

به نام خدا



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کرمان  
کمیسیون تخصصی مکانیک و کمیسیون انرژی

راهنمای محاسبه ضخامت عایق کانال  
در خارج و داخل ساختمان

(M-WR12/01)

فروردین ماه ۱۴۰۵



با مراجعه به فصل ۶ مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان:

## ۱۴-۶-۷ عایق کاری کانال هوا

### ۱۴-۶-۷-۱ کلیات

الف) عایق پلنوم و کانال هوا و نیز روکش عایق، باید دارای شاخص پیشروی شعله حداکثر ۲۵ و شاخص گسترش دود حداکثر ۵۰، طبق یکی از استانداردهای زیر باشد:

ANSI/ASTM E84

UL 723

DIN4102

- ب) استفاده از مواد سوختنی برای عایق بندی، روکش عایق و مواد درزبندی، مانند چسب، خمیر و نوار، مجاز نیست.
- پ) بخش هایی از طول کانال که از دیوار آتش عبور می کند، نباید عایق یا روکش عایق داشته باشد.
- ت) دمپر تنظیم مقدار هوا، دمپر آتش و دمپر دود نباید عایق یا روکش عایق داشته باشد.
- ث) سطوح دریچه های بازدید و دسترسی نباید با عایق یا روکش عایق، پوشانده شود.
- ج) دمای سطح خارجی کانال و یا دمای سطح خارجی عایق کانال، نباید کمتر از دمای نقطه شبنم هوای محیط باشد.
- چ) دمای سطح خارجی کانال نباید بیش از ۴۹ درجه سلسیوس (۱۲۰ درجه فارنهایت) باشد.
- ۱) در دمای بیش از ۴۹ درجه سلسیوس (۱۲۰ درجه فارنهایت) سطح خارجی کانال، باید کانال را طوری عایق کرد که دمای سطح خارجی عایق از ۴۹ درجه سلسیوس (۱۲۰ درجه فارنهایت) بیشتر نشود.
- ح) کانال هایی که عایق کاری شده و در هوای آزاد قرار دارند باید با مصالح مناسب و مورد تایید در مقابل شرایط جوی محافظت شوند.
- خ) موادی که برای عایقکاری داخل کانال استفاده می شوند و در معرض جریان هوای درون کانال قرار دارند باید وقتی طبق آزمون UL181 آزمایش می شوند مقاومت و دوام کافی داشته باشند. استفاده از موادی که ضد آب نیستند به عنوان پوشش داخل کانال یا پلنوم (از خروجی کویل سرمایی تا پایین دست تشت تخلیه تقطیرات) مجاز نیست.

### ۱۴-۶-۷-۲ درج مشخصات

روی عایق های خارج کانال ها (به جز عایق های فوم پلی یورتان پاششی) و کانال های انعطاف پذیر پیش عایق شده باید در فواصل حداکثر ۹۰۰ میلیمتری (۳۶ اینچ) از یکدیگر، مقدار مقاومت حرارتی و شاخص های پیشروی شعله و گسترش دود مواد تشکیل دهنده عایق بصورت پاک نشدنی درج شده باشد.

### ۱۴-۶-۷-۳ عایق کانال هوا در خارج از ساختمان

الف) در تأسیسات گرمایی و سرمایی، کانال هوای خارج از فضای ساختمان و در تماس مستقیم با هوای آزاد، باید با عایق حرارتی با مقاومت دست کم مطابق جدول ۱۴-۶-۳ "الف" پوشانده شود.



جدول ۱۴-۶-۷-۳ "الف" کمیته مقاومت گرمایی عایق کانال هوا در خارج از ساختمان در تأسیسات گرمایی و سرمایی

تأسیسات گرمایی			تأسیسات سرمایی		
روز-درجه + گرمایی سالانه (ADDH)	کمیته مقاومت گرمایی عایق ، R		روز-درجه + سرمایی سالانه (ADDC)	کمیته مقاومت گرمایی عایق ، R	
	h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W		h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W
زیر ۱۵۰۰	۳/۳	۰/۵۸۱	زیر ۵۰۰	۳/۳	۰/۵۸۱
۱۵۰۱ تا ۴۵۰۰	۵	۰/۸۸۱	۵۰۱ تا ۱۱۵۰	۵	۰/۸۸۱
۴۵۰۱ تا ۷۵۰۰	۶/۵	۱/۱۴۵	۱۱۵۱ تا ۲۰۰۰	۶/۵	۱/۱۴۵
بالتر از ۷۵۰۱	۸	۱/۴۰۹	بالتر از ۲۰۰۰	۸	۱/۴۰۹

+روز درجه سرمایی و گرمایی سالانه با دمای مبنای ۱۸/۳ درجه سلسیوس ( ۶۵ درجه فارنهایت)

### با توجه به تعاریف مبحث ۱۴:

**روز -درجه سرمایی:** واحدی براساس اختلاف دما و زمان که در برآورد مصرف انرژی سرمایی ساختمان به کار می‌رود. در هر روز، وقتی که دمای متوسط هوا بیش از دمای مبنا است، مقدار روز- درجه سرمایی برابر است با اختلاف دمای متوسط هوا در همان روز و دمای مبنا. روز- درجه سرمایی سالانه (ADDC)، مجموعه روز- درجه ها در طول یک سال تقویمی است.

$$ADDC = (Tave - 18.3)$$

**روز - درجه گرمایی:** واحدی براساس اختلاف دما و زمان که در برآورد مصرف انرژی گرمایی ساختمان به کار می‌رود. در هر روز، وقتی دمای متوسط هوا کمتر از دمای مبنا باشد، مقدار روز- درجه گرمایی برابر است با اختلاف دمای مبنا و دمای متوسط هوا در همان روز. روز-درجه گرمایی سالانه (ADDH)، مجموع روز- درجه ها در طول یک سال تقویمی است.

$$ADDH = (18.3-Tave)$$

حال برای نمونه بررسی کنیم برای شهر کرمان چه عایقی برای کانال در خارج ساختمان مناسب است:

با مراجعه به جداول آب و هوایی اثری مربوط به کرمان مقادیر ADDC(CDD) و ADDH(HDD) را برای دمای مبنای ۱۸/۳ درجه سانتیگراد ( ۶۵ درجه فارنهایت) بدست می‌آوریم.



2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)

KERMAN, IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF (WMO: 408410)

Lat: 30.2496N Lon: 56.9657E Elev: 5736 StdP: 11.89 Time zone: 3.50 (IRN) Period: 1999-2023 Grade: A WBAN: 99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB			
1	19.5	22.9	-12.2	3.5	53.9	-6.9	4.7	50.9	27.4	54.8	23.4	55.8	2.5	120	0.491

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
7	30.0	100.8	60.2	98.9	59.4	97.0	58.8	63.6	93.2	62.1	93.6	60.8	93.0	9.5	60

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
52.2	71.8	71.3	49.0	63.6	68.0	46.4	57.8	66.3	31.9	93.1	30.6	93.7	29.5	93.1	69.6

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
1%	2.5%	5%	Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
23.1	19.5	16.7	DB	12.0	103.8	5.0	1.4	8.4	104.8	5.5	105.6	2.6	106.4	-1.0	107.4
			WB	9.5	65.5	4.3	2.5	6.4	67.3	3.9	68.8	1.5	70.2	-1.6	72.0

Monthly Climatic Design Conditions

Temperatures, Degree-Days		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		DBAvg	62.5	41.7	46.9	54.7	63.5	72.0	80.0	82.0	77.4	72.2	63.2	51.5
DBStd	14.86	7.03	7.10	6.40	5.28	4.82	4.60	3.88	4.64	4.19	4.79	5.96	6.12	
HDD50	676	267	130	28	0	0	0	0	0	0	0	54	197	
HDD65	2794	721	507	321	89	6	0	0	4	93	407	646		
CDD50	5241	10	43	175	406	681	900	992	848	665	408	97	16	
CDD65	1882	0	0	3	44	221	450	527	383	218	36	0	0	

CDDn Cooling degree-days base n°F, °F-day	Lat Latitude, °	Period	Years used to calculate the design conditions
CDHn Cooling degree-hours base n°F, °F-hour	Long Longitude, °	Sd	Standard deviation of daily average temperature, °F
DB Dry bulb temperature, °F	MCDB Mean coincident dry bulb temperature, °F	StdF	Standard pressure at station elevation, psi
DP Dew point temperature, °F	MCDBR Mean coincident dry bulb temp. range, °F	taub	Clear sky optical depth for beam irradiance
Ebn,noon Clear sky beam normal and diffuse horizontal irradiances at solar	MCDP Mean coincident dew point temperature, °F	taud	Clear sky optical depth for diffuse irradiance
noon, Btu/h/ft2 Edh,noon	MCWB Mean coincident wet bulb temperature, °F	Tavg	Average temperature, °F
Elev Elevation, ft	MCWBR Mean coincident wet bulb temp. range, °F	Time Zone	Hours ahead or behind UTC
Enth Enthalpy, Btu/lb	MCWS Mean coincident wind speed, mph	WB	Wet bulb temperature, °F
HDDn Heating degree-days base n°F, °F-day	MDBR Mean dry bulb temp. range, °F	Hours 8/4 & 55/69	Number of hours between 8 a.m. and 4 p.m with DB between 55 and 69 °F
PCWD Prevailing coincident wind direction, °, 0 = North, 90 = East	WS Wind speed, mph	HR	Humidity ratio, grains of moisture per lb of dry air



با مراجعه به جدول اطلاعات هوایی شهر کرمان از هند بوک اشری در صفحه قبل:  
دمای روز درجه سرمایی سالانه برای کرمان از جدول صفحه ۳ (با فلش مشخص شده است) برابر است با:

$$ADDC=CDD(18.3\text{ }^{\circ}\text{C}/65\text{ }^{\circ}\text{F Annual})=1882$$

و دمای روز درجه گرمایی سالانه برای کرمان از جدول صفحه ۳ (با فلش مشخص شده است) برابر است با:

$$ADDH=HDD(18.3\text{ }^{\circ}\text{C}/65\text{ }^{\circ}\text{F Annual})=2794$$

حال برای انتخاب عایق مناسب کانال در خارج ساختمان برای شهر کرمان متصل به یکدستگاه هوارسان (سیستم سرمایش و گرمایش) با عدد  $ADDC=1882$  که عایق با ضخامت بیشتری نیاز دارد به بخش تاسیسات سرمایی در جدول ۱۴-۶-۷-۳ "الف" مراجعه کرده و کمینه مقاومت گرمایی عایق عدد  $1/145\text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  را به دست می‌آوریم. لازم به ذکر است اگر کاربری دستگاه در تاسیسات گرمایی بود به عنوان مثال کانال متصل به یک هیتر بود با عدد  $ADDH=2794$  به بخش تاسیسات گرمایی در جدول ۱۴-۶-۷-۳ "الف" مراجعه کرده و کمینه مقاومت گرمایی عایق عدد  $0/881\text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  را در به دست می‌آوریم.

تاسیسات گرمایی			تاسیسات سرمایی		
روز-درجه + گرمایی سالانه (ADDH)	کمینه مقاومت گرمایی عایق ، R		روز-درجه + سرمایی سالانه (ADDC)	کمینه مقاومت گرمایی عایق ، R	
	h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W		h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W
زیر ۱۵۰۰	۳/۳	۰/۵۸۱	زیر ۵۰۰	۳/۳	۰/۵۸۱
۱۵۰۱ تا ۴۵۰۰	۵	۰/۸۸۱	۵۰۱ تا ۱۱۵۰	۵	۰/۸۸۱
۴۵۰۱ تا ۷۵۰۰	۶/۵	۱/۱۴۵	۱۱۵۱ تا ۲۰۰۰	۶/۵	۱/۱۴۵
بالاتر از ۷۵۰۱	۸	۱/۴۰۹	بالاتر از ۲۰۰۰	۸	۱/۴۰۹

+روز درجه سرمایی و گرمایی سالانه با دمای مبنای ۱۸/۳ درجه سلسیوس ( ۶۵ درجه فارنهایت)

حال با داشتن مقاومت حرارتی و با استفاده از رابطه زیر اقدام به محاسبه عایق کانال هوای خارج از ساختمان مورد نیاز می‌کنیم:

$$R\text{ (m}^2.\text{K}/\text{W)} = L(m)/\lambda(\text{W}/\text{m}.\text{K}) \longrightarrow L = R. \lambda$$



ضخامت عایق های مختلف کانال هوای خارج از ساختمان، برای چند شهر نمونه استان مطابق جدول زیر بدست می آید:

نوع عایق				
پلی یورتان	پشم سنگ	پشم شیشه	فوم الاستومری	مشخصه فنی
0.027 (w/m.k)	0.039 (w/m.k)	0.041 (w/m.k)	0.032 - 0.036 (w/m.k)	ضریب هدایت حرارت در 0°C
$m_j \geq 2,000$	$m_j \geq 1$	$m_j \geq 1$	$m_j \geq 7,000$	مقاومت در برابر نفوذ بخار آب
Max.70%	Max.50%	Max.45%	70% ~ 94%	درصد صرفه جویی انرژی
$\geq 10$ years	$\geq 10$ years	$\geq 5$ years	$\geq 30$ years	عمر مفید
به شدت اشتعال زا	غیر قابل اشتعال	غیر قابل اشتعال	کند سوز و خاموش شونده	واکنش در برابر آتش
خوردگی کم	خوردگی متوسط	خوردگی شدید	عدم ایجاد خوردگی	خوردگی در زیر عایق
0.031m=3.1cm	0.045m=4.5cm	0.047m=4.7cm	0.037m=3.7cm	ضخامت عایق (کرمان)-تاسیسات سرمایی CDD=1882 & R=1.145 m <sup>2</sup> .K/ W
0.024m=2.4cm	0.034m=3.4cm	0.036m=3.6cm	0.031m=3.1cm	ضخامت عایق (کرمان)-تاسیسات گرمایی HDD=2794 & R=0.881 m <sup>2</sup> .K/ W
0.038m=3.8cm	0.055m=5.5cm	0.058m=5.8cm	0.045m=4.5cm	ضخامت عایق (سیرجان)-تاسیسات سرمایی CDD=2375 & R=1.409 m <sup>2</sup> .K/ W
0.024m=2.4cm	0.034m=3.4cm	0.036m=3.6cm	0.031m=3.1cm	ضخامت عایق (سیرجان)-تاسیسات گرمایی HDD=2534 & R=0.881 m <sup>2</sup> .K/ W
0.031m=3.1cm	0.045m=4.5cm	0.047m=4.7cm	0.037m=3.7cm	ضخامت عایق (بافت)-تاسیسات سرمایی CDD=1590 & R=1.145 m <sup>2</sup> .K/ W
0.024m=2.4cm	0.034m=3.4cm	0.036m=3.6cm	0.031m=3.1cm	ضخامت عایق (بافت)-تاسیسات گرمایی HDD=3200 & R=0.881 m <sup>2</sup> .K/ W
0.038m=3.8cm	0.055m=5.5cm	0.058m=5.8cm	0.045m=4.5cm	ضخامت عایق (بم)-تاسیسات سرمایی CDD=5125 & R=1.409 m <sup>2</sup> .K/ W
0.016m=1.6cm	0.023m=2.3cm	0.024m=2.4cm	0.021m=2.1cm	ضخامت عایق (بم)-تاسیسات گرمایی HDD=1036 & R=0.581 m <sup>2</sup> .K/ W
0.038m=3.8cm	0.055m=5.5cm	0.058m=5.8cm	0.045m=4.5cm	ضخامت عایق (کهنوج)-تاسیسات سرمایی CDD=6462 & R=1.409 m <sup>2</sup> .K/ W
0.016m=1.6cm	0.023m=2.3cm	0.024m=2.4cm	0.021m=2.1cm	ضخامت عایق (کهنوج)-تاسیسات گرمایی HDD=500 & R=0.581 m <sup>2</sup> .K/ W



**نحوه انتخاب از کاتالوگ:** برای مثال جهت انتخاب عایق الاستومری کانال هوای خارج از ساختمان برای شهر کرمان، به کاتالوگ یکی از تولید کنندگان عایق الاستومری مراجعه کرده و با توجه به ضریب هدایت حرارتی ذکر شده، ضخامت عایق را از فرمول ذکر شده محاسبه می کنیم:

جدول مشخصات فنی عایق K-FLEX ST		
مشخصه فنی	نتایج	توضیحات
ضریب هدایت حرارت (Thermal Conductivity-w/mk)	$\lambda=0.034$ 20°C $\lambda=0.032$ 0°C $\lambda=0.029$ -30°C	مطابق با استاندارد های INSO 8621, EN ISO 8497 EN 12667 (DIN 52612)



عایق لوله ای K-FLEX NBR		
طول	ضخامت	قطر
2 m	9-13-16-19-25-32 mm	6-168 mm

عایق رولی K-FLEX NBR	
عرض رول	ضخامت استاندارد
1000 -1200 mm	3-6-9-13-16-19-25-32-40-50 mm



$$R \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} = L \text{ (m)} / \lambda \text{ (W/m} \cdot \text{K)}$$

$$L = R \cdot \lambda = 1.145 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \times 0.032 \text{ (W/m} \cdot \text{K)} = 0.037 \text{ m} = 3.7 \text{ cm}$$

با توجه به ضخامت محاسبه شده از کاتالوگ فوق در قسمت عایقهای رولی و با توجه به اینکه عایق با ضخامت ۳/۷ سانتیمتر در ضخامت تولیدی عایق وجود ندارد، ضخامت ۴ سانتیمتر را برای کانال هوای خارج از ساختمان انتخاب می کنیم.



راهنمای محاسبه ضخامت عایق کانال در خارج و داخل ساختمان

در ادامه اطلاعات هوایی شهرهای سیرجان، بافت، بم و کهنوج از هندبوک اشری آورده شده است.

2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)

SIRJAN, IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF (WMO: 408510)

Lat: 29.4707N Lon: 55.6611E Elev: 5705 StdP: 11.91 Time zone: 3.50 (IRN) Period: 1999-2023 Grade: A WBAN: 99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB			
1	22.4	25.4	-1.6	6.2	39.4	2.3	7.6	42.6	23.4	43.5	21.9	48.8	1.4	60	0.457

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
7	23.4	100.2	62.1	98.5	61.6	96.8	60.7	66.4	89.9	64.9	90.7	63.6	90.6	8.3	270

  

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
58.2	89.8	81.3	54.8	79.1	82.3	51.9	71.1	80.6	34.5	89.3	33.2	90.6	32.1	90.5	73.0

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
1%	2.5%	5%	Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
DB	WB	DB	WB	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
22.5	19.0	16.7	DB	16.4	103.1	3.2	1.4	14.1	104.1	12.2	104.9	10.4	105.7	8.0	106.7
			WB	12.7	68.6	2.7	2.4	10.7	70.3	9.1	71.7	7.5	73.1	5.6	74.8

Monthly Climatic Design Conditions

Temperatures, Degree-Days		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		DBAvg	64.6	42.9	47.9	55.8	64.3	73.2	82.8	85.4	81.5	75.8	65.2	53.4
DBStd	15.53	6.57	6.99	5.97	5.26	4.70	4.00	3.72	4.21	4.33	4.54	5.63	6.01	
HDD50	553	234	111	17	0	0	0	0	0	0	0	30	161	
HDD65	2534	685	479	289	74	2	0	0	0	0	55	349	601	
CDD50	5871	14	52	198	429	718	985	1097	977	773	471	131	26	
CDD65	2375	0	0	4	53	256	535	632	512	323	60	0	0	

2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)

BAFT, IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF (WMO: 408530)

Lat: 29.233N Lon: 56.583E Elev: 7480 StdP: 11.13 Time zone: 3.50 (IRN) Period: 1999-2023 Grade: A WBAN: 99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB			
1	24.4	27.2	-5.6	5.4	49.4	-1.5	6.7	47.5	27.5	40.5	23.4	46.0	4.8	0	0.469

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
7	18.5	92.1	57.1	90.3	56.6	88.6	56.1	62.2	80.3	60.8	80.3	59.4	81.2	9.7	270

  

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
56.0	88.6	72.3	52.8	78.8	74.3	49.8	70.3	75.0	32.1	80.1	30.9	80.1	29.8	80.9	67.5

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
1%	2.5%	5%	Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
DB	WB	DB	WB	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
25.9	22.1	18.7	DB	18.5	95.5	4.1	1.8	15.5	96.8	13.1	97.9	10.8	98.9	7.8	100.2
			WB	14.6	64.0	3.5	2.3	12.1	65.6	10.0	67.0	8.1	68.2	5.6	69.9

Monthly Climatic Design Conditions

Temperatures, Degree-Days		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		DBAvg	60.6	39.8	43.5	51.0	59.4	68.4	78.0	79.6	77.0	72.1	62.5	50.6
DBStd	14.66	5.66	6.05	5.56	5.20	4.92	3.47	3.04	3.18	3.44	4.31	4.89	5.19	
HDD50	811	316	193	55	3	0	0	0	0	0	0	52	192	
HDD65	3200	781	602	435	177	23	0	0	0	1	101	433	647	
CDD50	4678	1	12	85	285	572	839	918	836	664	387	69	10	
CDD65	1590	0	0	0	9	130	389	453	371	215	23	0	0	



راهنمای محاسبه ضخامت عایق کانال در خارج و داخل ساختمان

2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)

BAM, IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF (WMO: 408540)

Lat: 29.0802N Lon: 58.3523E Elev: 3084 StdP: 13.13 Time zone: 3.50 (IRN) Period: 1999-2023 Grade: A WBAN: 99999  
Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
	99.6%	99%	99.6%		99%				0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	DP	HR	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
1	33.5	37.3	0.4	6.3	54.7	5.3	8.1	56.9	26.9	59.1	22.6	54.5	5.8	300	0.456

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	17.9	110.0	65.5	108.0	64.8	105.8	64.3	69.8	99.4	67.9	99.5	66.3	100.4	8.3	10

  

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
58.6	82.3	87.2	54.7	71.5	83.2	51.8	64.0	79.7	35.7	98.2	34.0	99.2	32.6	100.4	76.8

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			DB	Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature							
1%	2.5%	5%		Mean	Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
24.2	20.3	16.7	WB	31.0	113.3	3.3	1.6	28.7	114.4	26.7	115.4	24.9	116.3	22.5	117.5
				23.8	71.0	2.7	3.3	21.9	73.4	20.3	75.3	18.8	77.1	16.8	79.5

Monthly Climatic Design Conditions

Temperatures, Degree-Days		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		DBAvg	76.2	52.7	58.6	68.9	78.0	87.3	95.0	95.7	91.7	87.0	77.8	64.5
DBStd	16.21	8.39	8.82	7.98	6.56	5.18	4.63	3.78	3.78	4.33	5.87	7.18	7.42	
HDD50	119	66	25	1	0	0	0	0	0	0	0	3	24	
HDD65	1036	388	209	54	4	0	0	0	0	0	1	94	286	
CDD50	9684	151	267	586	840	1155	1350	1416	1293	1109	862	438	217	
CDD65	5125	8	31	173	393	690	900	951	828	659	397	80	15	

2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)

KAHNUJ, IRAN, ISLAMIC REPUBLIC OF (WMO: 408770)

Lat: 27.9939N Lon: 57.7129E Elev: 1542 StdP: 13.90 Time zone: 3.50 (IRN) Period: 2008-2023 Grade: B WBAN: 99999  
Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
	99.6%	99%	99.6%		99%				0.4%		1%		MCWS	PCWD	
	DP	HR	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
1	39.4	42.8	11.9	10.6	52.1	16.1	13.1	57.0	27.3	68.9	23.1	66.7	0.4	0	0.515

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	21.8	114.7	70.8	113.0	70.8	111.2	70.9	81.2	101.6	80.0	100.1	78.9	98.6	9.6	180

  

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
76.2	144.9	92.8	74.7	137.5	92.6	73.3	131.3	92.4	46.2	101.9	44.9	99.9	43.6	98.7	86.0

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			DB	Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature							
1%	2.5%	5%		Mean	Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
29.3	25.4	22.2	WB	34.2	118.1	3.7	1.2	31.5	119.0	29.3	119.7	27.2	120.3	24.5	121.2
				28.0	82.9	4.3	2.1	24.9	84.4	22.3	85.6	19.9	86.8	16.7	88.3

Monthly Climatic Design Conditions

Temperatures, Degree-Days		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
		DBAvg	81.3	58.1	62.9	72.5	82.8	92.7	99.2	99.6	98.0	93.1	83.9	70.7
DBStd	15.74	5.61	6.79	5.92	5.41	4.56	3.06	3.21	3.34	3.28	5.14	6.07	5.82	
HDD50	11	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
HDD65	500	224	106	9	0	0	0	0	0	0	0	0	141	
CDD50	11448	255	366	698	984	1323	1477	1536	1488	1294	1051	621	355	
CDD65	6462	10	48	242	534	858	1027	1071	1023	844	586	191	28	



## ۱۴-۶-۷-۴ عایق کانال هوا در داخل ساختمان

الف) در تأسیسات گرمایی و سرمایی، مقاومت گرمایی عایق کانال هوا در فضاهای داخل ساختمان، باید دست کم مطابق جدول (۱۴-۶-۷-۴) باشد.

جدول (۱۴-۶-۷-۴) "الف": کمیته مقاومت گرمایی عایق کانال هوا در فضای داخل ساختمان در تأسیسات گرمایی و سرمایی

اختلاف دمای هوای داخل کانال و هوای خارج آن		کمیته مقاومت گرمایی عایق، R			
درجه فارنهایت	درجه سلسیوس	تأسیسات گرمایی		تأسیسات سرمایی	
		h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W	h. ft <sup>2</sup> .° F/ BTU	m <sup>2</sup> .K/ W
کمتر یا برابر ۱۵	کمتر یا برابر ۸/۳	عایق لازم نیست			
بیشتر از ۱۵ و کمتر یا برابر ۴۰	بیشتر از ۸/۳ و کمتر یا برابر ۲۲/۲	۳/۳	۰/۵۸۱	۳/۳	۰/۵۸۱
بیشتر از ۴۰	بیشتر از ۲۲/۲	۵/۰	۰/۸۸۱	۵/۰	۰/۸۸۱

ب) در فضای بسته زیر شیروانی، شفتهای بسته ساختمان، داخل سقفهای کاذب طبقات و دیگر فضاهایی که هوای آنها با سیستمهای گرمایی و سرمایی کنترل نمی شود، کانال هوا باید با رعایت ارقام جدول (۱۴-۶-۷-۳) "الف" عایق کاری شود.

پ) کانالهای هوای رفت و برگشت در فضاهای داخل ساختمان در موارد زیر نیاز به عایق ندارد، مگر برای جلوگیری از چگالش بخار آب موجود در هوا بر روی سطوح خارجی کانال:

- اختلاف دمای هوای داخل کانال و هوای فضایی که کانال در آن قرار گرفته، کمتر از ۸ درجه سلسیوس (۱۵ درجه فارنهایت) باشد؛
- انتقال گرما از جدار کانال بدون عایق (از داخل به خارج یا از خارج به داخل)، مقدار کل انرژی مورد نیاز ساختمان را افزایش ندهد؛
- کانال تخلیه هوا؛

(۴) کانال توزیع کننده هوای سیستم خنک کننده تبخیری، از جمله کولر آبی.

ت) اگر برای کاهش شدت صدا یا مقاصد دیگر، سطح داخلی کانال هوا یا پلنوم، نیاز به عایق داشته باشد، جنس آن و مواد لازم برای نصب آن، باید در برابر رشد جلبک، رطوبت و فرسایش ناشی از جریان هوا مقاوم باشد.

(۱) عایق باید با وسایل مکانیکی به سطوح داخلی کانال اتصال یابد، تا سطوح عایق ولبه قطعاً آن در برابر جریان هوای داخل کانال مقاوم باشد.

برای مثال در یک پروژه انتخاب عایق الاستومری مد نظر است اگر اختلاف دمای هوای داخل کانال متصل به یک هیتر و هوای خارج آن در یک پروژه ۱۵ درجه سانتیگراد باشد کمیته مقاومت گرمایی عایق از جدول فوق برابر است با ۰/۵۸۱ m<sup>2</sup>.K/ W در نتیجه:

$$R (m^2.K/ W) = L(m)/\lambda(W/m.K)$$

$$L = R \cdot \lambda = 0.581(m^2.K/W) \times 0.032(W/m.K) = 0.019 m = 1.9 \text{ cm}$$

پس با مراجعه به کاتالوگ تولید کننده عایق الاستومری با ضخامت ۱۹ میلیمتر را برای عایقکاری کانال انتخاب می کنیم.

لازم به ذکر است در سایر شهرستانهای استان با توجه به اطلاعات هوایی و نحوه محاسبات ذکر شده، HDD و CDD محاسبه و ضخامت عایق مورد نیاز محاسبه می شود.



## عایقکاری کانال و استانداردهای بین المللی:

۱- **حدود دمایی و الزامات ایمنی و حریق (The 25/50 Rule):** مطابق با استاندارد NFPA 90A، سیستم عایق کاری باید به گونه ای طراحی شود که علاوه بر کنترل اتلاف انرژی، ایمنی جانی ساکنین را تضمین کند. ضمناً تمام مواد به کار رفته در عایق کاری (عایق، چسب، نوار درزگیر و روکش) که در داخل شفت تاسیساتی یا فضای پلنوم (فضای بالای سقف کاذب) قرار دارند، باید مطابق الزامات ASTM E84 یا UL 723 باشند:

- شاخص انتشار شعله (Flame Spread Index): حداکثر ۲۵

- شاخص تولید دود (Smoke Developed Index): حداکثر ۵۰

محدودیت دمایی: حداکثر دمای مجاز سطح خارجی سیستم عایق کاری نباید از ۴۹ درجه سانتیگراد (۱۲۰ درجه فارنهایت) فراتر رود. این عدد به منظور ایمنی در هنگام تماس و جلوگیری از اشتعال مواد مجاور تعیین شده است.

۲- **تحلیل اثر روز-درجه (Degree-Days):** در طراحی عایق برای کانالهای خارج ساختمان، نوسان دمایی روز و شب عامل اصلی استهلاک و اتلاف است.

- اختلاف دمایی حاد: در مناطق کویری و نیمه کویری، اختلاف دمایی شب و روز (Daily Range) ممکن است به بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد برسد. این نوسان باعث تنش های مکانیکی (انبساط و انقباض) در ورق گالوانیزه و لایه های عایق می شود.

- حداکثر دمای سطح: تحت تابش مستقیم خورشید، دمای سطح کانال عایق نشده می تواند به ۷۰ تا ۷۵ درجه سانتیگراد برسد. وظیفه عایق این است که این دما را در لایه بیرونی خود به زیر ۴۹ درجه سانتیگراد کاهش دهد تا استاندارد رعایت شود.

همانطور که پیشتر گفته شد برای انتخاب دقیق ضخامت عایق، باید شاخص های Heating Degree Days (HDD) و Cooling Degree Days (CDD) منطقه را در نظر گرفت.

مثال	اولویت	مقدار HDD	HDD
چابهار، بندرعباس	جلوگیری از ورود گرما و چگالش	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰	حد پایین (مناطق گرمسیر)
تهران، کرمان یا اصفهان	بهینه سازی عایق	بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰	حد متوسط (مناطق معتدل)
اردبیل، شهر کرد	ضخامت بیشتر عایق	بین ۳۵۰۰ تا ۵۰۰۰+	حد بالا (مناطق سردسیر)

مثال	اولویت	مقدار CDD	CDD
اردبیل، شهر کرد	ضخامت بیشتر عایق	بین ۲۰۰ تا ۳۰۰	حد پایین (مناطق سردسیر)
مشهد، کرمان یا کرج	بهینه سازی عایق	بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰	حد متوسط (مناطق معتدل)
آبادان، خرمشهر یا بوشهر	جلوگیری از ورود گرما و چگالش	بین ۲۵۰۰ تا ۴۰۰۰+	حد بالا (مناطق گرمسیر)

دقت شود که در شهرهای با حد متوسط HDD و CDD ضخامت عایق باید بر اساس مقدار بزرگتر بدست آمده انتخاب شود تا از



چگالش در تابستان جلوگیری شود.

هر چه مجموع HDD+CDD بیشتر باشد، باز گشت سرمایه هزینه عایقکاری سریعتر خواهد بود.

مناطق با CDD بالا (گرمسیر با نیاز سرمایشی غالب):

- تمرکز اصلی بر جلوگیری از چگالش و ورود گرمای محیط به کانال است.

مناطق با HDD بالا (سردسیر با نیاز گرمایشی غالب):

- تمرکز بر جلوگیری از افت دمای هوای گرم در مسیرهای طولانی است.

- افت دما باعث افزایش کارکرد بویلر و اتلاف سوخت می‌گردد.

### ۳- نوسانات دمایی شب و روز و اثرات مکانیکی: در مناطق با اختلاف دمای زیاد (Diurnal Temperature Swing)،

عایق با چالش‌های زیر روبروست:

- تنش‌های انبساطی: اگر اختلاف دمای روز و شب ۲۰ درجه سانتیگراد باشد یک کانال گالوانیزه ۱۰ متری دچار اختلاف طول حدود

۲/۵ میلیمتر می‌شود. این حرکت مداوم در صورت صلب بودن عایق، باعث پارگی درزها و از بین رفتن سد بخار (Vapor Barrier)

می‌شود.

- دمای تشعشعی: در روز، دمای سطح کانال خارج از ساختمان به دلیل تابش UV می‌تواند بسیار بالاتر از دمای محیط باشد. عایق باید

به گونه‌ای انتخاب شود که این دمای زیاد را به زیر ۴۹ درجه سانتیگراد در سطح خارجی کاهش دهد.

### ۴- فرمول محاسبه دمای سطح عایق برای کنترل چگالش:

برای جلوگیری از چگالش، دمای سطح بیرونی عایق ( $T_s$ ) باید همواره بزرگتر از دمای نقطه شبنم محیط ( $T_{dp}$ ) باشد:

$$T_s = T_{\text{ambient}} - (R_{\text{ext}}/R_{\text{total}}) \times (T_{\text{ambient}} - T_{\text{duct}})$$

اگر  $T_s < T_{dp}$  باشد، عایق باید ضخیم‌تر شود.

$R_{\text{ext}}$ : مقاومت حرارتی فیلم هوای خارجی

$R_{\text{total}}$ : مجموع مقاومت حرارتی جداره کانال، عایق و فیلم‌های هوا

$T_{\text{ambient}}$ : دمای محیط



### ۵- جدول راهنمای اجرایی ضخامت و لایه بندی

موقعیت نصب کانال	اختلاف دمای روز / شب	معیار طراحی	نوع لایه محافظ عایق
خارج ساختمان (پشت بام)	زیاد بالای ۲۰ درجه	کنترل دمای سطح ۴۹۶ درجه و UV	آلومینیوم مسلح به ضخامت ۱۷۰ میکرون
داخل ساختمان (کاذب-پلنوم)	کم زیر ۱۰ درجه	کنترل نقطه شبنم و حریق	بدون روکش یا با آلومینیوم ساده
محیط شرعی (ساحلی)	ناچیز	جلو گیری از نفوذ رطوبت به عایق	لایه بخار بند یا ماستیک

### ۶- نکات فنی در اجرا و نظارت:

- **پل حرارتی در ساپورت ها (Thermal Bridge):** هر گونه فشردگی عایق در محل ساپورتها یا باز ماندن درزها، دمای آن نقطه را به سرعت به دمای کانال (مثلاً ۱۲ درجه در سرمایش) میرساند که منجر به چگالش موضعی و آسیب به سقف کاذب میشود. لذا در محل اتصال کانال به آویز حتماً از عایق صلب استفاده کنید.
- **پایداری در برابر اشعه UV:** عایقهای پلیمری (مانند عایق الاستومری) در برابر نور خورشید دچار اکسیداسیون و تردی می شوند. طبق DIN ۴۱۰۲، استفاده از روکشهای فلزی یا پلیمری مقاوم در برابر UV برای تمامی کانال های خارجی الزامی است.
- **درزبندی:** طبق DIN ۴۱۰۲ تمام درزهای طولی و عرضی و اتصالات باید با نوار درزگیر آلومینیومی با پهنای حداقل ۵۰ میلیمتر و چسبندگی بالا (Pressure Sensitive) پوشانده شوند تا یکپارچگی سد بخار (لایه بخار بند) حفظ شده و از نفوذ رطوبت به زیر لایه عایق جلوگیری شود.
- **چسب زنی:** استفاده از چسبهای پایه حلال که با استاندارد ASTM E84 مطابقت ندارند و موجب ایجاد دود غلیظ در زمان حریق می شوند در ساختمان ممنوع است.

### فهرست منابع:

- مبحث ۱۴ مقررات ملی ساختمان
- 2025 Ashrae Handbook Fundamentals
- DIN 4102
- UL 723
- ASTM E84
- NFPA 90A