

مزایای اقتصادی استفاده از فناوری نانو در صنعت عایق های رطوبتی



شناسنامه

ستاد توسعه فناوری‌های نانو و میکرو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا:	توسعه فناوری مهرویژن	تلفن:	۰۲۱-۶۳۱۰۰
نظارت:	داود قزابلو	نمابر:	۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
صندوق پستی:	۱۴۵۶۵-۳۴۴	پایگاه اینترنتی:	www.nano.ir
پست الکترونیک:	IND@nano.ir	سال انتشار:	۱۴۰۳
نویسنده:	اشکان عبدشاهی، سروش صحراییان	اینستاگرام نانو و صنعت:	@INDnano.ir

محتوای صنعتی و فناوریانه خود را از طریق پست الکترونیک و پایگاه اینترنتی نانو و صنعت (INDnano.ir) ارسال نمایید.

فهرست مطالب

۳	معرفی
۶	مزایا
۷	تحلیل هزینه-فایده استفاده از نانوذرات در عایق‌های رطوبتی
۱۲	شرکت‌های ایرانی تولیدکننده عایق‌های رطوبتی نانویی
۱۲	پی‌نوشت
۱۲	منابع

معرفی

عایق‌های رطوبتی عبارت‌اند از موادی که به منظور جلوگیری از نفوذ رطوبت به سطوح مختلف استفاده می‌شوند [۱]. این عایق‌ها می‌توانند به صورت مایع، رول جامد و یا ذرات پودری باشند که بر روی سطوح دیواره‌ها، سقف و پشت‌بام‌ها، استخرها و سایر سازه‌ها اعمال شوند [۲]. هدف اصلی استفاده از عایق‌های رطوبتی، جلوگیری از نفوذ رطوبت به سازه‌ها و جلوگیری از ایجاد خسارت‌های ناشی از نفوذ رطوبت همچون پوسیدگی، ترک و خرابی سازه‌هاست.

در اصل تاریخچه عایق‌های رطوبتی به قرن نوزدهم میلادی بازمی‌گردد، زمانی که ابتدا از موادی مانند پلاستیک، مصالح طبیعی و مواد خام ارگانیک برای عایق‌بندی استفاده می‌شد [۳]. در طول زمان با پیشرفت فناوری، عایق‌های رطوبتی به شکل‌های مختلفی توسعه یافته‌اند و از مواد متنوعی مانند فوم‌های پلی‌اورتان، پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن و آلومینیوم به عنوان ماده اولیه در ساختار آن‌ها استفاده می‌شود.

یکی از انواع عایق‌های رطوبتی رایج و مورد مصرف ایزوگام است که علاوه بر عایق رطوبتی، به عنوان یک عایق حرارتی و صوتی نیز عمل می‌کند. این نوع عایق شامل یک لایه پلی‌اتیلن با ضخامت‌های متفاوت است و از مواد مختلفی همچون فوم پلی‌اورتان، فوم پلی‌استایرن و آلومینیوم تشکیل شده است که بر روی سطوح دیواره‌ها، سقف‌ها و سایر سازه‌ها نصب می‌شود [۴].



شکل ۱- ایزوگام جهت عایق‌بندی رطوبتی سطوح

اگرچه ایزوگام‌ها سطح را در برابر عوامل خارجی همچون آب و هوا، رطوبت، گرما و سرما... محافظت می‌کنند و جلوی نفوذ آب، رطوبت و گازهای مضر به درون سطح را می‌گیرند، اما استفاده از آن‌ها دارای معایبی نیز است که از بارزترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

■ مصرف بیشتر ایزوگام در مقایسه با میزان مساحت مشخصی از سطح هدف جهت عایق‌کاری: بدین معنی که به ازای مساحت مشخصی از سطح جهت عایق نمودن به طور میانگین ۲۵٪-۱۵ ایزوگام بیشتری باید مصرف کرد چرا که به هنگام عایق نمودن سطح و نصب ایزوگام بر روی آن، ۲۵٪-۱۵ از هر لایه ایزوگام (که

عموماً به صورت رول هایی با عرض ۱ متر و طول ۱۰ متر هستند) بر روی لایه قبلی قرار می گیرد و از این حیث به ازای مساحت مشخصی از سطح (به عنوان مثال ۱۰۰ مترمربع) می بایست مساحت بیشتری از ایزوگام جهت عایق کاری مصرف کرد (تقریباً ۱۲۰ مترمربع ایزوگام)؛

- حمل و نقل نسبتاً سخت، هزینه بالای نصب و زمان بر بودن فرآیند نصب آن؛
- برخی از ایزوگام ها قابلیت بازیافت ندارند و به تدریج به صورت زباله هایی غیر قابل تجزیه تلقی می شوند که این موضوع مشکلات محیط زیستی را با خود به همراه دارد؛
- ممکن است با خراشیده شدن یا پاره شدن سطوح ایزوگام ها در طول زمان، از کیفیت عایق کاری آن ها کاسته شود و اثربخشی آن ها به تدریج کاهش پیدا کند؛
- در محل هایی که بازه اختلاف دمایی نسبتاً زیادی ایجاد می شود (به طور میانگین بیش از ۵۰ درجه سانتی گراد)، ایزوگام ها ممکن است دچار تغییر شکل شوند که به مرور زمان از عمر مفید آن ها می کاهد. بنابراین در نظر گرفتن این معایب و مزایا برای انتخاب بهترین نوع عایق رطوبتی برای ساختمان ها، استخرها و سایر مکان ها و سازه ها بسیار حائز اهمیت است.



شکل ۲- ترک برداشتن دیواره استخر به علت عایق کاری نامناسب

امروزه عایق های رطوبتی با توجه به نیازهای مختلف صنایع به خصوص صنعت ساختمان از مواد گوناگونی ساخته می شوند که از جمله آن ها می توان به نانو عایق های رطوبتی تولید شده اشاره کرد که از جدیدترین فناوری ها در این زمینه هستند [۵].

در عایق های رطوبتی نانویی از نانوذرات به عنوان مواد اصلی تشکیل دهنده آن ها استفاده شده است که به اشکال مختلفی همچون ذرات پودری به بازار عرضه می شوند. نانوذرات مورد استفاده در تولید این نوع از عایق ها دارای اندازه بسیار کوچکی هستند، به طوری که به راحتی در سوراخ های بسیار کوچک و

ناهمواری های سطوح نفوذ کرده و مانع از نفوذ و عبور رطوبت از سطح می شوند [۶]. این ویژگی باعث می شود که نانوعایق های رطوبتی در جلوگیری از نفوذ رطوبت به ساختمان ها و سازه ها بسیار مؤثر واقع شوند. در واقع از آنجا که بر روی یک سطح خلل و فرج های بسیار فراوانی وجود دارد که بیشتر آن ها با چشم قابل رؤیت نیستند، این نوع از عایق های رطوبتی که از نانوذراتی با اندازه های بسیار کوچکی تشکیل شده اند (۱۰۰-۱ نانومتر)، قادر خواهند بود که اکثر این منافذ را به طور کامل بپوشانند و از نفوذ رطوبت، آب و سایر سیال ها به درون سطح جلوگیری نمایند که این موضوع سبب جذابیت استفاده از این نوع عایق ها در پوشش سطوح مختلف شده است. به عبارتی بهتر، مواد نانومتری به دلیل برخورداری از اندازه بسیار کوچک می توانند در سوراخ ها و منافذ متعدد بسیاری همچون سطوح ناهموار، تکه های سرامیکی و سطوح فلزی نفوذ کنند و موجب آب بندی مناسب آن ها شوند [۷].

مزایای دیگر استفاده از نانوعایق های رطوبتی شامل وزن سبک، انعطاف پذیری بالا، مقاومت در برابر فشار و حرارت، قابلیت نفوذ به خلل و فرج سطوح ناهموار، امکان اعمال انواع افزودنی ها و چسب ها بر روی آن، طول عمر بالا و... است [۸]. همچنین این نوع از عایق های رطوبتی با توجه به استفاده از نانوذرات در تولید آن ها، دارای خاصیت ضد باکتری بوده و می توانند از رشد باکتری های بیماری زا بر روی سطوح جلوگیری کنند. از جنبه دیگر، عایق های رطوبتی نانویی با توجه به توانایی بالا در آب بندی سطوح و برخورداری از نقطه انجماد و ذوب بالاتر می توانند کارایی و طول عمر مفید بیشتری در طولانی مدت از خود نشان دهند که موجب مصرف کمتر مواد در مقایسه با سایر عایق های رطوبتی غیر نانویی می شوند [۷].

به طور کلی نانوعایق های رطوبتی به دلیل ویژگی های خاص خود مانند انعطاف پذیری و مقاومت در برابر فشار و حرارت و همچنین قابلیت استفاده در بازه های دمایی وسیع به عنوان یک گزینه جدید و مؤثر در عایق بندی سطوح مطرح شده اند. این نوع عایق ها احتمالاً در آینده در صنعت ساختمانی به طرز فزاینده ای مورد توجه و استفاده قرار گیرند.

از همین رو نانوعایق های رطوبتی، یک نوآوری جدید در زمینه عایق های رطوبتی است. این نوع عایق ها که عمدتاً به صورت پودر هستند و با نسبت مشخصی از آب به هنگام استفاده مخلوط می شوند، با توجه به خصوصیات منحصربه فردی همچون مقاومت در برابر نفوذ رطوبت و چسبندگی بسیار بالا، می توانند به عنوان جایگزینی مناسب برای ایزوگام و قیرگونی در بیشتر پروژه های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرند [۹]. از جمله کاربردهای این عایق ها می توان به آب بندی استخرها، مخازن آب، سرویس های بهداشتی، دیوارهای جانبی در معرض رطوبت (خصوصاً در نواحی شمالی و جنوبی کشور)، دیوارهای حائل، حوض ها، آب نماها، کناف و سایر سازه ها اشاره کرد.

همچنین ذکر این نکته باقی است که گاهی در ساخت بسیاری از ساختمان های ایران از مواد و متریال ضعیفی استفاده می شود که به مرور زمان این ساختمان ها دچار نشست می شوند و اثر خود را به صورت ترک برجای می گذارند که به همین علت استفاده از این نوع عایق های رطوبتی در پشت بام خانه ها عموماً توصیه نمی شود، چرا که با ترک برداشتن سطح (گاهی به میزان چند سانتی متر) لایه های عایق کاری شده از یکدیگر فاصله گرفته و جدا می شوند که می تواند موجب نفوذ آب، رطوبت و سایر سیال ها به درون سطح شوند و آثار مخربی را از خود برجای بگذارند.

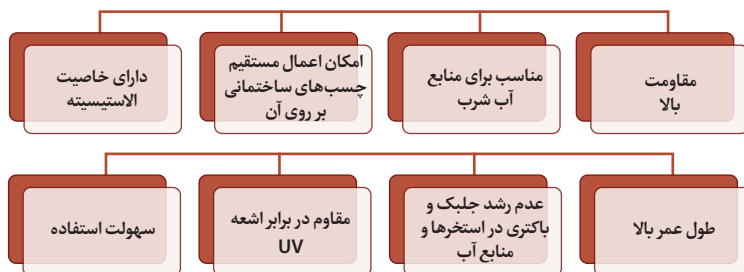


➤ شکل ۳- استفاده از عایق رطوبت نانویی در سطوح

مزایا

- از مهم ترین و کاربردی ترین مزایا و خصوصیات ویژه یک نانوعایق رطوبتی می توان به موارد زیر اشاره کرد:
 - مقاومت بلندمدت در برابر نفوذ انواع سیال ها، قیمت مقرون به صرفه ضمن کاربرد آسان و سرعت اجرای بالا به نحوی که مدت زمان نصب و اجرای آن بر روی سطوح مدنظر در مقایسه با سایر عایق های رطوبتی غیرنانویی همچون ایزوگام بسیار ناچیز است.
 - مقاومت مناسب در برابر فشار آب بالا و سایش، به خصوص در محل هایی که عایق در تماس با مواد فیزیکی است که باعث می شود در برابر آسیب دیدن و خراش برداشتن در اثر ضربه و تماس نسبت به سایر عایق های رطوبتی بسیار مقاوم تر عمل کند.
 - انعطاف پذیری بالا و قابلیت اجرا بر روی سطوح مختلف، به ویژه سطوح سیمانی و فلزی با پوشش دهی حداکثری سوراخ ها و منافذ.
 - قابلیت استفاده بر روی دیوارهای جانبی در معرض رطوبت.
 - عدم کاهش فضای مفید محل مورد استفاده به خصوص در استخرها چرا که به هنگام عایق کاری استخرها با استفاده از ایزوگام به دلیل جلوگیری از تماس لایه های ایزوگام با آب درون استخر می بایست اطراف آن را دیوارچینی نمود که به همین خاطر به طور میانگین ۱۵-۱۰٪ از فضای مفید استخر کاسته می شود.
 - برخورداری از خاصیت الاستیسیته، بدین معنی که عایق پس از انبساط و انقباض های مکرر قادر است به شکل و ابعاد اولیه خود بازگردد.
 - عدم حل شدن در آب و کاهش خطرات محیط زیستی به هنگام استفاده از آن ها در محیط هایی همچون استخرها و منابع آبی، چرا که در صورت استفاده از ایزوگام و قیر جهت عایق کاری، به مرور زمان در آب حل می شوند و می توانند خطرات محیط زیستی و بهداشتی را با خود به همراه داشته باشند.
- این نوع از عایق های رطوبت نانویی در نواحی مختلف ساختمانی همچون دیوارهای جانبی، حمام، آشپزخانه، سرویس های بهداشتی، استخر و منابع آب، لای درز کاشی ها، کف و بدنه کولر، ورق های شکسته و سوراخ شده و... می تواند استفاده شود. همچنین عایق رطوبت نانویی می تواند در مواد مختلفی

مثل یونولیت، ملات سیمانی، ملات گچی، کاشی کاری و سنگ چینی جهت عایق کاری رطوبتی استفاده شود که از دیگر نقاط عطف و شاخص استفاده از آن‌ها در عایق کاری است.



شکل ۴- مزایای استفاده از نانوذرات در عایق‌های رطوبتی

تحلیل هزینه-فایده استفاده از نانوذرات در عایق‌های رطوبتی

در جدول ۱ به مقایسه دو نوع عایق رطوبتی نانویی و غیرنانویی جهت عایق کاری رطوبتی استخرها، دیوارهای جانبی، درزها، سرویس‌های بهداشتی و... که در بازار ایران موجود هستند، پرداخته شده است که تمامی مشخصات موجود در آن، در طی تماس و ارتباط با واحد فروش هر نوع محصول به دست آمده و ذکر شده‌اند.

جدول ۱- مشخصات دو نوع عایق رطوبتی نانویی و غیرنانویی

ردیف	نوع عایق	حالت فیزیکی	وزن مخصوص (gr/cm^3)	میزان چسبندگی (N/mm^2)	الاستیسیته	وزن خالص به ازای ۱ میلی متر ضخامت (kg/m^2)	نحوه بسته بندی
۱	عایق رطوبتی نانویی	پودر جامد	۱٫۲	بیشتر از ۱٫۵	بیش از ۸ درصد	۱٫۳	سطل پلاستیکی ۱، ۴، ۲ و ۲۰ کیلوگرمی
۲	عایق رطوبتی غیرنانویی	رول جامد	۱٫۸	۱٫۱	بیش از ۱۰ درصد	۱٫۸	رول ۱۰×۱ متر

مطابق جدول ۱ عایق رطوبتی نانویی در مقایسه با نوع غیرنانویی، میزان چسبندگی بیشتری دارد که آن را قادر می‌سازد با سطوح مختلف به خصوص سطح‌های فلزی و سیمانی ارتباط قوی‌تری برقرار کند و از این حیث سبب افزایش میزان چسبندگی شود. همچنین عایق رطوبت نانویی دارای وزن مخصوص کمتری نسبت به مدل غیرنانویی است که این ویژگی در ساختمان‌ها منجر به کاهش وزن کلی سازه می‌شود. ضمن آنکه حمل و نقل بسیار آسان‌تر، نصب سریع و آسان و هزینه‌های جانبی بسیار ناچیز، این نوع از عایق‌های رطوبتی را نسبت به مدل غیرنانویی بسیار جذاب‌تر کرده است.

در جدول ۲ لیست قیمت دو محصول عایق رطوبتی نانویی (برحسب ۱ کیلوگرم) و غیرنانویی (برحسب ۱ مترمربع) ذکر شده است که از اطلاعات آن می توان به عنوان مقایسه ای از نوع هزینه-فایده برای این دو نوع محصول موجود که یکی حاوی نانوذرات و دیگری فاقد آن است، استفاده کرد.

جدول ۲- فرضیات تحلیل هزینه فایده

قیمت (تومان)	نوع
۱۸۰,۰۰۰	قیمت هر ۱ کیلوگرم عایق رطوبتی نانویی
۱۲۰,۰۰۰	قیمت هر ۱ مترمربع عایق رطوبتی غیرنانویی (ایزوگام)

مطابق جدول ۲ از آنجا که عایق رطوبتی نانویی به صورت پودر به بازار عرضه می شوند قیمت آن برحسب کیلوگرم عنوان شده است، که به ازای هر ۱ مترمربع عایق کاری حدوداً می بایست ۲ کیلوگرم از آن معادل قیمت ۳۶۰,۰۰۰ تومان را مصرف نمود:

$$(۱) \quad ۳۶۰,۰۰۰ = ۲ \times ۱۸۰,۰۰۰ = \text{قیمت معادل هر ۱ مترمربع استفاده از عایق نانویی}$$

همچنین هزینه نصب هر ۱ متر مربع عایق غیرنانویی (ایزوگام) تقریباً ۴۰,۰۰۰ تومان است و از طرفی به هنگام استفاده از ایزوگام به طور میانگین ۲۰ درصد مساحت بیشتری از آن به ازای میزان مشخصی از سطح بایستی مصرف شود که مطابق رابطه (۲) قیمت تمام شده هر ۱ متر مربع سطح با استفاده از ایزوگام جهت عایق کاری به شرح زیر خواهد بود:

$$(۲) \quad ۱۸۴,۰۰۰ = ۴۰,۰۰۰ + (۱۲۰,۰۰۰ \times ۰.۲) = \text{قیمت معادل هر ۱ متر مربع سطح با استفاده از ایزوگام}$$

در جدول ۳ به بررسی هزینه-فایده استفاده از دو نوع عایق رطوبتی نانویی و غیرنانویی پرداخته شده است که شامل اطلاعاتی از قبیل قیمت، میانگین عمر مفید و میزان درصد حجمی بهینه شده این دو نوع محصول است [۱۰]. مطابق با جدول ۳ می توان دریافت که مقدار هزینه صورت گرفته جهت خرید و استفاده از عایق رطوبتی نانویی نسبت به مدل غیرنانویی، تقریباً ۹۵٪ بیشتر است. همچنین برای انجام مقایسه و تعیین میزان عمر مفید هر یک از عایق های رطوبتی نانویی و غیرنانویی و تعیین میزان اختلاف قیمت، از رابطه ۳ می توان استفاده کرد:

$$(۳) \quad P_i = \frac{\sum c_w \cdot \sum c_n}{\sum c_n} \times ۱۰۰$$

P_i : درصد حجمی بهینه شده در صورت استفاده از عایق رطوبت نانویی،

C_W : هزینه موارد با فناوری نانو،

C_n : هزینه موارد بدون فناوری نانو.

به عنوان مثال، درصد حجمی بهینه شده قیمت دو نوع عایق رطوبت نانویی و غیرنانویی به روش زیر محاسبه می شود:

$$P_i = \frac{360,000 - 184,000}{184,000} \times 100 = 95.7\% \quad (4)$$

جدول ۳- بررسی هزینه- فایده استفاده از عایق های رطوبتی نانوساختار و غیرنانوساختار

نوع عایق	میزان مصرف	قیمت کل (تومان)	میانگین عمر مفید (سال)	درصد حجمی بهینه شده	
				خرید عایق رطوبتی	عمر مفید
عایق رطوبتی نانوساختار (هر ۱ کیلوگرم)	۱	۳۶۰,۰۰۰	۲۰	+۹۵.۷٪	+۱۰۰٪
عایق رطوبتی غیرنانوساختار (هر ۱ مترمربع)	۱	۱۸۴,۰۰۰	۱۰		
اختلاف قیمت و عمر مفید					
				۱۷۶,۰۰۰ تومان	۱۰ سال

مطابق جدول ۳ کارایی و عمر مفید عایق های رطوبتی نانویی، به طور متوسط به میزان ۱۰۰٪ (به طور میانگین ۱۰ سال) بیشتر از عایق های رطوبتی غیرنانویی است که از این حیث استفاده از آن ها به عنوان عایق رطوبتی در درازمدت می تواند گزینه بسیار مناسبی باشد. از طرفی عایق های رطوبتی نانویی اختلاف قیمتی تقریباً معادل ۹۵.۷٪ با عایق های رطوبتی غیرنانویی دارند و از این حیث ۱۷۶,۰۰۰ تومان (به ازای هر مترمربع عایق کاری) گران تر از نوع غیرنانویی هستند به نحوی که اگر برای یک بازه ۲۰ ساله در یک استخر بخواهیم از عایق رطوبتی مطابق با جدول ۳ استفاده کنیم، عایق رطوبتی نانویی بدون تعویض بر سر جای خود باقی می ماند، درحالی که عایق رطوبتی غیرنانویی بایستی تعویض شود که نشان دهنده تعویض کمتر و یا به عبارتی صرفه جویی در استفاده از عایق رطوبتی نانویی نسبت به مدل غیرنانویی است.

به عنوان مثال در تحلیل هزینه-فایده استفاده از انواع عایق ها می توان به عایق کاری سطح درونی استخرها جهت جلوگیری از نفوذ آب اشاره کرد. در روش های قدیمی تر عایق کاری سطوح درونی استخرها، پس از حفر محل استخر و دیوارچینی های اطراف آن، ابتدا تمام سطح آن با ایزوگام عایق کاری می شود و سپس بر روی لایه ایزوگام کاری شده جهت جلوگیری از تماس سطح بیرونی ایزوگام با آب، اطراف آن یک ردیف دیوارچینی صورت می گیرد که این کار سبب افزایش چشمگیر هزینه ها و کاهش فضای مفید استخرها به طور میانگین به میزان ۱۵-۵۰٪ می شود، ضمن آنکه ممکن است سبب آسیب فیزیکی و ساختاری به ایزوگام شود.

از طرفی ذکر این نکته باقی است که پس از هر بار نیاز به تعویض و عایق کاری مجدد سطح، عایق های غیرنانویی نیاز به صرف هزینه جهت جدا نمودن لایه های عایق کاری شده پیشین از سطح و عایق کاری مجدد بر روی آن سطح دارند که از نظر محیط زیستی نیز پسماند آن خطرات و چالش هایی به همراه خواهد داشت. درحالی که به هنگام استفاده از عایق نانویی تنها کافی است که عایق جدید بر روی عایق پیشین توسط قلم مو، غلتک و یا هر وسیله دیگری اعمال شود و نیازی به جدا نمودن عایق پیشین نیست. حال اگر یک فضای استخر ۵۰ مترمربعی را فرض کنیم که قرار است با دوروش نانویی و غیرنانویی عایق کاری آن صورت گیرد، هزینه عایق کاری سطح آن با هر یک از این دوروش نانویی و غیرنانویی به شرح زیر است:

$$(۵) \quad ۱۸,۰۰۰,۰۰۰ = ۱ \times ۵۰ \times ۳۶۰,۰۰۰ = \text{هزینه } ۵۰ \text{ متر مربع عایق رطوبتی نانویی برای مدت } ۲۰ \text{ سال}$$

$$(۶) \quad ۱۸,۴۰۰,۰۰۰ = ۲ \times ۵۰ \times ۱۸۴,۰۰۰ = \text{هزینه } ۵۰ \text{ متر مربع عایق رطوبتی غیرنانویی برای مدت } ۲۰ \text{ سال}$$

از طرفی به هنگام استفاده از عایق رطوبت غیرنانویی (ایزوگام) در استخرها می بایست حداقل یک ردیف دیوار جهت جلوگیری از تماس ایزوگام با آب درون استخر اطراف آن چیده شود که اگر قرار به استفاده از بلوک هایی با ابعاد ۲۰×۴۰ سانتی متری و ضخامت ۱۰ سانتی متری باشد که قیمت هر یک از آن ها به طور میانگین ۱۰,۰۰۰ تومان است و ابعاد استخر را ۱۰×۵ متر در نظر بگیریم، مطابق با رابطه (۷) تعداد ۷۵ بلوک برای این استخر مصرف می شود که مجموع قیمت تعداد بلوک های مصرف شده مطابق با رابطه (۸) معادل ۷۵۰,۰۰۰ تومان است، ضمن آنکه این تعداد بلوک معادل مصرف ۶ مترمربع است (رابطه ۹):

$$(۷) \quad ۷۵ = ۰,۴ + (۱۰ + ۱۰ + ۵ + ۵) \quad \text{تعداد بلوک مصرفی با ابعاد } ۲۰ \times ۴۰ \text{ سانتی متری برای یک ردیف دیوار چینی}$$

$$(۸) \quad ۷۵۰,۰۰۰ = ۷۵ \times ۱۰,۰۰۰ = \text{قیمت تمام شده بلوک ها}$$

$$(۹) \quad ۶ = ۷۵ \times ۰,۲ \times ۰,۴ = \text{مساحت مصرفی بلوک جهت دیوارچینی}$$

حال اگر هزینه های ملات و کارگر که به طور میانگین به ترتیب معادل ۶۰,۰۰۰ و ۷۰,۰۰۰ تومان به ازای هر ۱ مترمربع دیوارچینی است را برای ۶ مترمربع محاسبه کنیم، مطابق با رابطه (۱۰)، ۷۸۰,۰۰۰ تومان هزینه صرف آن می شود (یک لایه دیوارچینی برای استخری با مساحت ۵۰ مترمربع با استفاده از بلوک هایی با ابعاد ۲۰×۴۰ سانتی متری، معادل ۶ مترمربع است):

$$(۱۰) \quad ۷۸۰,۰۰۰ = (۷۰,۰۰۰ + ۶۰,۰۰۰) \times ۶ = \text{هزینه کارگر و ملات}$$

در انتها قیمت تمام شده یک ردیف دیوارچینی برای استخری با مساحت ۵۰ مترمربع و با ابعاد ۱۰×۵ متری مطابق رابطه ۱۱ حدود ۱,۵۳۰,۰۰۰ تومان خواهد بود که این رقم تنها معادل یک ردیف دیوارچینی است:

$$(۱۱) \quad ۱,۵۳۰,۰۰۰ = ۷۵۰,۰۰۰ + ۷۸۰,۰۰۰ = \text{هزینه تمام شده یک ردیف دیوار چینی}$$

حال بسته به عمق استخر تعداد ردیف های دیوارچینی می تواند افزایش یابد که اگر عمق ۱ متری را برای آن متصور شویم از آنجا که عرض هر بلوک ۲۰ سانتی متر است، در مجموع ۵ ردیف دیوارچینی می بایست صورت

گیرد (رابطه ۱۲) که مطابق با رابطه (۱۱) این هزینه دیوارکشی به رقم ۷,۶۵۰,۰۰۰ تومان خواهد رسید:

$$C_1 = 100 \div 20 = 5 \quad (12)$$

$$C_2 = 1,530,000 \times 5 = 7,650,000 \quad (13)$$

این بدین معنی است که برای یک استخر با مساحت ۵۰ مترمربع که قرار به استفاده ۲۰ ساله از آن باشد، در صورت استفاده از عایق رطوبتی نانویی به جای عایق رطوبتی غیرنانویی، تنها برای این استخر به میزان ۸,۰۵۰,۰۰۰ تومان (به ارزش پول امروز) مطابق با رابطه زیر برای مدت ۲۰ سال صرفه جویی ارزی در خرید عایق رطوبتی شده است:

$$C_3 = 18,000,000 \quad (14)$$

$$C_4 = 18,400,000 \times 7,650,000 = 26,050,000 \quad (15)$$

$$\Delta C = 26,050,000 - 18,000,000 = 8,050,000 \quad (16)$$

C_1 : هزینه عایق رطوبتی نانویی برای یک استخر ۵۰ مترمربعی برای مدت ۲۰ سال،
 C_2 : هزینه عایق رطوبتی غیرنانویی برای یک استخر ۵۰ مترمربعی برای مدت ۲۰ سال،
 ΔC : تفاوت هزینه عایق رطوبتی غیرنانویی و نانویی برای یک استخر ۵۰ مترمربعی برای مدت ۲۰ سال.

در حقیقت رقم به دست آمده در بالاترین کننده آن است که اگر تعداد استخرهای ذخیره آب کشاورزی را معادل رقمی حدود ۶۰,۰۰۰ عدد فرض کنیم و از طرفی میانگین متراژ ۵۰ مترمربعی با عمق ۱ متری را برای هر یک از این استخرها در نظر بگیریم، به ازای عمر مفید ۲۰ ساله هر یک از این استخرها با استفاده از مابه التفاوت قیمت عایق رطوبت نانویی و غیرنانویی، با در نظر گرفتن اینکه هزینه هر ۱ مترمربع آسفالت با ضخامت ۵ سانتی متر به طور میانگین ۲۴۰,۰۰۰ تومان است، می توان به طور تقریبی ۲,۰۱۲,۵۰۰ مترمربع از جاده ها و اماکن عمومی کشور را مطابق روابط زیر آسفالت نمود که رقمی بسیار شگفت انگیز است [۱۱]:

$$(17) \quad 60,000 \times 8,050,000 = 483,000,000,000 = \text{میزان مبلغ به دست آمده از تفاوت قیمت عایق ها به ازای } 60,000 \text{ استخر}$$

$$(18) \quad 483,000,000,000 \div 240,000 = 2,012,500 = \text{میزان مساحت آسفالت شده برحسب مترمربع}$$

همچنین ذکر این نکته باقی است که در صورت ۵ لایه دیوارچینی در مجموع به میزان ۶ مترمربع مطابق با رابطه (۱۹) از فضای مفید ۵۰ مترمربعی استخر کاسته می شود که معادل ۱۲٪ فضای کل آن است که می توان از آن به عنوان نکته منفی دیگری در استفاده از ایزوگام ها به عنوان عایق رطوبت غیرنانویی یاد کرد:

$$(19) \quad 6 = (10 + 5) \times 2 \times 0.2 = \text{حجم اشغال شده در اثر دیوار چینی}$$

$$(20) \quad 12\% = 100 \div (6 \div 50) = \text{درصد حجم اشغال شده در اثر دیوار چینی}$$



شرکت‌های ایرانی تولیدکننده عایق‌های رطوبتی نانویی

شرکت ژیکاوا

آدرس: تهران، نیاوران، بعد از سه‌راه یاسر، نبش کوچه معظمی، پلاک ۳۲۹،

واحد ۱۰

تلفن: ۰۲۱۲۲۳۹۷۶۳۲

ایمیل: ceo@zhikava.com

وب‌سایت: www.zhikava.com

پی‌نوشت

۱ قیمت‌ها مربوط به سال ۱۴۰۳ است.

منابع

۱ س. نوری م.، شعبانیان، «بررسی و مقایسه کاربردهای عایق‌های رطوبتی سنتی و نوین در ساختمان». «دهمین همایش ملی مطالعات و تحقیقات نوین در حوزه علوم جغرافیا، معماری و شهرسازی ایران». ۱۴۰۲.

<https://civilica.com/doc/1848863>

۲ Michal Nývlt ,ORCID, Jiří Pazderka and Pavel Reiterman, "Comparative Study of Different Types of Waterproofing Screeds with a Focus on Cohesion with Selected Building Materials after the Freeze-Thaw Exposure," 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/app112311256>

۳ Dávid Bozsaky, "The historical development of thermal insulation materials," 2010, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3311/pp.ar.2010-2.02>

۴ C.M. W. and M.L. H. all authors and Affiliations, "Polystyrene Foams as Core Materials Used in Vacuum Insulation Panel," 2008, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1177/0021955X08090420>

۵ R. X. Jinhao Sun, Peixue Jiang, "Insights into mechanism and modelling of dynamic moisture sorption in dual-porous insulation materials with micro- and nano-scale pores," 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2024.01.069>

۶ M. A. Muhammad Rafiq a, Muhammad Shafique b, Anam Azam c, "The impacts of nanotechnology on the improvement of liquid insulation of transformers: Emerging trends and challenges," 2020.

۷ a M. Z. and Z. Y. Potao Sun, Fengqi Liu, a Wenxia Sima, ORCID logo *a Tao Yuan, a Ming Yang, a Chen Liang, "A novel UV, moisture and magnetic field triple-response smart insulating material achieving highly targeted self-healing based on nano-functionalized microcapsules," 2022.

۸ X. W. & J. H. Chao Tang, Song Zhang, "Enhanced mechanical properties and thermal stability of cellulose insulation paper achieved by doping with melamine-grafted nano-SiO₂," 2006, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s00425-006-0295-z>

۹ A. S. F. Monire Taghvaei, Mostafa Sedighizadeh , Nasim NayebPashae , "Reliability assessment of RTV and nano-RTV-coated insulators concerning contamination severity," 2021.

۱۰ <http://haje.ir/newsdetails.aspx?itemid=16360>

۱۱ <https://www.irna.ir/news/85442580/>