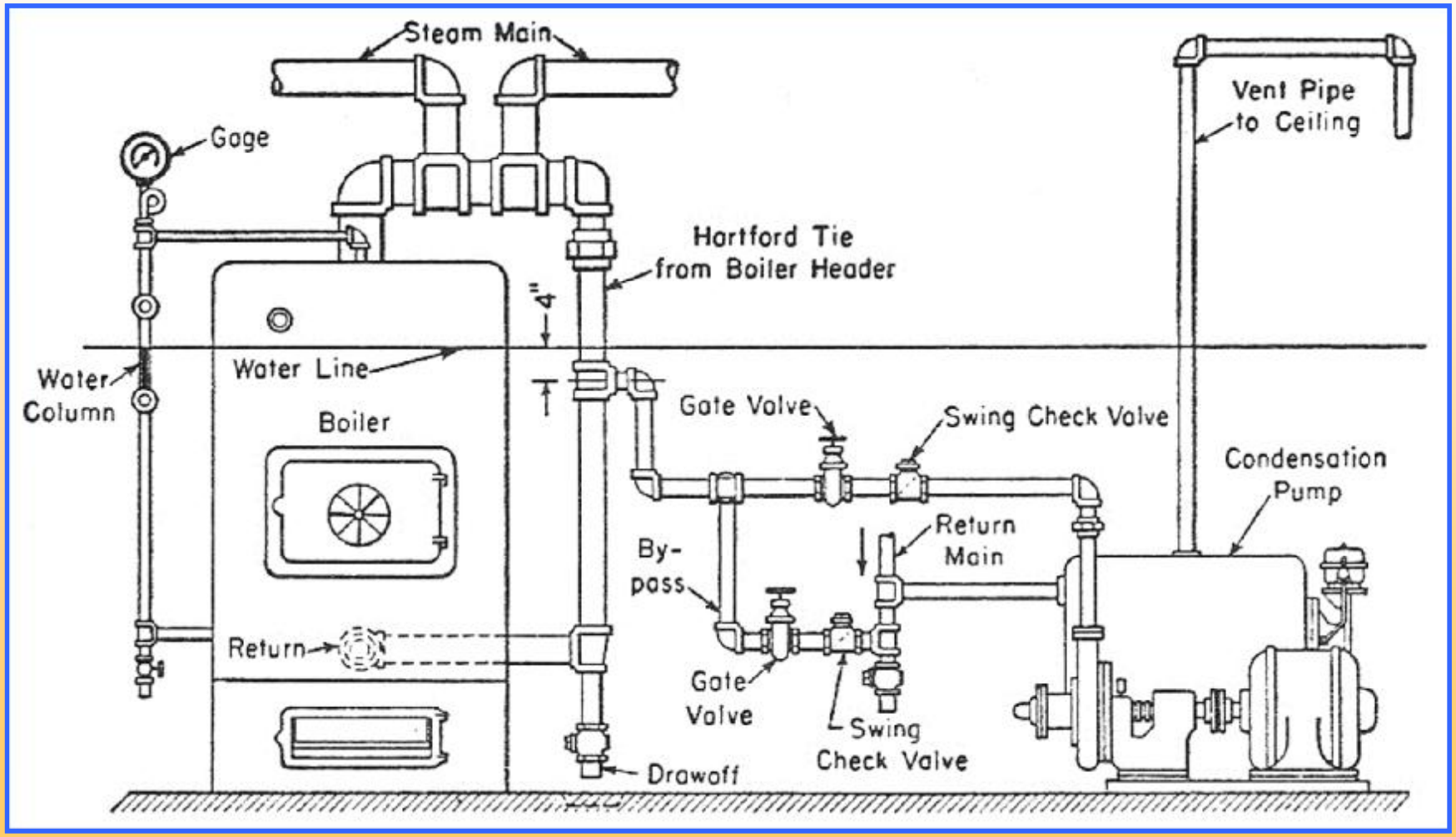




http://www.mohandes-iran.com

نکات اجرایی در لوله‌کشی بخار

BOILER PIPING



http://www.mohandes-iran.com

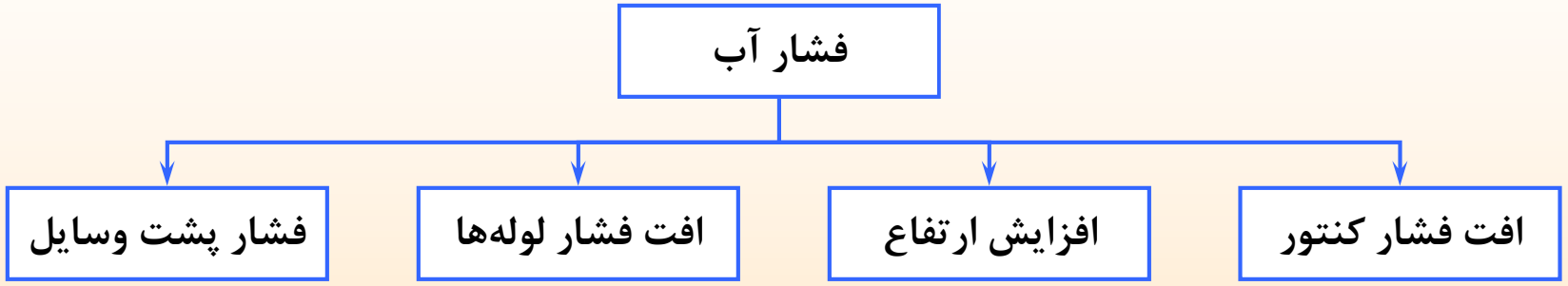
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

تامین فشار آب ساختمان



§ فشار آب در شبکه شهری معمولاً بین 2 تا 4 اتمسفر است.

§ به دلیل اختلاف فشار آب شهری در نقاط مختلف و عدم وجود اطلاعات کافی در این خصوص، مهندس طراح باید با توجه به تجربیات قبلی و یا با بررسی فشار آب در اماکن مجاور محل احداث ساختمان در مورد کافی بودن فشار آب شهر تصمیم‌گیری نماید.

§ حداقل فشار لازم در پشت وسایل بهداشتی معمولاً 1 بار و افت فشار مجاز در کنتور آب حداکثر 1 بار است.

§ از آنجا که افت‌های اصطکاکی در مقایسه با کاهش فشار ناشی از افزایش ارتفاع معمولاً ناچیز است، ارتفاع ساختمان اصلی‌ترین عامل در تعیین امکان استفاده از فشار آب شهر به شمار می‌آید. عموماً فشار آب شهر برای ساختمانهای تا 5 طبقه جوابگو بوده و در مورد ساختمانهای بلندتر احتمال کمبود فشار وجود خواهد داشت.

http://www.mohandes-iran.com

مخازن ثقلی و تحت فشار

§ در صورتیکه آب ساختمان از منابعی نظیر چاه، قنات یا رودخانه تامین شده و یا فشار آب شهر برای رساندن آب به طبقات بالای ساختمان کافی نباشد، می‌توان از مخزن ثقلی یا مخزن تحت فشار به منظور تامین فشار مورد نیاز شبکه استفاده نمود.

§ مخزن ثقلی روی برج و یا روی پشت بام و حداقل 6 فوت بالاتر از بالاترین وسیله بهداشتی نصب شده و به این ترتیب فشار مورد نیاز به دلیل نیروی ثقل تامین می‌شود.

§ مهمترین مشکل مخزن ثقلی لزوم تقویت سازه برای تحمل وزن آن است. در مخازن تحت فشار، فشار آب لازم با استفاده از بالشتک هوا ایجاد شده و لذا می‌توان آنها را در هر جای ساختمان حتی در موتورخانه نیز نصب نمود.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه توزیع آب

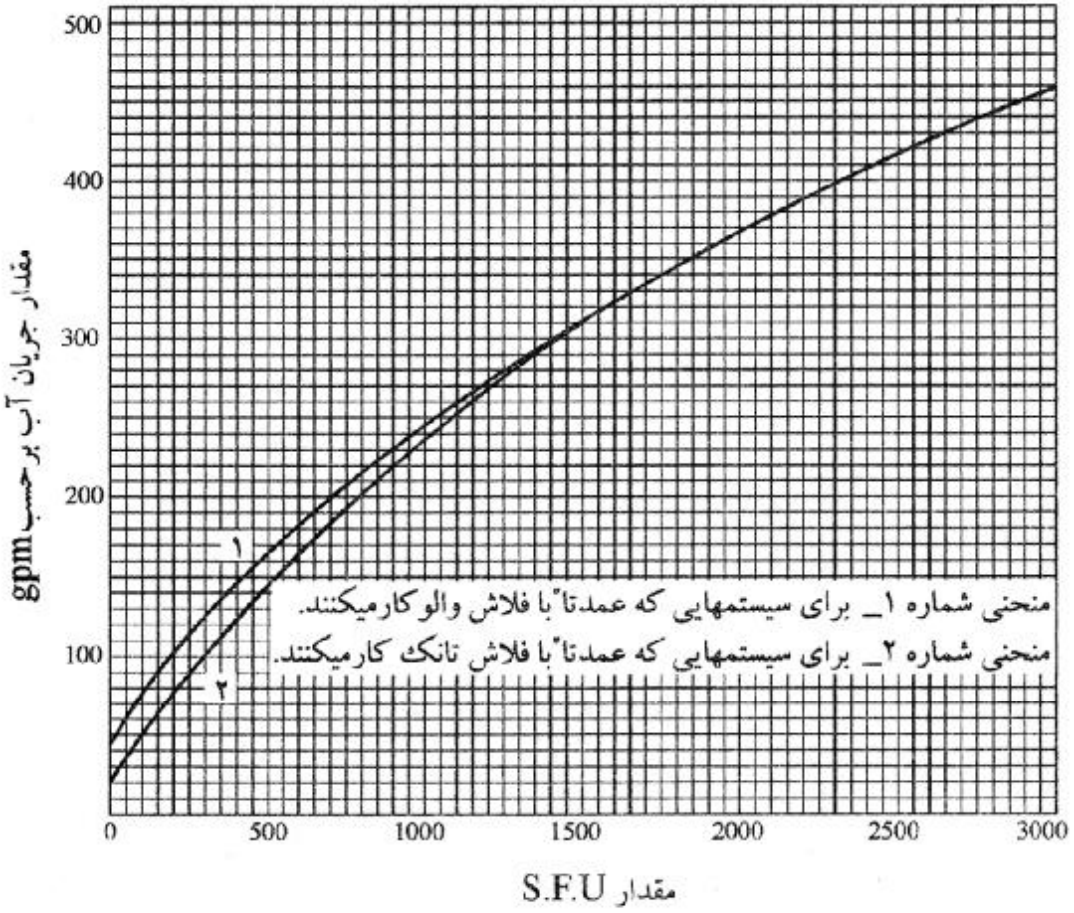
1. تعیین نوع سیستم توزیع آب
2. تعیین مسیر لوله‌کشی روی نقشه
3. تعیین تعداد واحد مصرف وسایل

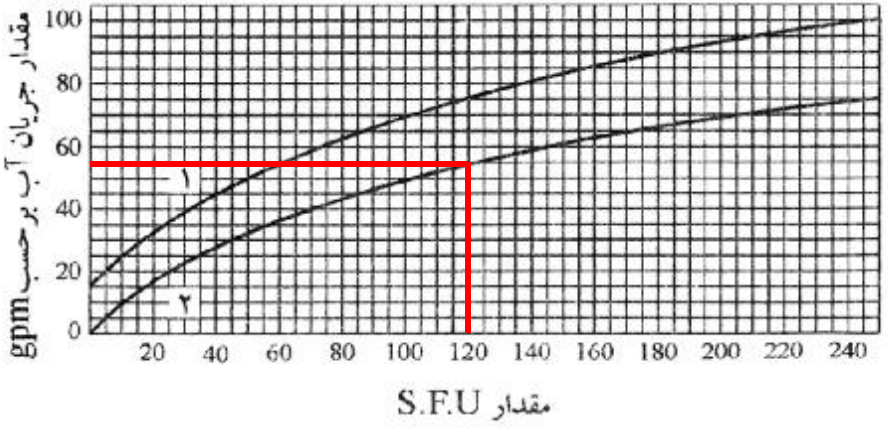
لوازم بهداشتی	نوع تصرف، سکونت یا اشغال	نوع کنترل	مقدار S.F.U		
			سرد	گرم	کل
توالت	عمومی	فلاش والو $1\frac{1}{4}$"	۱۰		۱۰
توالت	عمومی	فلاش تانک	۵		۵
پیسوار	عمومی	فلاش والو ۱" (۲۵٫۴mm)	۱۰		۱۰
پیسوار	عمومی	فلاش والو $\frac{3}{4}$" (۱۹mm)	۵		۵
پیسوار	عمومی	فلاش تانک	۳		۳
دستشویی	عمومی	شیر	۱٫۵	۱٫۵	۲
وان	عمومی	شیر	۳	۳	۶
دوش	عمومی	شیر مخلوط	۳	۳	۶
سینک عمومی	ادارت، غیره	شیر	۲٫۲۵	۲٫۲۵	۳
سینک آشپزخانه	هتل، رستوران	شیر	۳	۳	۶
آبخوری	ادارت، غیره	شیر $\frac{3}{8}$" (۹٫۵۲mm)	۰٫۲۵		۰٫۲۵
توالت	خصوصی	فلاش والو $1\frac{1}{4}$"	۶		۶
توالت	خصوصی	فلاش تانک	۲٫۲		۲٫۲
دستشویی	خصوصی	شیر	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۷
وان	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
دوش	خصوصی	شیر مخلوط	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
سینک آشپزخانه	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
سینک رختشویی	خصوصی	شیر	۱٫۰	۱٫۰	۱٫۴
لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش والو	۶	۳	۸
لوازم بهداشتی یک حمام کامل	خصوصی	فلاش تانک	۲٫۷	۱٫۵	۳٫۶
ماشین ظرفشویی	خصوصی	اتوماتیک		۱٫۴	۱٫۴
ماشین رختشویی ۳٫۶ کیلوگرم	خصوصی	اتوماتیک	۱	۱	۱٫۴
ماشین رختشویی ۳٫۶ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۲٫۲۵	۲٫۲۵	۳
ماشین رختشویی ۷٫۳ کیلوگرم	عمومی	اتوماتیک	۳	۳	۴

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه توزیع آب

4 تعیین میزان واقعی تقاضای آب در شاخه‌های مختلف





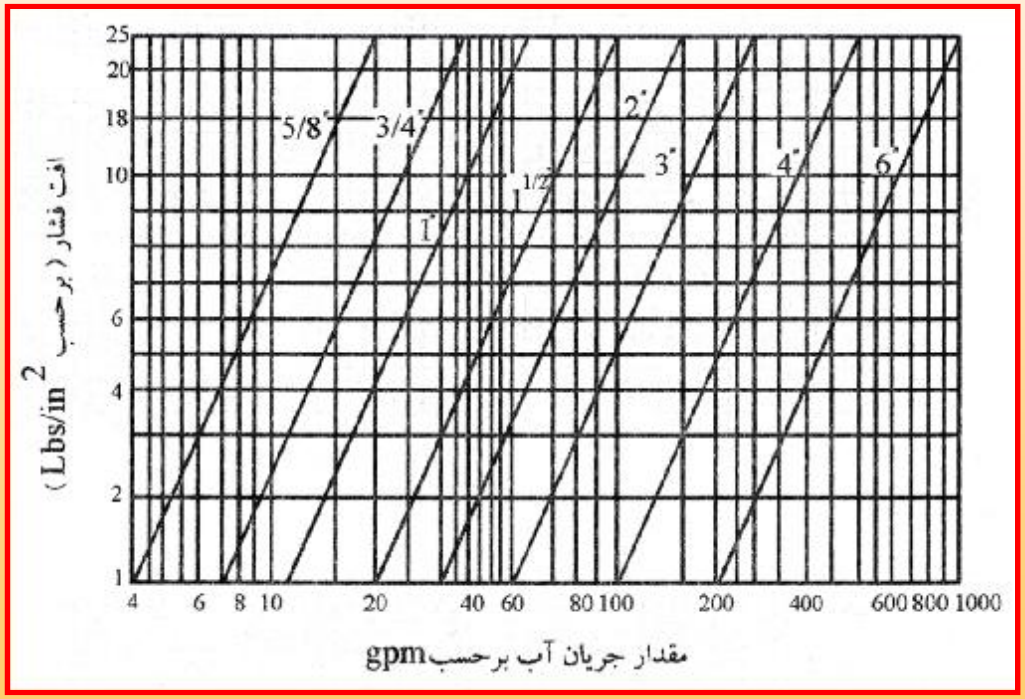
http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه توزیع آب

تعیین نرخ افت فشار در شبکه

$$\Delta p_l = p_s - \Delta p_m - 0.43H - p_f$$

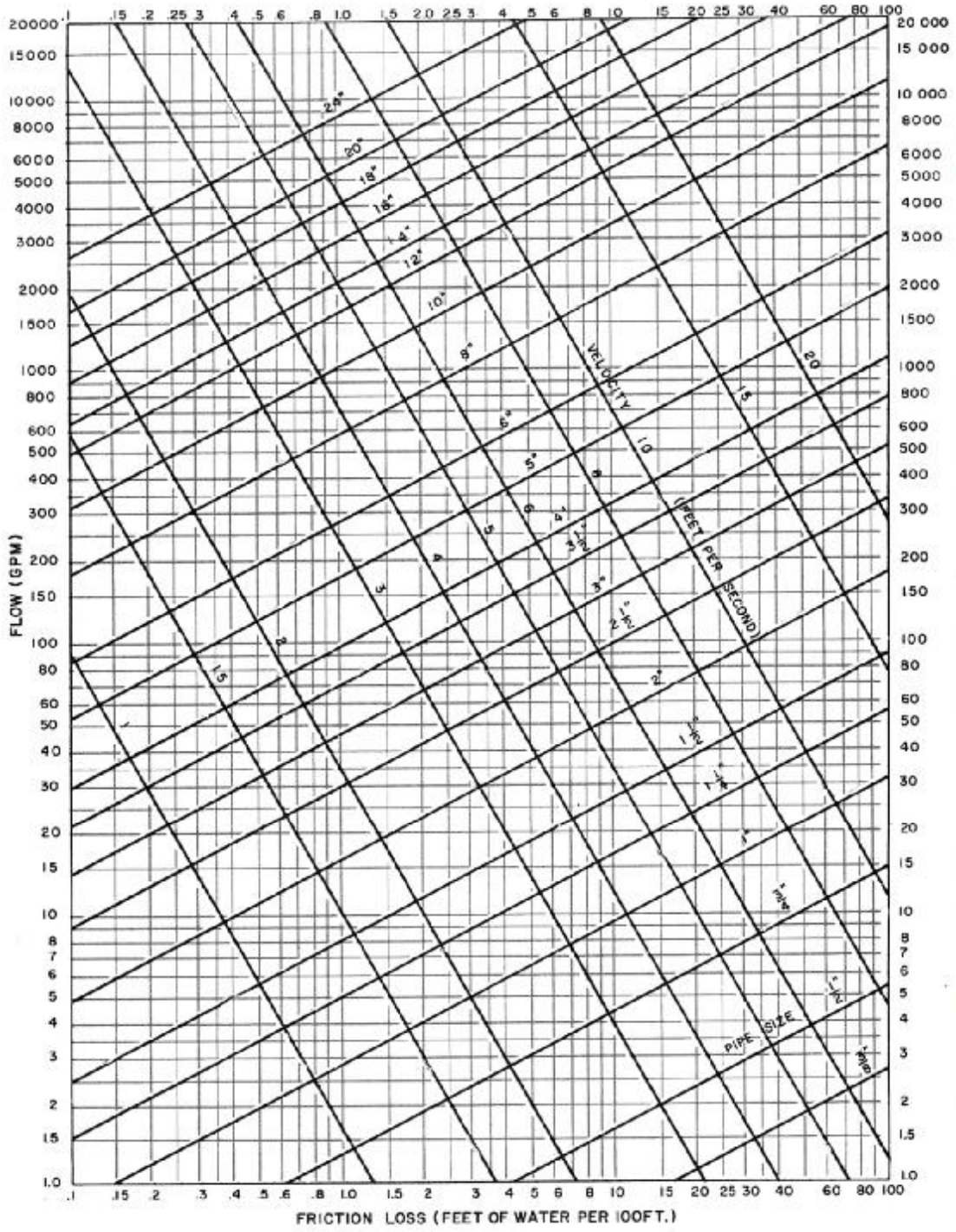
- Δp_l حداکثر افت فشار اصطکاکی برحسب psi
- p_s فشار آب شهر برحسب psi
- Δp_m افت فشار در کنتور آب برحسب psi
- H اختلاف ارتفاع تراز نصب کنتور تا محل نصب بالاترین وسیله بهداشتی برحسب ft
- p_f حداقل فشار لازم در پشت بالاترین وسیله بهداشتی برحسب psi



نمودار افت فشار در کنتورهای آب دیسکی

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه توزیع آب



6 تعیین قطر لوله‌های شبکه

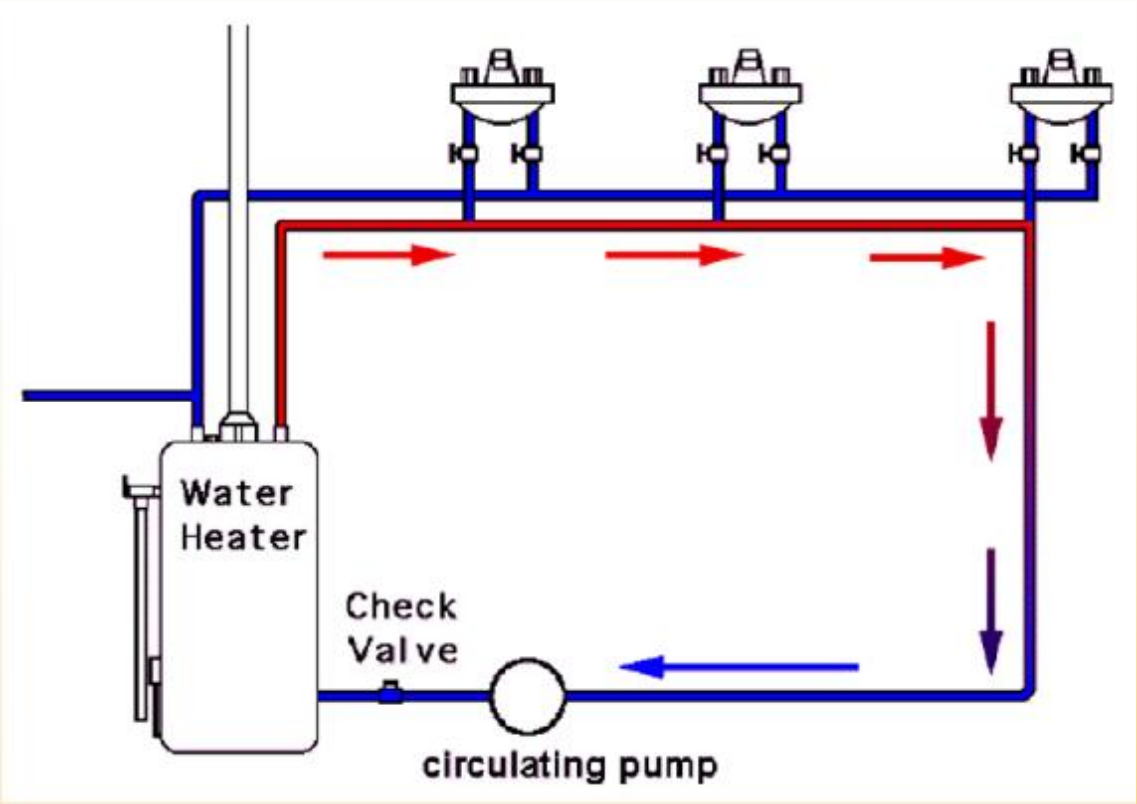
§ محدوده مجاز سرعت جریان آب بین 2 تا 6 fps بوده و بنابراین هر نرخ افت فشاری که از رابطه قبل بدست آید، نمی‌تواند معیار طراحی شبکه قرار گیرد.

§ افت فشار محاسبه شده از رابطه قبل حداکثر میزان مجاز بوده و الزامی برای کمتر نبودن افت فشار وجود ندارد. در صورت کمتر بودن نرخ افت فشار، در نهایت فشار آب در پشت وسایل بهداشتی بیشتر خواهد بود.

§ مطابق مقررات ملی ساختمان حداکثر فشار آب در پشت شیرهای مصرف 4 بار بوده و لذا در صورت استفاده از فشار آب شهری، هیچگاه فشار در پشت شیر وسایل بهداشتی بیشتر از حد مجاز نخواهد بود.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی سیستم سیرکولاسیون آب گرم



§ طبق استاندارد ASHRAE چنانچه طول مسیر لوله‌کشی بیشتر از 100 فوت باشد، نصب سیستم سیرکولاسیون آب گرم ضروری است.

§ مراحل طراحی این سیستم دقیقاً مشابه شبکه توزیع آب مصرفی بوده و تنها روش محاسبه دبی آب گردشی متفاوت می‌باشد.

§ در شبکه‌های کوچک می‌توان به ازای هر 20 واحد مصرف، 1 gpm دبی برای پمپ سیرکولاتور در نظر گرفت.

شبکه‌های بزرگ → تعیین طول لوله‌کشی رفت و برگشت آب گرم → تعیین اتلافات حرارتی از لوله‌های آب گرم → تعیین دبی پمپ سیرکولاتور آب گرم

60 Btu/hr.ft بدون عایق
30 Bru/hr.ft 1 اینچ پشم شیشه

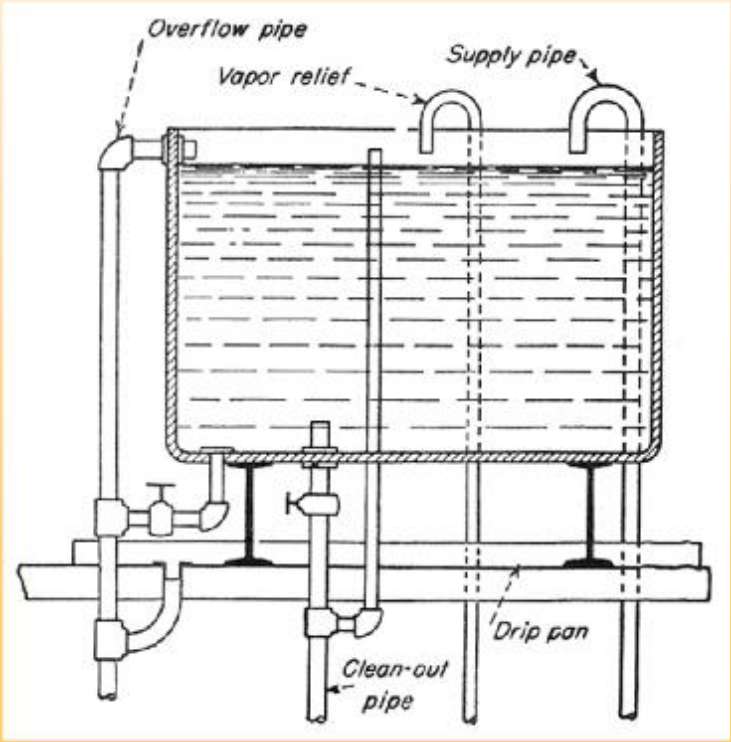
$$Q = \frac{q}{10000}$$

http://www.mohandes-iran.com

مخزن ذخیره آب

مزایای مخزن ذخیره آب

- **تامین آب مورد نیاز ساختمان به هنگام قطع شبکه آب شهری**
- **جلوگیری از انتقال حداکثر مصرف آب ساختمان به شبکه آب شهری**
- **کنترل فشار آب مورد نیاز ساختمان**



برای ساختمان‌های مسکونی با بیش از 4 طبقه یا بیش از 10 واحد مسکونی پیش‌بینی مخزن ذخیره آب ضروری است.

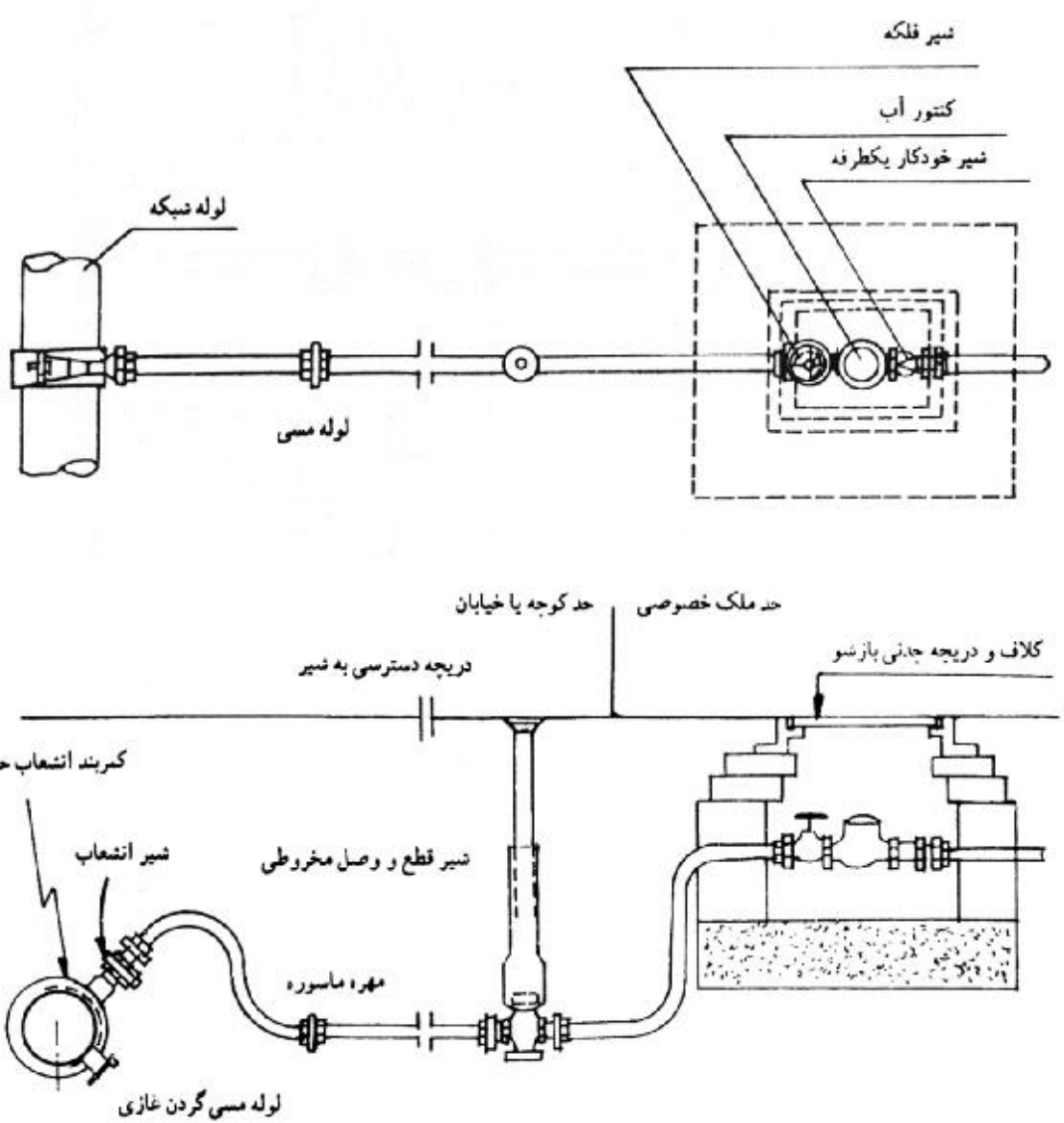
حجم مخزن ذخیره آب باید حداقل برای 12 ساعت مصرف، بر اساس 150 لیتر برای هر نفر در شبانه روز، محاسبه شود.

چنانچه حجم مخزن بیشتر از 4000 لیتر باشد، به جای یک مخزن باید حداقل دو مخزن به صورت موازی نصب گردد تا در هنگام تعمیر یا تمیز کردن یکی از مخازن، آب ساختمان قطع نشود.

قطر لوله تهویه باید حداقل برابر قطر لوله تغذیه آب و قطر لوله سرریز حداقل دو برابر آن باشد. نصب شیر روی لوله سرریز مجاز نیست.

http://www.mohandes-iran.com

نکات اجرایی شبکه توزیع آب



§ در صورت استفاده از مخزن ثقلی یا تحت فشار، نصب مستقیم پمپ روی لوله انشعاب آب شهری مجاز نیست.

§ در نقاط بالای شبکه که احتمال محبوس شدن هوا وجود داشته باشد، باید شیر هواگیری نصب گردد.

§ در زیر هر یک از رایزرهای ساختمان باید شیر قطع و وصل و در زیر آن شیر تخلیه نصب شود.

§ نصب شیر قطع و وصل و یک‌طرفه در نقاط زیر ضروری است:

الف) ورودی هر واحد آپارتمانی

ب) ورودی هر نوع مخزن تحت فشار

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

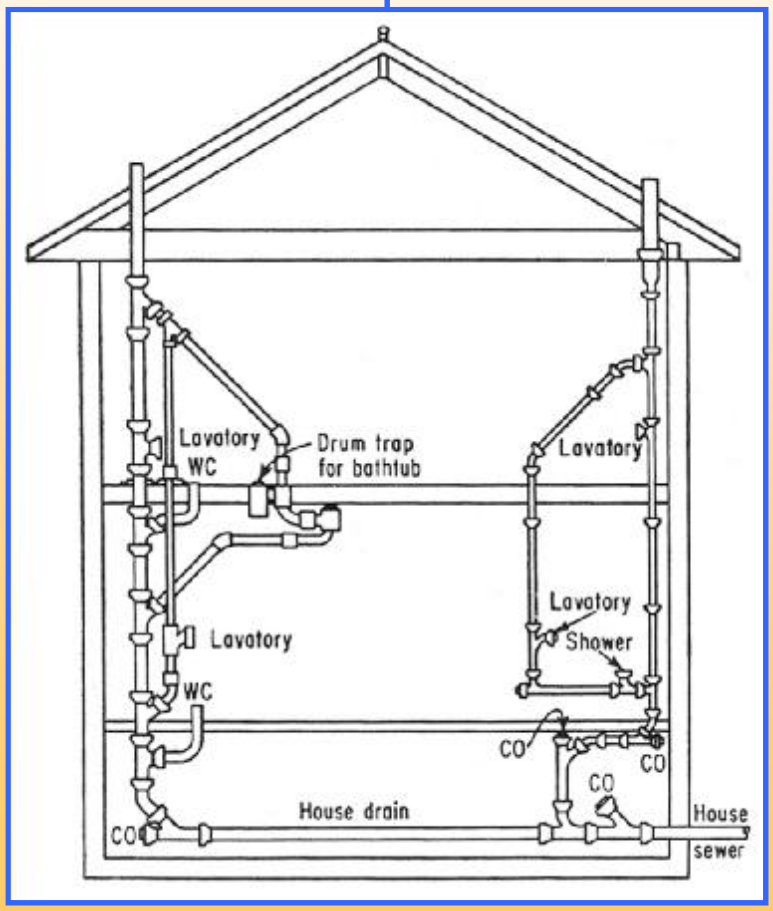
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

اجزای شبکه فاضلاب

- لوله‌های اصلی ساختمان
  - دریچه‌های بازدید
- لوله‌های شبکه آب باران
  - لوله‌های تهویه
- لوله‌های فاضلاب سبک
  - لوله‌های فاضلاب سنگین
- وسایل بهداشتی
  - سیفون



§ متاسفانه در حال حاضر تعداد بسیار کمی از شهرهای ایـران دارای شبکه فاضلاب شهری بوده و لذا عمدتاً از چاه جذبی استفاده می‌شود.

§ معمولاً محل چاه جذبی توسـط مهنـدس طـراح مشـخص شـده و حجم آن توسط پیمانکار، با توجه به شناختی که از میزان جذب خاک منطقه دارد، به هنگام اجرا تعیین می‌گردد.

§ هرچند حجم چاه جزبی در نقشه‌های تاسیساتی مشخص نمی‌شود، تقریباً 8 مترمکعب به ازای هر نفر برای دوره‌ای 20 ساله کافی است.

§ محل چاه باید در مکانی باشد که وزن پی‌هـای سـاختمان روی آن نبوده و در صورت امکان حداقل عبور و مرور از روی آن انجام شود.

§ اگر نفوذ خاک کافی نبوده و یا بدلیل بالا بودن سطح آبهـای زیـر-زمینی حفر چاه امکان‌پذیر نباشد، از سپتیک تانک استفاده می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

1 تعیین مسیر لوله‌های افقی، قائم و لوله افقی اصلی ساختمان روی نقشه پلان

- جانمایی وسایل بهداشتی معمولاً توسط مهندس معمار تعیین شده و با توجه به آن، مسیر شبکه فاضلاب توسط مهندس تاسیسات طراحی می‌گردد.
- مسیر لوله‌ها باید حتی‌الامکان ساده و مستقیم باشد.
- کلیه اتصالات زانو و سه راه شبکه فاضلاب با اتصال 45 درجه طراحی و اجرا شده و باید از اتصالات 90 درجه در مسیر عبور جریان خودداری نمود.
- به دلیل شیب‌دار بودن لوله‌های افقی، حتی‌الامکان باید از طراحی شبکه فاضلاب با لوله‌های افقی بلند اجتناب نمود، زیرا احتمال گرفتگی لوله‌ها بیشتر شده و به علاوه ارتفاع سقف کاذب جهت نصب لوله‌ها نیز بیش از اندازه زیاد می‌شود.
- لوله‌های قائم فاضلاب عموماً در کنج دیوار یا در شفت تاسیساتی قرار داده می‌شوند.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

تعیین محل دریچه‌های بازدید

- بالاترین نقطه در لوله‌های افقی (وسایل بهداشتی خود می‌توانند به عنوان دریچه بازدید استفاده گردند)
- محل تغییر امتداد با زاویه بیشتر از 45 درجه در لوله‌های افقی
- پایین‌ترین نقطه لوله قائم فاضلاب، قبل از زانویی اتصال به لوله افقی اصلی ساختمان
- روی لوله افقی اصلی ساختمان در فواصل حداکثر 30 متری

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

تعیین تعداد واحد مصرف وسایل بهداشتی

برای تخلیه فاضلاب از وسایل و سیستم‌هایی نظیر پمپ‌ها و تاسیسات گرمایشی- سرمایشی که تخلیه آب یا فاضلاب از آنها به‌طور پیوسته یا نیمه پیوسته صورت می‌گیرد، به ازای هر گالن در دقیقه برای تخلیه پیوسته 2 واحد مصرف و برای تخلیه نیمه پیوسته 1 واحد مصرف در محاسبات اندازه لوله منظور می‌گردد.

لوازم بهداشتی	مقدار D.F.U.	قطر نامی سیفون اینچ
لولهٔ علم تخلیه ماشین رختشویی - تجاری	۳	۲
لوله علم تخلیه ماشین رختشویی- خانگی	۲	۲
گروه لوازم بهداشتی یک حمام کامل	۶	
وان	۲	۱½
بیده	۱	۱¼
صندلی دندانپزشکی	۱	۱¼
ماشین ظرفشویی - خانگی	۲	۱½
آبخوری	½	۱¼
کفشوی	۲	۲
سینک آشپزخانه	۲	۱½
سینک رختشویی	۲	۱½
دستشویی	۱	۱¼
دوش	۲	۱½
سینک	۲	۱½
پیسوار	۴	۲
توالت، غیرعمومی	۴	+
توالت، عمومی	۶	+

+ قطر نامی سیفون توالت ایرانی و توالت غربی برابر دهانهٔ خروجی توالت

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

تعیین شیب لوله‌های افقی و لوله افقی اصلی ساختمان

§ مناسب‌ترین شیب لوله‌های افقی شیب 2% بوده و بهتر است در تمام طول شبکه ثابت باقی بماند.

§ در صورت نیاز به اجرای شیب کمتر، مقدار آن نباید از مقادیر مندرج در جدول زیر کمتر باشد:

قطر نامی لوله		حداقل شیب	
میلی‌متر	اینچ	درصد	اینچ بر فوت طول
تا ۶۵	تا $2\frac{1}{2}$	۲	$\frac{1}{4}$
۸۰ تا ۱۵۰	۳ تا ۶	۱	$\frac{1}{8}$
۲۰۰ و بزرگتر	۸ و بزرگتر	۰/۵	$\frac{1}{16}$

شیب بیش از حد لوله‌های افقی فاضلاب، موجب افزایش سرعت سیال در لوله‌ها و ایجاد مکش سیفونی در وسایل بهداشتی متصل به لوله می‌گردد. بنابراین شیب لوله‌های افقی نباید از 4% تجاوز کند.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

5 تعیین قطر لوله‌های افقی و لوله‌های قائم

قطر نامی لوله قائم فاضلاب از پایین تا بالای ساختمان بهتر است تغییر نکند، مگر آنکه در طبقات بالا قطر نامی لوله از نصف قطر نامی لوله در پایین ساختمان کمتر شود.

حداقل قطر لوله‌های افقی و قائم فاضلاب سبک 2 اینچ و حداقل قطر لوله‌های افقی و قائم فاضلاب سنگین 4 اینچ بوده و قطر هیچ یک از لوله‌ها به هیچ عنوان نباید از قطر قطورترین لوله متصل به آن کمتر باشد.

قطر نامی لوله		بیشترین مقدار D.F.U.			
		کل D.F.U.	لوله‌های قائم		
DN	اینچ	برای شاخهٔ افقی	کل D.F.U. برای انشعاب هر طبقه	کل D.F.U. برای سه طبقه انشعاب	کل D.F.U. برای بیش از سه طبقه انشعاب
۵۰	۲	۶	۶	۱۰	۲۴
۸۰	۳	۲۰	۲۰	۴۸	۷۲
۱۰۰	۴	۱۶۰	۹۰	۲۴۰	۵۰۰
۱۲۵	۵	۳۶۰	۲۰۰	۵۴۰	۱۱۰۰
۱۵۰	۶	۶۲۰	۳۵۰	۹۶۰	۱۹۰۰
۲۰۰	۸	۱۴۰۰	۶۰۰	۲۲۰۰	۳۶۰۰
۲۵۰	۱۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰	۳۸۰۰	۵۶۰۰
۳۰۰	۱۲	۳۹۰۰	۱۵۰۰	۶۰۰۰	۸۴۰۰

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه فاضلاب بهداشتی

تعیین قطر لوله افقی اصلی ساختمان

قطر لوله (بر حسب اینچ)	حداکثر تعداد D.F.U. که به هر قسمت از لولهٔ اصلی افقی متصل می‌شود، به اضافهٔ شاخه‌هایی که به طور مستقیم به این لوله وصل می‌شود.			
	شیب در هر فوت طول			
	1/16 Inch (0.5%)	1/8 Inch/ft (1%)	1/4 Inch/ft (2%)	1/2 Inch/ft (4%)
۲			۲۱	۲۶
۳		۳۶	۴۲	۵۰
۴		۱۸۰	۲۱۶	۲۵۰
۵		۳۹۰	۴۸۰	۵۷۵
۶		۷۰۰	۸۴۰	۱۰۰۰
۸	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۱۹۲۰	۲۳۰۰
۱۰	۲۵۰۰	۲۹۰۰	۳۵۰۰	۴۲۰۰
۱۲	۲۹۰۰	۴۶۰۰	۵۶۰۰	۶۷۰۰
۱۵	۷۰۰۰	۸۳۰۰	۱۰۰۰۰	۱۲۰۰۰

http://www.mohandes-iran.com

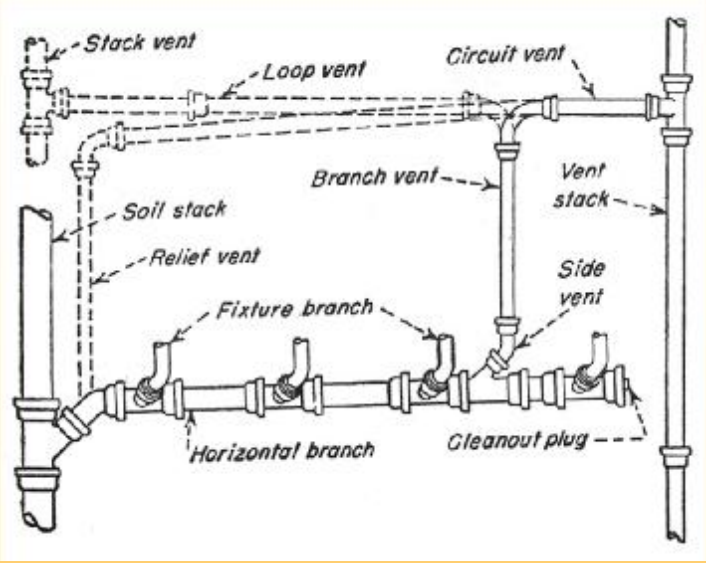
طراحی شبکه تهویه

علل خالی شدن سیفون

- **سیفوناژ (مکش سیفونی)**
- **فشار معکوس**

شبکه تهویه:

- § خارج کردن گازهای فاضلاب
- § تعدیل فشار سیستم
- § جلوگیری از خالی شدن سیفون



VENT SYSTEM

برای اتصال مجموعه لوله‌های هواکش به هوای آزاد دو روش مورد استفاده قرار می‌گیرد:

§ هـواکش لوله قائم (Stack Vent): این لوله در واقع امتداد لوله قائم فاضلاب است که باید بدون کاهش قطر تا بام ادامه یابد. طبیعی است که از این لوله تنها در طبقه آخر ساختمان می‌توان استفاده نمود.

§ لوله قائم هواکش (Vent Stack): لوله قائمی است که از پایین به لوله افقی اصلی ساختمان یا لوله قائم متصل بوده و از بالا تا بام ادامه دارد. لوله‌های قائم هواکش ممکن است در طبقه آخر با هم یا با هواکش لوله قائم مشترک گردد.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه تهویه

1 تعیین محل مسیر لوله‌های افقی و قائم تهویه روی نقشه پلان

§ با توجه به جانمایی وسایل بهداشتی و محدودیت‌های اجرایی، مسیر شبکه تهویه توسط مهندس تاسیسات طراحی می‌گردد. از آنجا که عموماً نمی‌توان برای هر وسیله بهداشتی تهویه جداگانه در نظر گرفت، این مرحله مهمترین قسمت در طراحی سیستم فاضلاب محسوب می‌شود.

2 تعیین قطر لوله‌های هواکش جداگانه، مشترک و شاخه افقی

§ قطر این لوله‌ها نباید از 1¼ اینچ یا نصف قطر لوله فاضلاب متصل به وسیله بهداشتی کوچکتر باشد. چنانچه طول لوله هواکش تا محل اتصال به لوله هواکش قائم یا لوله قائم هواکش بیش از 12 متر باشد، قطر لوله هواکش باید یک اندازه بزرگتر در نظر گرفته شود.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه تهویه

3 تعیین قطر لوله‌های هواکش قائم و هواکش لوله قائم

قطر لولهٔ قائم فاضلاب (اینچ)	مقدار D.F.U متصل به لولهٔ قائم	حداکثر طول لولهٔ هواکش (فوت) بر حسب قطر لولهٔ هواکش (اینچ)										
		۱۱/۴	۱۱/۲	۲	۲۱/۲	۳	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۲
۱۱/۴	۲	۳۰										
۱۱/۲	۸	۵۰	۱۵۰									
۱۱/۲	۱۰	۳۰	۱۰۰									
۲	۱۲	۳۰	۷۵	۲۰۰								
۲	۲۰	۲۶	۵۰	۱۵۰								
۲۱/۲	۴۲		۳۰	۱۰۰	۳۰۰							
۳	۱۰		۴۲	۱۵۰	۳۶۰	۱۰۴۰						
۳	۲۱		۳۲	۱۱۰	۲۷۰	۸۱۰						
۳	۵۳		۲۷	۹۵	۲۳۰	۶۸۰						
۳	۱۰۲		۲۵	۸۵	۲۱۰	۶۲۰						
۴	۴۳			۳۵	۸۵	۲۵۰	۹۸۰					
۴	۱۴۰			۲۷	۶۵	۲۰۰	۷۵۰					
۴	۳۲۰			۲۳	۵۵	۱۷۰	۶۴۰					
۴	۵۴۰			۲۱	۵۰	۱۵۰	۵۸۰					
۵	۱۹۰				۲۸	۸۲	۳۲۰	۹۹۰				
۵	۴۹۰				۲۱	۶۳	۲۵۰	۷۶۰				
۵	۹۴۰				۱۸	۵۳	۲۱۰	۶۷۰				
۵	۱۴۰۰				۱۶	۴۹	۱۹۰	۵۹۰				
۶	۵۰۰					۳۳	۱۳۰	۴۰۰	۱۰۰۰			
۶	۱۱۰۰					۲۶	۱۰۰	۳۱۰	۷۸۰			
۶	۲۰۰۰					۲۲	۸۴	۲۶۰	۶۶۰			
۶	۲۹۰۰					۲۰	۷۷	۲۴۰	۶۰۰			
۸	۱۸۰۰						۳۱	۹۵	۲۴۰	۹۴۰		
۸	۳۴۰۰						۲۴	۷۳	۱۹۰	۷۲۰		
۸	۵۶۰۰						۲۰	۶۲	۱۶۰	۶۱۰		
۸	۷۶۰۰						۱۸	۵۶	۱۴۰	۵۶۰		

- ارتفاع انتهای لوله هواکش در روی بام از کف تمام شده حداقل 30 سانتیمتر و چنانچه روی بام امکان رفت و آمد وجود داشته باشد حداقل 2/2 متر است.
- فاصله افقی انتهای لوله هواکش از هرگونه در، پنجره بازشو یا دهانه ورودی سیستم تهویه مطبوع حداقل 3 متر است، مگر آنکه انتهای لوله هواکش حداقل 60 سانتیمتر بالاتر از نقطه مورد نظر قرار گیرد.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی شبکه آب باران

§ جداول بر مبنای حداکثر بارش 1 اینچ بر ساعت است.

§ چنانچه در مجاورت بام، دیواری باشد که آب باران پس از برخورد به آن روی بام جاری شود، برای انجام محاسبات باید نصف مساحت دیوار به سطح بام اضافه گردد.

VERTICAL

قطر لولهٔ آب باران (اینچ)	حداکثر تصویر سطح بام بر صفحهٔ افقی بر حسب فوت مربع و گالن آمریکایی در دقیقه برای شیب‌های مختلف					
	شیب ۱/۸ اینچ بر فوت		شیب ۱/۴ اینچ بر فوت		شیب ۱/۲ اینچ بر فوت	
	فوت مربع	gpm	فوت مربع	gpm	فوت مربع	gpm
۳	۳۲۸۸	۳۴	۴۶۴۰	۴۸	۶۵۷۶	۶۸
۴	۷۵۲۰	۷۸	۱۰۶۰۰	۱۱۰	۱۵۰۴۰	۱۵۶
۵	۱۳۳۶۰	۱۳۹	۱۸۸۸۰	۱۹۶	۲۶۷۲۰	۲۷۸
۶	۲۱۴۰۰	۲۲۲	۳۰۲۰۰	۳۱۴	۴۲۸۰۰	۴۴۵
۸	۴۶۰۰۰	۴۷۸	۶۵۲۰۰	۶۷۷	۹۲۰۰۰	۹۵۶
۱۰	۸۲۸۰۰	۸۶۰	۱۱۶۸۰۰	۱۲۱۴	۱۶۵۶۰۰	۱۷۲۱
۱۲	۱۳۳۲۰۰	۱۳۸۴	۱۸۸۰۰۰	۱۹۵۳	۲۶۶۴۰۰	۲۷۶۸
۱۵	۲۳۸۰۰۰	۲۴۷۳	۳۳۶۰۰۰	۳۴۹۱	۴۷۶۰۰۰	۴۹۴۶

HORIZONTAL

قطر لولهٔ آب باران (اینچ)	حداکثر تصویر سطح بام بر صفحهٔ افقی (فوت مربع)	گالن آمریکایی در دقیقه
۲	۲۱۷۶	۲۳
۲ ۱/۲	۳۹۴۸	۴۱
۳	۶۴۴۰	۶۷
۴	۱۳۸۴۰	۱۴۴
۵	۲۵۱۲۰	۲۶۱
۶	۴۰۸۰۰	۴۲۴
۸	۸۸۰۰۰	۹۱۳

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

فشار گاز در شبکه

فشار گاز شبکه

- فشار 25/0 psi (7 اینچ آب):
  ساختمان‌های مسکونی و تجاری با طول لوله‌کشی و مصرف گاز کم
- فشار 2 psi (14/0 کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع):
  ساختمان‌های مسکونی و تجاری با طول لوله‌کشی یا مصرف گاز زیاد

http://www.mohandes-iran.com

مراحل طراحی شبکه گاز

تهیه نقشه لوله‌کشی شامل نقشه پلان و ایزومتریک

- رگلاتور باید در فضای آزاد و یا در محلی که به روشی مطمئن به هوای آزاد راه داشته باشد، نصب گردد.
- کنتور باید در داخل ساختمان و حتی‌الامکان بلافاصله بعد از رگلاتور قرار گرفته و در معرض جریان هوا باشد.
- فاصله کنتور از منابع تولید اشتعال مانند کوره و آب گرمکن باید حداقل یک متر باشد.
- فاصله کنتور از سیم‌های برق روکار باید حداقل 10 سانتیمتر و از کنتور برق حداقل 50 سانتیمتر باشد.
- فاصله لوله‌های روکار تا لوله‌های آب گرم باید حداقل 5 سانتیمتر بوده و چنانچه حفظ این فاصله امکان‌پـذیر نباشد، باید روی لوله گاز عایق‌بندی حرارتی گردد.
- فاصله لوله‌های روکار از سیم‌های برق روکار، کلید و پریز برق باید حداقل 5 سانتیمتر باشد.
- شیرهای گاز باید حداقل 10 سانتیمتر بالاتر از کلید و پریز نصب شود.

http://www.mohandes-iran.com

مراحل طراحی شبکه گاز

2 تعیین مقدار مصرف گاز هر یک از وسایل گازسوز

وسایل گازسوز	مقدار تقریبی مصرف مترمکعب در ساعت
اجاق گاز خانگی تک‌شعله	۰/۳
اجاق گاز خانگی متوسط سه‌شعله	۰/۷
جاق گاز خانگی پنج‌شعله بدون فر	۱
فر یا کباب‌پز	۰/۳
اجاق‌گاز تجاری چند شعله	۱/۳
آبگرمکن مخزندار با ظرفیت ۷۵ لیتر	۰/۵
آبگرمکن مخزندار با ظرفیت ۱۱۵ لیتر	۰/۸
آبگرمکن مخزندار با ظرفیت ۱۹۰ لیتر	۱/۴
آبگرمکن فوری باظرفیت ۴ لیتر در دقیقه	۱/۷
آبگرمکن فوری با ظرفیت ۸ لیتر در دقیقه	۳/۵
یخچال گازی	۰/۱
چراغ گازی	۰/۱
مشعل تنور	۵
بخاری گازی	۰/۸
پلوپز گازی	۰/۴
پلویز بزرگ تجاری گازی	۲/۵
مشعل گازی شوفاژ به‌ازاء هر ۱۰۰ متر مربع زیربنا	۱/۵

http://www.mohandes-iran.com

مراحل طراحی شبکه گاز

3 تعیین دورترین مسیر لوله

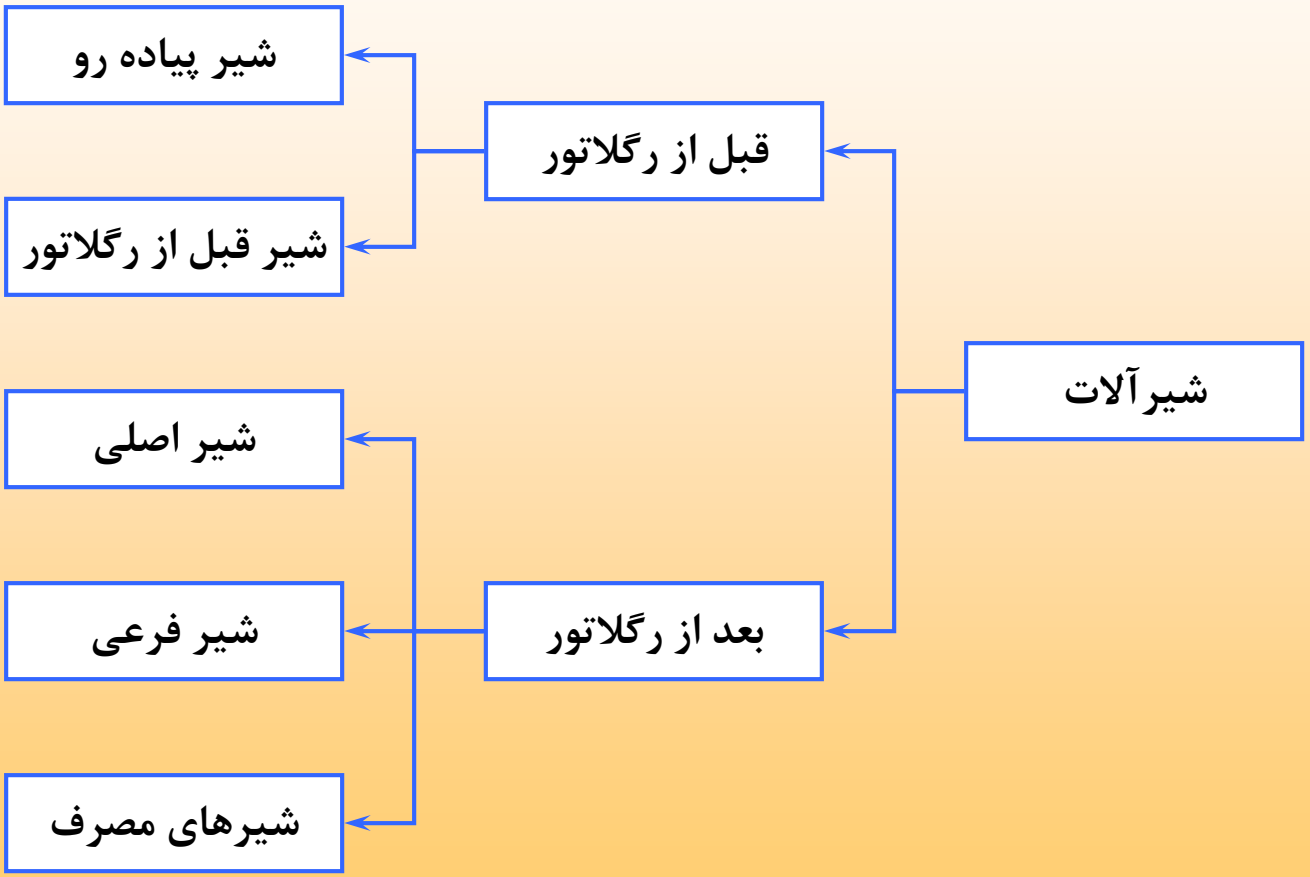
4 تعیین قطر لوله‌ها

در صورتیکه طول لوله‌کشی یا میزان مصرف گاز به حدی باشد که قطر لوله‌ها از 4 اینچ بیشتر شود، می‌بایست با تایید شرکت ملی گاز از شبکه با فشار 14/0 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع استفاده نمود.

طول لوله به‌متر	قطر اسمی لوله به‌اینچ								
	۱/۲	۳/۴	۱	۱ ۱/۴	۱ ۱/۲	۲	۲ ۱/۲	۳	۴
۲	۵/۹۰	۱۲/۳۰	۲۳/۳	۴۷/۹	۷۲/۰	۱۳۸/۳	۲۲۰/۰	۳۹۰/۷	۸۰۱/۹
۴	۴/۰۰	۸/۵۰	۱۶/۰	۳۲/۹	۴۹/۴	۹۵/۱	۱۵۱/۲	۲۶۸/۵	۵۵۱/۱
۶	۳/۲۰	۶/۸۰	۱۲/۹	۲۶/۴	۳۹/۷	۷۶/۴	۱۲۱/۵	۲۱۵/۷	۴۴۲/۸
۸	۲/۸۰	۵/۸۰	۱۱/۰	۲۲/۶	۳۴/۰	۶۵/۴	۱۰۴/۰	۱۸۴/۷	۳۷۹/۱
۱۰	۲/۴۰	۵/۰۰	۹/۶	۱۹/۷	۲۹/۶	۵۶/۹	۹۰/۴	۱۶۰/۶	۳۲۹/۷
۱۲	۲/۲۰	۴/۷۰	۸/۸	۱۸/۱	۲۷/۳	۵۲/۵	۸۳/۴	۱۴۸/۲	۳۰۴/۳
۱۴	۲/۰۰	۴/۳۰	۸/۱	۱۶/۷	۲۵/۰	۴۸/۲	۷۶/۶	۱۳۶/۱	۲۷۹/۴
۱۶	۱/۹۰	۴/۰۰	۷/۵	۱۵/۵	۲۳/۳	۴۴/۸	۷۱/۳	۱۲۶/۷	۲۶۰/۰
۱۸	۱/۸۰	۳/۷۰	۷/۱	۱۴/۶	۲۱/۹	۴۲/۲	۶۷/۱	۱۱۹/۳	۲۴۴/۸
۲۰	۱/۷۰	۳/۵۰	۶/۷	۱۳/۸	۲۰/۷	۳۹/۸	۶۳/۳	۱۱۲/۵	۲۳۱/۰۰
۲۲	۱/۶۰	۳/۳۰	۶/۳	۱۳/۱	۱۹/۶	۳۷/۸	۶۰/۱	۱۰۶/۸	۲۱۹/۲
۲۴	۱/۵۰	۳/۲۰	۶/۱	۱۲/۵	۱۸/۷	۳۶/۱	۵۷/۴	۱۰۱/۹	۲۰۹/۲
۲۶	۱/۴۰	۳/۱۰	۵/۸	۱۲/۰	۱۸/۰	۳۴/۶	۵۵/۱	۹۷/۹	۲۰۰/۹
۲۸	۱/۴۰	۲/۹۰	۵/۵	۱۱/۴	۱۷/۲	۳۳/۱	۵۲/۶	۹۳/۶	۱۹۲/۰
۳۰	۱/۳۰	۲/۸۰	۵/۳	۱۱/۰	۱۶/۶	۳۱/۹	۵۰/۸	۹۰/۲	۱۸۵/۱
۳۵	۱/۲۰	۲/۶۰	۴/۹	۱۰/۲	۱۵/۳	۲۹/۴	۴۶/۸	۸۳/۱	۱۷۰/۶
۴۰	۱/۱۰	۲/۴۰	۴/۶	۹/۴	۱۴/۱	۲۷/۱	۴۳/۳	۷۶/۹	۱۵۷/۹
۴۵	۱/۱۰	۲/۲۰	۴/۳	۸/۸	۱۳/۳	۲۵/۵	۴۰/۶	۷۲/۲	۱۴۸/۱
۵۰	۱/۰۰	۲/۱۰	۴/۱	۸/۴	۱۲/۶	۲۴/۳	۳۸/۶	۶۸/۷	۱۴۱/۰
۵۵	۰/۹۹	۲/۰۰	۳/۹	۸/۰	۱۲/۰	۲۳/۱	۳۶/۷	۶۵/۲	۱۳۳/۹
۶۰	۰/۹۴	۱/۹۰	۳/۷	۷/۶	۱۱/۵	۲۲/۱	۳۵/۱	۶۲/۴	۱۲۸/۱
۷۰	۰/۸۵	۱/۸۰	۳/۳	۶/۹	۱۰/۴	۲۰/۰	۳۱/۸	۵۶/۵	۱۱۶/۱
۸۰	۰/۸۰	۱/۶۰	۳/۱	۶/۵	۹/۷	۱۸/۸	۲۹/۸	۵۳/۱	۱۰۸/۹
۹۰	۰/۷۵	۱/۵۰	۲/۹	۶/۱	۹/۱	۱۷/۶	۲۸/۰	۴۹/۷	۱۰۲/۰
۱۰۰	۰/۷۱	۱/۴۰	۲/۸	۵/۷	۸/۶	۱۶/۶	۲۶/۱	۴۷/۰	۹۶/۵
۱۲۰	۰/۶۴	۱/۳۰	۲/۵	۵/۲	۷/۸	۱۵/۰	۲۳/۹	۴۲/۵	۸۷/۳
۱۵۰	۰/۵۷	۱/۲۰	۲/۳	۴/۶	۶/۹	۱۳/۳	۲۱/۲	۳۷/۷	۷۷/۵

http://www.mohandes-iran.com

انواع شیرآلات در شبکه گاز



http://www.mohandes-iran.com

نکات اجرایی در شبکه گاز

- لوله‌کشی گاز باید حتی‌الامکان روکار نصب شود.
- جنس لوله‌های روکار از فولاد سیاه بدون درز است.
- اتصال لوله‌های روکار تا قطر 2 اینچ می‌تواند دنده‌ای یا جوشی بوده و برای قطر بالاتر باید حتماً جوشی باشد.
- حداکثر فاصله بین نقاط بست یا پایه‌ها نباید از مقادیر جدول زیر بیشتر باشد.

قطر اسمی لوله به‌اینچ	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$ و ۱	۱ $\frac{1}{4}$ یا بزرگتر (افقی)	۱ $\frac{1}{4}$ یا بزرگتر (عمودی)
فواصل اتکاء به‌متر	۲	۲ $\frac{1}{2}$	۳	در هر طبقه

- در مواردی که لوله از داخل دیوار یا سقف عبور می‌کند، باید با نصب غلاف از ساییدگی لوله جلوگیری نمود.

http://www.mohandes-iran.com

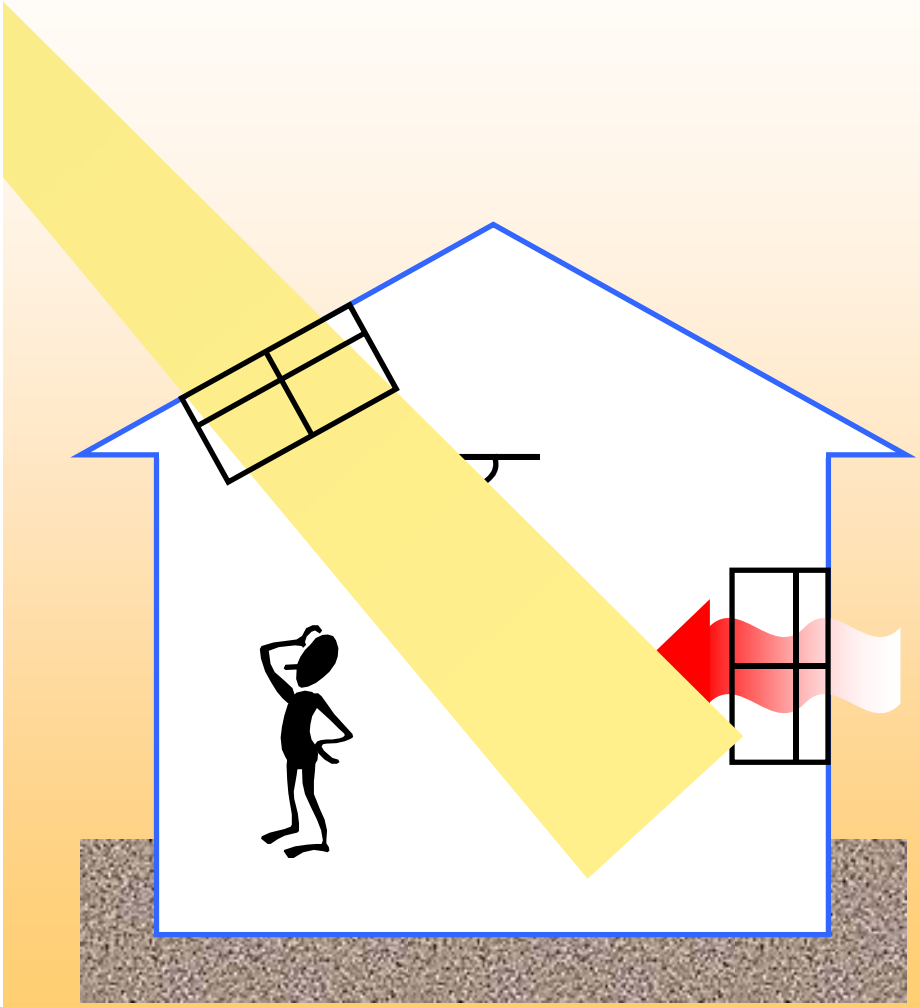
دانشگاه صنعتي شريف
دانشكده مهندسي مكانيک

طرح سيستمهاي تهويه مطبوع

دكتر محمد حسن سعيدي

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي



بار سرمايشي در فصل تابستان از بخش‌هاي زير تشكيل مي‌شود:

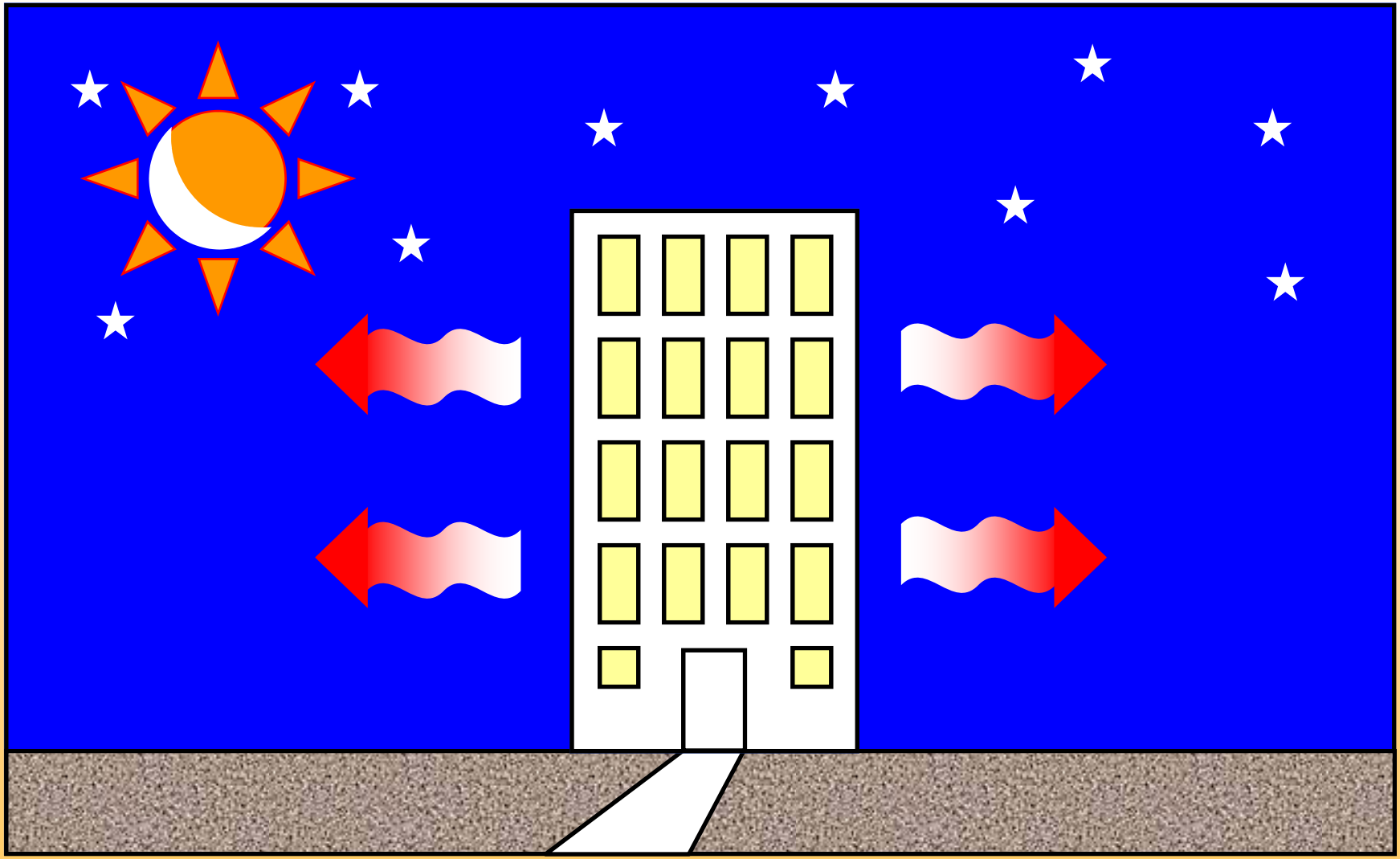
- بار تشعشع نور خورشيد از پنجره
- انتقال حرارت از جداره‌هاي ساختمان
- بار نفوذ يا تهويه
- بارهاي داخلي (ساكنين، روشنايي، موتورها و ...)
- بار وسايل و تجهيزات (آشپزخانه، سايت كامپيوتر، بيمارستان و ...)
- انتقال حرارت از لوله‌ها و مخازن
- انتقال حرارت نهان از جداره‌هاي ساختمان

بدليل به كم بودن انتقال حرارت از كف در تابستان، اين بار در محاسبه بار برودتي منظور نمي‌گردد.

اصلي‌ترين تفاوت محاسبات بار سرمايشي با گرمايشي در نظر گرفتن اثرات ذخيره سازي حرارتي ساختمان است.

http://www.mohandes-iran.com

ذخيره‌سازي ساختمان



http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي

بار تشعشع خورشيد

$$Q = SHG \times A \times F_s$$

- Q: بار تابش خورشيد از پنجره، Btu/hr
- SHG: حداكثر تشعشع ورودي از شيشه، Btu/hr.ft²
- A: سطح مقطع قاب پنجره، ft²
- F_s: ضريب ذخيره سازي ساختمان

40° NORTH LATITUDE		AM						SUN TIME				PM			40° SOUTH LATITUDE	
Time of Year	Exposure	6	7	8	9	10	11	Noon	1	2	3	4	5	6	Exposure	Time of Year
JUNE 21	North	32	20	12	13	14	14	14	14	14	13	12	20	32	South	DEC 22
	Northeast	118	133	112	73	30	14	14	14	14	13	12	10	6	Southeast	
	East	126	161	162	142	95	44	14	14	14	13	12	10	6	East	
	Southeast	51	88	109	111	99	71	34	14	14	13	12	10	6	Northeast	
	South	6	10	12	19	35	44	54	44	35	19	12	10	6	North	
	Southwest	6	10	12	13	14	14	34	71	99	111	109	88	51	Northwest	
	West	6	10	12	13	14	14	14	44	95	142	162	161	126	West	
	Northwest	6	10	12	13	14	14	14	14	30	73	112	133	118	Southwest	
	Horizontal	31	82	134	179	210	232	237	232	210	179	134	82	31	Horizontal	
JULY 23 & MAY 21	North	24	14	12	13	14	14	14	14	14	13	12	14	24	South	JAN 21 & NOV 21
	Northeast	106	127	105	66	26	14	14	14	14	13	12	10	5	Southeast	
	East	118	161	164	144	98	43	14	14	14	13	12	10	5	East	
	Southeast	54	96	119	125	110	82	42	15	14	13	12	10	5	Northeast	
	South	5	10	13	26	44	63	69	63	44	26	13	10	5	North	
	Southwest	5	10	12	13	14	15	42	82	110	125	119	96	54	Northwest	
	West	5	10	12	13	14	14	14	43	98	144	164	161	118	West	
	Northwest	5	10	12	13	14	14	14	14	26	66	105	127	106	Southwest	
	Horizontal	24	73	126	171	203	225	233	225	203	171	126	73	24	Horizontal	
AUG 24 & APR 20	North	7	8	11	13	14	14	14	14	14	13	11	8	7	South	FEB 20 & OCT 23
	Northeast	68	102	82	46	16	14	14	14	14	13	11	8	3	Southeast	
	East	84	147	162	145	101	45	14	14	14	13	11	8	3	East	
	Southeast	48	105	138	146	139	107	66	25	14	13	11	8	3	Northeast	
	South	3	8	24	51	89	97	102	97	89	51	24	8	3	North	
	Southwest	3	8	11	13	14	25	66	107	139	146	138	105	48	Northwest	
	West	3	8	11	13	14	14	14	45	101	145	162	147	84	West	
	Northwest	3	8	11	13	14	14	14	14	16	46	82	102	68	Southwest	
	Horizontal	9	47	100	150	185	205	214	205	185	150	100	47	9	Horizontal	
SEPT 22 & MAR 22	North	0	5	9	12	13	13	14	13	13	12	9	5	0	South	MAR 22 & SEPT 22
	Northeast	0	51	58	26	13	13	14	13	13	12	9	5	0	Southeast	
	East	0	116	149	139	99	45	14	13	13	12	9	5	0	East	
	Southeast	0	95	144	162	157	133	90	41	14	12	9	5	0	Northeast	
	South	0	12	44	81	110	122	140	122	110	81	44	12	0	North	
	Southwest	0	5	9	12	14	41	90	133	157	162	144	95	0	Northwest	
	West	0	5	9	12	13	13	14	45	99	139	149	116	0	West	
	Northwest	0	5	9	12	13	13	14	13	13	26	58	51	0	Southwest	
	Horizontal	0	21	67	124	153	176	183	176	153	124	67	21	0	Horizontal	
OCT 23 & FEB 20	North	0	2	6	10	11	12	12	12	11	10	6	2	0	South	APR 20 & AUG 24
	Northeast	0	35	33	12	11	12	12	12	11	10	6	2	0	Southeast	
	East	0	85	117	122	88	39	12	12	11	10	6	2	0	East	
	Southeast	0	81	132	161	163	144	107	63	20	10	6	2	0	Northeast	
	South	0	21	59	104	137	154	162	154	137	104	59	21	0	North	
	Southwest	0	2	6	10	20	63	107	144	163	161	132	81	0	Northwest	
	West	0	2	6	10	11	12	12	39	88	122	117	85	0	West	
	Northwest	0	2	6	10	11	12	12	12	11	12	33	35	0	Southwest	
	Horizontal	0	8	29	64	101	123	129	123	101	64	29	8	0	Horizontal	
NOV 21 & JAN 21	North	0	0	3	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	South	MAY 21 & JULY 23
	Northeast	0	0	12	7	9	10	11	10	9	7	3	0	0	Southeast	
	East	0	0	91	100	74	33	11	10	9	7	3	0	0	East	
	Southeast	0	0	109	144	156	144	116	70	27	7	3	0	0	Northeast	
	South	0	0	59	104	139	158	166	158	139	104	59	0	0	North	
	Southwest	0	0	3	7	27	70	116	144	156	144	109	0	0	Northwest	
	West	0	0	3	7	9	10	11	33	74	100	91	0	0	West	
	Northwest	0	0	3	7	9	10	11	10	9	7	12	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	16	43	73	92	103	92	73	43	16	0	0	Horizontal	
DEC 22	North	0	0	2	6	9	10	10	10	9	6	2	0	0	South	JUNE 21
	Northeast	0	0	7	6	9	10	10	10	9	6	2	0	0	Southeast	
	East	0	0	72	86	68	31	10	10	9	6	2	0	0	East	
	Southeast	0	0	88	134	148	142	115	73	30	7	2	0	0	Northeast	
	South	0	0	51	99	134	158	165	158	134	99	51	0	0	North	
	Southwest	0	0	2	7	30	73	115	142	148	134	88	0	0	Northwest	
	West	0	0	2	6	9	10	10	31	68	86	72	0	0	West	
	Northwest	0	0	2	6	9	10	10	10	9	6	7	0	0	Southwest	
	Horizontal	0	0	8	32	55	76	85	76	55	32	8	0	0	Horizontal	

Solar Gain Correction	Steel Sash, or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint Decrease From 67 F	Dewpoint Increase From 67 F	South Lat. Dec. or Jan.
	× 1/.85 or 1.17	−15% (Max.)	+0.7% per 1000 Ft	+ 7% per 10 F	− 7% per 10 F	+ 7%

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي

NORTH LAT.	MONTH	EXPOSURE NORTH LATITUDE N†	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Horiz	MONTH	SOUTH LAT.
0°	June	59	156	147	42	14	42	147	156	226	Dec	0°
	July & May	48	153	152	52	14	52	152	153	233	Nov & Jan	
	Aug & April	25	141	163	79	14	79	163	141	245	Oct & Feb	
	Sept & March	10	118	167	118	14	118	167	118	250	Sept & March	
	Oct & Feb	10	79	163	141	34	141	163	79	245	Aug & April	
	Nov & Jan	10	52	152	153	67	153	152	52	233	July & May	
	Dec	10	42	147	156	82	156	147	42	226	June	
10°	June	40	153	155	55	14	55	155	153	243	Dec	10°
	July & May	30	148	158	66	14	66	158	148	247	Nov & Jan	
	Aug & April	13	130	163	94	14	94	163	130	250	Oct & Feb	
	Sept & March	10	103	164	127	28	127	164	103	247	Sept & March	
	Oct & Feb	10	66	155	149	73	149	155	66	230	Aug & April	
	Nov & Jan	9	37	143	161	106	101	143	37	210	July & May	
	Dec	9	28	137	163	120	163	137	28	202	June	
20°	June	26	154	160	73	14	73	160	154	250	Dec	20°
	July & May	19	138	163	85	14	85	163	138	251	Nov & Jan	
	Aug & April	11	118	165	113	26	113	165	118	247	Oct & Feb	
	Sept & March	10	87	163	140	65	140	163	87	233	Sept & March	
	Oct & Feb	9	52	147	160	111	160	147	52	208	Aug & April	
	Nov & Jan	8	26	128	164	141	164	128	26	180	July & May	
	Dec	8	18	121	167	149	167	121	18	170	June	
30°	June	20	139	161	90	21	90	161	139	250	Dec	30°
	July & May	16	131	164	100	30	100	164	131	246	Nov & Jan	
	Aug & April	11	108	165	129	63	129	165	108	235	Oct & Feb	
	Sept & March	9	90	158	152	105	152	158	90	212	Sept & March	
	Oct & Feb	8	39	135	163	145	163	135	39	179	Aug & April	
	Nov & Jan	7	16	116	162	159	162	116	16	145	July & May	
	Dec	6	12	105	162	163	162	105	12	131	June	
40°	June	17	133	162	111	54	111	162	133	237	Dec	40°
	July & May	15	127	164	125	69	125	164	127	233	Nov & Jan	
	Aug & April	11	102	162	146	102	146	162	102	214	Oct & Feb	
	Sept & March	9	58	149	162	140	162	149	58	183	Sept & March	
	Oct & Feb	7	35	122	163	162	163	122	35	129	Aug & April	
	Nov & Jan	5	12	100	156	166	156	100	12	103	July & May	
	Dec	5	10	86	148	165	148	86	10	85	June	
50°	June	16	126	164	135	93	135	164	126	220	Dec	50°
	July & May	14	117	163	143	106	143	163	117	211	Nov & Jan	
	Aug & April	11	94	158	157	138	157	158	94	185	Oct & Feb	
	Sept & March	8	58	138	163	158	163	138	58	148	Sept & March	
	Oct & Feb	5	29	105	157	167	157	105	29	94	Aug & April	
	Nov & Jan	4	9	64	127	153	127	64	9	53	July & May	
	Dec	3	7	47	116	141	116	47	7	40	June	
		S	SE	E	NE	N	NW	W	SW	Horiz		
		EXPOSURE SOUTH LATITUDE										

Solar Gain Correction	Steel Sash or No Sash	Haze	Altitude	Dewpoint Above 67 F	Dewpoint Below 67 F	South Lat Dec or Jan
	×1/.85 or 1.17	−15% (Max)	+0.7% per 1000 ft	−7% per 10 F	+7% per 10 F	+7%

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي

ضرايب تصحيح تابش ورودي از شيشه عبارت است از:

- تصحيح جنس قاب: براي قابهاي فلزي يا پنجره‌هاي بدون قاب ضريب تصحيح برابر ۱۷/۱ مي‌باشد.
- تصحيح غبار: چنانچه هوا غبارآلود باشد از تشعشع ورودي از شيشه حداكثر تا ۱۵% كاسته مي‌شود.
- تصحيح ارتفاع: به ازاي هر ۱۰۰۰ ft، تشعشع ورودي از شيشه ۷/۰% افزايش مي‌يابد.
- تصحيح ميزان رطوبت: چنانچه دماي نقطه شبنم بالاتر از ۶۷ F باشد، به ازاي هر ۱۰ F اختلاف، ۷/۰% از تشعشع ورودي كاسته شده و چنانچه پايين‌تر از ۶۷ F باشد، به ازاي هر ۱۰ F اختلاف، ۷/۰% به تشعشع ورودي افزوده مي‌گردد.

- تصحيح نوع شيشه: مقادير جدول فوق براي شيشه معمولي بوده و براي ساير موارد تابش ورودي از شيشه بايد مطابق جدول صفحه بعد تصحيح گردد.
- تصحيح وجود پوشش: مقادير جدول فوق براي شيشه بودن پوشش بوده و در صورت وجود پرده يا ساير پوشش‌ها، مقادير جدول فوق بايد مطابق جدول صفحه بعد تصحيح گردد.

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي

SHADING COEFFICIENT

TYPE OF GLASS	GLASS FACTOR NO SHADE	INSIDE VENETIAN BLIND 45° horiz. or vertical or ROLLER SHADE			OUTSIDE VENETIAN BLIND 45° horiz. slats		OUTSIDE SHADING SCREEN 17° horiz. slats		OUTSIDE AWNING vent. sides & top	
		Light Color	Medium Color	Dark Color	Light Color	Light on Outside Dark on Inside	Medium Color	Dark Color	Light Color	Med. or Dark Color
ORDINARY GLASS	1.00	**.56**	.65	.75	.15	.13	.22	.15	.20	.25
REGULAR PLATE (1/4 inch)	.94	**.56**	.65	.74	.14	.12	.21	.14	.19	.24
HEAT ABSORBING GLASS††										
40 to 48% Absorbing	.80	**.56**	.62	.72	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing	.73	**.53**	.59	.62	.11	.10	.16	.11	.15	.18
56 to 70% Absorbing	.62	**.51**	.54	.56	.10	.10	.14	.10	.12	.16
DOUBLE PANE										
Ordinary Glass	.90	**.54**	.61	.67	.14	.12	.20	.14	.18	.22
Regular Plate	.80	**.52**	.59	.65	.12	.11	.18	.12	.16	.20
48 to 56% Absorbing outside; Ordinary Glass inside.	.52	**.36**	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.13
48 to 56% Absorbing outside; Regular Plate inside.	.50	**.36**	.39	.43	.10	.10	.11	.10	.10	.12
TRIPLE PANE										
Ordinary Glass	.83	**.48**	.56	.64	.12	.11	.18	.12	.16	.20
Regular Plate	.69	**.47**	.52	.57	.10	.10	.15	.10	.14	.17
PAINTED GLASS										
Light Color	.28									
Medium Color	.39									
Dark Color	.50									
STAINED GLASS‡‡										
Amber Color	.70									
Dark Red	.56									
Dark Blue	.60									
Dark Green	.32									
Greyed Green	.46									
Light Opalescent	.43									
Dark Opalescent	.37									

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمايشي

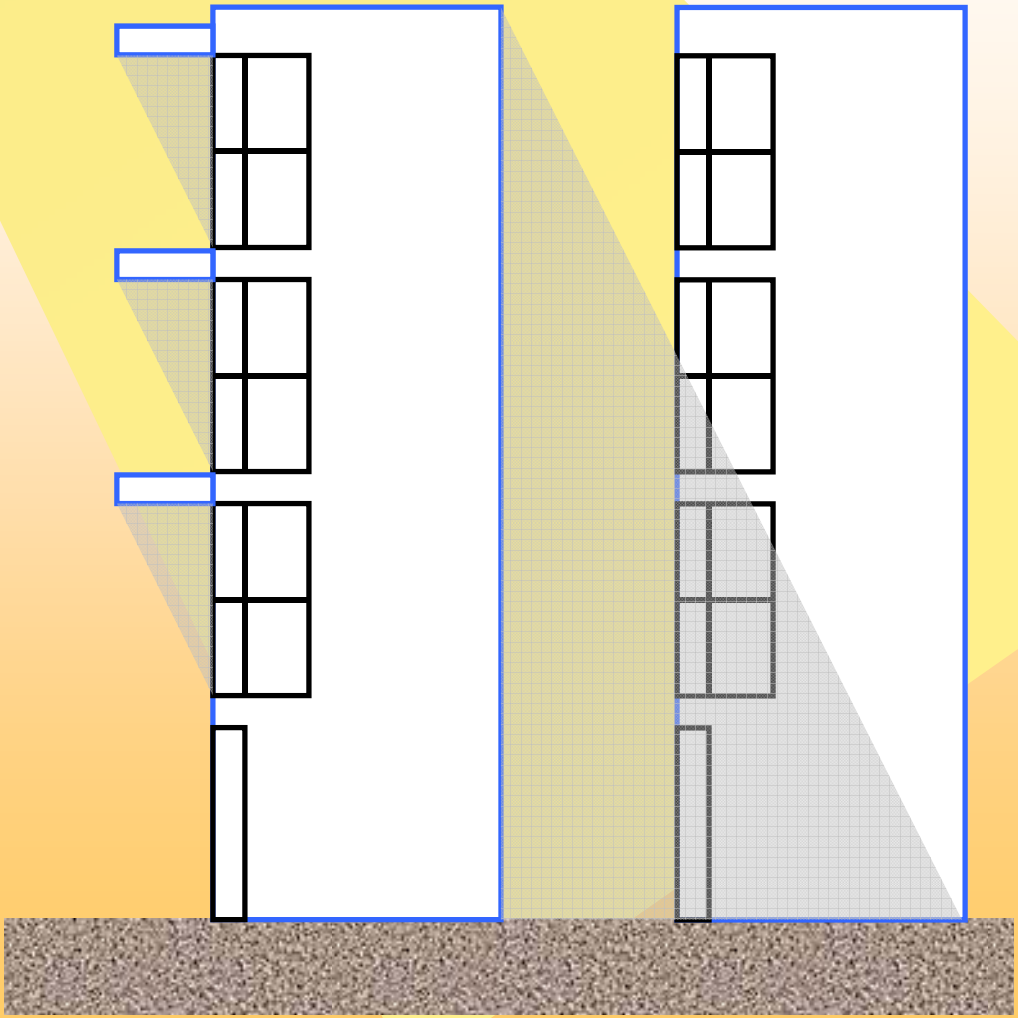
STORAGE FACTOR

EXPOSURE (North Lat)	WEIGHT§ (lb per sq ft of floor area)	SUN TIME																								EXPOSURE (South Lat)
		AM							PM											AM						
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Northeast	150 & over	.17	.27	.33	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.22	.20	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.10	.09	.08	.07	.07	.06	.06	Southeast
	100	.19	.31	.38	.39	.36	.34	.27	.24	.22	.21	.19	.17	.16	.14	.12	.10	.07	.08	.07	.06	.05	.05	.04	.03	
	30	.31	.56	.65	.61	.46	.33	.26	.21	.18	.16	.14	.12	.09	.06	.04	.03	.02	.01	.01	.01	0	0	0	0	
East	150 & over	.16	.26	.34	.39	.40	.38	.34	.30	.28	.26	.23	.22	.20	.18	.16	.14	.13	.12	.10	.09	.08	.08	.07	.06	East
	100	.16	.29	.40	.46	.46	.42	.36	.31	.28	.25	.23	.20	.18	.15	.14	.12	.11	.09	.08	.08	.06	.06	.05	.04	
	30	.27	.50	.67	.73	.68	.53	.38	.27	.22	.18	.15	.12	.09	.06	.04	.03	.02	.01	.01	.01	.01	0	0	.01	
Southeast	150 & over	.08	.14	.22	.31	.38	.43	.44	.43	.39	.35	.32	.29	.26	.23	.21	.19	.16	.15	.13	.12	.11	.10	.09	.08	Northeast
	100	.05	.12	.23	.35	.44	.49	.51	.47	.41	.36	.31	.27	.24	.21	.18	.16	.14	.12	.10	.09	.08	.08	.06	.06	
	30	0	.18	.40	.59	.72	.77	.72	.60	.44	.32	.23	.18	.14	.09	.07	.05	.03	.02	.01	.01	.01	0	0	0	
South	150 & over	.10	.10	.13	.20	.28	.35	.42	.48	.51	.51	.48	.42	.37	.33	.29	.26	.23	.21	.19	.17	.15	.14	.13	.12	North
	100	.07	.06	.12	.20	.30	.39	.48	.54	.58	.57	.53	.45	.37	.31	.27	.23	.20	.18	.16	.14	.12	.11	.10	.08	
	30	0	0	.12	.29	.48	.64	.75	.82	.81	.75	.61	.42	.28	.19	.13	.09	.06	.04	.03	.02	.01	.01	0	0	
Southwest	150 & over	.11	.10	.10	.10	.10	.14	.21	.29	.36	.43	.47	.46	.40	.34	.30	.27	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.13	.12	Northwest
	100	.09	.09	.08	.09	.09	.14	.22	.31	.42	.50	.53	.51	.44	.35	.29	.26	.22	.19	.17	.15	.13	.12	.11	.09	
	30	.02	.03	.05	.06	.08	.12	.34	.53	.68	.78	.78	.68	.46	.29	.20	.14	.09	.07	.05	.03	.02	.02	.01	.01	
West	150 & over	.12	.11	.11	.10	.10	.10	.10	.13	.19	.27	.36	.42	.44	.38	.33	.29	.26	.23	.21	.18	.16	.15	.13	.12	West
	100	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.10	.12	.19	.30	.40	.48	.51	.42	.35	.30	.25	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.09	
	30	.02	.03	.05	.06	.07	.07	.08	.14	.29	.49	.67	.76	.75	.53	.33	.22	.15	.11	.08	.05	.04	.03	.02	.01	
Northwest	150 & over	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.10	.12	.17	.25	.34	.39	.34	.29	.26	.23	.20	.18	.16	.14	.13	.12	.10	Southwest
	100	.08	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.09	.11	.19	.29	.40	.46	.40	.32	.26	.22	.19	.16	.14	.13	.11	.10	.08	
	30	.02	.04	.05	.07	.08	.09	.10	.10	.13	.27	.48	.65	.73	.49	.31	.21	.16	.10	.07	.05	.04	.03	.02	.01	
North and Shade	150 & over	.16	.23	.33	.41	.47	.52	.57	.61	.66	.69	.72	.74	.59	.52	.46	.42	.37	.34	.31	.27	.25	.23	.21	.17	South and Shade
	100	.11	.33	.44	.51	.57	.62	.66	.70	.74	.76	.79	.80	.60	.51	.44	.37	.32	.29	.27	.23	.21	.18	.16	.13	
	30	0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.52	.34	.24	.16	.11	.07	.05	.04	.02	.02	.01	.01	

ضريب ذخيره سازی ساختمان در درجه اول به تعداد ساعات كاركرد سيستم بستگي دارد. جدول فوق براي كاركرد ۲۴ ساعته تنظيم شده است. مشابه همين جدول براي ۱۲ و ۱۶ ساعت كار سيستم هم وجود دارد.

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات ميزان سايه



وجود موانع مي‌تواند موجب ايجـاد سـايه روي بخـش‌هـايي از سـاختمان شـود. ايـن موانـع عبارت است از:

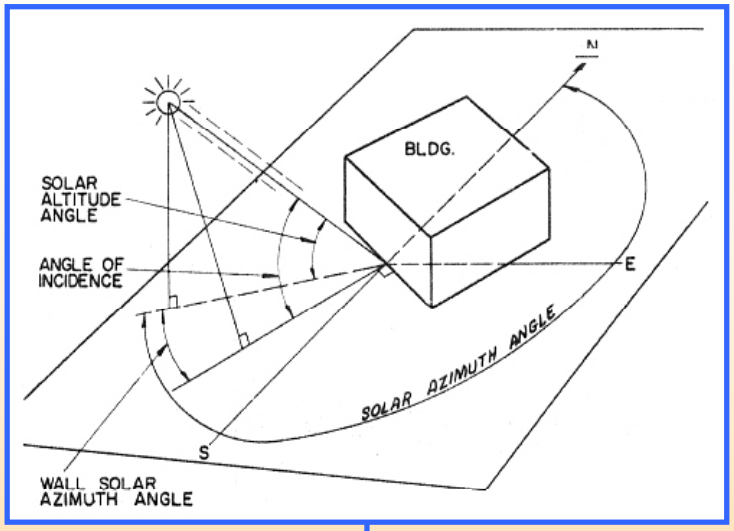
- تورفتگي پنجره
- سايه‌بان‌ها
- اثرات ساختمانهاي مجاور

چنانچه بخشي از ساختمان در سايه قرار گيرد محاسبات تشعشع خورشـيد بـراي آن مشـابه ديوارهاي شمالي انجام مي‌شود. چرا؟

http://www.mohandes-iran.com

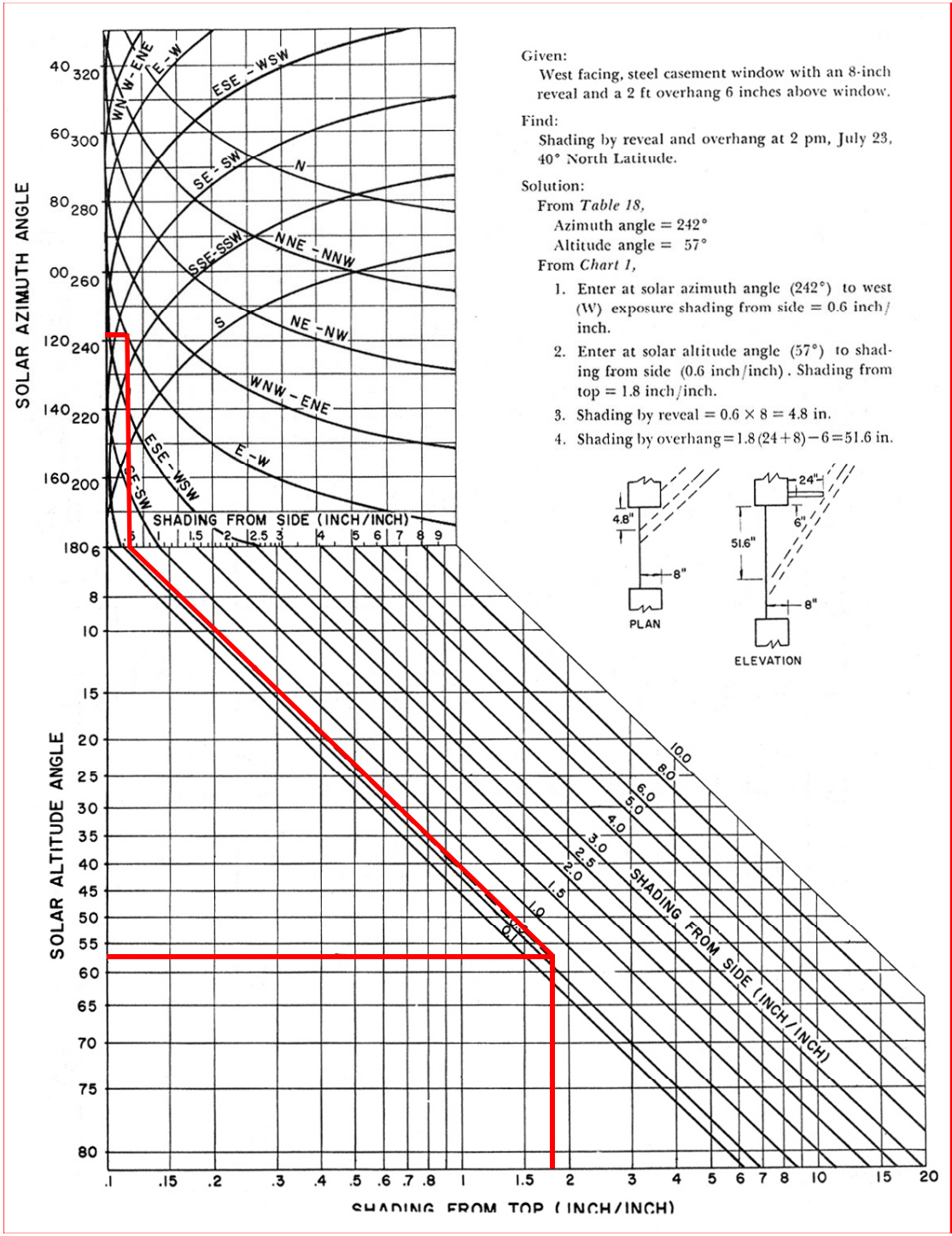
محاسبات میزان سایه

NORTH* LATITUDE	SUN TIME	Jan. 21 Alt	Jan. 21 Az	Feb. 20 Alt	Feb. 20 Az	Mar. 22 Alt	Mar. 22 Az	Apr. 20 Alt	Apr. 20 Az	May 21 Alt	May 21 Az	June 21 Alt	June 21 Az	July 23 Alt	July 23 Az	Aug. 24 Alt	Aug. 24 Az	Sept. 22 Alt	Sept. 22 Az	Oct. 23 Alt	Oct. 23 Az	Nov. 21 Alt	Nov. 21 Az	Dec. 22 Alt	Dec. 22 Az	SUN TIME
LAT 0°	6 AM																									6 AM
	7	14	111	15	102	15	90	15	78	14	69	14	66	14	69	15	78	15	90	15	102	14	111	14	114	7
	8	28	113	30	103	30	89	30	77	28	67	27	63	20	67	30	77	30	89	30	103	28	113	27	117	8
	9	42	117	44	106	45	89	44	74	42	63	41	58	42	63	44	74	45	89	44	106	42	117	41	122	9
	10	54	126	58	112	60	89	58	68	54	54	53	49	54	54	58	68	60	89	58	112	54	126	53	131	10
	11	65	144	71	127	75	88	71	53	65	36	62	32	65	36	71	53	75	88	71	127	65	144	62	148	11
	12 N	70	180	79	180	90	0	79	0	70	0	67	0	70	0	79	0	90	0	79	180	70	180	67	180	12 N
	1 PM	65	216	71	233	75	272	71	307	65	324	62	328	65	324	71	307	75	272	71	233	65	216	62	212	1 PM
	2	54	234	58	248	60	271	58	292	54	306	53	311	54	306	58	292	60	271	58	248	54	234	53	229	2
	3	42	243	44	254	45	271	44	286	42	297	41	302	42	297	44	286	45	271	44	254	42	243	41	238	3
	4	28	247	30	257	30	271	30	283	28	293	27	297	28	293	30	283	30	271	30	257	28	247	27	243	4
	5	14	249	15	258	15	270	15	282	14	291	14	294	14	291	15	282	15	270	15	258	14	249	14	246	5
	6																									6
LAT 10°	6 AM					1	90	2	78	3	70	4	67	3	70	2	78	1	90							6 AM
	7	10	113	12	103	15	92	16	81	17	72	18	68	17	72	16	81	15	92	12	103	10	113	9	116	7
	8	24	117	27	108	30	95	31	83	32	72	32	68	32	72	31	83	30	95	27	108	24	117	23	121	8
	9	37	124	41	115	44	99	46	84	46	72	45	67	46	72	46	84	44	99	41	115	37	124	35	128	9
	10	48	136	54	125	59	106	61	84	60	67	58	61	60	67	61	84	59	106	54	125	48	136	46	139	10
	11	57	155	64	144	72	122	75	84	73	53	70	44	73	53	75	84	72	122	64	144	57	155	53	156	11
	12 N	60	180	69	180	80	180	89	0	80	0	77	0	80	0	89	0	80	180	69	180	60	180	57	180	12 N
	1 PM	57	205	64	216	72	238	75	276	73	307	70	316	73	307	75	276	72	238	64	216	57	205	53	204	1 PM
	2	48	224	54	235	59	254	61	276	60	293	58	299	60	293	61	276	59	254	54	235	48	224	46	221	2
	3	37	236	41	245	44	261	46	276	46	288	45	293	46	288	46	276	44	261	41	245	37	236	35	232	3
	4	24	243	27	252	30	265	31	277	32	288	32	292	32	288	31	277	30	265	27	252	24	243	23	239	4
	5	10	247	12	257	15	268	16	279	17	288	18	292	17	288	16	279	15	268	12	257	10	247	9	244	5
	6					1	270	2	282	3	290	4	293	3	290	2	282	1	270							6
LAT 20°	6 AM							4	79	7	71	8	68	7	71	4	79									6 AM
	7	6	114	10	106	14	95	18	84	20	75	21	72	20	75	18	84	14	95	10	106	6	114	5	117	7
	8	19	121	23	112	28	101	32	89	34	79	35	75	34	79	32	89	28	101	23	112	19	121	17	124	8
	9	30	130	36	121	42	108	46	94	48	82	48	77	48	82	46	94	42	108	36	121	30	130	28	133	9
	10	40	142	47	133	55	120	59	102	62	85	62	77	62	85	59	102	55	120	47	133	40	142	38	145	10
	11	47	158	55	152	66	143	72	117	75	88	76	74	75	88	72	117	66	143	55	152	47	158	44	163	11
	12 N	50	180	59	180	70	180	81	180	90	0	87	0	90	0	81	180	70	180	59	180	50	180	47	180	12 N
	1 PM	47	202	55	208	66	217	72	243	75	272	76	286	75	272	72	243	66	217	55	208	47	202	44	197	1 PM
	2	40	218	47	227	55	240	59	258	62	275	62	283	62	275	59	258	55	240	47	227	40	218	38	215	2
	3	30	230	36	239	42	252	46	266	48	278	48	283	48	278	46	266	42	252	36	239	30	230	28	227	3
	4	19	239	23	248	28	259	32	271	34	281	35	285	34	281	32	271	28	259	23	248	19	239	17	236	4
	5	6	246	10	254	14	265	18	276	20	285	21	288	20	285	18	276	14	265	10	254	6	246	5	243	5
	6							4	281	7	289	8	292	7	289	4	281									6
LAT 30°	6 AM							6	80	10	72	11	69	10	72	6	80									6 AM
	7	2	115	7	107	13	97	19	87	23	79	24	76	23	79	19	87	13	97	7	107	2	115			7
	8	14	124	19	116	26	106	31	95	35	86	37	82	35	86	31	95	26	106	19	116	14	124	11	126	8
	9	24	134	30	127	38	116	44	104	48	93	49	88	48	93	44	104	38	116	30	127	24	134	21	136	9
	10	32	146	40	141	49	130	56	117	61	103	62	96	61	103	56	117	49	130	40	141	32	146	29	149	10
	11	38	162	46	159	57	151	67	140	73	122	75	112	73	122	67	140	57	151	46	159	38	162	35	164	11
	12 N	40	180	49	180	60	180	71	180	80	180	83	180	80	180	71	180	60	180	49	180	40	180	37	180	12 N
	1 PM	38	198	46	201	57	209	67	220	73	238	75	248	73	238	67	220	57	209	46	201	38	198	35	196	1 PM
	2	32	214	40	219	49	230	56	243	61	257	62	264	61	257	56	243	49	230	40	219	32	214	29	211	2
	3	24	226	30	233	38	244	44	256	48	267	49	272	48	267	44	256	38	244	30	233	24	226	21	224	3
	4	14	236	19	244	26	254	31	265	35	274	37	278	35	274	31	265	26	254	19	244	14	236	11	234	4
	5	2	245	7	253	13	263	19	273	23	281	24	284	23	281	19	273	13	263	7	253	2	245			5
	6							6	280	10	288	11	291	10	288	6	280									6
LAT 40°	6 AM							7	81	13	74	15	72	13	74	7	81									6 AM
	7			5	110	12	99	19	91	24	83	26	80	24	83	19	91	12	99	5	110					7
	8	8	125	15	119	23	110	30	102	35	93	37	89	35	93	30	102	23	110	15	119	8	125	5	127	8
	9	17	136	24	131	33	122	41	113	47	104	49	100	47	104	41	113	33	122	24	131	17	136	14	138	9
	10	24	149	32	145	42	138	51	129	57	118	60	114	57	118	51	129	42	138	32	145	24	149	21	151	10
	11	28	164	37	162	48	157	58	151	66	143	69	138	66	143	58	151	48	157	37	162	28	164	25	165	11
	12 N	30	180	39	180	50	180	61	180	70	180	73	180	70	180	61	180	50	180	39	180	30	180	27	180	12 N
	1 PM	28	196	37	198	48	203	58	209	66	217	69	222	66	217	58	209	48	203	37	198	26	196	25	195	1 PM
	2	24	211	33	216	43	223	51	231	57	240	60	246	57	240	51	231	42	222	32	215	24	211	21	209	2
	3	17	224	24	229	33	238	41	247	47	256	49	260	47	256	41	247	33	238	24	229	17	224	14	222	3
	4	8	235	15	241	23	250	30	258	35	267	37	271	35	267	30	258	23	250	15	241	8	235	5	233	4
	5			5	250	12	261	19	269	24	277	26	280	24	277	19	269	12	261	5	250					5
	6							7	279	13	286	15	288	13	286	7	279									6



http://www.mohandes-iran.com

محاسبات ميزان سايه



۱ تعيين زواياي خورشيدي

۲ تعيين جهت ديوار

۳ تعيين درصد سايه افقي

۴ تعيين درصد سايه عمودي

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

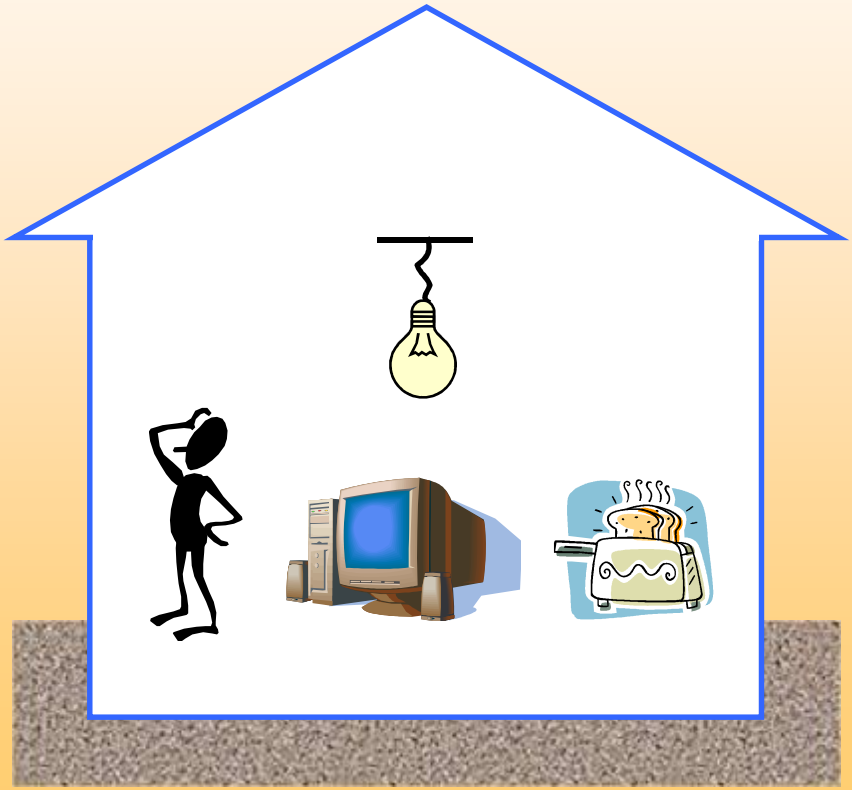
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمایشی

2 بارهای داخلی



بارهای داخلی ساختمان عبارت است از:

- بار روشنایی
- بار افراد
- بار وسایل آشپزخانه
- بار موتورهای الکتریکی
- بار لوله‌های آب گرم و سرد
- بار مخازن آب
- بار سیستم تهویه مطبوع

همان طور که پیش از ذکر شد، اصلی‌ترین تفاوت محاسبات بار سرمایشی با گرمایشی در نظر گرفتن اثرات ذخیره‌سازی حرارتی ساختمان است. برای بارهای داخلی این اثرات به صورت ضرایب ذخیره مطرح می‌گردد.

http://www.mohandes-iran.com

بار روشنایی

	EQUIP. OPER-ATION Hours	WEIGHT§ (lb per sq ft of floor area)	NUMBER OF HOURS AFTER LIGHTS ARE TURNED ON																					
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fluorescent Lights Exposed	24	150 & over	.37	.67	.71	.74	.76	.79	.81	.83	.84	.86	.87	.29	.26	.23	.20	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.10	.09	.08
		100	.31	.67	.72	.76	.79	.81	.83	.85	.87	.88	.90	.30	.26	.22	.19	.16	.15	.13	.12	.10	.09	.08	.07	.06
		30	.25	.74	.83	.88	.91	.94	.96	.96	.98	.98	.99	.26	.17	.12	.08	.05	.04	.03	.02	.01	.01	.01	0	0
	16	150 & over	.60	.82	.83	.84	.84	.84	.85	.85	.86	.88	.90	.32	.28	.25	.23	.19								
		100	.46	.79	.84	.86	.87	.88	.88	.89	.89	.90	.90	.30	.26	.22	.19	.16								
		30	.29	.77	.85	.89	.92	.95	.96	.96	.98	.98	.99	.26	.17	.12	.08	.05								
	12	150 & over	.63	.90	.91	.93	.93	.94	.95	.95	.95	.96	.96	.37												
		100	.57	.89	.91	.92	.94	.94	.95	.95	.96	.96	.97	.36												
		30	.42	.86	.91	.93	.95	.97	.98	.98	.99	.99	.99	.26												
Fluorescent Lights Recessed in Susp. Ceiling or Exposed Incandescent Lights.	24	150 & over	.34	.55	.61	.65	.68	.71	.74	.77	.79	.81	.83	.39	.35	.31	.28	.25	.23	.20	.18	.16	.15	.14	.12	.11
		100	.24	.56	.63	.68	.72	.75	.78	.80	.82	.84	.86	.40	.34	.29	.25	.20	.18	.17	.15	.14	.12	.10	.09	.08
		30	.17	.65	.77	.84	.88	.92	.94	.95	.97	.98	.98	.35	.23	.16	.11	.07	.05	.04	.03	.02	.01	.01	0	0
	16	150 & over	.58	.75	.79	.80	.80	.81	.82	.83	.84	.86	.87	.39	.35	.31	.28	.25								
		100	.46	.73	.78	.82	.82	.82	.83	.84	.85	.87	.88	.40	.34	.29	.25	.20								
		30	.22	.69	.80	.86	.89	.93	.94	.95	.97	.98	.98	.35	.23	.16	.11	.07								
	12	150 & over	.69	.86	.89	.90	.91	.91	.92	.93	.94	.95	.95	.50												
		100	.58	.85	.88	.88	.90	.92	.93	.94	.94	.94	.95	.48												
		30	.40	.81	.88	.91	.93	.96	.97	.97	.98	.99	.99	.35												
Fluorescent or Incandescent Lights Recessed in Susp. Ceiling and Ceiling Plenum Return System.	24	150 & over	.23	.33	.41	.47	.52	.57	.61	.66	.69	.72	.74	.59	.52	.46	.42	.37	.34	.31	.27	.25	.23	.21	.18	.16
		100	.17	.33	.44	.52	.56	.61	.66	.69	.74	.77	.79	.60	.51	.44	.37	.32	.30	.27	.23	.20	.18	.16	.14	.12
		30	0	.48	.66	.76	.82	.87	.91	.93	.95	.97	.98	.52	.34	.24	.16	.11	.07	.05	.04	.02	.02	.01	0	0
	16	150 & over	.57	.64	.68	.72	.73	.73	.74	.74	.75	.76	.78	.59	.52	.46	.42	.37								
		100	.47	.60	.67	.72	.74	.77	.78	.79	.80	.81	.82	.60	.51	.44	.37	.32								
		30	.07	.53	.70	.78	.84	.88	.91	.93	.95	.97	.98	.52	.34	.24	.16	.11								
	12	150 & over	.75	.79	.83	.84	.86	.88	.89	.91	.91	.93	.93	.75												
		100	.68	.77	.81	.84	.86	.88	.89	.89	.92	.93	.93	.72												
		30	.34	.78	.82	.87	.89	.92	.95	.95	.97	.98	.98	.52												

$$Q = LHG \times F_S$$

Q: بار روشنایی، Btu/hr

L: بار اکتسابی از سیستم روشنایی

F_S: ضریب ذخیره سازی ساختمان

1 Watt = 3.4 Btu/hr

برای لامپهای فلورسنت، ضریب 25/1 برای در نظر گرفتن اتلاف از Ballast لامپ در نظر گرفته می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

بار افراد

DEGREE OF ACTIVITY	TYPICAL APPLICATION	Metabolic Rate (Adult Male) Btu/hr	Average Adjusted Metabolic Rate* Btu/hr	ROOM DRY-BULB TEMPERATURE									
				82 F		80 F		78 F		75 F		70 F	
				Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr		Btu/hr	
				Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent	Sensible	Latent
Seated at rest	Theater, Grade School	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Seated, very light work	High School	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Office worker	Offices, Hotels, Apts., College	475	450	180	270	200	250	215	235	245	205	285	165
Standing, walking slowly	Dept., Retail, or Variety Store	550											
Walking, seated	Drug Store	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
Standing, walking slowly	Bank	550											
Sedentary work	Restaurant†	500	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230
Light bench work	Factory, light work	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Moderate dancing	Dance Hall	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Walking, 3 mph	Factory, fairly heavy work	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Heavy work	Bowling Alley‡, Factory	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

Adjusted Metabolic Rate is the metabolic rate to be applied to a mixed group of people with a typical percent composition based on the following factors:

Metabolic rate, adult female = Metabolic rate, adult male × 0.85
Metabolic rate, children = Metabolic rate, adult male × 0.75

†Restaurant—Values for this application include 60 Btu per hr for food per individual (30 Btu sensible and 30 Btu latent heat per hr).

‡Bowling—Assume one person per alley actually bowling and all others sitting, metabolic rate 400 Btu per hr; or standing, 550 Btu per hr.

http://www.mohandes-iran.com

بار وسایل آشپزخانه (الکتریکی)

ELECTRIC RESTURANT APP.

APPLIANCE	OVERALL DIMENSIONS Less Legs and Handles (In.)	TYPE OF CON-TROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	MAIN-TAIN-ING RATE Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE		
						Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
Coffee Brewer—½ gal Warmer—½ gal		Man. Man.		2240 306	306 306	900 230	220 90	1120 320
4 Coffee Brewing Units with 4½ gal Tank	20 x 30 x 26H	Auto.	Water heater—2000 watts Brewers—2960 watts	16900		4800	1200	6000
Coffee Urn—3 gal —3 gal —5 gal	15 Dia x 34H 12 x 23 oval x 21H 18 Dia x 37H	Man. Auto. Auto.	Black finish Nickel plated Nickel plated	11900 15300 17000	3000 2600 3600	2600 2200 3400	1700 1500 2300	4300 3700 5700
Doughnut Machine	22 x 22 x 57H	Auto.	Exhaust system to outdoors—½ hp motor	16000		5000		5000
Egg Boiler	10 x 13 x 25H	Man.	Med. ht.—550 watts Low ht—275 watts	3740		1200	800	2000
Food Warmer with Plate Warmer, per sq ft top surface		Auto.	Insulated, separate heating unit for each pot. Plate warmer in base	1350	500	350	350	700
Food Warmer without Plate Warmer, per sq ft top surface		Auto.	Ditto, without plate warmer	1020	400	200	350	550
Fry Kettle—11½ lb fat	12 Dia x 14H	Auto.		8840	1100	1600	2400	4000
Fry Kettle—25 lb fat	16 x 18 x 12H	Auto.	Frying area 12" x 14"	23800	2000	3800	5700	9500
Griddle, Frying	18 x 18 x 8H	Auto.	Frying top 18" x 14"	8000	2800	3100	1700	4800
Grills, Meat	14 x 14 x 10H	Auto.	Cooking area 10" x 12"	10200	1900	3900	2100	6000
Grills, Sandwich	13 x 14 x 10H	Auto.	Grill area 12" x 12"	5600	1900	2700	700	3400
Roll Warmer	26 x 17 x 13H	Auto.	One drawer	1500	400	1100	100	1200
Toaster, Continuous	15 x 15 x 28H	Auto.	2 Slices wide—360 slices/hr	7500	5000	5100	1300	6400
Toaster, Continuous	20 x 15 x 28H	Auto.	4 Slices wide—720 slices/hr	10200	6000	6100	2600	8700
Toaster, Pop-Up	6 x 11 x 9H	Auto.	2 Slices	4150	1000	2450	450	2900
Waffle Iron	12 x 13 x 10H	Auto.	One waffle 7" dia	2480	600	1100	750	1850
Waffle Iron for Ice Cream Sandwich	14 x 13 x 10H	Auto.	12 Cakes, each 2½" x 3¾"	7500	1500	3100	2100	5200

If properly designed positive exhaust hood is used, multiply recommended value by .50.

http://www.mohandes-iran.com

بار وسایل آشپزخانه (گازسوز)

GAS RESTURANT APP.

APPLIANCE	OVERALL DIMENSIONS Less Legs and Handles (In.)	TYPE OF CONTROL	MISCELLANEOUS DATA	MFR MAX RATING Btu/hr	MAINTAINING RATE Btu/hr	RECOM HEAT GAIN FOR AVG USE Sensible Heat Btu/hr	Latent Heat Btu/hr	Total Heat Btu/hr
GAS BURNING								
Coffee Brewer—½ gal Warmer—½ gal		Man. Man.	Combination brewer and warmer	3400 500	500	1350 400	350 100	1700 500
Coffee Brewer Unit with Tank	19 x 30 x 26H		4 Brewers and 4½ gal tank			7200	1800	9000
Coffee Urn—3 gal	15" Dia x 34H	Auto.	Black finish	3200	3900	2900	2900	5800
Coffee Urn—3 gal	12 x 23 oval x 21H	Auto.	Nickel plated		3400	2500	2500	5000
Coffee Urn—5 gal	18 Dia x 37H	Auto.	Nickel plated		4700	3900	3900	7800
Food Warmer, Values per sq ft top surface		Man.	Water bath type	2000	900	850	450	1300
Fry Kettle—15 lb fat	12 x 20 x 18H	Auto.	Frying area 10 x 10	14250	3000	4200	2800	7000
Fry Kettle—28 lb fat	15 x 35 x 11H	Auto.	Frying area 11 x 15	24000	4500	7200	4800	12000
Grill—Broil-O-Grill Top Burner Bottom Burner	22 x 14 x 17H (1.4 sq ft grill surface)	Man.	Insulated 22,000 Btu/hr 15,000 Btu/hr	37000		14400	3600	18000
Stoves, Short Order—Open Top. Values per sq ft top surface		Man.	Ring type burners 12000 to 22000 Btu/sq	14000		4200	4200	8400
Stoves, Short Order—Closed Top. Values per sq ft top surface		Man.	Ring type burners 10000 to 12000 Btu/sq	11000		3300	3300	6600
Toaster, Continuous	15 x 15 x 28H	Auto.	2 Slices wide—360 slices/hr	12000	10000	7700	3300	11000
STEAM HEATED								
Coffee Urn—3 gal —3 gal —5 gal	15 Dia x 34H 12 x 23 oval x 21H 18 Dia x 37H	Auto. Auto. Auto.	Black finish Nickel plated Nickel plated			2900 2400 3400	1900 1600 2300	4800 4000 5700
Coffee Urn—3 gal —3 gal —5 gal	15 Dia x 34H 12 x 23 oval x 21H 18 Dia x 37H	Man. Man. Man.	Black finish Nickel plated Nickel plated			3100 2600 3700	3100 2600 3700	6200 5200 7400
Food Warmer, per sq ft top surface		Auto.				400	500	900
Food Warmer, per sq ft top surface		Man.				450	1150	1500

If properly designed positive exhaust hood is used, multiply recommended value by .50.

http://www.mohandes-iran.com

بار موتورهای الکتریکی

ELECTRIC MOTORS

NAMEPLATE† OR BRAKE HORSEPOWER	FULL LOAD MOTOR EFFICIENCY PERCENT	LOCATION OF EQUIPMENT WITH RESPECT TO CONDITIONED SPACE OR AIR STREAM‡		
		Motor In - Driven Machine in HP × 2545 / % Eff	Motor Out - Driven Machine in HP × 2545	Motor In - Driven Machine out HP × 2545 (1 − % Eff) / % Eff
		Btu per Hour		
1/20	40	320	130	190
1/12	49	430	210	220
1/8	55	580	320	260
1/6	60	710	430	280
1/4	64	1,000	640	360
1/3	66	1,290	850	440
1/2	70	1,820	1,280	540
3/4	72	2,680	1,930	750
1	79	3,220	2,540	680
1 1/2	80	4,770	3,820	950
2	80	6,380	5,100	1,280
3	81	9,450	7,650	1,800
5	82	15,600	12,800	2,800
7 1/2	85	22,500	19,100	3,400
10	85	30,000	25,500	4,500
15	86	44,500	38,200	6,300
20	87	58,500	51,000	7,500
25	88	72,400	63,600	8,800
30	89	85,800	76,400	9,400
40	89	115,000	102,000	13,000
50	89	143,000	127,000	16,000
60	89	172,000	153,000	19,000
75	90	212,000	191,000	21,000
100	90	284,000	255,000	29,000
125	90	354,000	318,000	36,000
150	91	420,000	382,000	38,000
200	91	560,000	510,000	50,000
250	91	700,000	636,000	64,000

For intermittent operation, an appropriate usage factor should be used, preferably measured.

†If motors are overloaded and amount of overloading is unknown, multiply the above heat gain factors by the following maximum service factors:

Maximum Service Factors

Horsepower	1/20-1/8	1/6-1/3	1/2-3/4	1	1 1/2-2	3-250
AC Open Type	1.4	1.35	1.25	1.25	1.20	1.15
DC Open Type	—	—	—	1.15	1.15	1.15

No overload is allowable with enclosed motors.

‡For a fan or pump in air conditioned space, exhausting air and pumping fluid to outside of space, use values in last column.

http://www.mohandes-iran.com

بار لوله‌های آب گرم و سرد

ضریب انتقال حرارت برای لوله‌های گرم بدون عایق (Btu/hr.ft.DT)

NOMINAL PIPE SIZE (in.)	HOT WATER				STEAM		
	120 F	150 F	180 F	210 F	5 psig 227 F	50 psig 300 F	100 psig 338 F
	TEMPERATURE DIFFERENCE*						
	50 F	80 F	110 F	140 F	157 F	230 F	268 F
½	0.46	0.50	0.55	0.58	0.61	0.71	0.76
¾	0.56	0.61	0.67	0.72	0.75	0.87	0.93
1	0.68	0.74	0.82	0.88	0.92	1.07	1.15
1¼	0.85	0.92	1.01	1.09	1.14	1.32	1.43
1½	0.96	1.04	1.15	1.23	1.29	1.49	1.63
2	1.18	1.28	1.41	1.51	1.58	1.84	1.99
2½	1.40	1.53	1.68	1.80	1.88	2.19	2.36
3	1.68	1.83	2.01	2.15	2.26	2.63	2.84
3½	1.90	2.06	2.22	2.43	2.55	2.97	3.22
4	2.12	2.30	2.53	2.72	2.85	3.32	3.59
5	2.58	2.80	3.08	3.30	3.47	4.05	4.39
6	3.04	3.29	3.63	3.89	4.07	4.77	5.16
8	3.88	4.22	4.64	4.96	5.21	6.10	6.61
10	4.76	5.18	5.68	6.09	6.41	7.49	8.12
12	5.59	6.07	6.67	7.15	7.50	8.80	9.53

*At 70 F db room temperature

http://www.mohandes-iran.com

بار لوله‌های آب گرم و سرد

ضریب انتقال حرارت برای لوله‌های سرد عایق شده (Btu/hr.ft.DT)

IRON PIPE SIZE (in.)	ICE WATER		BRINE		HEAVY BRINE	
	Actual Thickness of Insulation (In.)	Coefficient	Actual Thickness of Insulation (In.)	Coefficient	Actual Thickness of Insulation (In.)	Coefficient
½	1.5	0.11	2.0	0.10	2.8	0.09
¾	1.6	0.12	2.0	0.11	2.9	0.09
1	1.6	0.14	2.0	0.12	3.0	0.10
1¼	1.6	0.16	2.4	0.13	3.1	0.11
1½	1.5	0.17	2.5	0.13	3.2	0.12
2	1.5	0.20	2.5	0.15	3.3	0.13
2½	1.5	0.23	2.6	0.17	3.3	0.15
3	1.5	0.27	2.7	0.19	3.4	0.16
3½	1.5	0.29	2.9	0.19	3.5	0.18
4	1.7	0.30	2.9	0.21	3.7	0.18
5	1.7	0.35	3.0	0.24	3.9	0.20
6	1.7	0.40	3.0	0.26	4.0	0.23
8	1.9	0.46	3.0	0.32	4.0	0.26
10	1.9	0.56	3.0	0.38	4.0	0.31
12	1.9	0.65	3.0	0.44	4.0	0.36

No allowance for fittings. This table applies only to straight runs of pipe. When numerous fittings exist, a suitable safety factor must be included. This added heat gain at the fittings may be as much as 10%. Generally this table can be used without adding this safety factor.

Insulation material. Values in this table are based on a material having a conductivity k=0.30. However, a 15% safety factor was added to this k value to compensate for seams and imperfect workmanship. The table applies to either cork covering (k=0.29), or mineral wool board (k=0.32). The thickness given above is for molded mineral wool board which is usually some 5 to 10% greater than molded cork board.

http://www.mohandes-iran.com

بار لوله‌های آب گرم و سرد

ضریب انتقال حرارت برای لوله‌های گرم عایق شده (Btu/hr.ft.DT)

IRON PIPE SIZE (in.)	85 PERCENT MAGNESIA INSULATION†		
	1 In. Thick	1½ In. Thick	2 In. Thick
½	0.16	0.14	0.12
¾	0.18	0.15	0.13
1	0.20	0.17	0.15
1¼	0.24	0.20	0.17
1½	0.26	0.21	0.18
2	0.30	0.24	0.21
2½	0.35	0.27	0.24
3	0.40	0.32	0.27
3½	0.45	0.35	0.30
4	0.49	0.38	0.32
5	0.59	0.45	0.38
6	0.68	0.52	0.43
8	0.85	0.65	0.53
10	1.04	0.78	0.64
12	1.22	0.90	0.73

No allowance for fittings. This table applies only to straight runs of pipe. When numerous fittings exist, a suitable safety factor must be included. This added heat gain at the fittings may be as much as 10%. Generally this table can be used without adding this safety factor.

†Other insulation. If other types of insulation are used, multiply the above values by the factors shown in the following table:

MATERIAL	PIPE COVERING FACTORS
Corrugated Asbestos (Air Cell)	
4 Ply per inch	1.36
6 Ply per inch	1.23
8 Ply per inch	1.19
Laminated Asbestos (Sponge Felt)	0.98
Mineral Wool	1.00
Diatomaceous Silica (Super-X)	1.36
Brown Asbestos Fiber (Wool Felt)	0.88

http://www.mohandes-iran.com

بار انتقال حرارت از مخازن

ضریب انتقال حرارت برای مخازن بدون عایق ($Btu/hr.ft^2.DT$)

CONSTRUCTION	METAL								WOOD 2½ in. Thick				CONCRETE 6 in. Thick			
	Painted				Bright (Nickel)				Painted or Bare				Painted or Bare			
	Temp Diff				Temp Diff				Temp Diff				Temp Diff			
	50 F	100 F	150 F	200 F	50 F	100 F	150 F	200 F	50 F	100 F	150 F	200 F	50 F	100 F	150 F	200 F
Vertical(Sides)	1.8	2.0	2.3	2.6	1.3	1.7	1.6	1.7	.37	.37	.37	.37	.91	.93	.96	.97
Top	2.1	2.4	2.7	2.9	1.6	1.4	1.9	2.1	.38	.38	.38	.38	.99	1.0	1.0	1.1
Bottom	1.5	1.7	2.0	2.2	0.97	1.1	1.3	1.4	.35	.36	.36	.36	.83	.86	.88	.90

تبخیر از سطح مخازن رو باز ($Btu/hr.ft^2$)

STILL AIR, ROOM AT 75 F db, 50% RH

WATER TEMP	75 F	100 F	125 F	150 F	175 F	200 F
Btu/(hr)(sq ft)	42	140	330	680	1260	2190

http://www.mohandes-iran.com

بار سیستم تهویه مطبوع

AIR CONDITIONING SYSTEM

	FAN TOTAL PRESSURE† (In. of Water)	CENTRAL STATION SYSTEMS‡					APPLIED OR UNITARY SYSTEM**				
		Temp Diff Room to Supply Air					Temp Diff Room to Supply Air				
		10 F	15 F	20 F	25 F	30 F	10 F	15 F	20 F	25 F	30 F
		PERCENT OF ROOM SENSIBLE HEAT*									
Fan Motor Not in Conditioned Space or Air Stream	0.50	1.2	0.8	0.6	0.5	0.4	2.2	1.5	1.1	0.9	0.7
	0.75	1.9	1.3	1.0	0.8	0.6	3.5	2.4	1.8	1.4	1.2
	1.00	2.7	1.8	1.4	1.1	0.9	4.8	3.2	2.4	1.9	1.6
	1.25	3.9	2.6	1.9	1.6	1.3	6.5	4.3	3.2	2.6	2.2
	1.50	4.6	3.1	2.3	1.9	1.6	7.8	5.2	3.9	3.1	2.6
	1.75	5.4	3.6	2.7	2.2	1.8	9.1	6.1	4.6	3.6	3.0
	2.00	6.2	4.1	3.1	2.5	2.1	10.4	6.9	5.2	4.2	3.5
	3.00	10.4	6.9	5.2	4.2	3.5	16.7	11.2	8.4	6.7	5.6
	4.00	15.3	10.2	7.7	6.1	5.1					
	5.00	19.2	12.8	9.6	7.7	6.4					
	6.00	24.4	16.3	12.2	9.9	8.2					
	8.00	38.0	25.4	19.0	15.2	12.7					
Fan Motor†† in Conditioned Space or Air Stream	0.50	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	2.7	1.8	1.4	1.1	0.9
	0.75	2.6	1.8	1.3	1.1	0.9	4.2	2.8	2.1	1.7	1.4
	1.00	3.6	2.4	1.8	1.5	1.2	5.8	3.8	2.9	2.3	1.9
	1.25	5.0	3.4	2.5	2.0	1.7	7.6	5.1	3.8	3.1	2.6
	1.50	6.0	4.0	3.0	2.4	2.0	9.2	6.1	4.6	3.7	3.1
	1.75	7.0	4.7	3.5	2.8	2.4	10.7	7.2	5.4	4.3	3.6
	2.00	8.0	5.4	4.0	3.2	2.7	12.2	8.2	6.1	4.9	4.1
	3.00	13.2	8.8	6.6	5.3	4.4	19.5	13.1	9.8	7.8	6.5
	4.00	19.0	12.7	9.5	7.6	6.4					
	5.00	23.8	15.9	11.9	9.5	8.0					
	6.00	30.0	20.0	15.0	12.0	10.0					
	8.00	45.5	30.3	22.8	18.2	15.2					

*Excludes from heat gain, typical values for bearing losses, etc. which are dissipated in apparatus room.

†Fan Total Pressure equals fan static pressure plus velocity pressure at fan discharge. Below 1200 fpm the fan total pressure is approximately equal to the fan static. Above 1200 fpm the total pressure should be figured.

‡70% fan efficiency assumed.

**50% fan efficiency assumed.

††80% motor and drive efficiency assumed.

‡‡For draw-thru systems, this heat is an addition to the supply air heat gain and is added to the room sensible heat. For blow-thru systems this fan heat is added to the grand total heat; use the RSH times the percent listed and add to the GTH.

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

محاسبات بار سرمایشی

3 بار انتقال حرارت از جدار

§ بار ناشی از انتقال حرارت جدارها اولاً به دلیل تابش خورشید و ثانیاً به دلیل اختلاف دمای محیط داخل و خارج است. همان طور که در فصل مربوطه ذکر شد، در محاسبات بار حرارتی تابش خورشید در نظر گرفته نشده و تنها انتقال حرارت ناشی از اختلاف دمای محیط خارج و داخل محاسبه می‌شود. چرا؟

§ از آنجا که تابش خورشید و نیز شرایط طرح خارج در طول روز تغییر می‌کند، انتقال حرارت از جدارها فرآیندی ناپایا و پیچیده خواهد بود. به همین دلیل از مفهومی تحت نام اختلاف دمای معادل **(Cooling Load Equivalent Temp.)** جهت محاسبه بار برودتی استفاده می‌شود.

§ اختلاف دمای معادل، اختلاف دمایی است که چنانچه در معادله انتقال حرارت هدایت پایا به کار رود، انتقال حرارتی برابر انتقال حرارت ناشی از تغییرات تابش خورشید و دمای خارج را پیش‌بینی نماید. اختلاف دمای معادل به جنس جدار، جهت جدار، زمان، مکان و شرایط طرح بستگی دارد.

§ طبیعتاً انتقال حرارت از دیوارهای داخلی ساختمان تنها به اختلاف دمای دو سمت دیوار بستگی داشته و در طول روز ثابت خواهد بود.

http://www.mohandes-iran.com

بار انتقال حرارت از جدار

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_e$$

- Q: انتقال حرارت محسوس، Btu/hr
- U: ضریب انتقال حرارت، (Btu/hr) / (ft².°F)
- A: مساحت سطح جدار، ft²
- ΔT_e: اختلاف دمای معادل، °F

§ از آنجا که اختلاف دمای معادل تابع پارامترهای متعددی است، مقدار آن برای شرایطی مشخص داده شده و برای سایر شرایط مقادیر فوق تصحیح می‌شود. این شرایط عبارت است از:

- دمای طرح خارج 95 °F، دمای طرح داخل 80 °F و دامنه تغییرات روزانه 20 °F
- ماه جولای و مدار 40 درجه شمالی
- رنگ سطح جدار تیره

§ خوشبختانه شرایط فوق به نوعی است که در بیشتر موارد تنها تصحیح ناشی از مورد اول ضروری است زیرا:

- بار برودتی اغلب در ماه جولای حداکثر است.
- طول جغرافیایی اغلب مناطق کشور در حدود 40 درجه شمالی است.
- حتی چنانچه رنگ سطح جداره روشن باشد، پس از مدتی به دلیل آلودگی محیط‌های شهری رنگ جدار تیره شده و لذا بنا به توصیه **ASHRAE** بهتر است محاسبات سیستم تهویه مطبوع بر اساس رنگ سطح جدار تیره انجام شود.

http://www.mohandes-iran.com

اختلاف دمای معادل برای دیوارها

EXPOSURE	WEIGHT OF WALL‡ (lb/sq ft)	SUN TIME																								
		AM							PM												AM					
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Northeast	20	5	15	22	23	24	19	14	13	12	13	14	14	14	12	10	8	6	4	2	0	−2	−3	−4	−2
	60	−1	−2	−2	5	24	22	20	15	10	11	12	13	14	13	12	11	10	8	6	4	2	1	0	−1
	100	4	3	4	4	4	10	16	15	14	12	10	11	12	12	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5
	140	5	5	6	6	6	6	6	10	14	16	14	12	10	10	10	10	10	10	10	9	9	8	7	7
East	20	1	17	30	33	36	35	32	20	12	13	14	14	14	12	10	8	6	4	2	0	−1	−2	−3	−3
	60	−1	−1	0	21	30	31	31	19	14	13	12	13	14	13	12	11	10	8	5	4	3	1	1	0
	100	5	5	6	8	14	20	24	25	24	20	18	16	14	14	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6
	140	11	10	10	9	8	9	10	15	18	19	18	17	16	14	12	13	14	14	14	13	13	12	12	12
Southeast	20	10	6	13	19	26	27	28	26	24	19	16	15	14	12	10	8	6	4	2	0	−1	−1	−2	−2
	60	1	1	0	13	20	24	28	26	25	21	18	15	14	13	12	11	10	8	6	5	4	3	3	2
	100	7	7	6	6	6	11	16	17	18	19	18	16	14	13	12	11	10	10	10	9	9	8	8	7
	140	9	8	8	8	8	7	6	11	14	15	16	18	16	15	14	13	12	12	12	11	11	10	10	9
South	20	−1	−2	−4	1	4	14	22	27	30	28	26	20	16	12	10	7	6	3	2	1	1	0	0	−1
	60	−1	−3	−4	−3	−2	7	12	20	24	25	26	23	20	15	12	10	8	6	4	2	1	1	0	−1
	100	4	4	2	2	2	3	4	8	12	15	16	18	18	15	14	11	10	9	8	8	7	6	6	5
	140	7	6	6	5	4	4	4	4	4	7	10	13	14	15	16	16	14	12	10	10	9	9	8	7
Southwest	20	−2	−4	−4	−2	0	4	6	19	26	34	40	41	42	30	24	12	6	4	2	1	1	0	−1	−1
	60	2	1	0	0	0	1	2	8	12	24	32	35	36	35	34	20	10	7	6	5	4	4	3	3
	100	7	5	6	5	4	5	6	7	8	12	14	19	22	23	24	23	22	15	10	10	9	9	8	7
	140	8	8	8	8	8	7	6	6	6	7	8	9	10	15	18	19	20	13	8	8	8	8	8	8
West	20	−2	−3	−4	−2	0	3	6	14	20	32	40	45	48	34	22	14	8	5	2	1	0	0	−1	−1
	60	2	1	0	0	0	2	4	7	10	19	26	34	40	41	36	28	16	10	6	5	4	3	3	2
	100	7	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	17	20	25	28	27	26	19	14	12	11	10	9	8
	140	12	11	10	9	8	8	8	9	10	10	10	11	12	14	16	21	22	23	22	20	18	16	15	13
Northwest	20	−3	−4	−4	−2	0	3	6	10	12	19	24	33	40	37	34	18	6	4	2	0	−1	−1	−2	−2
	60	−2	−3	−4	−3	−2	0	2	6	8	10	12	21	30	31	32	21	12	8	6	4	3	1	0	−1
	100	5	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	9	12	17	20	21	22	14	8	7	7	6	6	5
	140	8	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10	14	18	19	20	16	13	11	10	9
North (Shade)	20	−3	−3	−4	−3	−2	1	4	8	10	12	14	13	12	10	8	6	4	2	0	0	−1	−1	−2	−2
	60	−3	−3	−4	−3	−2	−1	0	3	6	8	10	11	12	12	12	10	8	6	4	2	1	0	−1	−2
	100	1	1	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	5	5	8	7	6	5	4	3	3	2	2	1
	140	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	7	6	4	3	2	2	1
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
		AM							PM												AM					
		SUN TIME																								

http://www.mohandes-iran.com

اختلاف دمای معادل برای سقف

CONDITION	WEIGHT OF ROOF (lb/sq ft)	SUN TIME																									
		AM							PM													AM					
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Exposed to Sun	10	−4	−6	−7	−5	−1	7	15	24	32	38	43	46	45	41	35	28	22	16	10	7	3	1	−1	−3
	20	0	−1	−2	−1	2	9	16	23	30	36	41	43	43	40	35	30	25	20	15	12	8	6	4	2
	40	4	3	2	3	6	10	16	23	28	33	38	40	41	39	35	32	28	24	20	17	13	11	9	6
	60	9	8	6	7	8	11	16	22	27	31	35	38	39	38	36	34	31	28	25	22	18	16	13	11
	80	13	12	11	11	12	13	16	22	26	28	32	35	37	37	35	34	34	32	30	27	23	20	18	14
Covered with Water	20	−5	−2	0	2	4	10	16	19	22	20	18	16	14	12	10	6	2	1	1	−1	−2	−3	−4	−5
	40	−3	−2	−1	−1	0	5	10	13	15	15	16	15	15	14	12	10	7	5	3	1	−1	−2	−3	−3
	60	−1	−2	−2	−2	−2	2	5	7	10	12	14	15	16	15	14	12	10	8	6	4	3	2	1	0
Sprayed	20	−4	−2	0	2	4	8	12	15	18	17	16	15	14	12	10	6	2	1	0	−1	−2	−2	−3	−3
	40	−2	−2	−1	−1	0	2	5	9	13	14	14	14	14	13	12	9	7	5	3	1	0	0	−1	−1
	60	−1	−2	−2	−2	−2	0	2	5	8	10	12	13	14	13	12	11	10	8	6	4	2	1	0	−1
Shaded	20	−5	−5	−4	−2	0	2	6	9	12	13	14	13	12	10	8	5	2	1	0	−1	−3	−4	−5	−5
	40	−5	−5	−4	−3	−2	0	2	5	8	10	12	13	12	11	10	8	6	4	2	0	−1	−3	−4	−5
	60	−3	−3	−2	−2	−2	−1	0	2	4	6	8	9	10	10	10	9	8	6	4	2	1	0	−1	−2
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
		AM							PM													AM				
		SUN TIME																								

§ از آنجا که سازه ساختمانهای کشور عمدتاً سنگین هستند، در صورت عدم اطلاع از جرم دیوارها یا سقف می‌توان سنگین‌ترین مقدار ذکر شده در جدول را مبنای طراحی قرار داد.

http://www.mohandes-iran.com

تصحیح مقادیر اختلاف دمای معادل

تصحیح ناشی از شرایط طرح

OUTDOOR DESIGN FOR MONTH AT 3 P.M. MINUS ROOM TEMP (deg F)	DAILY RANGE (deg F)																
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
−30	−39	−40	−41	−42	−43	−44	−45	−46	−47	−48	−49	−50	−51	−52	−53	−54	−55
−20	−29	−30	−31	−32	−33	−34	−35	−36	−37	−38	−39	−40	−41	−42	−43	−44	−45
−10	−19	−20	−21	−22	−23	−24	−25	−26	−27	−28	−29	−30	−31	−32	−33	−34	−35
0	−9	−10	−11	− 12	−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19	−20	−21	−22	−23	−24	−25
5	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10	−11	−12	−13	−14	−15	−16	−17	−18	−19	−20
10	1	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10	−11	−12	−13	−14	−15
15	6	5	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7	−8	−9	−10
20	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	−1	−2	−3	−4	−5
25	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
30	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
35	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
40	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15

§ به عنوان نمونه برای شهر تهران که دمای طرح خارج تابستانی 102 °F و دامنه تغییرات روزانه 27 °F است، با توجه به جدول، میزان تصحیح اختلاف دمای معادل برای دیوار و سقف برابر 5/8 °F خواهد بود. (دمای طرح داخل 75 °F است)

http://www.mohandes-iran.com

تصحیح مقادیر اختلاف دمای معادل

تصحیح ناشی از ماه و مکان جغرافیایی و رنگ جدار

حداکثر تابش خورشید در ماه و مکان مورد نظر

دیوار یا سقف با رنگ تیره

$$\Delta T_e = 1.00\frac{R_s}{R_m}\Delta T_{em} + \left(1 - 1.00\frac{R_s}{R_m}\right)\Delta T_{es}$$

دیوار یا سقف با رنگ متوسط

$$\Delta T_e = 0.78\frac{R_s}{R_m}\Delta T_{em} + \left(1 - 0.78\frac{R_s}{R_m}\right)\Delta T_{es}$$

دیوار یا سقف با رنگ روشن

$$\Delta T_e = 0.55\frac{R_s}{R_m}\Delta T_{em} + \left(1 - 0.55\frac{R_s}{R_m}\right)\Delta T_{es}$$

حداکثر تابش خورشید در ماه جولای و طول 40 درجه شمالی

اختلاف دمای معادل برای سقف یا دیوار در سایه از جدول قبل

اختلاف دمای معادل برای سقف یا دیوار مورد نظر از جدول قبل

§ توجه: پیش از تصحیحات این قسمت، در صورت نیاز باید تصحیحات بند قبل در اعمال گردد.

http://www.mohandes-iran.com

انتقال رطوبت (بار نهان) از جدار

DESCRIPTION OF MATERIAL OR CONSTRUCTION	PERMEANCE Btu/(hr) (100 sq ft) (gr/lb diff) latent heat		
	No Vapor Seal Unless Noted Under Description	With 2 Coats Vapor-seal Paint on Smooth Inside Surface*	With Aluminum Foil Mounted on One Side of Paper Cemented to Wall†
WALLS			
Brick— 4 inches	.12	.075	.024
— 8 inches	.06	.046	.020
—12 inches	.04	.033	.017
—per inch of thickness	.49	——	——
Concrete— 6 inches	.067	.050	.021
—12 inches	.034	.029	.016
—per inch of thickness	.40	——	——
Frame—with plaster interior finish	.79	.16	.029
—same with asphalt coated insulating board lath	.42	.14	.028
Tile—hollow clay (face, glazed)—4 inches	.013	.012	.0091
—hollow clay (common)—4 inches	.24	.11	.025
—hollow clay, 4 inch face and 4 inch common	.012	.011	.0086
CEILINGS AND FLOORS			
Concrete—4 inches	.10	.067	.023
—8 inches	.051	.040	.019
Plaster on wood or metal lath on joist—no flooring	2.0	.18	.030
Plaster on wood or metal lath on joist—flooring	.50	.14	.028
Plaster on wood or metal lath on joists—double flooring	.40	.13	.028
PARTITIONS			
Insulating Board ½ inch on both sides of studding	4.0	.19	.030
Wood or metal lath and plaster on both sides of studding	1.0	.17	.029
ROOFS			
Concrete—2 inches, plus 3 layer felt roofing	.02	.018	.012
—6 inches, plus 3 layer felt roofing	.02	.018	.012
Shingles, sheathing, rafters—plus plaster on wood or metal lath	1.5	.18	.29
Wood—1 inch, plus 3 layer felt roofing	.02	.018	.012
—2 inches, plus 3 layer felt roofing	.02	.018	.012

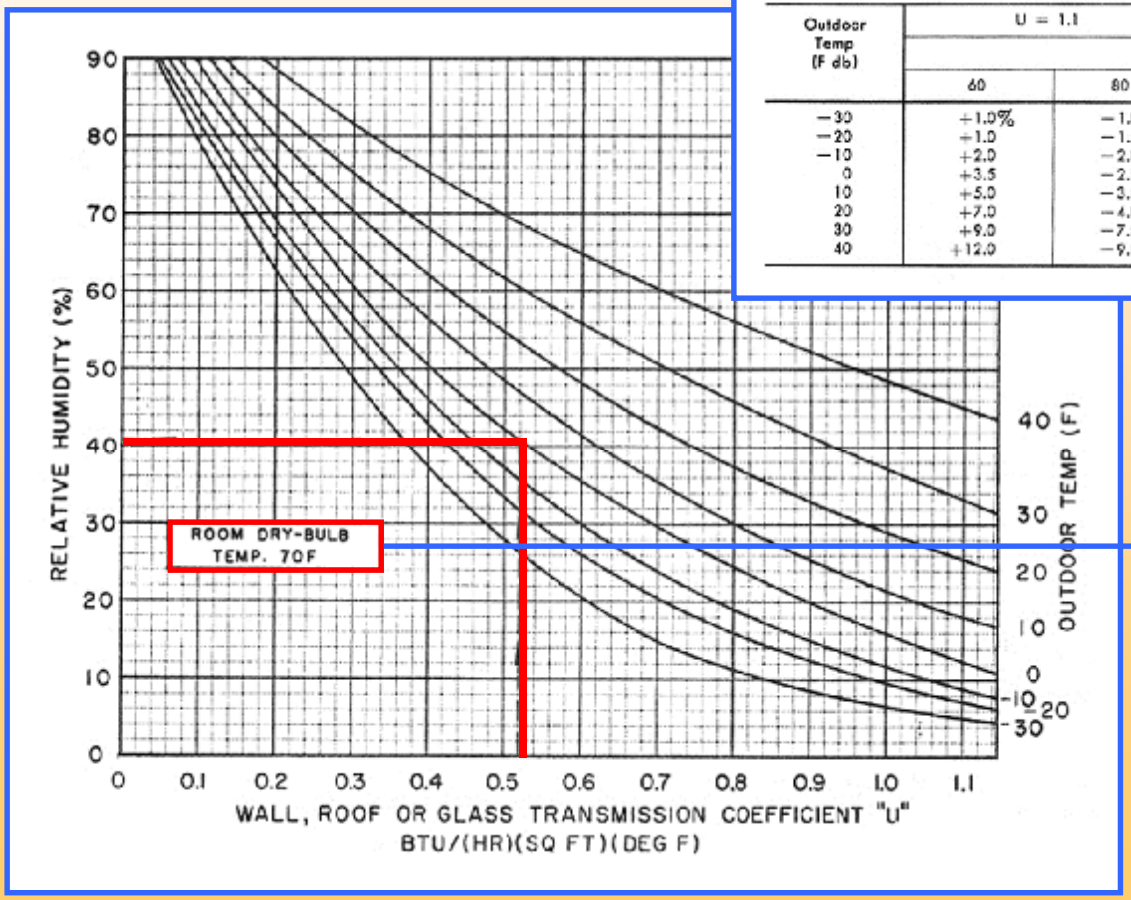
$$Q = U \cdot A \cdot \Delta w$$

- Q: انتقال حرارت نهان، Btu/hr
- U: ضریب نفوذپذیری، (Btu/hr) / (ft².gr/lb)
- A: مساحت سطح جدار، ft²
- Δw: اختلاف رطوبت داخل و خارج، gr/lb

http://www.mohandes-iran.com

پیشگیری از چگالش رطوبت هوا در جدار

§ **سئوال:** احتمال چگالش رطوبت در داخل جدار در تابستان وجود دارد یا در زمستان؟ چرا؟



Outdoor Temp (F db)	U = 1.1		U = .65		U = .35	
	Room Temp (F db)					
	60	80	60	80	60	80
−30	+1.0%	−1.0%	+1.5%	−2.0%	+2.5%	−2.0%
−20	+1.0	−1.5	+2.5	−2.5	+3.0	−2.0
−10	+2.0	−2.0	+3.5	−3.0	+3.0	−2.0
0	+3.5	−2.5	+4.0	−4.0	+3.5	−2.5
10	+5.0	−3.5	+5.0	−4.5	+4.0	−3.0
20	+7.0	−4.0	+6.5	−5.0	+4.5	−3.5
30	+9.0	−7.5	+8.5	−6.0	+5.0	−4.0
40	+12.0	−9.5	+9.5	−7.5	+6.0	−4.5

http://www.mohandes-iran.com

ضریب غیرهمزمانی بارهای برودتی

§ اثرات عدم همزمانی بارهای برودتی در محاسبه بار برودتی سیستم‌های بزرگ را به صورت ضریبی تحت عنوان ضریب غیرهمزمانی مطرح می‌کنند.

§ ضریب غیرهمزنانی به عوامل مختلفی از جمله محل، نوع و میزان کاربرد وابسته بوده و کاملاً بر اساس تجربه و نظر طراح است.

§ عموماً برای بار روشنایی و افراد در ساختمان‌های بزرگ مسکونی، هتلها و آپارتمانها از ضریب غیرهمزمانی استفاده می‌شود.

TYPE OF APPLICATION	DIVERSITY FACTOR	
	People	Lights
Office	.75 to .90	.70 to .85
Apartment, Hotel	.40 to .60	.30 to .50
Department Store	.80 to .90	.90 to 1.0
Industrial	.85 to .95	.80 to .90

http://www.mohandes-iran.com

TABLE REFERENCES

CHAP REF	ITEM	AREA OR QUANTITY	SUN GAIN OR TEMP. DIFF.	FACTOR
	SOLAR GAIN—GLASS			
3 & 4	GLASS WITH STORAGE	SQ FT ×	TBLS 6&7,8 9,10 OR 11 PP 29-34	× TBLS 16,17 PP 52-54
	GLASS WITH STORAGE	SQ FT ×		×
	GLASS WITHOUT STORAGE	SQ FT ×	TBL 15 PP 44-49	× TBL 15 CORR PP 44-49
	SKYLIGHT WITHOUT STORAGE	SQ FT ×		×
	SOLAR & TRANS. GAIN—WALLS & ROOF			
5	WALL	SQ FT ×	TBL 19 P 62	× TBLS 21,22, 23,24 OR 25 PP 66-69
	WALL	SQ FT ×		×
	WALL	SQ FT ×		×
	WALL	SQ FT ×		×
	ROOF—SUN	SQ FT ×	TBL 20 P 63	× TBLS 27,28 71,72
	ROOF—SHADED	SQ FT ×		×
	TRANS. GAIN—EXCEPT WALLS & ROOF			
	ALL GLASS	SQ FT ×	NOTE 1	× TBL 33 P 76
	PARTITION	SQ FT ×	NOTES, PP 69,70	× TBLS 25,26 PP 69,70
	CEILING	SQ FT ×	NOTES PP 73,74	× TBL 29 OR 30 PP 73,74
	FLOOR	SQ FT ×		×
6	INFILTRATION	CFM ×	NOTE 1	× 1.08
	INTERNAL HEAT			
3 & 7	PEOPLE	PEOPLE ×		TBLS 14,48 PP 38,100
	POWER	HP OR KW ×		TBL 53 P 105
	LIGHTS	WATTS × 3.4 ×		TBLS 12,14,49 PP 35,38,101
	APPLIANCES, ETC.	TBLS 50-52 PP 101-103		× CORR BELOW TBLS 50-52
	ADDITIONAL HEAT GAINS	TBLS 54,57 PP 107-109		×
				SUB TOTAL
2 & 3	STORAGE	SQ FT × (TEMP SWING TBL 14 P 38)		× (— TBL 13 P 37)
				SUB TOTAL
7	SAFETY FACTOR P 113		%	
	ROOM SENSIBLE HEAT ■			
	SUPPLY DUCT CHART 3 SUPPLY DUCT FAN TBL 59			

TABLE REFERENCES

CHAP REF	ESTIMATE FOR	LOCAL TIME SUN TIME	PEAK LOAD	LOCAL TIME SUN TIME
	HOURS OF OPERATION			

	CONDITIONS	DB	WB	% RH	DP	GR/LB
2	OUTDOOR (OA)	TBLS 1-3	PP 10-19			
	ROOM (RM)	TBLS 4,5	PP 20,22,23			
	DIFFERENCE		X X X	X X X	X X X	

6	VENTILATION	**OUTDOOR AIR** PEOPLE × (TBL 45 P 97) CFM/PERSON =
		SQ FT × (TBL 45 P 97) CFM/SQ FT =
		CFM VENTILATION ■
	INFILTRATION	SWINGING REVOLVING DOORS PEOPLE × (TBL 41 P 90) CFM/PERSON =
		OPEN DOORS DOORS × (TBL 41 P 90) CFM/DOOR =
		EXHAUST FAN TBLS 46,47; P 98
		CRACK FEET × TBL 44 P 95 CFM/FT =
		CFM INFILTRATION ■ TBL 42 P 92
		CFM OUTDOOR AIR THRU APPARATUS ■ NOTE 3 CFM_{OA}
8	ESHF	**APPARATUS DEWPOINT** EFFECTIVE SENS HEAT FACTOR = EFFECTIVE ROOM SENS. HEAT / EFFECTIVE ROOM TOTAL HEAT =
	ADP	TBL 65 P 145, OR PSYCH CHART, FIG 33 P 116 INDICATED ADP = F SELECTED ADP = F
	TEMP. RISE	**DEHUMIDIFIED AIR QUANTITY** (1 + P 121 BF) × (T_{RM} F − T_{ADP} F) = F
	DEHUM. CFM	EFFECTIVE ROOM SENS. HEAT / 1.08 × $F_{TEMP. RISE}$ = CFM_{DA}
	OUTLET TEMP. DIFF.	ROOM SENS. HEAT / 1.08 × CFM_{DA} = $F_{(RM-OUTLET AIR)}$ *
	SUPPLY CFM	**SUPPLY AIR QUANTITY** ROOM SENS. HEAT / 1.08 × $F_{DESIRED DIFF}$ = CFM_{SA}
	BYPASS CFM	CFM_{SA} − CFM_{DA} = CFM_{BA}
		RESULTING ENT & LVG CONDITIONS AT APPARATUS

http://www.mohandes-iran.com

INTERNAL HEAT

3 & 7	PEOPLE	PEOPLE × TBLS 14.48 PP 38.100
	POWER	HP OR KW × TBL 53 P 105
	LIGHTS	WATTS × 3.4 × TBLS 12.14.49 PP 39.36.101
	APPLIANCES, ETC.	TBLS 50-52 PP 101-103 × CORR BELOW TBLS 50-52
	ADDITIONAL HEAT GAINS	TBLS 54-57 PP 107-109 ×
		SUB TOTAL
2 & 3	STORAGE	SQ FT × (TEMP SWING / TBL 14 P 38) × (− TBL 13 P 37)
		SUB TOTAL
7	SAFETY FACTOR P 113	%
		ROOM SENSIBLE HEAT ■
7	SUPPLY DUCT HEAT GAIN CHART 3 P 110	% + SUPPLY DUCT LEAK. LOSS P 110 % + FAN H. P. TBL 59 P 111 %
8	OUTDOOR AIR NOTE 3	CFM × NOTE 1 F × P 121 BF × 1.08
		EFFECTIVE ROOM SENSIBLE HEAT ■

LATENT HEAT

6	INFILTRATION NOTE 4	CFM × NOTE 2 GR/LB × 0.68
3 & 7	PEOPLE	PEOPLE × TBLS 14.48; PP 38.100
	STEAM P 107	LB/HR × 1050
	APPLIANCES, ETC. TBLS 50-52 PP 101-103	× CORR BELOW TBLS
	ADDITIONAL HEAT GAINS TBL 58 P 109	
5	VAPOR TRANS.	SQ FT × 1/100 × NOTE 2 GR/LB × TBL 40 P 84
		SUB TOTAL
7	SAFETY FACTOR P 113	%
		ROOM LATENT HEAT
	SUPPLY DUCT LEAKAGE LOSS P 110	%
8	OUTDOOR AIR NOTE 3	CFM × NOTE 2 GR/LB × P 121 BF × 0.68
		EFFECTIVE ROOM LATENT HEAT
		EFFECTIVE ROOM TOTAL HEAT ■

OUTDOOR AIR HEAT

8	SENSIBLE: NOTE 3	CFM × NOTE 1 F × (1 − P 121 BF) × 1.08
	LATENT: NOTE 3	CFM × NOTE 2 GR/LB × (1 − P 121 BF) × 0.68
7	RETURN DUCT HEAT GAIN CHART 3 P 110	% + RETURN DUCT LEAK. GAIN P 112 % + HP PUMP TBL 60 P 113 % + SUB TOTAL DEHUM. & PIPE LOSS P 113 %
		GRAND TOTAL HEAT ■

8

DEHUMIDIFIED AIR QUANTITY

TEMP. RISE

$$(1 \overset{P\ 121}{____} BF) \times (T_{RM} ____ F - T_{ADP} ____ F) = ____ F$$

DEHUM. CFM

$$\frac{\text{EFFECTIVE ROOM SENS. HEAT}}{1.08 \times F_{\text{TEMP. RISE}}} = ____ CFM_{DA}$$

OUTLET TEMP. DIFF.

$$\frac{\text{ROOM SENS. HEAT}}{1.08 \times CFM_{DA}} = ____ F_{(RM-OUTLET\ AIR)}*$$

SUPPLY AIR QUANTITY

SUPPLY CFM

$$\frac{\text{ROOM SENS. HEAT}}{1.08 \times F_{\text{DESIRED DIFF}}} = ____ CFM_{SA}$$

BYPASS CFM

$$____ CFM_{SA} - ____ CFM_{DA} = ____ CFM_{BA}$$

RESULTING ENT & LVG CONDITIONS AT APPARATUS

EDB

$$T_{RM} ____ F + \frac{CFM_{OA}}{CFM\dagger}_{P\ 125} \times (T_{OA} ____ F - T_{RM} ____ F) = T_{EDB} ____ F$$

LDB

$$T_{ADP} ____ F + \overset{P\ 121}{____} BF \times (T_{EDB} ____ F - T_{ADP} ____ F) = T_{LDB} ____ F$$

FROM PSYCH. CHART: T_{EDB} ____ F, T_{LWB} ____ F

NOTES

1. USE DRY-BULB (DB) TEMPERATURE DIFFERENCE FROM TOP OF ESTIMATE FORM.
2. USE MOISTURE CONTENT (GR/LB) DIFFERENCE FROM TOP OF ESTIMATE FORM.
3. NORMALLY, USE "CFM VENTILATION" FOR "CFM OUTDOOR AIR." HOWEVER, WHEN INFILTRATION IS TO BE OFFSET, REFER TO PAGE 92 TO DETERMINE "CFM OUTDOOR AIR."
4. WHEN INFILTRATION IS NOT TO BE OFFSET, AND "CFM VENTILATION" IS LESS THAN "CFM INFILTRATION," THEN THE EXCESS INFILTRATION IS ACCOUNTED FOR HERE.

*IF THIS ΔT IS TOO HIGH, DETERMINE SUPPLY CFM FOR DESIRED DIFFERENCE BY SUPPLY AIR QUANTITY FORMULA.

†WHEN BYPASSING A MIXTURE OF OUTDOOR AND RETURN AIR, USE SUPPLY CFM. WHEN BYPASSING RETURN AIR ONLY, USE DEHUMIDIFIED CFM.

With Carrier Masthead Form E20. Without Carrier Masthead Form E5024.

http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

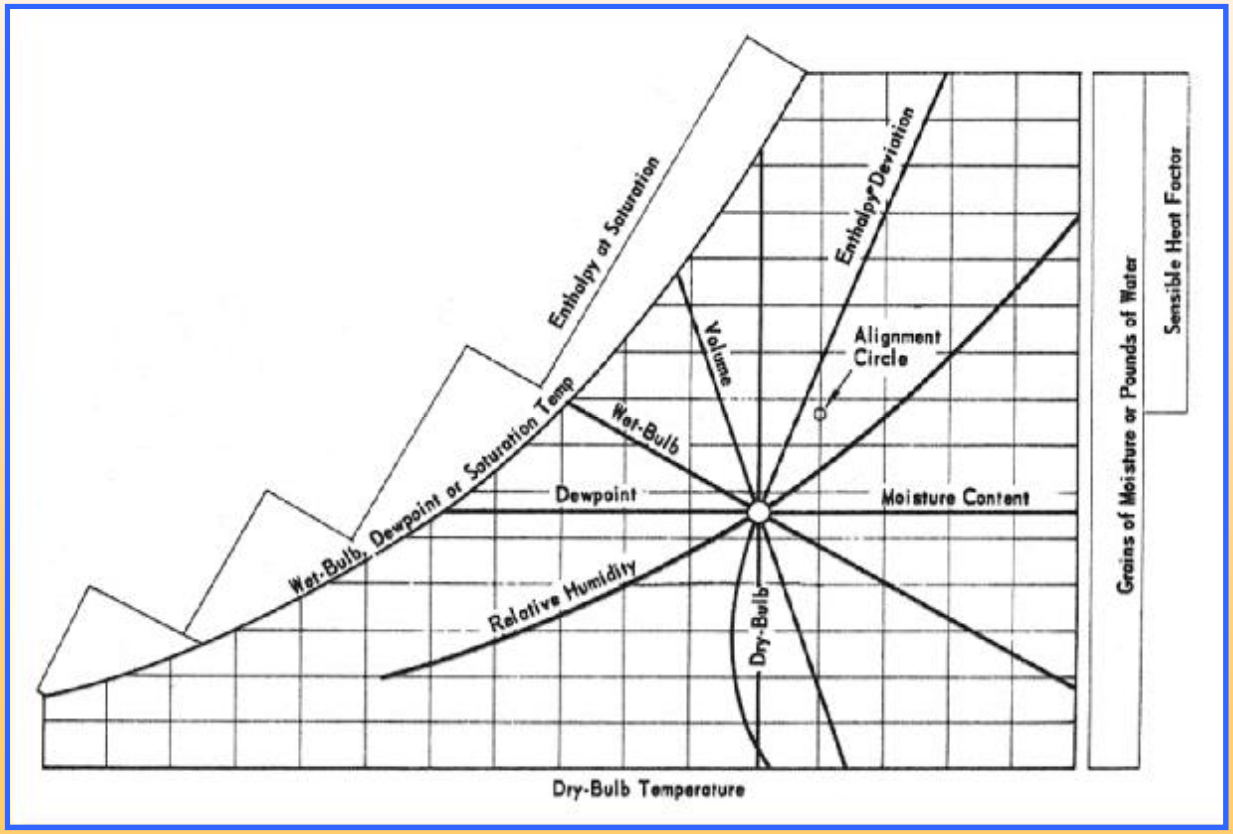
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

رطوبت سنجی

§ رطوبت‌سنجی (سایکرومتریک) علمی است که به مطالعه خواص ترمودینامیکی هوای مرطوب، اثرات رطوبت هـوا بـر روی مواد و آسایش انسان و روش‌های کنترل خواص حرارتی هوای مرطوب می‌پردازد.



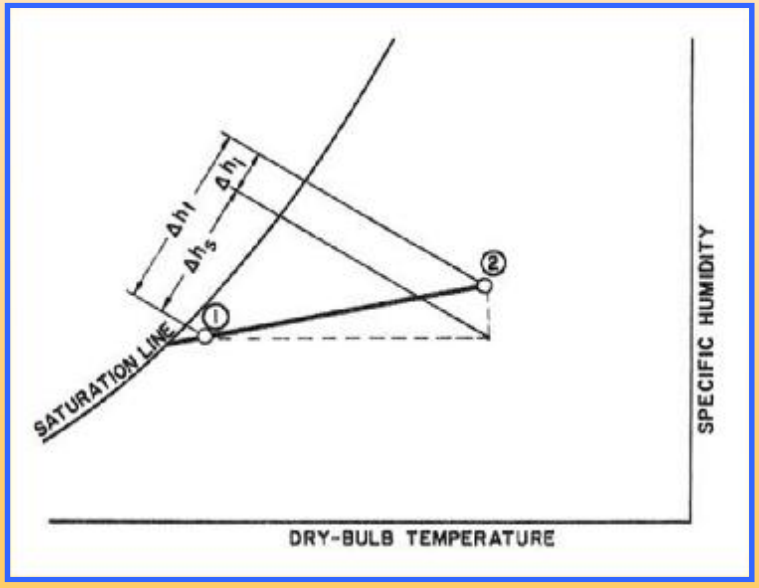
http://www.mohandes-iran.com

رطوبت سنجی

§ منظور از SH مقدار حرارتی است که به هوا داده شده یا از آن گرفته می‌شود تا درجه حرارت هوا به مقدار معینی برسد و در این تحول مقدار رطوبت هوا تغییر نخواهد کرد.

§ منظور از LH مقدار حرارتی است که باید به صورت رطوبت به هوا داده یا از آن گرفته شود تا مقدار رطوبت آن به اندازه معینی برسد. در این تحول درجه حرارت هوا ثابت خواهد بود.

§ هرگاه در یک تحول هم درجه حرارت و هم مقدار رطوبت هوا تغییر کند، مقدار کل حرارتی را که در این تحول به هوا داده شده یا از آن گرفته می‌شود را می‌توان مجموع دو نوع حرارت SH و LH دانست.



$$SH = 1.08 \times cfm \times (t_2 - t_1)$$

$$LH = 0.68 \times cfm \times (w_2 - w_1)$$

$$TH = SH + LH = 4.45 \times cfm \times (h_2 - h_1)$$

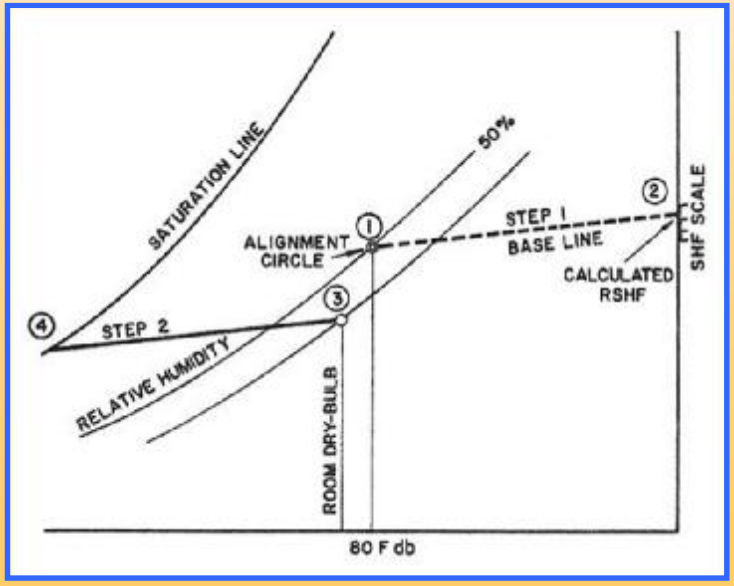
http://www.mohandes-iran.com

رطوبت سنجی

§ نسبت SH به TH، Sensible Heat Factor نامیده شده و با SHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$SHF = \frac{SH}{TH} = \frac{SH}{SH + LH}$$

§ در منحنی سایکرومتریک برای پیدا کردن SHF هر تحول کافی است از دایره مبنی خطی به موازات تحول رسم کرد تا محور SHF را قطع کند و بالعکس، مسئله مهم در تحولات این است که صرفنظر از مسیر واقعی یک تحول، می‌توان آن را با خطی که شرایط اولیه و نهایی تحول را در منحنی سایکرومتریک به هم وصل می‌کند، نشان داد.



http://www.mohandes-iran.com

بارهای اتاق (RSH، RLH، RTH و RSHF)

§ منظور از RSH جمع اتلاف حرارتی آشکار یک اتاق و یا مجموعه اتاق‌ها یا کل ساختمان است. این حرارت صرف بالا بردن درجه حرارت (تابستان) یا پایین آوردن درجه حرارت (زمستان) می‌شود.

§ منظور از RLH جمع اتلاف حرارتی نهان یک اتاق یا مجموعه اتاق‌های یک ساختمان است. در تابستان این حرارت به صورت رطوبت وارد اتاق‌ها شده و در زمستان به علت کم بودن اتلافات رطوبت از محاسبه آن صرفنظر می‌شود. جمع RLH و RSH را با RTH نشان می‌دهند.

§ نسبت RSH به RTH، Room Sensible Heat Factor نامیده شده و با RSHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$RSHF = \frac{RSH}{RTH} = \frac{RSH}{RSH + RLH}$$

§ خطی که شرایط هوای تغذیه و هوای اتاق را روی نمودار رطوبت‌سنجی به هم متصل می‌کند، خط RSHF نامیده شده و نشان‌دهنده فرآیندی است که هوای تغذیه در اتاق طی می‌کند. شیب این خط نشان‌دهنده نسبت بار محسوس به بار نهان اتاق است.

http://www.mohandes-iran.com

بارهای اتاق (RSH، RLH، RTH و RSHF)

§ اگر در سیستم تهویه مطبوع از هوا استفاده شود، شرایط هوا هنگام ورود به اتاق‌ها (از دریچه‌ها) باید طوری باشد کـه بعـد از اضافه شدن RTH به آن (در تابستان) یا از دست رفتن RSH (در زمستان) از آن، به شرایط ایده‌آل داخلی، که برای اتاق درنظر گرفته شده، برسد. در تهویه تابستانی یا زمستانی با هوا کافی است از نقطه‌ای روی منحنـی سـایکرومتریک کـه نشـان دهنده شرایط داخلی است خطی با RSHF معین (که از روی بار برودتی معلوم است و در زمستان مقدارش 1 اسـت) رسـم شود. هوای وردی به اتاق‌ها باید توسط نقطه‌ای روی این خط مشخص گردد.

HEATING COOLING

$$RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{rm} - t_{sa})$$

$$RLH = 0.68 \times cfm_{sa} \times (w_{rm} - w_{sa})$$

$$RTH = RSH + RLH = 4.45 \times cfm_{sa} \times (h_{rm} - h_{sa})$$

$$RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{sa} - t_{rm})$$

$$RLH = 0$$

$$RTH = RSH = 1.08 \times cfm_{sa} \times (t_{sa} - t_{rm})$$

http://www.mohandes-iran.com

بارهای کل (TSH، TLH، GTH و GSHF)

§ منظور از TSH مقدار حرارت محسوسی است که در دستگاه هواساز بایستی به هوا داده یا از آن گرفته شود تا بـه هنگـام خروج از دستگاه به شرایط لازم برسد.

§ منظور از TLH حرارتی است که باید در دستگاه به صورت رطوبت از هوا گرفته یا به آن اضـافه نمـود تـا رطوبـت آن بـه میزان معین برسد. جمع TLH و TSH را با GTH نشان می‌دهند.

§ نسبت TSH به GTH، Grand Sensible Heat Factor نامیده شده و با GSHF نشان داده می‌شود. بنابراین:

$$GSHF = \frac{TSH}{GTH} = \frac{TSH}{TSH + TLH}$$

§ خطی که شرایط هوای ورودی به دستگاه (مخلوط هوای برگشت و هوای تازه) و هوای خروجی از دسـتگاه را روی نمـودار رطوبت‌سنجی به هم متصل می‌کند، خط GSHF نامیده شده و نشان‌دهنـده فرآینـدی اسـت کـه هـوای تغذیـه در عبـور از دستگاه طی می‌کند. شیب این خط نشان‌دهنده نسبت بار محسوس به بار نهان کل است.

http://www.mohandes-iran.com

بارهای کل (TSH، TLH، GTH و GSHF)

§ چنانچه شرایط هوای ورودی به دستگاه هواساز مشخص باشد، می‌توان از آن نقطه خطی بـا شـیب GSHF رسـم نمـود. شرایط هوای خروجی از دستگاه باید توسط نقطه‌ای روی این خط مشخص می‌شود. شرایط هوای ورودی به اتاق‌هـا از کانـال تقریباً با شرایط هوای خروجی از دستگاه هواساز یکسان بوده و چون شرایط هوا ورودی به اتاق‌ها نیز روی خط RSHF قـرار دارد، لذا محل تلاقی این دو خطر شرایط خروج از دستگاه یا ورودی به اتاق‌ها خواهد بود.

HEATING COOLING

$$TSH = 1.08 \times cfm_{da} \times (t_e - t_l)$$

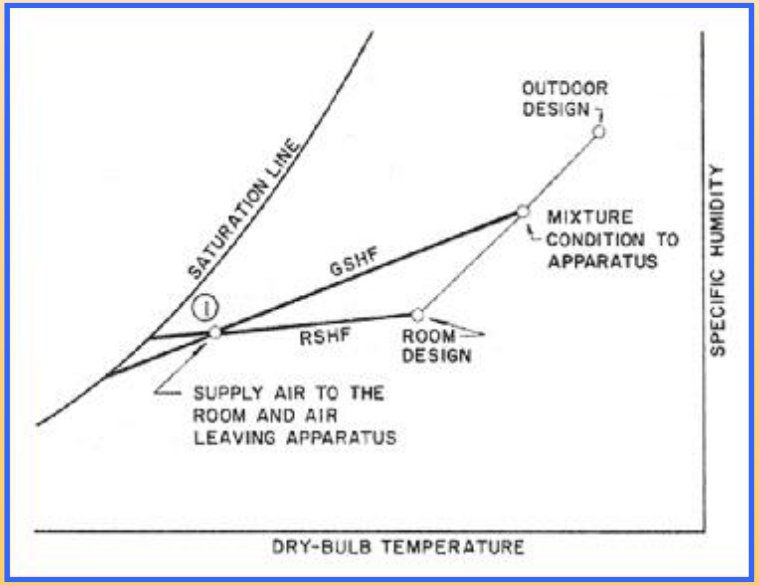
$$TLH = 0.68 \times cfm_{da} \times (w_e - w_l)$$

$$GTH = TSH + TLH = 4.45 \times cfm_{da} \times (h_e - h_l)$$

$$TSH = 1.08 \times cfm_{da} \times (t_l - t_e)$$

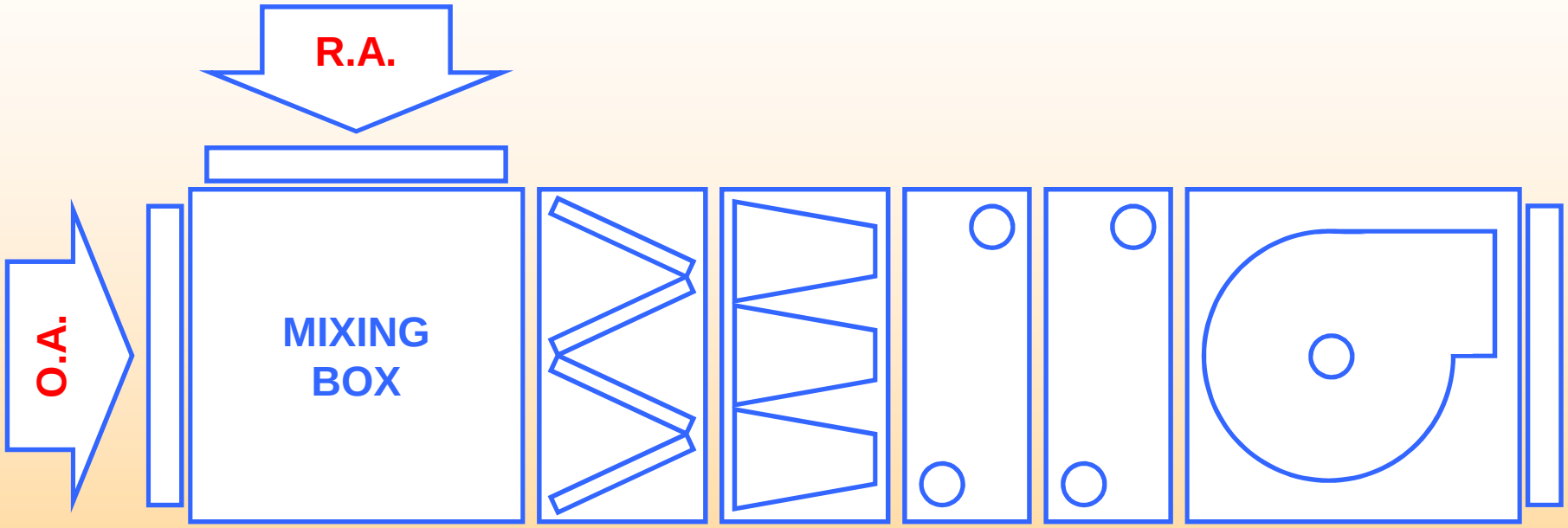
$$TLH = 0.68 \times cfm_{da} \times (w_l - w_e)$$

$$GTH = TSH + TLH = 1.08 \times cfm_{da} \times (h_l - h_e)$$



http://www.mohandes-iran.com

رطوبت سنجی



§ دستگاه‌های هواساز با کویل، واشر یا مخلوط آنها کار کرده و فوق‌العاده متنوع هستند. بحث در مورد تمامی انواع هواساز از حوصله این بخش خارج بوده و در اینجا فقط نوعی از دستگاه آن که بسیار متداول است، بررسی می‌گردد. این دستگاه از کویل یا واشر سرد برای تهویه تابستانی و از کویل یا واشر گرم برای تهویه زمستانی استفاده می‌کند. دستگاه ابتدا برای بار تابستانی طراحی شده و سپس برای کار زمستانی هم کمیات آن کنترل و بررسی شود.

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی

§ منظور از OASH، OALH و OATH حرارت‌هایی هستند که باید از هوای تازه گرفت تا به شرایط هوای برگشتی (یا همان شرایط اتاق) برسد. لذا:

$$OASH = 1.08 \times cfm_{oa} \times (t_{oa} - t_{rm})$$

$$OALH = 0.68 \times cfm_{oa} \times (w_{oa} - w_{rm})$$

$$OATH = OASH + OALH = 4.45 \times cfm_{oa} \times (h_{oa} - h_{rm})$$

§ منظور از ERSH، ERLH و ERTH به ترتیب عبارت است از مجموع (RSH، RLH و RTH) با (SH، LH و TH) هوای تازه‌ای که تغییر نکرده از دستگاه عبور می‌کند. لذا:

$$ERSH = RSH + BF \times OASH$$

$$ERLH = RLH + BF \times OALH$$

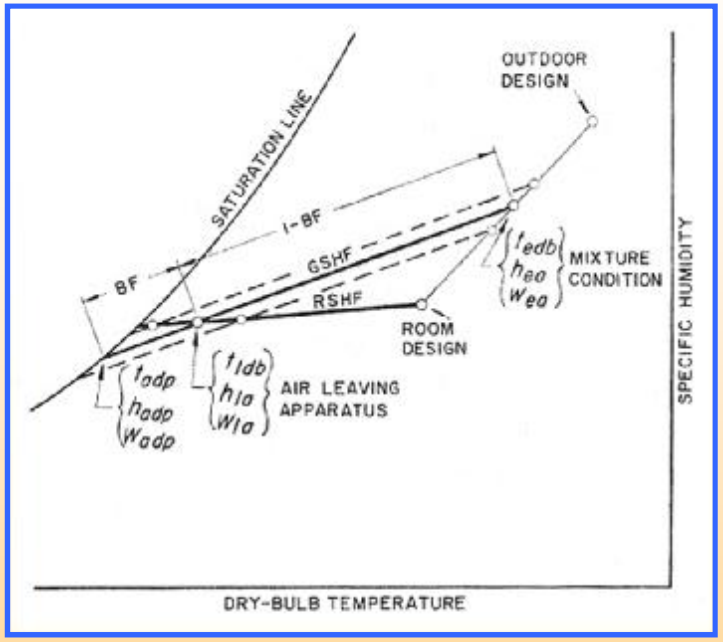
$$ERTH = ERSH + ERLH = RTH + BF \times OATH$$

§ نسبت ERSH به ERTH، Effective Sensible Heat Factor نامیده شده و با ESHF نشان داده می‌شود. لذا:

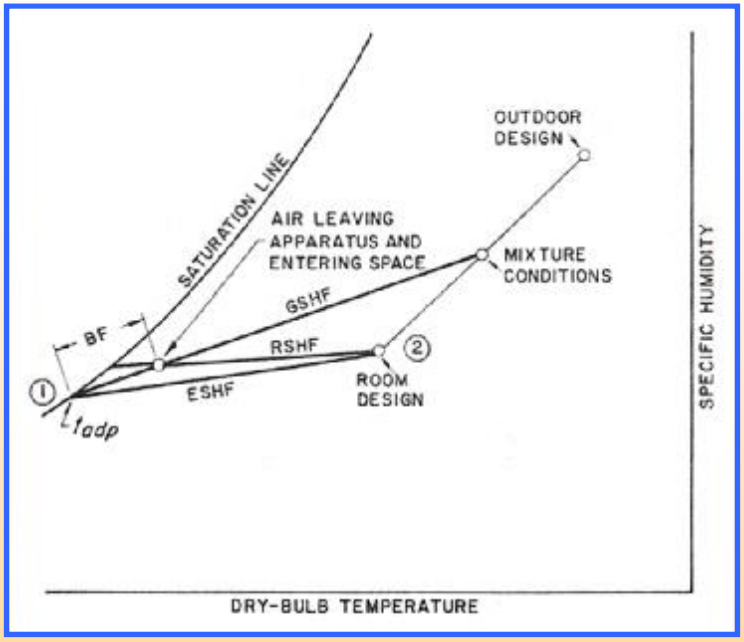
$$ESHF = ERSH / ERTH$$

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی



BYPASS FACTOR



ESHF & ADP

§ مفهوم فیزیکی این حرارت‌ها آن است که فرض می‌شود هوا در شرایط اشباع از کویل سرد خارج و سپس باید علاوه بر سرد کردن هوایی که بدون تغییر از کویل عبور کرده، بار اتاق‌ها را نیز خنثی کند. هوایی که بدون تغییر از کویل عبور نموده مجموع دو نوع هواست: هوای برگشتی و هوای تازه. از آنجا که هوای برگشتی در شرایط اتاق بوده و باری ندارد، فقط بخش مربوط به هوای تازه باید سرد شود.

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی

§ اگر e هوای ورودی به دستگاه، rm شرایط اتاق، l شرایط واقعی خروج از دستگاه و adp شرایط ایده‌آل و تئوری خروجی از دستگاه (کویل سرد) باشد، تحول بین l و rm همان خط RSHF است ولی تحول بین adp و rm تحولی فرضی است که در آن هوا با شرایط adp خارج شده و علاوه بر تامین بارهای اتاق، قسمتی از هوای تازه که بدون تغییر از کویل عبور می‌کند، را نیز سرد می‌کند (همان حرارت‌های ERSH، ERLH و ...). بنابراین خط دوم همان خط ESHF خواهد بود. با پارامترهایی که انتخاب شده می‌توان نوشت:

$$TSH = RSH + OASH$$

$$TLH = RLH + OALH$$

$$GTH = TSH + TLH = RTH + OATH$$

§ به علاوه:

$$ERSH = 1.08 \times (1 - BF) \times cfm_{da} \times (t_{rm} - t_{adp})$$

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی (مثال)

- محل: فروشگاه
- شرایط طرح خارج در تابستان: 95 °F DB و 75 °F WB
- شرایط طرح داخل در تابستان: 75 °F DB و 50% RH
- بار محسوس 200000 Btu/hr و بار نهان 50000 Btu/hr
- هوای لازم برای تهویه: 2000 cfm

$$cfm_{oa} = 2000$$

$$OASH = 1.08 \times cfm_{oa} \times (t_{oa} - t_{rm}) = 1.08 \times 2000 \times (95 - 75) = 43200 \quad Btu/hr$$

$$OALH = 0.68 \times cfm_{oa} \times (w_{oa} - w_{rm}) = 0.68 \times 2000 \times (99 - 65) = 46200 \quad Btu/hr$$

$$OATH = OASH + OALH = 43200 + 46200 = 89400 \quad Btu/hr$$

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی (مثال)

COIL BYPASS FACTOR	TYPE OF APPLICATION	EXAMPLE
0.30 to 0.50	A *small* total load or a load that is somewhat larger with a low sensible heat factor (high latent load).	Residence
0.20 to 0.30	Typical comfort application with a *relatively small* total load or a low sensible heat factor with a somewhat larger load.	Residence, Small Retail Shop, Factory
0.10 to 0.20	Typical comfort application.	Dept. Store, Bank, Factory
0.05 to 0.10	Applications with high internal sensible loads or requiring a large amount of outdoor air for ventilation.	Dept. Store, Restaurant, Factory
0 to 0.10	All outdoor air applications.	Hospital Operating Room, Factory

2

$$BF = 0.15$$

$$ERSH = RSH + BF \times OASH =$$

$$200000 + 0.15 \times 43200 = 206480 \quad \text{Btu/hr}$$

$$ERLH = RLH + BF \times OALH =$$

$$50000 + 0.15 \times 46200 = 56930 \quad \text{Btu/hr}$$

$$ERTH = ERSH + ERLH =$$

$$206480 + 56930 = 263410 \quad \text{Btu/hr}$$

3

$$ESHF = ERSH / ERTH = 206480 / 263410 = 0.785$$

$$t_{adp} = 50\ ^{0}F$$

http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی (مثال)

4

$$cfm_{da} = \frac{ERSH}{1.08\times(1-BF)\times(t_{rm}-t_{adp})} = \frac{20640}{1.08\times(1-0.15)\times(75-50)} = 9000$$

$$t_{rm} - t_{sa} = \frac{RSH}{1.08\times cfm_{da}} = \frac{200000}{1.08\times 9000} = 20.5\ ^{0}F$$

$$cfm_{da} = cfm_{sa} = 9000$$

$$cfm_{ra} = cfm_{sa} - cfm_{oa} = 9000 - 2000 = 7000$$

5

$$t_{edb} = \frac{cfm_{oa}}{cfm_{sa}} t_{oa} + \frac{cfm_{ra}}{cfm_{sa}} t_{rm} = \frac{2000}{9000}95 + \frac{7000}{9000}75 = 79.5\ ^{0}F$$

$$t_{ewb} = 65.5\ ^{0}F$$

$$t_{ldb} = t_{sa} = t_{rm} - (t_{rm} - t_{sa}) = 75 - 20.5 = 54.5\ ^{0}F$$

$$t_{lwb} = 52.5\ ^{0}F$$

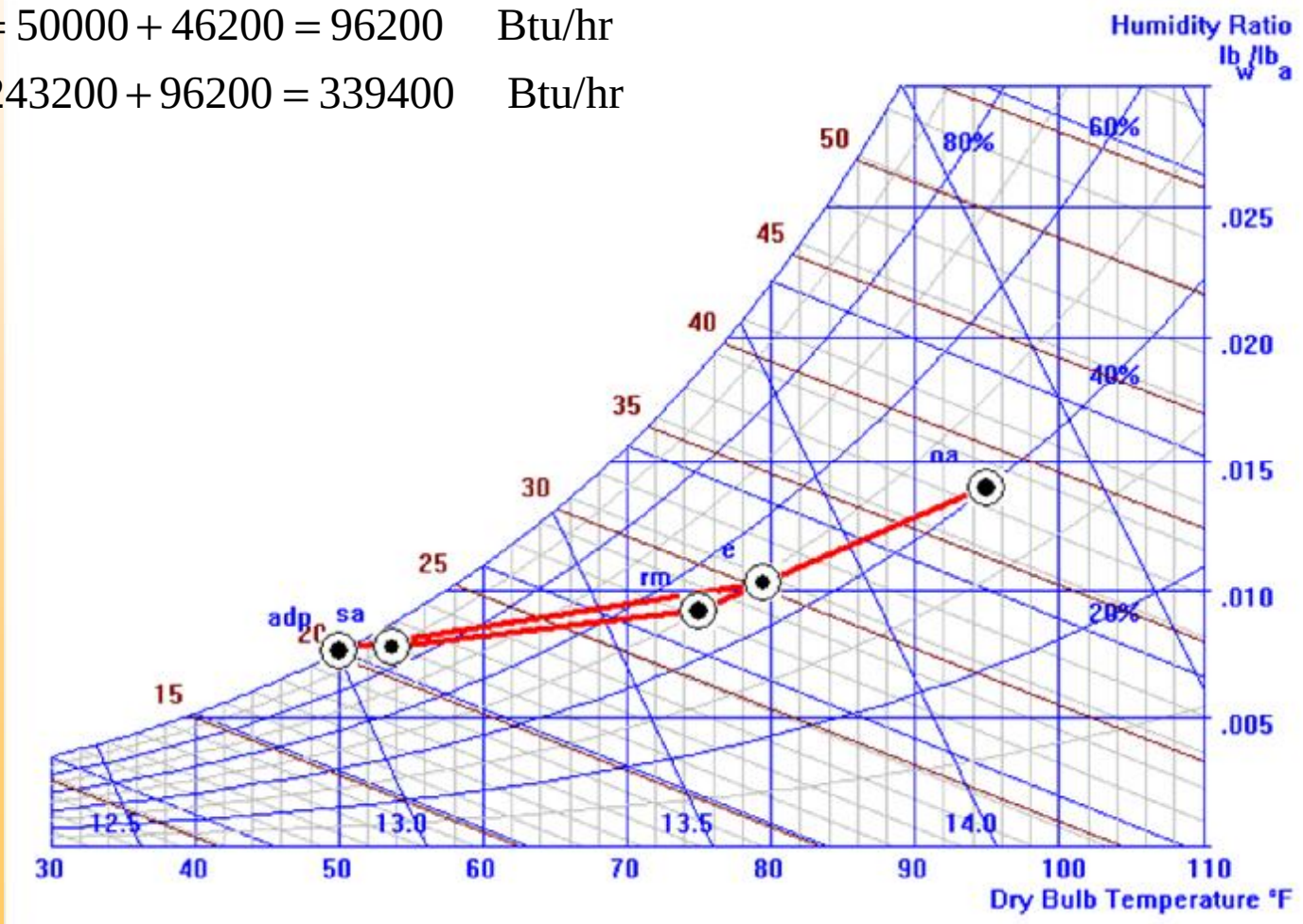
http://www.mohandes-iran.com

بررسی شرایط برودتی (مثال)

$$TSH = RSH + OASH = 200000 + 43200 = 243200 \quad \text{Btu/hr}$$

$$TLH = RLH + OALH = 50000 + 46200 = 96200 \quad \text{Btu/hr}$$

$$GTH = TSH + TLH = 243200 + 96200 = 339400 \quad \text{Btu/hr}$$



http://www.mohandes-iran.com

دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی مکانیک

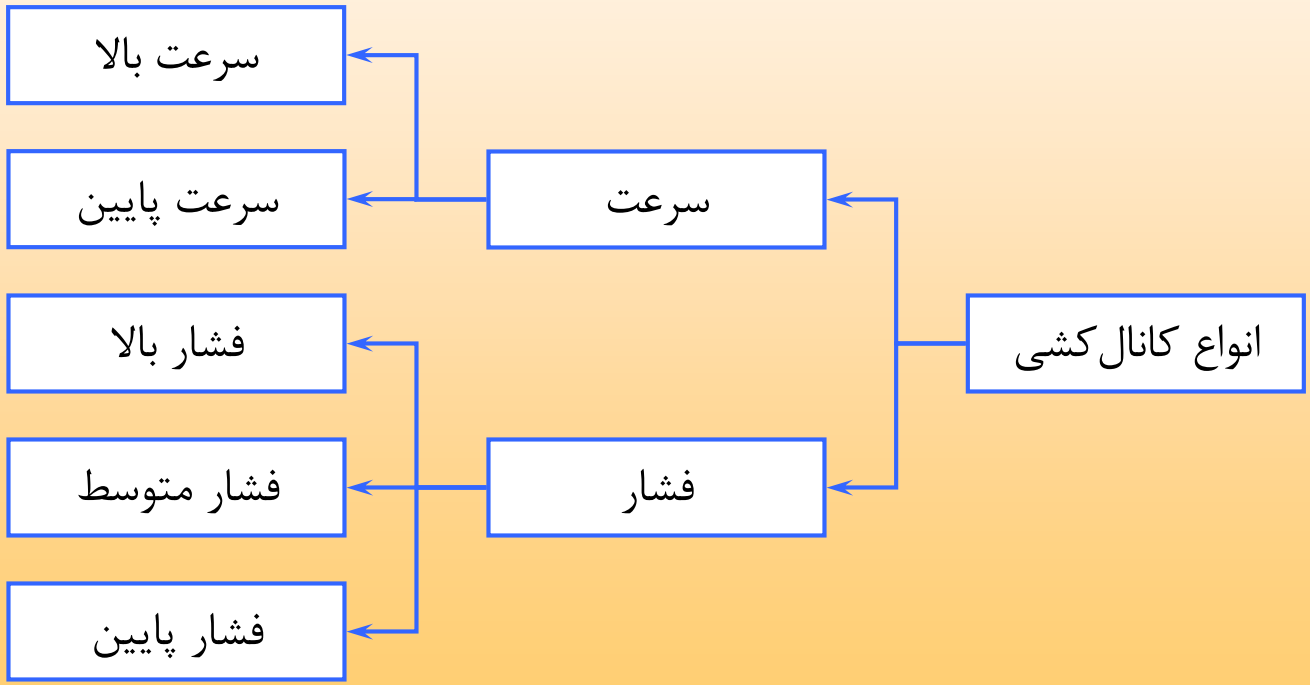
طرح سیستمهای تهویه مطبوع

دکتر محمد حسن سعیدی

http://www.mohandes-iran.com

کانال‌کشی

§ وظیفه سیستم کانال‌کشی انتقال هوا از هواساز به فضاهای تهویه شده است. برای انجام این وظیفه به شکل عملی، طراحی سیستم باید با توجه به محدودیت‌های فضای اجرا، افت اصطکاکی، سرعت، سطح صدا، نشتی و انتقال حرارت صورت گیرد.



http://www.mohandes-iran.com

کانال کشی

- انتقال حرارت از کانال

الف) بالاتر بودن نسبت منظری انتقال حرارت از کانال را افزایش می‌دهد.

ب) پایین بودن سرعت هوا انتقال حرارت از کانال را زیاد می‌کند.

ج) عایق کردن کانال‌ها میزان انتقال حرارت را کاهش می‌دهد لذا کانال‌هایی که از محیط‌های تهویه نشده عبور می‌کنـد باید عایق گردد.

- نسبت منظری کانال

افزایش نسبت منظری، هزینه نصب و کارکرد سیستم را افزایش خواهد داد.

- تغییر شکل کانال

گاهی برای جلوگیری از برخورد کانال با موانعی نظیر تیرهای ساختمان، بایستی ابعاد آن کاهش یابد. در چنین شرایطی بهتر است کاهش سطح مقطع بیش از 20% نبوده و شیب توصیه شده برای آن 1 به 7 و حداکثر تا 1 به 4 است.

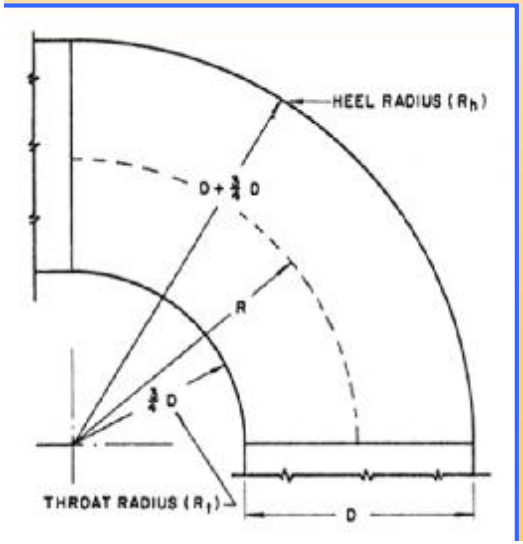
- کاهش ابعاد کانال

معمولاً بعد از هر انشعاب‌گیری سطح مقطع کانال کاهش می‌یابد. از آنجا که ابعاد استاندارد کانال‌هـا همگـی زوج اسـت، حداقل کاهش ابعاد 2 اینچ بوده و به علاوه بهتر است کاهش سطح مقطع تنها از یک بعد صورت گیرد.

http://www.mohandes-iran.com

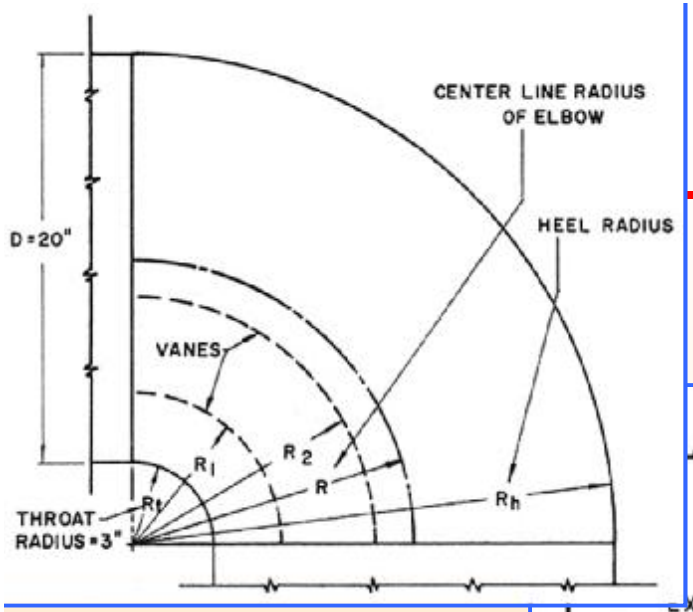
زانویی

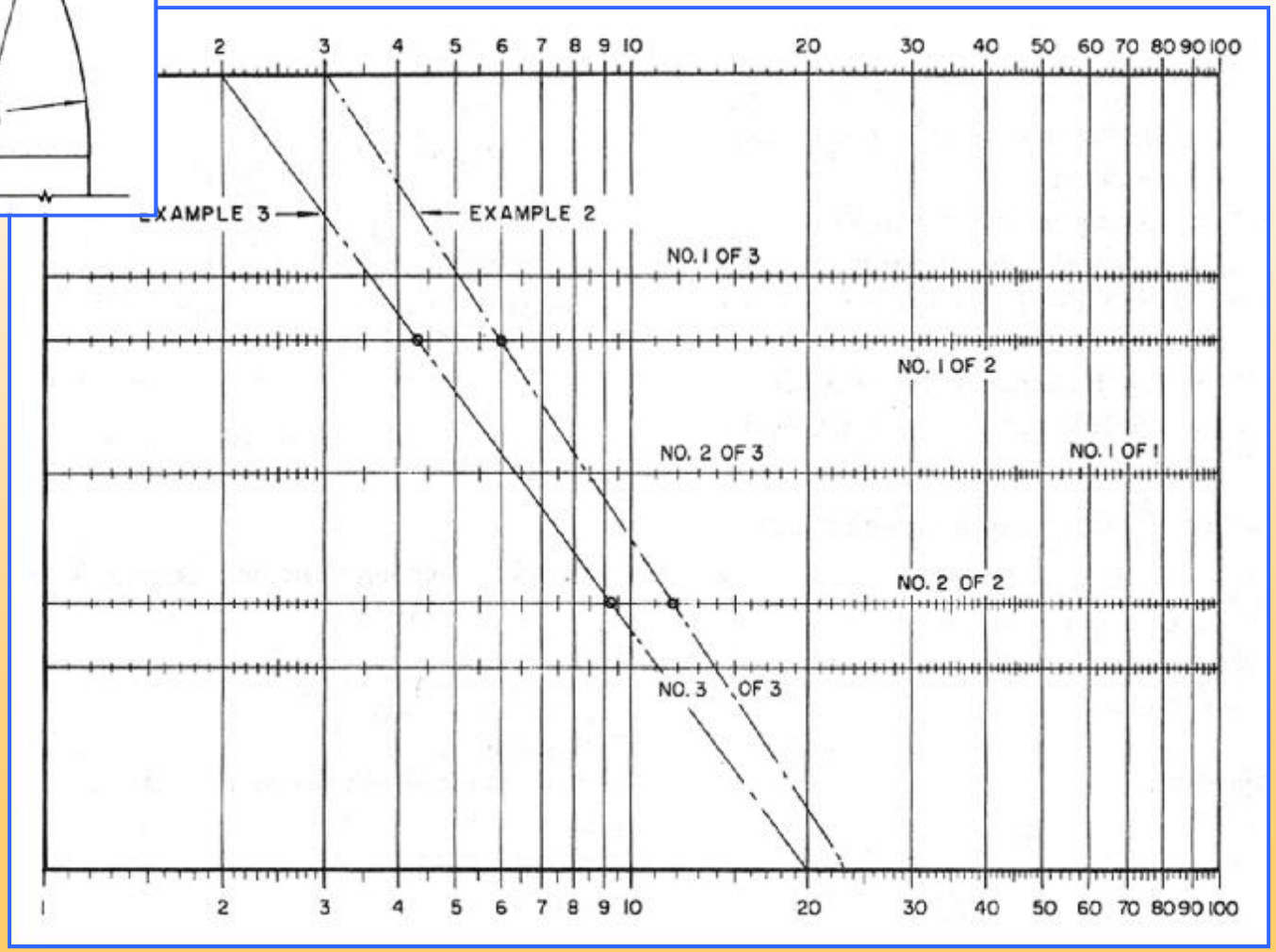
- انواع زانویی
  - مستطیلی
    - شعاع بلند
    - شعاع کوتاه پره دار
    - مربعی پره دار
  - مدور
    - زانویی صاف
    - زانویی 3 تکه
    - زانویی 5 تکه



http://www.mohandes-iran.com

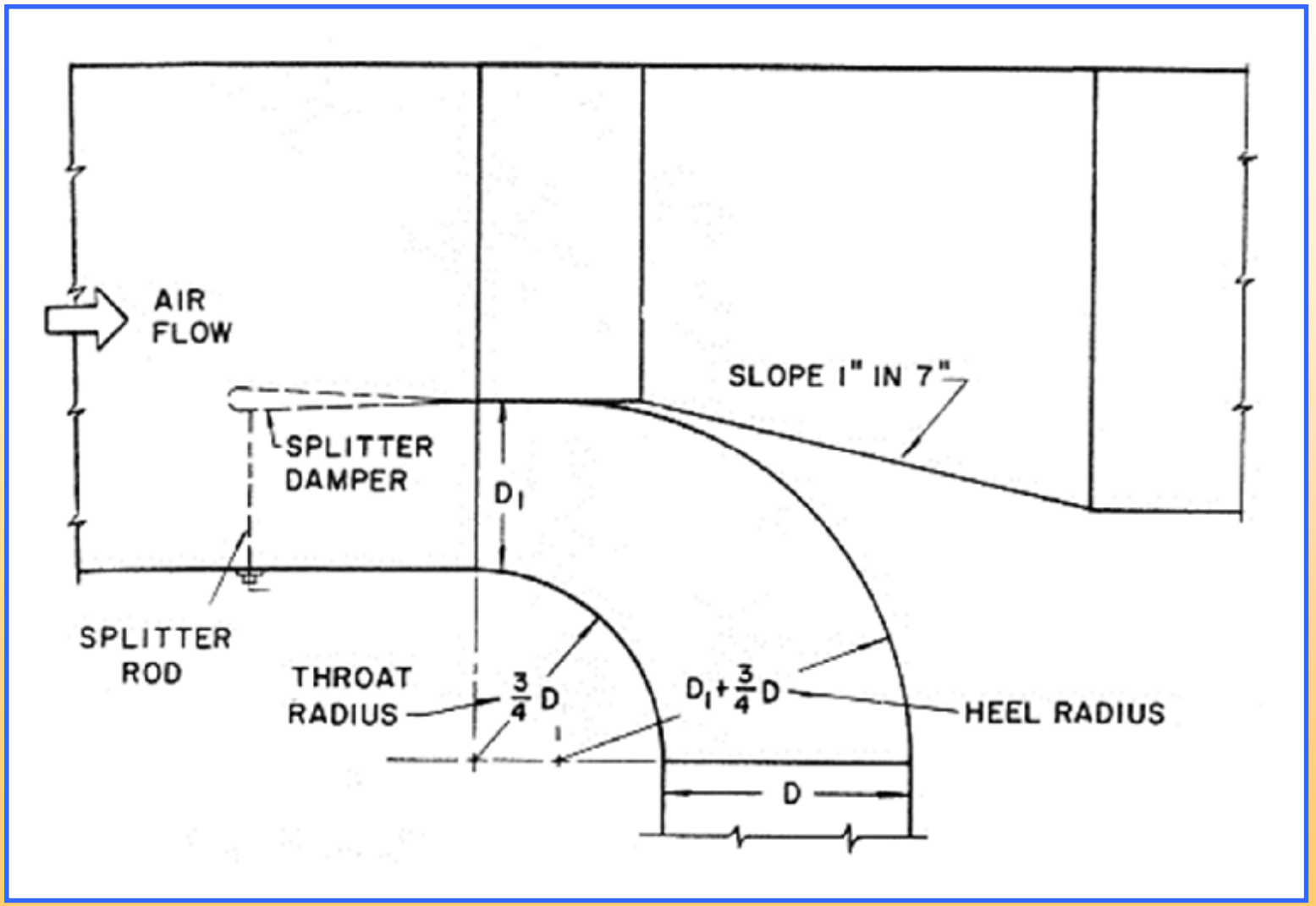
زانویی





http://www.mohandes-iran.com

انشعاب‌گیری



http://www.mohandes-iran.com

طراحی کانال‌کشی

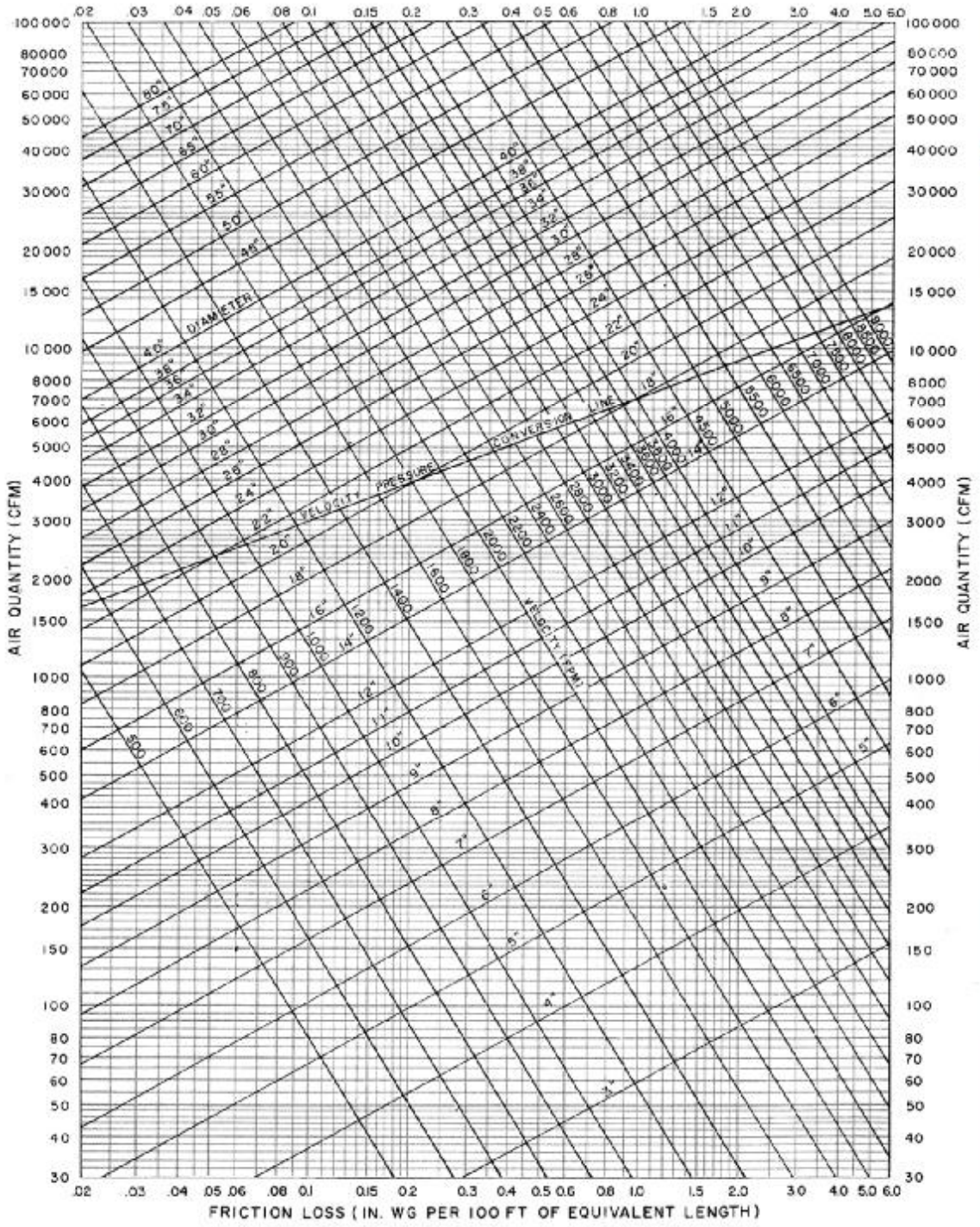
§ عوامل موثر بر افت فشار هوا در کانال:

الف) سرعت جریان هوا

ب) اندازه کانال

ج) زبری

د) طول کانال



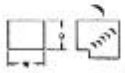
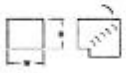
http://www.mohandes-iran.com

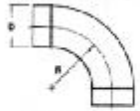
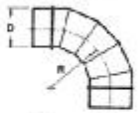
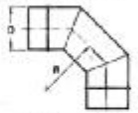
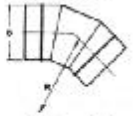
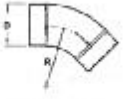
سرعت جریان هوا

APPLICATION	CONTROLLING FACTOR NOISE GENERATION Main Ducts	CONTROLLING FACTOR—DUCT FRICTION			
		Main Ducts		Branch Ducts	
		Supply	Return	Supply	Return
Residences	600	1000	800	600	600
Apartments Hotel Bedrooms Hospital Bedrooms	1000	1500	1300	1200	1000
Private Offices Directors Rooms Libraries	1200	2000	1500	1600	1200
Theatres Auditoriums	800	1300	1100	1000	800
General Offices High Class Restaurants High Class Stores Banks	1500	2000	1500	1600	1200
Average Stores Cafeterias	1800	2000	1500	1600	1200
Industrial	2500	3000	1800	2200	1500

http://www.mohandes-iran.com

طول معادل زانویی

DUCT DIMENSIONS (in.)		RADIUS ELBOW NO VANES	RADIUS ELBOW—WITH VANES				SQUARE ELBOWS	
								
W	D	Radius Ratio R/D = 1.25	R_1 = 6" (Recommended)		R_1 = 3" (Acceptable)		Double Thickness Turning Vanes	Single Thickness Turning Vanes
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)								
				Vanes		Vanes		
96	48	31	45	2	43	3	40	60
	36	25	36	2	31	3	30	45
	30	22	31	2	38	2	25	37
	24	19	33	1	29	2	20	30
	20	16	28	1	25	2	17	25
72	48	28	44	2	41	3	35	60
	36	23	33	2	29	3	29	45
	30	21	28	2	33	2	25	37
	24	17	29	1	25	2	21	30
	20	15	23	1	19	2	18	25
	16	13	18	1	16	2	15	20
	12	12			15	1	11	15
60	48	27	41	2	39	3	33	60
	36	22	31	2	27	3	27	45
	30	19	25	2	31	2	23	37
	24	16	27	1	26	2	20	30
	20	14	22	1	21	2	17	25
	16	12	16	1	15	2	13	20
	12	10			14	1	10	15
48	96*	45	35	3				
	48	26	35	2	34	3	29	60
	36	20	26	2	22	3	23	45
	30	18	23	2	28	2	21	37
	24	15	24	1	21	2	18	30
	20	14	19	1	17	2	15	25
	16	11	15	1	14	2	12	20
	12	9			13	1	10	15
	10	8			11	1		
	8	8			9	1		
42	42	23	28	2	26	3		
	36	20	24	2	21	3		
	30	17	21	2	26	2		
	24	15	21	1	19	2		
	20	13	18	1	16	2		
	16	11	14	1	13	2		
	12	9			13	1		
	10	8			10	1		
	8	7			8	1		
36	72*	34	27	3				
	36	19	22	2	19	3		
	30	16	19	2	22	2		
	24	14	20	1	22	2		
	20	12	17	1	15	2		
	16	10	13	1	12	2		
	12	9			12	1		
	10	8			9	1		
	8	7			8	1		
32	32	17	19	2	16	3		
	30	16	18	2	21	2		
	24	14	19	1	17	2		
	20	12	16	1	14	2		
	16	10	12	1	12	2		
	12	8			12	1		
	10	7			9	1		

ELBOW DIAMETER (in.)	90° SMOOTH  R/D = 1.5	90° 5-PIECE  R/D = 1.5	90° 3-PIECE  R/D = 1.5	45° 3-PIECE  R/D = 1.5	45° SMOOTH  R/D = 1.5
ADDITIONAL EQUIVALENT LENGTH OF STRAIGHT DUCT (FT)					
3	2.3	3	6	1.5	1.1
4	3	4	8	2	1.5
5	3.8	5	10	2.5	1.9
6	4.5	6	12	3	2.3
7	5.3	7	14	3.5	2.6
8	6	8	16	4	3
9	—	9	18	4.5	—
10	—	10	20	5	—
11	—	11	22	5.5	—
12	—	12	24	6	—
14	—	14	28	7	—
16	—	16	32	8	—
18	—	18	36	9	—
20	—	20	40	10	—
22	—	22	44	11	—
24	—	24	48	12	—

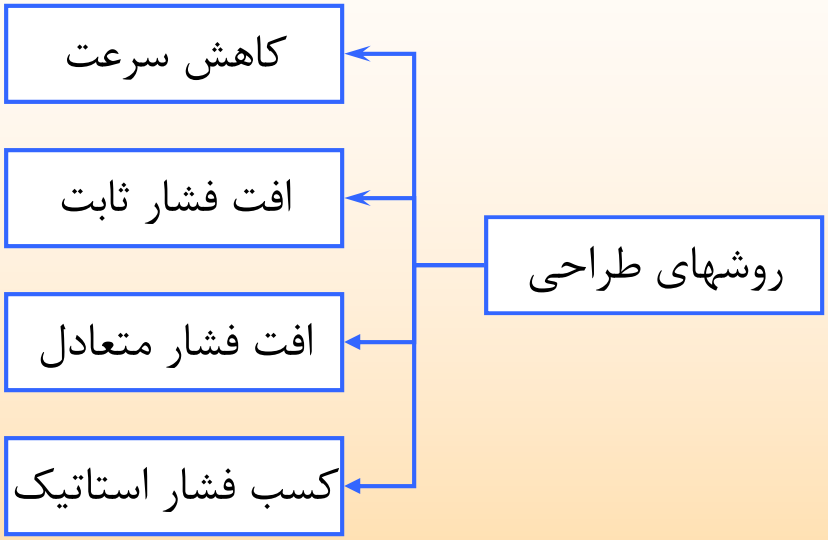
http://www.mohandes-iran.com

ابعاد کانال

SIDE	6		8		10		12		14		16		18		20		22	
	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.	Area sq ft	Diam in.
10	.39	8.4	.52	9.8	.65	10.9												
12	.45	9.1	.62	10.7	.77	11.9	.94	13.1										
14	.52	9.8	.72	11.5	.91	12.9	1.09	14.2	1.28	15.3								
16	.59	10.4	.81	12.2	1.02	13.7	1.24	15.1	1.45	16.3	1.67	17.5						
18	.66	11.0	.91	12.9	1.15	14.5	1.40	16.0	1.63	17.3	1.87	18.5	2.12	19.7				
20	.72	11.5	.99	13.5	1.26	15.2	1.54	16.8	1.81	18.2	2.07	19.5	2.34	20.7	2.61	21.9		
22	.78	12.0	1.08	14.1	1.38	15.9	1.69	17.6	1.99	19.1	2.27	20.4	2.57	21.7	2.86	22.9	3.17	24.1
24	.84	12.4	1.16	14.6	1.50	16.6	1.83	18.3	2.14	19.8	2.47	21.3	2.78	22.6	3.11	23.9	3.43	25.1
26	.89	12.8	1.26	15.2	1.61	17.2	1.97	19.0	2.31	20.6	2.66	22.1	3.01	23.5	3.35	24.8	3.71	26.1
28	.95	13.2	1.33	15.6	1.71	17.7	2.09	19.6	2.47	21.3	2.86	22.9	3.25	24.4	3.60	25.7	4.00	27.1
30	1.01	13.6	1.41	16.1	1.82	18.3	2.22	20.2	2.64	22.0	3.06	23.7	3.46	25.2	3.89	26.7	4.27	28.0
32	1.07	14.0	1.48	16.5	1.93	18.8	2.36	20.8	2.81	22.7	3.25	24.4	3.68	26.0	4.12	27.5	4.55	28.9
34	1.13	14.4	1.58	17.0	2.03	19.3	2.49	21.4	2.96	23.3	3.43	25.1	3.89	26.7	4.37	28.3	4.81	29.7
36	1.18	14.7	1.65	17.4	2.14	19.8	2.61	21.9	3.11	23.9	3.63	25.8	4.09	27.4	4.58	29.0	5.07	30.5
38	1.23	15.0	1.73	17.8	2.25	20.3	2.76	22.5	3.27	24.5	3.80	26.4	4.30	28.1	4.84	29.8	5.37	31.4
40	1.28	15.3	1.81	18.2	2.33	20.7	2.88	23.0	3.43	25.1	3.97	27.0	4.52	28.8	5.07	30.5	5.62	32.1
42	1.33	15.6	1.86	18.5	2.43	21.1	2.98	23.4	3.57	25.6	4.15	27.6	4.71	29.4	5.31	31.2	5.86	32.8
44	1.38	15.9	1.95	18.9	2.52	21.5	3.11	23.9	3.71	26.1	4.33	28.2	4.90	30.0	5.55	31.9	6.12	33.5
46	1.43	16.2	2.01	19.2	2.61	21.9	3.22	24.3	3.88	26.7	4.49	28.7	5.10	30.6	5.76	32.5	6.37	34.2
48	1.48	16.5	2.09	19.6	2.71	22.3	3.35	24.8	4.03	27.2	4.65	29.2	5.30	31.2	5.97	33.1	6.64	34.9
50			2.16	19.9	2.81	22.7	3.46	25.2	4.15	27.6	4.84	29.8	5.51	31.8	6.19	33.7	6.87	35.5
52			2.22	20.2	2.91	23.1	3.57	25.6	4 30	28.1	5.00	30.3	5.72	32.4	6.41	34.3	7.14	36.0
54			2.29	20.5	2.98	23.4	3.71	26.1	4.43	28.5	5.17	30.8	5.90	32.9	6.64	34.9	7.38	36.8
56			2.38	20.9	3.09	23.8	3.83	26.5	4.55	28.9	5.31	31.2	6.08	33.4	6.87	35.5	7.62	37.4
58			2.43	21.1	3.19	24.2	3.94	26.9	4.68	29.3	5.48	31.7	6.26	33.9	7.06	36.0	7.87	38.0
60			2.50	21.4	3.27	24.5	4.06	27.3	4.84	29.8	5.65	32.2	6.50	34.5	7.26	36.5	8.12	38.6
64			2.64	22.0	3.46	25.2	4.24	27.9	5.10	30.6	5.91	33.1	6.87	35.5	7.71	37.6	8.59	39.7
68					3.63	25.8	4.49	28.7	5.37	31.4	6.26	33.9	7.18	36.3	8.12	38.6	9.03	40.7
72					3.83	26.5	4.71	29.4	5.69	32.3	6.60	34.8	7.54	37.2	8.50	39.5	9.52	41.8
76					4.09	27.4	4.91	30.0	5.86	32.8	6.83	35.4	7.95	38.2	8.90	40.4	9.98	42.8
80					4.15	27.6	5.17	30.8	6.15	33.6	7.22	36.4	8.29	39.0	9.21	41.1	10.4	43.8
84							5.41	31.5	6.41	34.5	7.54	37.2	8.55	39.6	9.75	42.3	10.8	44.6
88							5.58	32.0	6.64	34.9	7.87	38.0	8.94	40.5	10.1	43.1	11.2	45.4
92							5.79	32.6	6.91	35.6	8.12	38.6	9.39	41.5	10.4	43.8	11.7	46.3
96							5.90	33.0	7.14	36.2	8.40	39.2	9.70	42.1	10.8	44.5	12.1	47.2
100									7.40	36.9	8.50	39.5	9.80	42.5	11.3	45.5	12.3	47.6
104									7.60	37.4	8.90	40.5	10.3	43.5	11.6	46.2	13.0	48.8
108									7.90	38.0	9.20	41.2	10.6	44.0	12.0	47.0	13.4	49.6
112									8.10	38.6	9.50	41.8	10.9	44.7	12.3	47.5	13.8	50.3

http://www.mohandes-iran.com

طراحی کانال‌کشی



§ **روش کاهش سرعت**

رویه طراحی سیستم کانال به این روش شامل مراحل زیر است:

1) انتخاب سرعت در خروجی فن
2) کاهش دلخواه سرعت در طول کانال
3) تعیین قطر معادل کانال با مشخص بودن سرعت و گذر حجمی هوا
4) تعیین ابعاد کانال
5) تعیین فشار استاتیکی فن با محاسبه افت فشار در طولانی‌ترین مسیر معادل

این روش نیازمند تجربه کافی بوده و تنها در مورد سیستم‌های کوچک و ساده مورد استفاده قرار می‌گیـــرد. سیستم طراحی شده نیازمند بالانس اولیه است.

http://www.mohandes-iran.com

طراحی کانال‌کشی

§ **روش افت فشار ثابت**

رویه طراحی سیستم کانال به این روش شامل مراحل زیر است:

1) انتخاب سرعت در خروجی فن
2) تعیین نرخ افت فشار و قطر معادل در خروجی فن با مشخص بودن سرعت و گذر حجمی هوا
3) تعیین قطر معادل کانال در بقیه سیستم با مشخص بودن نرخ افت فشار و گذر حجمی هوا
4) تعیین ابعاد کانال
5) تعیین فشار استاتیکی فن با محاسبه افت فشار در طولانی‌ترین مسیر معادل

در صورتی که شبکه کانال دارای انشعابات با طول‌های متفاوت باشد، از روش افت فشار متعادل که در واقع اصلاح شده روش افت فشار ثابت است، استفاده می‌شود. در این روش ضریب افت فشار را در انشعابات کوتاه طوری انتخاب می‌کنیم که افت فشار در طولانی‌ترین مسیر مساوی افت فشار در شاخه‌های کوتاه باشد.

http://www.mohandes-iran.com