

الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح در تصرفها و فضاهای درمانی و عمومی و بررسی تطبیقی بیمارستان‌های ۶۴ تختخوابی بندر گز و قرچک

سعید بختیاری

عضو هیأت علمی بخش مهندسی آتش، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

bakhtiyari@bhrc.ac.ir

چکیده

آتش‌سوزی یک خطر جدی برای ساختمان‌ها و ساکنین آن می‌باشد. بنابراین ایمنی در برابر آتش باید به خوبی در طراحی و اجرای ساختمان رعایت شود. بخصوص نازک‌کاری‌ها و مصالح، دارای نقش بسیار مهمی از این نظر هستند. انتخاب صحیح مصالح در فضاهای مختلف توسط مهندسین معمار می‌تواند از وقوع و گسترش آتش‌سوزی‌ها جلوگیری نماید و فرصت لازم برای تخلیه ساختمان و مقابله با حریق را امکان‌پذیر سازد. بخصوص فضاهای بیمارستانی از این نظر بسیار حساس هستند. برای این هدف، باید روش طبقه‌بندی و الزامات ساختمانی مناسب تدوین شود. در این مقاله روش‌های معتبر طبقه‌بندی خطرپذیری مصالح در برابر آتش بحث و مقایسه شده است. مفاهیم و پارامترهای مؤثر در رفتار مصالح در برابر آتش بحث شده است. روش طبقه‌بندی ملی، آزمون‌های آتش، روش علمی مقیاس کوچک و الزامات آتش برای نازک‌کاری‌های فضاهای مختلف ارائه شده است. الزامات خاص فضاهای بیمارستانی به صورت خاص ارائه شده است. امکانات لازم برای اجرای این ضوابط در کشور کاملاً موجود است و می‌تواند مورد استفاده مهندسین و معماران قرار گیرد. طبقه بندی تعدادی از مصالح ساختمانی موجود در کشور از نظر خطر حریق با توجه به نتایج آزمون‌های تجربی صورت گرفت که اکثر آنها رفتار خطرناکی بروز دادند. همچنین بررسی از نظر خطر حریق و مقایسه تطبیقی برای مصالح نازک کاری به کار رفته در دو بیمارستان ۶۴ تختخوابی صورت گرفت و نتایج آن ارائه شده است.

واژگان کلیدی: بیمارستان، ساختمان‌های درمانی، مصالح نازک‌کاری، واکنش در برابر آتش، مقاومت در برابر آتش، روش طبقه‌بندی

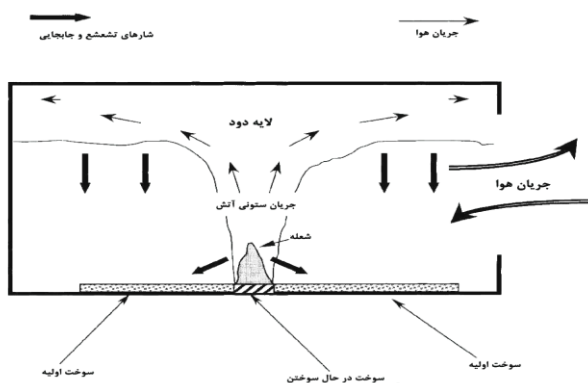
۱- مقدمه

ساختمان است. بسیاری از مصالح و نازک‌کاری‌های جدید می‌توانند از نظر رفتار در برابر آتش و گسترش آتش‌سوزی در ساختمان خطر بالایی ایجاد نمایند. بخصوص در سال‌های اخیر مصالح پلیمری متنوع برای کاربردهای مختلف (مانند نازک‌کاری، تزئینات، عایق حرارتی، جاذب صدا و ...) به صنعت ساختمان راه یافته که بسیاری از آنها قابلیت اشتعال بالایی دارند، مگر اینکه با مواد افزودنی مناسب، در حد کافی کندسوز شده باشند. انواع MDF، HDF، مصالح چوبی، PVC، موکت، نازک‌کاری‌های سلولزی، مصالح کامپوزیتی، پلی‌کربنات و ... از جمله این مصالح هستند. بنابراین لازم است تا مقررات و استانداردهای ایمنی در برابر آتش توسعه یابند و جوانب ایمنی در برابر آتش در ساختمان‌ها از این نظر رعایت شود. همچنین معماران و طراحان باید در انتخاب مصالح نازک‌کاری برای فضاهای مختلف به این موضوع توجه نمایند. برای این منظور

برای طراحی و ساخت یک ساختمان خوب نیاز به در نظر گرفتن نیازها و الزامات مختلفی می‌باشد، به طوری که ایمنی و آسایش برای ساکنین در سطح مطلوبی فراهم گردیده و عمر اقتصادی ساختمان تضمین گردد. طبق مصوبات اتحادیه اروپا در سال ۱۹۸۸ [۱] کلیه مصالح و سیستم‌های ساختمانی در سطح اتحادیه باید از نظر پایداری سازه‌ای، ایمنی در برابر آتش‌سوزی، بهداشت، سلامتی و محیط زیست، ایمنی در زمان بهره‌برداری، حفاظت در برابر نوفه (صداها ناخواسته) و حفظ انرژی و حرارت بررسی و گواهی ارزیابی فنی دریافت نمایند. روش‌های مختلف طراحی ایمنی در برابر آتش در مرجع [۲] ارائه شده است. یکی از جنبه‌های مهم طراحی ایمنی در برابر آتش برای ساختمان‌ها، شناخت رفتار مصالح و سیستم‌های ساختمانی در برابر آتش و پیش‌بینی رفتار آتش‌سوزی در

۲- مراحل گسترش آتش سوزی در ساختمان

گسترش حریق در ساختمان از سه مرحله اصلی آفرورش، رشد و حالت پایدار تشکیل می‌شود. نهایتاً زوال حریق و یا اطفای آن توسط عوامل بیرونی رخ می‌دهد. آفرورش به معنای شروع آتش سوزی از یک عامل است که باعث احتراق و پدید آمدن شعله می‌شود. مرحله رشد شامل انتقال حرارت و افزایش سطوح مواد و مصالح در حال سوخت است. در ساختمان‌ها وجود سقف در بالای آتش نقش مستقیم در افزایش گرمای تابشی بر روی سطح مواد سوختی داشته و وجود دیوارها این اثر را تشدید می‌کند (شکل ۱). "منحنی رشد حریق" (Room flashover) از رسم تغییرات دمای آتش برحسب زمان به دست می‌آید (شکل ۲). شروع منحنی از لحظه آفرورش بوده و فرض می‌شود که اکسیژن به اندازه کافی وجود دارد. منحنی شکل ۲ به صورت کاملاً عمومی ارائه شده و بسته به شرایط می‌تواند تغییرات زیادی نماید. با گسترش آتش به سطح زیر سقف، مساحت سطح داغ به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و در نتیجه تابش حرارت به طرف سطح مواد قابل احتراق به طور محسوسی افزایش می‌یابد. در یک اتاق معمولی با مبلمان و وسایل معمولی، این اتفاق می‌تواند در دمای حدود ۵۵۰ درجه سلسیوس رخ دهد. در این زمان باقی‌مانده مواد سوختنی به سرعت به دمای شعله‌وری خود رسیده و ظرف چند ثانیه کوتاه مشتعل می‌شوند. این انتقال ناگهانی با نام "مرحله گرگرفتن اتاق" (Room flashover) شناخته می‌شود و نشان‌دهنده آغاز مرحله پایدار حریق است و در آن شعله‌های آتش کل فضای بسته را در برمی‌گیرد. باید توجه داشت که هر چقدر سطح مواد سوختی بیشتر باشد احتمال رسیدن به لحظه گرگرفتنی و تبدیل شدن شعله‌ها به یک آتش سوزی بزرگ بیشتر است. بنابراین مصالح نازک کاری نقش بسیار مهم و کلیدی در گسترش آتش سوزی در ساختمان دارند

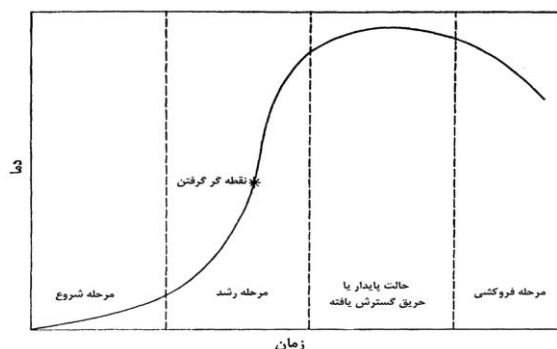


شکل ۱- آتش سوزی در یک فضای بسته

لازم است تا با استفاده از تحقیقات تجربی، رفتار مواد و مصالح مختلف در برابر آتش شناخته شود. رفتار مواد در برابر آتش باید به وسیله آزمایش‌های آتش تعیین و طبقه‌بندی شود و با وضع الزامات و مقررات مناسب، از کاربرد مصالح خطرناک در ساختمان و یا در فضاهایی که به ایمنی بیشتری نیاز است، جلوگیری شود. همچنین برای ساختمان‌های بزرگ می‌توان با استفاده از روش‌های دینامیک سیالاتی محاسباتی، توسعه آتش سوزی در ساختمان‌ها را با سناریوهای مختلف مدل نمود تا بتوان طراحی مناسب ایمنی در برابر آتش در ساختمان‌ها را انجام داد.

بیمارستان‌ها و فضاهای درمانی به علت شرایط خاص خود، باید از استانداردها و مشخصات بالایی از نظر ایمنی در برابر آتش برخوردار باشند. طبیعی است که فرار یا جابجایی بیماران بستری از ساختمان به علت آتش سوزی، با معضلات بسیار زیاد همراه است و باید از روش‌های دیگر (مانند خروج افقی یا فضاهای پناه‌دهی) استفاده کرد. اما الویت با آن است که با روش‌های پیشگیرانه و از جمله با کاربرد مصالح مناسب نازک‌کاری از وقوع یک حریق بزرگ در بیمارستان جلوگیری کرد. بنابراین مصالح نازک‌کاری موجود در فضاهای مختلف بیمارستان باید از مشخصات فنی مناسب در برابر آتش برخوردار باشد. سطح ایمنی لازم و پارامترهای مؤثر مورد سوال است. در این مقاله در مورد الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح در تصرف‌ها و فضاهای درمانی بحث و بررسی شده است. به این منظور یک سناریوی عمومی گسترش آتش سوزی ارائه شده، نقش پارامترهای واکنش در برابر آتش مصالح (Reaction to fire of materials) و تأثیر آنها در گسترش آتش سوزی بحث شده است. روش‌های متداول و جدید طبقه‌بندی خطرپذیری مواد در برابر آتش بررسی و مقایسه شد. الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح در تصرف‌ها و فضاهای مختلف بر اساس مقررات معتبر بین‌المللی مطالعه و اصول و فلسفه نهفته در آنها توضیح داده شده است. نهایتاً الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح در تصرف‌ها و فضاهای درمانی با توجه به شرایط ایران تعیین و پیشنهاد شده است. نتایج آزمون آتش برای تعدادی از مصالح تحلیل و شرایط تطبیقی دو بیمارستان (با توجه به اطلاعات تهیه شده از سازمان مجری ساختمان‌های دولتی و عمومی) بررسی شد.

نوع ۱ و ۲ جزو ساختارهای غیر قابل سوختن هستند و اجزای آنها از مصالح غیر قابل سوختن می‌باشد. اجزای ساختمانی ساختار نوع ۱ نسبت به ساختار نوع ۲ دارای درجه مقاومت بالاتری در برابر آتش است و به این علت محدودیت‌های ابعادی آن کمتر است. برای اطلاع از الزامات مقاومت در برابر آتش به آیین‌نامه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مراجعه شود.



شکل ۲- منحنی استاندارد رشد حریق

۳-۱- مرور روش‌های مهم بین‌المللی برای طبقه بندی خطرپذیری مصالح و فرآورده‌های ساختمانی در برابر آتش

یکی از پارامترهای قدیمی برای طبقه‌بندی مواد در برابر آتش، سرعت و میزان پیشروی شعله بر روی نازک‌کاری‌ها است. تحقیقات نشان می‌دهد که در پوشش سقف‌ها باید حتی‌الامکان از کاربرد مصالح قابل سوختن پرهیز نمود. در حوزه آزمایش‌های مقیاس کوچک در استانداردهای بین‌المللی، روش ISO 5658 برای ارزیابی این مشخصه تدوین شده است (شکل ۳).

آزمایش‌های متعددی برای ارزیابی پیشروی شعله بر روی مصالح در کشورهای مختلف استفاده شده است. از جمله استاندارد بریتانیا و کوره اشتاینر را می‌توان نام برد. در روش امریکایی اشتاینر، اندازه‌گیری نسبی پیشروی شعله و چگالی دود در مقایسه با نوع بخصوصی از چوب بلوط قرمز و تخته سیمانی مسلح با الیاف تحت شرایط ویژه در معرض آتش، آزمون می‌شود. این آزمون یک روش سنتی قدیمی است و از لحاظ علمی قابلیت رقابت با روش‌های نوین بین‌المللی و اروپایی را ندارد. با این وجود در امریکا به علت تاریخچه موضوع و وابستگی صنایع امریکایی هنوز استفاده می‌شود. البته در ایالات متحده نیز اثر روش‌های جدید بین‌المللی بر روی مقررات و نیاز به تغییر آن مورد بحث است.



شکل ۳- تصویری از آزمون پیشروی سطحی شعله طبق استانداردهای ISO و IMO (آزمایشگاه آتش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

۳-۲- مرور روش‌های طبقه بندی مصالح نازک کاری از نظر خطر حریق و مقررات مربوط

ارزیابی عملکرد محصولات ساختمانی در برابر حریق در دو حوزه اصلی زیر صورت می‌گیرد:

الف - واکنش مواد در برابر آتش: میزان مشارکت یک فرآورده در گسترش حریق است. از آزمایش‌های مهم واکنش در برابر آتش می‌توان آفرز پذیر، قابلیت سوختن، پیشروی سطحی شعله بر روی مصالح و فرآورده‌ها، شدت رهائش گرما، دود و گازهای سمی بر اثر سوختن را نام برد. برای هر یک از این مشخصات، آزمایش‌های متنوعی وجود دارد که بر حسب ابعاد آزمایش، نوع و کاربرد فرآورده مورد نظر و استاندارد مرجع متفاوت است.

ب - مقاومت در برابر آتش: عبارت از توانایی یک فرآورده و جزء ساختمانی برای جلوگیری از گسترش حریق از فضایی که حریق در آن کاملاً گسترش یافته به فضاهای مجاور است و با آزمایش‌های مقاومت در برابر آتش ارزیابی می‌گردد.

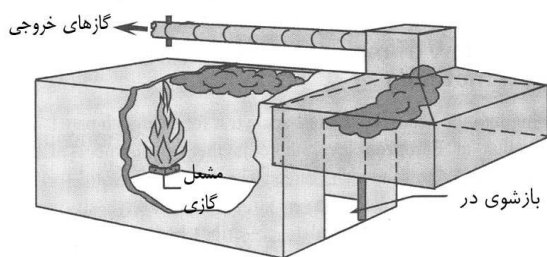
موضوع دیگر ارزیابی قابلیت سوختن مواد است که در مقررات امریکایی تأثیر مهمی در ابعاد ساختمان دارد. بابر اسکاس [۳] با توجه به روش‌های عملکردی و مهندسی آتش، نحوه کاربرد این پارامتر در طبقه‌بندی‌های متداول در مقررات ساختمانی امریکا را نقد کرده و معتقد به جایگزینی شدت رهائش گرما به جای آن است. اما به هر حال، این طبقه‌بندی کماکان در مقررات ساختمانی امریکا عامل تعیین‌کننده برای محدودیت ابعادی ساختمان‌ها است. این طبقه‌بندی در مقررات رسمی و پیشنهادی موجود در ایران نیز وجود دارد که از جمله می‌توان مبحث سوم و آیین‌نامه ۶۸۲ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی [۴] را نام برد. طبق این مقررات، ساختارهای ساختمانی به پنج نوع ۱ تا ۵ دسته‌بندی می‌شوند. ساختارهای

آزمایشگاهی و مقرراتی، چندان اقتصادی نیست. ویکستروم و گورانسون [۶ و ۷] و ریچاردسون [۸] تلاش کردند تا با استفاده از گرماسنجی مقیاس کوچک، گرمای آزاد شده در آزمون گوشه اتاق را پیش‌بینی نمایند. اوستمان و نوسبام (Östman And Nussbaum) [۹ و ۱۰] مطالعات گسترده تجربی و ریاضی برای برقراری ارتباط بین نتایج گرماسنجی و نقطه گرگرفتن در آزمون گوشه اتاق انجام دادند. همبسته‌سازی به وسیله زمان افروزش و کل رهائش گرما به تنهایی موفق نبود. ترکیب شدت رهائش گرما و زمان افروزش نتایج بهتری به همراه داشت. آنها در پژوهش دیگری همبستگی بین پارامترهای مختلف به دست آمده از آزمون گرماسنجی، در ۳۰۰ ثانیه پس از افروزش و زمان گرگرفتن در آزمون گوشه اتاق را بررسی کردند. بررسی بر روی ۳۹ مصالح که اطلاعات آنها از پروژه‌های اروپایی جمع شده بود، صورت گرفت. بهترین معادله با ضریب همبستگی حدود ۰/۹۷ به شرح زیر به دست آمد:

$$t_{fo} = a \frac{t_{ig}^{0.25} \rho^{1.72}}{THR_{300}^{1.3}} + b \quad (1)$$

که در آن t_{fo} (ثانیه) زمان گرگرفتن در آزمون گوشه اتاق، t_{ig} (ثانیه) زمان افروزش در گرماسنجی تحت تابش 50 kW/m^2 ، THR_{300} (J/m^2) کل رهائش گرما در مدت ۳۰۰ ثانیه پس از افروزش تحت تابش 50 kW/m^2 ، ρ (kg/m^3) چگالی متوسط، و a و b اعداد ثابت هستند.

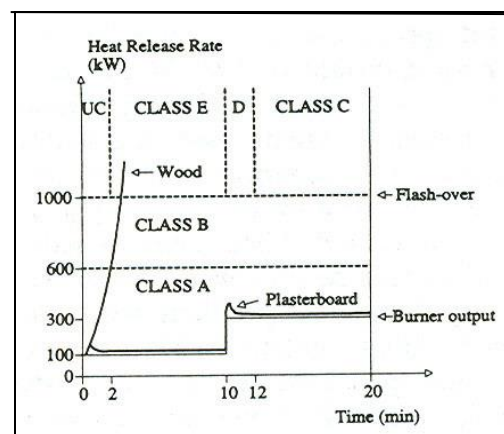
برخی از پژوهشگران از حاصل تقسیم پیک شدت رهائش گرما به زمان افروزش (PRHR/TTI)، حاصل از آزمون گرماسنجی،



شکل ۴- نمایی از دستگاه آزمون گوشه اتاق ISO ۹۷۰۵

به عنوان شاخصی برای میل به گرگرفتنی (Propensity To Flashover) استفاده کرده‌اند که تحت عنوان پارامتر X معرفی شده است. هر چه مقدار پارامتر X بزرگتر باشد، زمینه وقوع گرگرفتن ناشی از سوختن ماده بیشتر است. پترلا [۱۱] با بررسی نتایج آزمون‌های مختلف، مطرح کرد که برخی از مواد

از روش‌های بسیار مهم برای تعیین خطر مواد از نظر گسترش آتش‌سوزی، مشارکت آنها در رسیدن به نقطه گرگرفتن است. نقطه گرگرفتن، لحظه‌ای بحرانی در آتش‌سوزی است که در آن هیچ موجود زنده‌ای در فضای وقوع آتش‌سوزی وجود نخواهد داشت. بنابراین ایجاد ارتباط بین رفتار ماده در برابر آتش و لحظه گرگرفتنی سراسری، شاخص مناسبی برای ارزیابی ریسک آتش‌سوزی مواد است. آزمون گوشه اتاق، یک مدل برای این پدیده است (شکل ۴). سوندستروم و گورانسون [۵] بر اساس نتایج آزمون گوشه اتاق، یک طبقه‌بندی برای رفتار مواد در برابر آتش پیشنهاد کردند. منبع افروزش یک مشعل گازی در گوشه اتاق است که در ۱۰ دقیقه ابتدایی آزمون، 100 kW و سپس 300 kW انرژی آزاد می‌کند. چنانچه اتاق تا ۲۰ دقیقه به مرحله گرگرفتن نرسد، آزمون قطع می‌شود. گرگرفتن هنگامی رخ می‌دهد که شدت رهائش گرما به 1000 kW برسد و تقریباً همزمان با خروج شعله‌های آتش از درگاه اتاق است. نمونه در کل نازک‌کاری دیوار و سقف نصب می‌شود. سوندستروم و گورانسون [۵] با این روش بیش از ۲۰ ماده را آزمون و یک روش طبقه‌بندی به صورت ارائه شده در شکل ۵ پیشنهاد کردند. در این طبقه‌بندی، کلاس A متناظر با محصولات با سوختن محدود است و موادی مانند پشم‌های معدنی و تخته گچی را در بر می‌گیرد. طبقه B موادی هستند که در طول کل ۲۰ دقیقه آزمون، به حالت گرگرفتنی نزدیک می‌شوند، اما گرگرفتنی رخ نمی‌دهد. به همین ترتیب سایر طبقات به پدیده واقعی آتش‌سوزی مرتبط هستند.



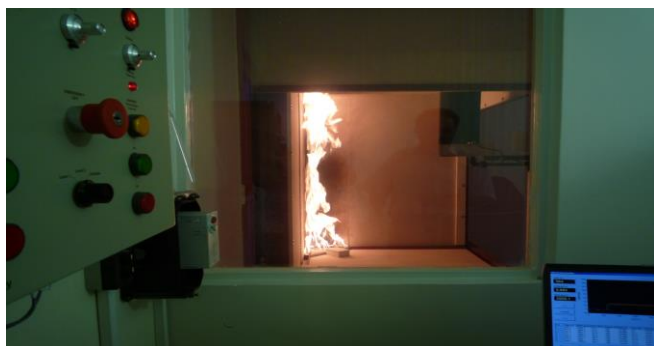
شکل ۵- حدود طبقه پیشنهاد شده برای آزمون گوشه اتاق [۵]

تحقیقات نشان داد که آزمون گوشه اتاق قابلیت بسیار خوبی برای طبقه‌بندی واقع‌گرایانه رفتار مواد در برابر آتش دارد. اما این آزمون هزینه بالایی داشته و تکرار آن برای کارهای

۴- روش طبقه بندی و الزمات واکنش در برابر آتش برای مصالح نازک‌کاری در تصرفها و فضاهای مختلف و درمانی با توجه به شرایط ایران

۴-۱- روش طبقه‌بندی

دو حوزه مهم برای ارزیابی مصالح و سیستم‌های ساختمانی، واکنش در برابر آتش و مقاومت در برابر آتش است. در حوزه واکنش در برابر آتش، علمی ترین روش طبقه بندی، روش استاندارد اروپا است که به عنوان استاندارد ملی ایران نیز پذیرفته شده [۲۰] و به عنوان روش طبقه‌بندی ملی شناخته می‌شود. در عین حال، در این روش از دستگاه‌ها و تجهیزات پیشرفته استفاده می‌شود که برای ارزیابی اولیه و یا منظوره‌های تحقیق و توسعه می‌تواند هزینه‌بر باشد. این آزمون در مقیاس متوسط صورت می‌گیرد و ۲/۲ متر مربع از نمونه مورد آزمون قرار می‌گیرد (شکل ۶). برای ارزیابی اولیه و کارهای تحقیقاتی می‌توان از روش ارائه شده در مراجع ۱۵ و ۱۶ و دستگاه گرماسنج مخروطی استفاده نمود.



شکل ۶- تصاویری از آزمون SBI

(آزمایشگاه آتش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی)

به علت چگالی کم آنها یا حرارت اندکی که آزاد می‌کنند، نمی‌توانند باعث وقوع گر گرفتگی شوند، حتی اگر پارامتر X آنها بالا باشد. بنابراین لازم است تا علاوه بر پارامتر X، کل رهائش گرما نیز در نظر گرفته شود. همچنین پژوهش‌هایی توسط بختیاری و همکاران در زمینه رفتار مصالح در برابر آتش با استفاده از روش‌های مقیاس کوچک منتشر شده است [به عنوان مثال ۱۲-۱۶]. بختیاری و همکاران با آزمون‌های متعدد روش‌های پترلا و ریچاردسون را بهبود داده و اثر زمان افروزش را نیز در طبقه بندی در نظر گرفتند.

بهترین و علمی‌ترین روش طبقه‌بندی حال حاضر در دنیا، روش استاندارد واحد اروپایی است که به عنوان استاندارد ملی ایران نیز تصویب شده و در آن مصالح بر اساس رفتار واکنش در برابر آتش به طبقات A تا F طبقه بندی می‌شوند. طبقه A نشانگر مصالح بدون اثر در آتش‌سوزی و F نشانگر مصالح با واکنش غیر قابل قبول در برابر آتش و یا مصالح اظهار نشده (فاقد نتیجه آزمایش) است. این طبقه‌بندی بر اساس ایجاد ارتباط بین نتایج یک آزمون آتش مقیاس متوسط (به نام SBI) با لحظه گرگرفتن در آزمون گوشه اتاق بنا شده است. البته چند آزمون دیگر نیز صورت می‌گیرد.

تقریباً تمام مقررات ساختمانی در دنیا در این نکته مشترک هستند که داشتن الزمات مربوط به نازک‌کاری داخلی باید در مقررات در نظر گرفته شود. سناریوی مرجع برای نازک‌کاری‌ها، آزمون گوشه اتاق است که تقریباً نماینده یک اتاق معمولی است. شدت رهائش گرمای مشعل در مقدار ۳۰۰kW، تقریباً یک سوم شدت رهائش گرمای لازم برای گرگرفتن سراسری در یک چنین اتاقی است. نشان داده شده است که چنین شدت افروزشی در یک اتاق بزرگتر، باعث آتش‌سوزی با گسترش کندتر و زمان طولانی‌تری برای رسیدن به گرگرفتن می‌شود [۱۹]. پارامتر شدت گسترش حریق (FIGRA) (Fire Growth Rate) و آزمون SBI می‌توانند به خوبی وقوع گرگرفتن در آزمون گوشه اتاق را پیش‌بینی کنند، بنابراین شرایط لازم برای برقراری ارتباط بین اجزای آنها برقرار شده است. پارامتر FIGRA به طور گسترده‌ای به عنوان یک ابزار طبقه‌بندی خطر گسترش حریق محصولات و سناریوهای مختلف آتش‌سوزی به کار رفته و در کاربرد بسیار موفق بوده است [۱۹]. کاربرد این پارامتر در چارچوب بخشنامه اروپایی از ۱۹۹۸ رسمی شده است [۱۸].

مراجع مقررات ساختمانی امریکا نیز برای واکنش در برابر آتش مصالح نازک‌کاری در بیمارستان‌ها و مراکز درمانی الزامات سخت‌تری را نسبت به ساختمان‌های مسکونی و حرفه‌ای - اداری مطالبه نموده و تقریباً سخت‌گیری مشابهی را اعمال نموده است (با روش آزمون استاندارد امریکایی)، بنابراین در اینجا جدول ۲ برای فضاهای درمانی (برای کل فضاهای بیمارستان) پیشنهاد می‌شود. امکان انجام تمام آزمون‌های لازم در آزمایشگاه آتش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی وجود دارد.

۳-۴- خواص برخی مصالح ایران در برابر آتش و بررسی تطبیقی نازک‌کاری بیمارستان‌های ۶۴ تختخوابی بندر گز و قرچک

برای کنترل مصالح نازک‌کاری بیمارستان‌های دست اقدام سازمان مجری، با الزامات تدوین شده مربوط به واکنش در برابر آتش، بررسی موردی بر روی جدول نازک‌کاری نقشه‌های بیمارستان‌های ۶۴ تختخوابی بندر گز و قرچک به عمل آمد. عمده مصالح به کار رفته در دیوارها و سقف‌ها از نوع اندود گچ و خاک، سیمان‌کاری، کاشی، سنگ مرمریت، گرانیت، سقف کاذب از جنس تخته گچی و ... بود که اکثراً از نوع معدنی و غیر قابل اشتعال بودند. رنگ‌های روغنی نیز به علت ضخامت بسیار اندک و اجرا شدن روی زیر کار معدنی، نمی‌توانند تأثیری بر روی ایمنی در برابر آتش داشته باشند. مصالح نازک‌کاری مورد استفاده عمدتاً از نوع غیر قابل سوختن بود و مشکلی از این نظر نداشتند (این موضوع نباید با مقاومت در برابر آتش اشتباه گرفته شود. قابلیت اشتعال و مقاومت در برابر آتش دو مفهوم مختلف هستند). البته بعضاً از سنگ مصنوعی استفاده شده که خواص آن در برابر آتش نیاز به آزمون و ارزیابی دارد. لازم به ذکر است که عمدتاً سنگ مصنوعی در کف به کار رفته و اهمیت کفپوش از این نظر کمتر از دیوارپوش و پوشش سقف است، اما با این وجود با توجه به نوع تصرف، بهتر است این مصالح نیز کنترل شوند. طبق جدول نازک‌کاری، در قرنیزها از MDF استفاده شده بود که می‌تواند در حریق احتمالی مشتعل شود، اما به توجه به نوع کاربرد و حجم اندک مصالح قرنیز، موضوع چندان از اهمیت برخوردار نیست.

برای اطلاعات در خصوص رفتار برخی مصالح موجود در ایران در برابر آتش به مراجع ۱۴ تا ۱۶ مراجعه شود. در اینجا مقایسه ریسک تعدادی از این مصالح در برابر آتش با استفاده از روش پترلا ارائه شده است. اطلاعات لازم برای طبقه‌بندی در جدول ۳

۲-۴- الزامات واکنش در برابر آتش برای نازک‌کاری‌های ساختمان

در صورتی که قابلیت اشتعال و رهایش گرمای ناشی از سوختن مصالح بالا باشد، می‌تواند باعث گسترش حریق به فضاهای مجاور شود. این موضوع نه تنها کنترل و اطفای حریق را دشوار می‌سازد، بلکه باعث گسترش بیشتر حریق می‌شود. الزامات واکنش در برابر آتش برای مصالح نازک‌کاری برای فضاهای مختلف در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- طبقه قابل قبول واکنش در برابر آتش برای مصالح نازک‌کاری دیوار و سقف در فضاهای مختلف

طبقه واکنش در برابر آتش قابل قبول ^(*)		محل کاربرد نازک‌کاری
سقف‌ها	دیوارها	
C	C	اتاق‌های کوچک با مساحت حداکثر ۴ مترمربع
C	B	سایر اتاق‌ها
B	B	فضاهای ارتباطی (راهروها، پلکان، ...)

*. بدیهی است که برای هر طبقه قابل قبول واکنش در برابر آتش قید شده در جدول، طبقات بهتر از آن نیز قابل قبول است. به عنوان مثال، چنانچه طبقه قابل قبول D ذکر شده باشد، طبقات A تا C نیز مورد قبول است.

سیستم ملی خدمات درمانی بریتانیا، نسبت به مقررات ملی ساختمان، سطح بالاتری از ایمنی حریق مصالح نازک‌کاری را توصیه کرده و تأکید می‌کند که این الزامات نه فقط برای فضاهای درمانی، بلکه برای تمام فضاهای موجود در بیمارستان‌ها رعایت شود. این الزامات در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- توصیه سیستم ملی خدمات درمانی بریتانیا برای محدودیت مشخصات واکنش در برابر آتش مصالح نازک‌کاری دیوار و سقف در فضاهای مختلف بیمارستان‌ها

طبقه واکنش در برابر آتش قابل قبول ^(*)	محل کاربرد نازک‌کاری
D	اتاق‌های کوچک با مساحت حداکثر: الف - ۴ متر مربع برای فضاهای مسکونی ب - ۳۰ متر مربع برای فضاهای غیر مسکونی
C	سایر اتاق‌ها
B	فضاهای ارتباطی ساختمان و مشاعات در آپارتمان‌ها

اما زمان افروزش این نمونه حدود ۵۰ ثانیه بوده است که باعث شده پارامتر X برای آن ۱۲/۵ شده و به تبع باعث کم شدن کل رهایش گرما هم شده است (حدود $1.8/4 \text{ MJ/m}^2$).

اگر برای نمونه‌ای مثل پلی‌کربنات آزمایش شده، زمان افروزش کوتاه و در حد ۱۰ تا ۲۰ ثانیه بود، با یک نمونه فوق‌العاده خطرناک روبرو بودیم و کل رهایش گرمای آن نیز بسیار بیشتر از مقدار به دست آمده می‌شد.

بدترین نتایج مربوط به نمونه‌های MDF، HDF و اپوکسی است. یک اشکال روش پترلا این است که برای دو پارامتر به صورت کیفی و جداگانه رده‌بندی ارائه شده است و لزوماً از کنار هم گذاشتن آنها نمی‌توان به یک نتیجه کمی دقیق دست یافت. به عنوان مثال، نمونه اپوکسی تنها نمونه‌ای است که در هر دو رده پارامتر X و کل رهایش گرما در طبقه خطر زیاد قرار می‌گیرد. اما به سادگی و به این دلیل نمی‌توان نتیجه گرفت که خطر نسبی آن مثلاً بیشتر از MDF-1 است، زیرا اگرچه کل رهایش گرمای مربوط به MDF-1 خیلی کمتر از اپوکسی است، اما پارامتر X آن به مراتب بیشتر است، که می‌تواند خطر گسترش آتش‌سوزی را در یک محدوده زمانی به مراتب بالاتر ببرد

آورده شده است. در بین نمونه‌های آزمون شده، تنها برای یک نوع سنگ مصنوعی با رزین پلی‌استر و مواد کندسوز کننده، میل به گرگرفتگی در محدوده کم به دست آمد که علت آن زمان افروزش زیاد نمونه مورد آزمایش است، به طوری که علیرغم شدت رهایش گرمای زیاد (حدود 213 kW/m^2)، پارامتر X به کمتر از واحد رسیده است. این موضوع اثر بسیار مهم زمان افروزش در خطر گسترش آتش‌سوزی را نشان می‌دهد.

برای هر سه نمونه PVC و نمونه پلی‌کربنات، اگرچه مقدار پارامتر X نسبتاً زیاد است، اما کل رهایش گرمای آن بالا نبود، بنابراین از نظر پارامتر ارزیابی خطر، متوسط به دست آمده و در کل نیز می‌توان آنها را دارای خطر متوسط مایل به پایین ارزیابی کرد. علت اصلی خطر متوسط نمونه‌های PVC ضخامت کم آنها بوده است (کمتر از ۲ میلی‌متر) که باعث شده جرم بسیار اندکی بر واحد سطح وجود داشته و خطر گسترش آتش‌سوزی بر اثر سوختن این نمونه‌ها را به طور نسبی کاهش دهد. در مورد پلی‌کربنات موضوع متفاوت است. حداکثر شدت رهایش گرمای حاصل از سوختن پلی‌کربنات بیش از kW/m^2 از ۶۲۰ بود که عدد فوق‌العاده بالایی است.

جدول ۳- ارزیابی خطر بر اساس روش پترلا

کد نمونه	کل رهایش گرما (MJ/m ²)	پارامتر X (kW/m ² .s)	میل به گرگرفتگی	طبقه پارامتر ارزیابی خطر
MDF-1	۶۹/۸	۴۵/۷	زیاد	متوسط
MDF-2	۷۸/۸	۲۰/۸	زیاد	متوسط
HDF	۸۱/۸	۱۶/۴	زیاد	متوسط
PVC-1	۱۲/۲	۱۲/۹	زیاد	متوسط
PVC-2	۱۷/۹	۱۶/۲	زیاد	متوسط
PVC-F	۱۶/۳	۸/۳	متوسط	متوسط
موکت	۲۶/۲	۳۴/۱	زیاد	متوسط
پلی‌کربنات	۱۸/۴	۱۲/۵	زیاد	متوسط
رزین اپوکسی	۱۹۶/۱	۱۳/۶	زیاد	زیاد
سنگ مصنوعی با پلی‌استر و کندسوز کننده	۵۷/۰	۰/۹	کم	متوسط

۵- نتیجه گیری

انتخاب صحیح مصالح در فضاهای مختلف توسط مهندسين معمار می‌تواند از وقوع و گسترش آتش‌سوزی‌ها جلوگیری

نماید و فرصت لازم برای تخلیه ساختمان و مقابله با حریق را امکان‌پذیر سازد. بخصوص فضاهای بیمارستانی از این نظر بسیار حساس هستند. پارامترهای مختلف مؤثر در این زمینه

- [5] Sundström, B., Göransson, U., 1988, Possible fire classification criteria and their implications for surface materials tested in full scale accordance to ISO DP 9705 or NT Fire 025, Swedish national testing institute, SP.
- [6] Wickström, U., Göransson, U., 1992, Full scale/bench scale correlations of wall and ceiling linings, *Fire and Materials*, Vol. 16, pp. 15-22.
- [7] Wickström, U., Göransson, U., 1987, Prediction of Heat Release Rates of Surface Materials in Large scale fire tests based in cone calorimeter results, *J. Testing and Evaluation*, Vol. 15, pp. 364-370.
- [8] Richardson, L.R., Brooks, M.E., 1991, Combustibility of building materials, *Fire and Materials*, Vol. 15.
- [9] Östman, B.A.L., Nussbaum, R.M., 1989, Correlation between small scale rate of heat release and full scale room flashover for surface linings, *Fire safety science, proceedings of the second international symposium*, Tokyo, pp. 823-832.
- [10] Östman, B.A.L., Tsantaridis, L.T., 1994, Correlation between cone calorimeter data and time to flashover in the room fire test, *Fire and Materials*, Vol. 18, pp. 205-209.
- [11] Petrella, R.V., 1994, The assessment of full scale fire hazards from cone calorimeter data, *Journal of fire sciences*, Vol. 12, pp. 14-43.
- [12] Bakhtiyari, S., Taghiakbari, L., Barikani, M., 2010, The effective parameters for reaction to fire properties of Expanded Polystyrene foams in bench scale, *Iranian Polymer Journal*, Vol. 19, No. 1.
- [۱۳] بختیاری، سعید، تقی‌اکبری، لیلا، باریکانی، مهدی، ۱۳۸۸، رفتار فوم سخت پلی‌یورتان و پانل‌های ساندویچی پلی‌یورتان در برابر آتش و ارزیابی خطر مشارکت آنها در آتش‌سوزی، *مجله علوم و تکنولوژی پلیمر*، سال ۲۲، شماره ۳، ص. ۱۸۳-۱۹۵.
- [۱۴] بختیاری، سعید، جمالی آشتیانی، مسعود، تقی‌اکبری، لیلا، درودیانی، زهرا، عسکری، الهام، ۱۳۹۱، بررسی پارامترهای آتش برای ده مصالح ساختمانی مشخص و تحلیل ریسک حریق به وسیله نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آتش، گزارش تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- [۱۵] بختیاری، سعید، تقی‌اکبری، لیلا، جمالی آشتیانی، مسعود، ۱۳۹۲، بررسی تجربی خطرپذیری حریق و همبستگی پارامترهای ریسک آتش‌سوزی برای تعدادی مصالح ساختمانی پلیمری، *مجله عمران مدرس*، دوره ۱۳، شماره ۵، ص. ۲۹-۴۰.
- [16] Bakhtiyari, Saeed, Taghi-Akbari, Leila, Jamali Ashtiani, Masoud, 2015, Evaluation of thermal fire hazard of 10 polymeric building

شامل اشتعال‌پذیری، قابلیت سوختن، گرمای ناشی از سوختن مصالح و شدت رهایش گرما، دود و گازهای سمی است. روش‌های معتبر طبقه‌بندی خطرپذیری مصالح در برابر آتش بحث و مقایسه شد. روش طبقه‌بندی ملی، آزمون‌های آتش، روش علمی مقیاس کوچک و الزامات آتش برای نازک‌کاری‌های فضاهای مختلف ارائه گردید. الزامات خاص فضاهای بیمارستانی به صورت خاص ارائه شد. نتایج طبقه‌بندی روی برخی مصالح موجود در ایران نشان داد که بسیاری از آنها از نظر حریق خطرناک هستند و می‌توانند باعث گسترش شدید آتش‌سوزی در ساختمان شوند. بنابراین برای انتخاب مصالح باید به نتایج آزمون و طبقه‌بندی آنها توجه شود. مقایسه تطبیقی بیمارستانهای ۶۴ تختخوابی بندرگز و قرچک نشان داد که (بر حسب اطلاعات ارائه شده) دارای خطر خاصی از این نظر نبودند.

تشکر و قدردانی:

لازم است تا از حمایت‌های سازمان مجری ساختمان‌ها و تأسیسات دولتی و عمومی و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی برای انجام این پژوهش تشکر و قدردانی به عمل آید. خصوصاً زحمات و همکاری آقایان مهندس اخباری، مهندس شادمهر و مهندس عزیزی قدردانی می‌شود. همکاری‌های تمام کارکنان بخش مهندسی آتش مرکز مانند همیشه شایسته قدردانی می‌باشد.

۶- منابع

- [1] Approximation of laws, 1998, regulations and administrative provisions of the member states relating to construction products, Council of the European Communities.
- [۲] استولارد، پاول، آبرامز، جان، اصول ایمنی حریق در ساختمان‌ها، ۱۳۸۴، ترجمه عبدالصمد زرین‌قلم و سعید بختیاری، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره ۲۵۴، تهران، چاپ سوم.
- [3] Babrauskas, V., Janssens, M., 2009, Quantitative variables to replace the concept of Non combustibility. *Proc Fire and Materials Interscience Communications Ltd.*, London, pp. 77-90.
- [۴] آیین‌نامه محافظت ساختمان‌ها در برابر آتش، انتشارات مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، نشریه شماره ۶۸۲.

implementing Council Directive as regards the classification of the reaction to fire, performance of construction products.

[19] Sundström, B., Van Hees, P., Thureson, P., 1998, Results and analysis from fire tests of building products in ISO 9705, the room/corner test, The SBI Research Programme.

[۲۰] استاندارد ایران شماره ۸۲۹۹، ۱۳۸۴- واکنش در برابر آتش برای مصالح و فرآورده‌های ساختمانی - روش طبقه بندی.

materials and proposing a classification method based on cone calorimeter results, Fire and Materials, Vol 39, No. 1, pp. 1-13.

[17] Kokkala, M., Göransson, U., Söderbom, J., 1990, EUREFIC large scale fire experiments in a room with combustible linings, Some results from the project 3 of the EUREFIC fire research programme.

[18] Commission Decision of 8 February 2000