

تأثیر ضخامت عایق پوشش خارجی ساختمان ها بر بارهای سرمایش و گرمایش سالیانه منازل مسکونی در شرایط اقلیمی ایران

دکتر مهدی معرفت^۱، دکتر بهروز محمد کاری^۲، مهندس عبدالسلام ابراهیم پور^۱

۱- دانشگاه تربیت مدرس - بخش مهندسی مکانیک

۲- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن - بخش مصالح و فرآورده های ساختمانی

Email^۱: maerefat@modares.ac.ir

چکیده

قرار دادن عایق در پوشش خارجی ساختمان باعث کاهش بارهای سرمایش و گرمایش می شود. محل قرارگیری عایق، در ساختارهای ساختمانی و همچنین بدست آوردن ضخامت بهینه عایق مهم می باشد. انتخاب بهینه عایق با توجه به عوامل اقتصادی مانند هزینه های ساخت و هزینه های سوخت مصرفی انجام می شود. برای هر عایق یک ضخامت خاص وجود دارد که افزایش ضخامت بیش از آن تأثیر قابل توجهی در صرفه جویی انرژی ندارد. در این تحقیق ضخامت عایق از ۱ تا ۸ اینچ در ساختارهای یک ساختمان (دیوار شمالی و سقف) قرار داده می شود و اثر قرارگیری این عایق بر بارهای ساختمان در ۲ حالت مختلف (داخل یا خارج سطح جدار ساختمانی) بررسی می شود. این بررسی برای سه شهر با اقلیم متفاوت تهران (معتدل)، تبریز (سرد) و اهواز (گرم) انجام شده است. نتایج نشان می دهند که به طور متوسط برای هر ۳ شهر قرار دادن ۴ اینچ عایق باعث کاهش ۸۸ درصدی در کل بار می شود.

واژه های کلیدی: بهینه سازی ضخامت عایق حرارتی - پوشش خارجی ساختمان - بارهای حرارتی ساختمان

۱- مقدمه

استفاده از عایق های حرارتی و موادی شبیه به آن در دیواره بیرونی ساختمان ها در سال های اخیر به طور محسوسی افزایش یافته است. این افزایش اکثراً مربوط به مناطقی با اقلیم های گرم و یا سرد می باشد. استفاده از عایق در ساختمان باعث بهتر شدن شرایط آسایش در اتاق ها و همچنین کاهش مصرف انرژی خواهد شد.

به دلیل افزایش تعداد ساختمانهای که در آنها از دیوارهای با مواد سنگین و یا عایق استفاده می شود ، ضروری است که اندازه وضخامت نحوه پخش عایق بهینه شود. از مقایسه چندین دیوار با مقاومت حرارتی ثابت دیده می شود که بعضی از ترکیبات استفاده شده در دیوارها از لحاظ حرارتی و ذخیره انرژی از بقیه بهتر می باشند.

تحقیقات جامع و زیادی درباره تاثیر چگونگی طراحی محیط و ساختار ساختمان در اقلیم های متفاوت بدست آمده است. یکی از اولین تحقیقات انجام شده [1] بر روی ساختمانهای مسکونی بلند به وسیله استفاده از نرم افزار MICRO - DOE 2 بوده و بدست آمده که دیوارهایی با ضخامت ۵ سانتیمتر عایق حرارتی بار سرمایی را به اندازه زیادی کاهش می دهد.

بنا به گزارش مرجع ۱ محاسبه بارهای سرمایش و گرمایش موضوع مورد توجه محققین زیادی می باشد. Akeda بارهای سرمایی و گرمایی را در آپارتمانهای ژاپن تحقیق نموده است. Bruno روشهای مختلف محاسبه بارهای سرمایی و گرمایی مورد نیاز ساختمانها را بیان نموده است. همچنین تاثیر عایق کاری ساختمان بر مصرف انرژی و اقتصادی بودن آن توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. Muncey بهینه ضخامت عایق را برای خانه های استرالیایی تعیین نموده است.

عایق کاری حرارتی می تواند از داخل ، خارج ، یا به صورت لایه ای در میان عناصر ساختمانی اجرا شود ، و یا مصالح تشکیل دهنده عنصر ساختمانی به تنهایی دارای ضریب هدایت حرارتی اندک بوده و مانند عایق حرارتی عمل نماید.

۲- روش محاسبه

در این تحقیق ضخامت عایق از ۱ تا ۸ اینچ در دیوار شمالی و همچنین سقف یک ساختمان تغییر داده می شود و میزان بهینه عایق نیز بدست می آید. این بررسی برای سه شهر تهران، تبریز و اهواز انجام شده است. برای محاسبه بارهای سرمایشی و گرمایشی در این تحقیق از برنامه Opaque استفاده شده است.

۲-۱- برنامه Opaque

Opaque یک برنامه کامپیوتری می باشد که برای طراحی پوشش های مختلف ساختمانی ارائه شده است. در این برنامه می توان با دادن دماهای ماکزیمم و می نیمم هر ماه و همچنین جهت و طول جغرافیای محل اثرات پوشش های

مختلف ساختمانی را بر دما و یا بارهای ساختمان بررسی نمود. شکل ۱ صفحه ورود اطلاعات این برنامه را نشان می‌دهد. بعد از وارد کردن داده‌های اقلیمی به صورت دلخواه لایه‌های دیوار مورد نظر طراحی می‌شود. نحوه انتخاب لایه‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است

این برنامه قادر است که نمودارهای دمای هوای خارج، بارهای سرمایش و گرمایش و میزان تشعشعات نفوذی را ارائه کند. همچنین با وارد کردن خصوصیات حرارتی هر ماده مورد نظر می‌توان پوشش دلخواهی را به برنامه معرفی نمود. شکل ۳ نمونه‌ای از نتایج این برنامه را نشان می‌دهد. [2]

۲-۲- مدل ریاضی به کار رفته در برنامه

در طول یک روز دمای هوای خارج ساختمان و همچنین تشعشع‌های خورشیدی رسیده به سطح یک ساختار ساختمانی متفاوت می‌باشد. برای بررسی لحظه‌ای این دو اثر، رابطه‌ای سینوسی برای تغییرات دما با زمان به صورت زیر تعریف می‌شود:

Scheme Data

Scheme Name: Location:

Climate Data

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Max. Temp.	64	64	65	67	69	71	75	76	76	73	71	67
Min. Temp.	45	47	49	52	55	58	62	63	61	57	51	47
Latitude:	34											
Indoor Comfort Temp:	68											
Winter Design Low:	41											

Opaque Element Data

Type Of Surface: ☒ Wall ☐ Roof

Direction Wall Facing:

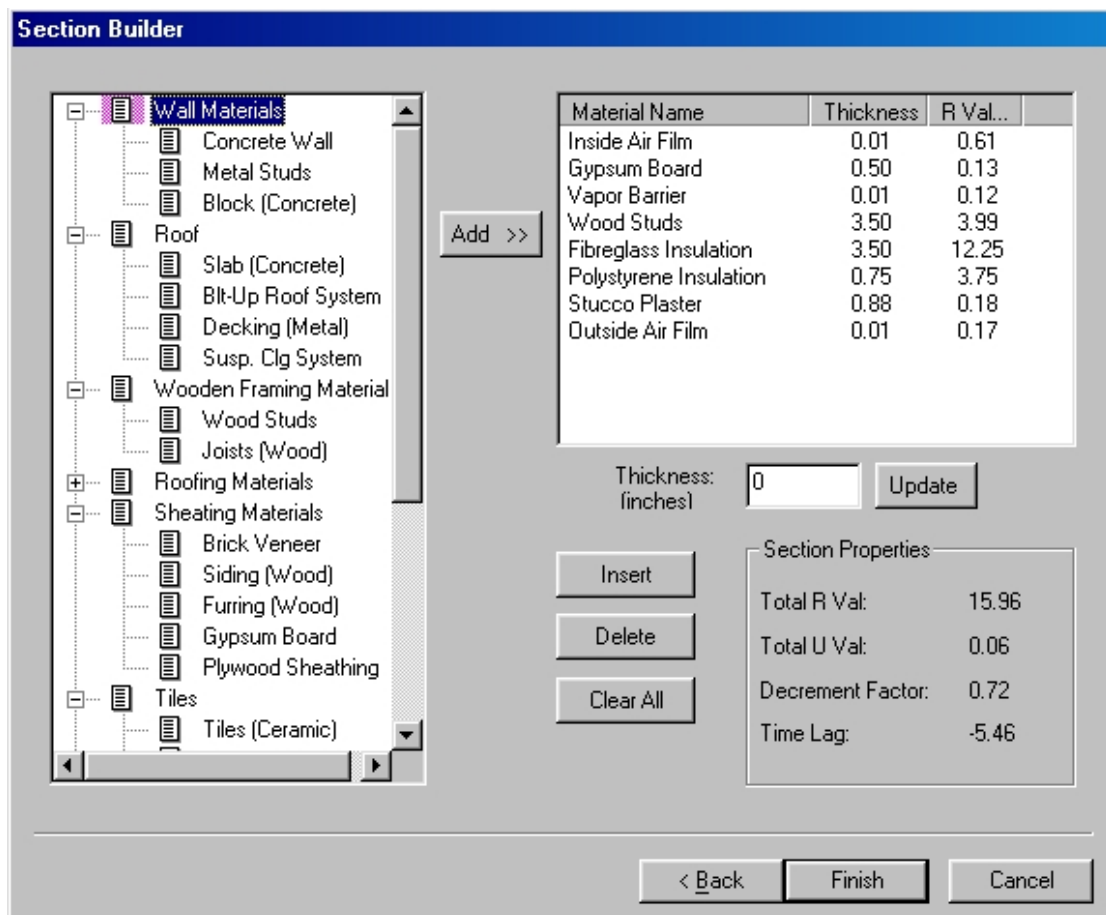
Surface Tilt:

Absorbtivity Of Outer Surface:

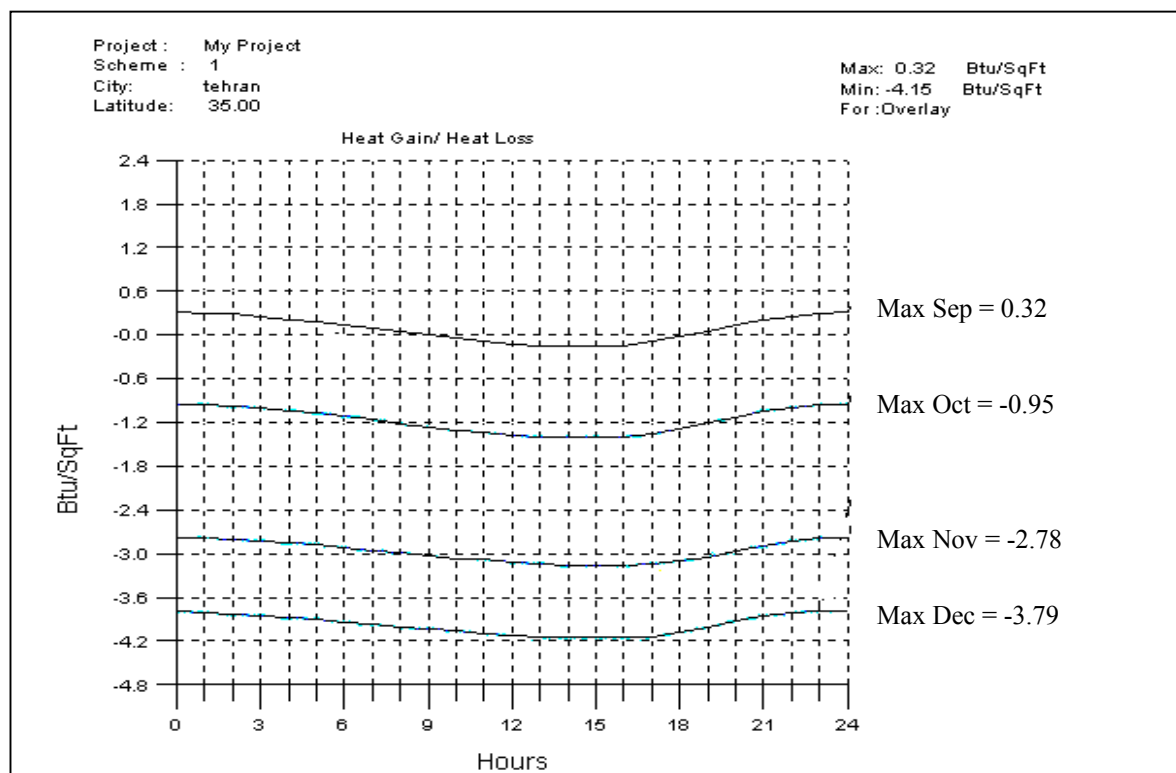
Surrounding Ground Reflectance:

< Back Next > Cancel

شکل ۱ - قسمت وارد کردن داده‌های اقلیمی به برنامه



شکل ۲ - قسمت مربوط به تعیین لایه‌های پوشش ساختمانی در برنامه



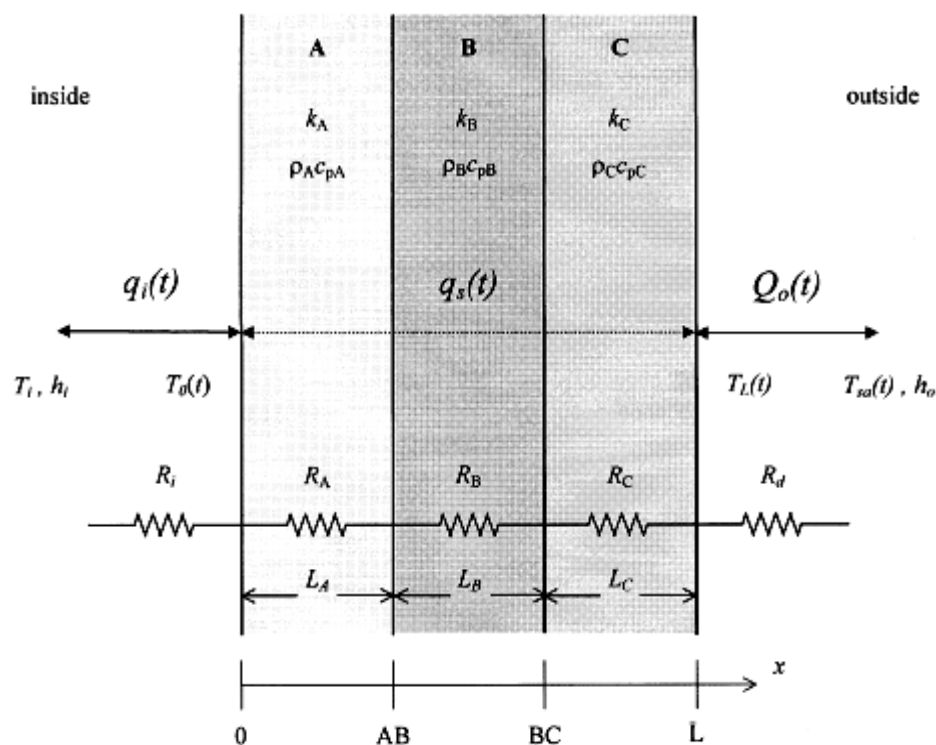
شکل ۳ - نمونه‌ای از نتایج برنامه (تغییرات بارهای سرمایش و گرمایش بر حسب ساعت در تهران)

$$T_{sa}(t) = \frac{|T_{\max} - T_{\min}|}{2} \sin\left(\frac{2\pi t}{P} - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{|T_{\max} - T_{\min}|}{2} + T_{\min} \quad ()$$

در این معادله $T_{sa}(t)$ به عنوان ترکیبی از دمای هوای خارج و تشعشع خورشیدی بیان می‌شود. در این معادله $T_{\max}$

و $T_{\min}$ دماهای ماکزیمم و مینیمم ماهیانه یا روزانه می‌باشند و همچنین t زمان می‌باشد.

با توجه به شکل ۴، معادله ناپایدار یک بعدی در طول این دیوار به صورت زیر می‌باشد:



شکل ۴ - لایه‌های مختلف یک پوشش ساختمانی

$$k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (۲)$$

که در این معادله T دما و K ضریب هدایت حرارتی ساختار و ρ دانسیته و C_p ظرفیت حرارتی ساختار مورد نظر

می‌باشد.

برای حل این معادله دو شرط مرزی و یک شرط اولیه مورد نیاز می‌باشند که این شرایط به صورت زیر بیان

می‌شوند:

$$k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} = h_i [T_{x=0}(t) - T_i] \quad ()$$

$$k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=L} = h_o [T_{so}(t) - T_{x=L}(t)] \quad ()$$

در این معادلات h_i, h_o ضرایب انتقال حرارت در دو سطح داخلی و خارجی می باشند.

برای شرط اولیه نیز از حل پایدار معادله ۲ استفاده شده است. [3]

۲-۳- ترکیبات مورد بررسی قرار گرفته شده

در این تحقیق ترکیبات اصلی دیوار و سقف ساختمان از داخل به خارج به صورت زیر در نظر گرفته شده است :

اندود گچ + بتن + اندود خارجی

عایق در نظر گرفته شده نیز پلی استایرن منبسط می باشد که به ۲ صورت داخل یا خارج سطح جدار ساختمانی قرار می گیرد این حالت ها به صورت زیر می باشند:

۱- اندود خارجی (0.75 in) + لایه بتنی (8 in) + عایق حرارتی + اندود گچ (0.5 in)

۲- اندود خارجی (0.75 in) + عایق حرارتی + لایه بتنی (8 in) + اندود گچ (0.5 in)

البته برای هر یک از حالات بالا نیز لایه ای از فیلم هوا با مقاومت حرارتی برابر با $R_i = 0.61$ (سطح داخلی) و سطح خارجی $R_o = 0.17$ در نظر گرفته شده است.

هر یک از حالات بالا برای یک دیوار با جهت شمالی و سقف در سه شهر تهران ، تبریز و اهواز بررسی می شود و در آخر بهترین ضخامت عایق در هر شهر مشخص می شود. [4],[5]

۳- نتایج

جدول ۱ و ۲ نتایج به دست آمده برای هر شهر و هر ۲ نوع جدار ساختمانی را به برای بارهای سرمایش و گرمایشی و همچنین بار کل سالیانه را نشان می دهد.

۳-۱- نتایج برای دیوار شمالی

جدول ۱ - نتایج بارهای ساختمانی برای حالت‌های مختلف قرارگیری عایق در دیوار با جهت شمالی Btu/SqFt

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	11460	5850	36780	11460	5850	36780
1	1638	918	12450	2793	992	10522
2	1636	544	5988	1662	583	6235
3	1264	405	4494	1477	417	4506
4	893	308	3488	951	312	3534
5	726	241	2868	790	267	2889
6	599	212	2401	630	228	2376
7	545	190	2087	547	199	2113
8	463	156	1866	481	166	1866

الف) بار سرمایشی سالیانه

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	42780	66627	15570	42780	66627	15570
1	17566	22215	5451	16575	23385	6702
2	9940	14331	3979	9969	14350	4035
3	7221	10263	2901	7129	10181	2880
4	5598	7910	2242	6496	7971	2248
5	4722	6492	1816	4782	6496	1842
6	3846	5504	1575	3849	5511	1563
7	3351	4798	1329	3265	4759	1359
8	2955	4151	1201	2931	4194	1187

ب) بار گرمایشی سالیانه

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	54240	72477	52350	54240	72477	52350
1	19204	23133	17901	19368	24378	17224
2	11576	14876	9967	11631	14933	10271
3	8485	10669	7395	8607	10598	7386
4	6491	8218	5730	7448	8284	5782
5	5448	6733	4684	5573	6763	4731
6	4446	5716	3977	4479	5739	3939
7	3896	4989	3416	3812	4958	3472
8	3419	4308	3067	3412	4361	3053

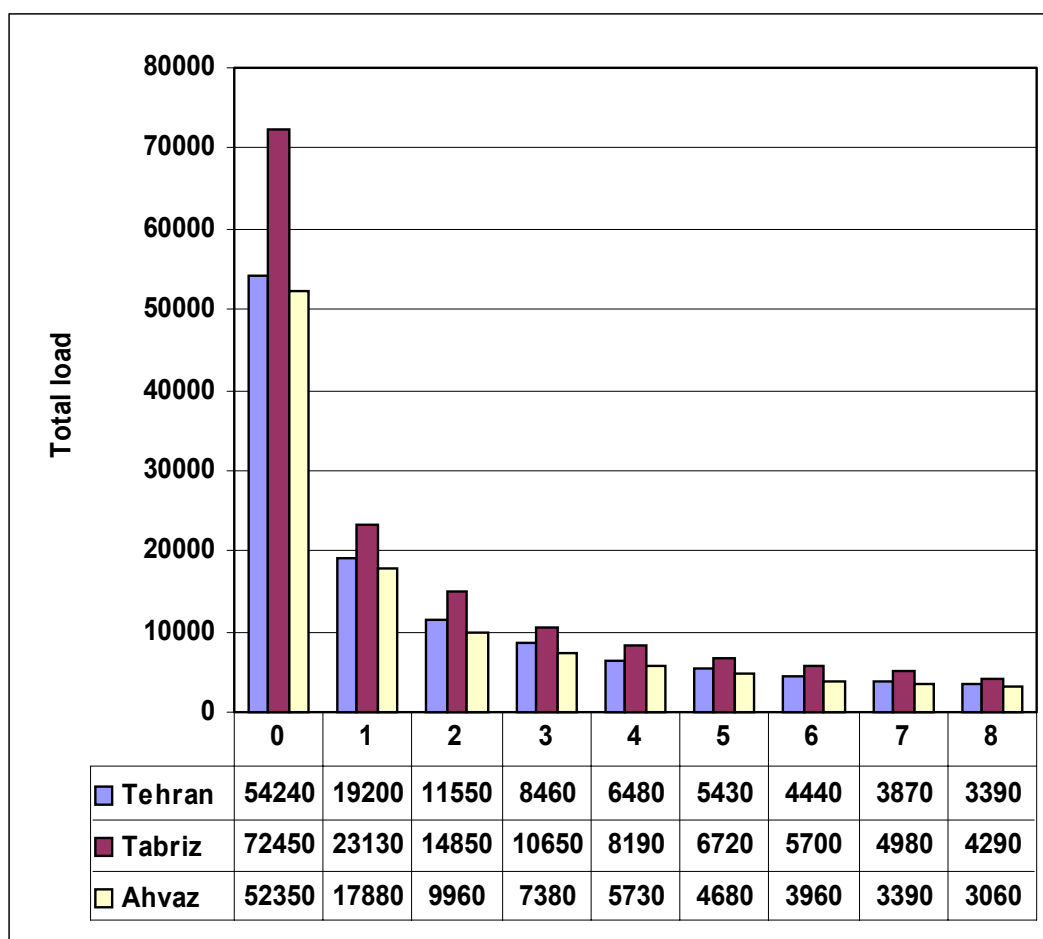
ج) کل بار سرمایشی و گرمایشی

جدول ۱ نتایج مربوط به محل قرارگیری عایق در دیوار را نشان می‌دهد.

این جدول بارهای سرمایشی و گرمایشی و کل بار را نشان می‌دهند. منظور از کل بار ساختمان میزان انرژی مورد

نیاز برای برقراری تعادل حرارتی و رفع بارهای سرمایشی و گرمایشی می‌باشد.

با توجه به این جدول دیده می‌شود که برای هر سه شهر تهران، تبریز و اهواز بهترین حالت قرارگیری عایق در



شکل ۵ - نتایج بدست آمده برای حالت قرار گیری عایق در سطح داخلی دیوار شمالی (محور X ضخامت عایق بر حسب اینچ)

سطح داخلی دیوار می باشد.

شکل ۵ اثر ضخامت عایق در دیوار از صفر تا ۸ اینچ برای سه شهر مورد نظر و حالت قرارگیری عایق در سطح داخلی جدار ساختمانی (دیوار با جهت شمالی) را نشان می دهند.

۳-۲- نتایج برای سقف

جدول ۲ نتایج مربوط به قرارگیری عایق در سقف را نشان می دهد.

با توجه به این جدول نیز دیده می شود که نتایج بدست آمده در سقف نیز همانند دیوار شمالی می باشد و برای هر سه شهر تهران، تبریز و اهواز بهترین حالت قرارگیری عایق در سطح داخلی دیوار می باشد.

شکل ۶ اثر ضخامت عایق در دیوار از صفر تا ۸ اینچ برای سه شهر مورد نظر و حالت قرارگیری عایق در سطح داخلی جدار ساختمانی (سقف) را نشان می دهند.

جدول ۲ - نتایج بارهای ساختمانی برای حالت‌های مختلف قرارگیری عایق در سقف Btu/SqFt

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	9705	3870	32400	9705	3870	32400
1	2991	1092	10821	6052	1330	13179
2	1776	662	6517	1905	778	6529
3	1457	501	4740	1353	571	4716
4	1201	387	3606	1050	382	3637
5	820	408	2988	864	345	3006
6	688	264	2521	847	290	2521
7	595	232	2190	624	243	2173
8	537	200	1935	561	226	1645

الف) بار سرمایشی

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	51675	73425	21702	51675	73425	21702
1	17511	26265	7462	17510	24948	7542
2	10548	15069	4516	10642	15018	4471
3	7399	10507	3198	7404	10716	3199
4	5890	8330	2499	5918	8348	2457
5	4861	6776	2040	4820	6870	2046
6	4065	5674	1731	4084	5797	1720
7	3539	5044	1503	3552	5038	1506
8	3124	4447	1296	3064	4444	1609

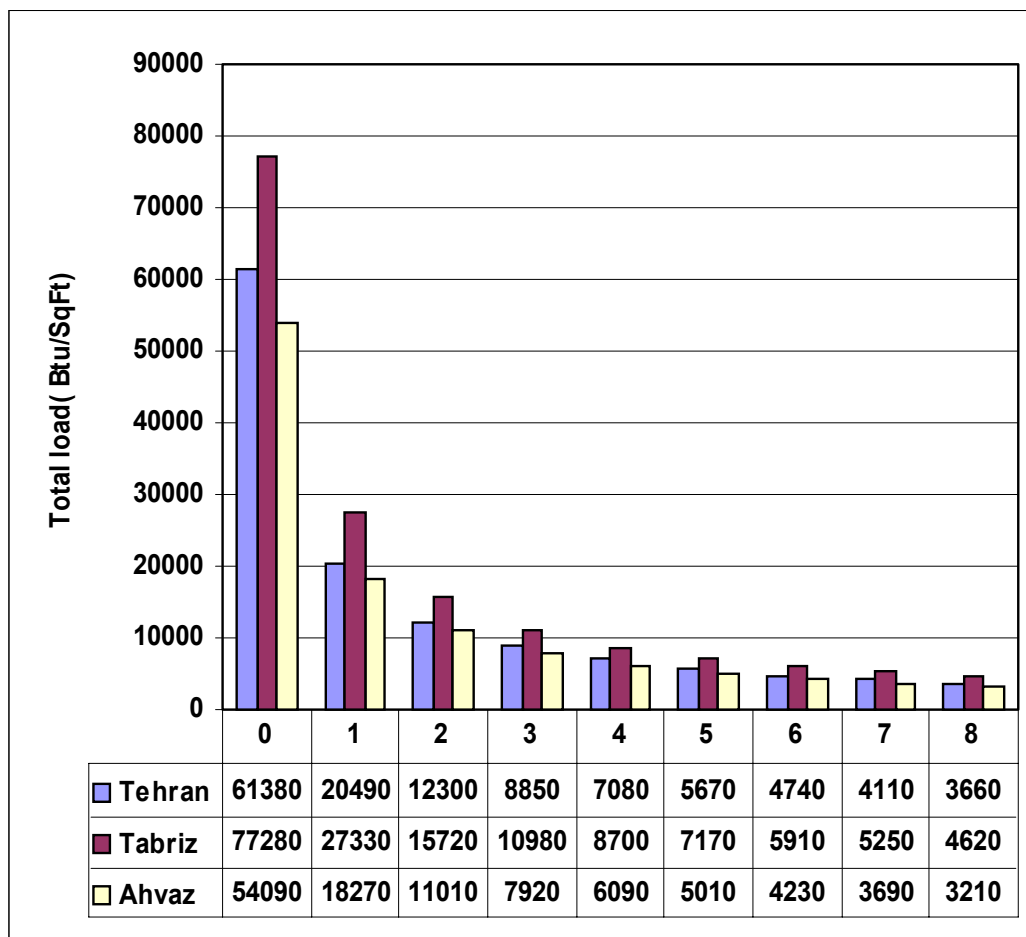
ب) بار گرمایشی سالیانه

Thickness	interior			exterior		
	Tehran	Tabriz	Ahvaz	Tehran	Tabriz	Ahvaz
0	61380	77295	54102	61380	77295	54102
1	20502	27357	18284	23562	26278	20722
2	12324	15731	11033	12547	15796	11001
3	8856	11008	7938	8758	11287	7915
4	7091	8717	6105	6968	8730	6095
5	5682	7184	5028	5684	7215	5052
6	4753	5938	4253	4932	6087	4242
7	4134	5277	3693	4176	5281	3679
8	3661	4647	3231	3625	4671	3255

ج) کل بار سرمایشی و گرمایشی

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

با توجه به شکل‌ها و جدول‌های ارائه شده نتایج زیر به دست می‌آید:



شکل ۶ - نتایج بدست آمده برای حالت قرار گیری عایق در سطح داخلی سقف (محور X ضخامت عایق بر حسب اینچ)

۱- برای شهر تهران که بهترین حالت قرار گیری عایق در دیوارها و سقف، حالت قرارگیری کل عایق در سطح داخلی جدار ساختمانی بدست آمده است، مقدار بهینه عایق ۴ اینچ (۸۸ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق) برای دیوار و همچنین مقدار بهینه عایق ۴ اینچ (۸۹ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق) برای سقف بدست آمده است.

۲- برای شهر تبریز که بهترین حالت قرار گیری عایق در دیوارها و سقف، حالت قرارگیری کل عایق در سطح داخلی ساختار ساختمانی بدست آمده است، مقدار بهینه عایق ۴ تا ۵ اینچ (۸۸ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق برای ۴ اینچ عایق) برای دیوار و همچنین مقدار بهینه عایق ۴ اینچ (۸۸ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق) برای سقف بدست آمده است.

۳- برای شهر اهواز که بهترین حالت قرار گیری عایق در دیوارها و سقف، حالت قرارگیری کل عایق در سطح داخلی جدار ساختمانی بدست آمده است، مقدار بهینه عایق ۴ اینچ (۸۹ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق)

برای دیوار و همچنین مقدار بهینه عایق ۴ اینچ (۸۸ درصد بهبود نسبت به حالت بدون عایق) برای سقف بدست آمده است.

با توجه به سه مورد بالا به نظر می‌رسد میزان ۴ اینچ عایق برای پوشش خارجی ساختمانها در شرایط اقلیمی ایران مناسب می‌باشد

۵- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین محترم سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور به دلیل حمایت‌های ایشان از تحقیقات انجام شده اظهار میدارند. بخصوص نظرات و راهنمایی‌های سرکار خانم مهندس لنکرانی در حسن انجام این تحقیق بسیار مؤثر بوده است.

۶- مراجع

1-Adnan Shariah,Brhan Tashtoush,Akram Rousan, “Cooling and heating loads in residential buildings in jordan”,Energy and Buildings,Vol 26,1997,137-143

2- Murray Milne ,Department of Architecture and Urban Design, University of

California, Los Angeles , Opaque software available at:

<http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tools>

3-H.Asan, “Investigation of wall’s optimum insulation position from maximum time lag and minimum decrement factor point of viwe”,Energy and Buildings,Vol 32,2000
197-203

4-Elisabeth Kossecka, Jan Kosny, “Influence of insulation configuration on heating and cooling loads in a continuously used building”, Energy and Buildings,Vol 34,
321-331

5- M.Bojic, F.Yik, P.Sat, “ Influence of thermal insulation position in building envelope on the space cooling of high-rise residential buildings in Hong Kong”
Energy and Buildings, Vol 33,2001,569-581