بررسی روش های افزایش ایمنی و کاهش خطرات محیط کاری با استفاده از وسایل حفاظت فردی

مستانه ساچمه چی[۱]

[۱] پژوهشگر مستقل، استان بوشهر، sachmechi.mastaneh@gmail.com

کد مقاله: ۸۴۵۴۲

چکیده

یکی از مشکلات اساسی صنایع، مشکلات ایمنی پرسنل شاغل در صنایع است. جهت تأمین ایمنی پرسنل، شناسایی و کنترل خطرات محیط کاری و راه های کنترل آن خطرات از جمله مواردی است که باید به آن توجه شود. در شرایطی که روش های مهندسی و مدیریتی را نتوان به کار بست و یا جایی که نیاز به یک خط دفاعی ثانویه باشد، می توان استفاده از وسایل حفاظت فردی را به عنوان یک راه حل پیشنهاد کرد. استفاده از وسایل حفاظت فردی جهت بالا بردن سطح ایمنی پرسنل به عنوان آخرین راه مقابله با خطرات محیط های کاری محسوب می شود. در انتخاب این وسایل در نظر گرفتن استانداردها، شرایط ارگونومی، انطباق خطر و .... از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از مهم ترین وسایل حفاظت فردی لباس های محافظی هستند که متناسب با مشاغل مختلف طراحی و تهیه می شوند. در این مقاله نوع خاصی از لباس های محافظ طراحی شده با الیاف پلی وینیل الکل معرفی شده که در تأسیسات هسته ای مورد استفاده قرار می گیرد و مقادیر ضریب تضعیف، نیم لایه جذب و یک دهم لایه جذب این نوع الیاف در ضخامت های متفاوت محاسبه شده است.

واژه های کلیدی

لباس های محافظ، ضریب تضعیف، تجهیزات حفاظتی

مقدمه

تجهیزات حفاظت فردی وسایلی هستند که به منظور حفاظت قسمت های مختلف بدن در برابر انواع خطرات احتمالی در محیط کار طراحی، ساخته و عرضه می شوند تا توسط کارکنان مورد استفاده قرار گیرند و از آن ها در برابر خطرات محیط کار محافظت نمایند. استفاده از این تجهیزات به عنوان آخرین عامل کاهندهٔ شدت اثرات حادثه اهمیت خاصی دارد. در واقع در تأسیسات هسته ای یا سایر صنایع، وقتی که کنترل های دیگر نمی توانند دز را تا حد معقول کاهش دهند، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی ابزاری ضروری جهت کاهش دز است.

استفاده از این وسایل ممکن است راه حلی ساده و مناسب با خطرات برای کنترل پرتوگیری کارکنان به نظر رسد؛ ولی در صورت عدم توجه به عوامل متعدد می تواند بسیار نامناسب و خطرناک باشد. موثر بودن وسایل حافظت فردی مستلزم این است که به طور صحیح انتخاب، نگهداری و مورد استفاده قرار گیرند.[1]

۲. انتخاب و استفاده از تجهیزات فردی

برای کاهش خطر تماس با مواد سمی یا رادیو اکتیو، استفاده از وسایل حفاظت فردی ضروری می باشد. از طرف دیگر بایستی توجه داشت که استفاده از وسایل حفاظت فردی معمولاً آخرین روش دفاعی در مقابل شرایط خطرناک محیط های کار محسوب می شود. در اکثر مقررات ایمنی امروزی نظیر مقررات کمیسیون اروپایی و هم چنین اصول مدیریت نوین ایمنی، کنترل های فنی و مهندسی و در مرتبه بعدی کنترل های مدیریتی به عنوان اولین و مناسب ترین روش حفاظتی کارکنان در برابر مواد و شرایط خطرناک توصیه می شوند. ولی اگر راه حل های فنی و اقتصادی قابل قبول نباشد، به کارگیری کنترل های مهندسی و مدیریتی عملی نبا شد یا نتوانند سطح مواجهه کارکنان با عوامل زیان آور را تا حد بی خطر کاهش دهند، وسایل حفاظت فردی جایگزین می شوند.

۲. ۱ در نظر گرفتن راحتی فیزیکی و استانداردها

در پاره ای از اوقات کنترل بخش مهمی از عوامل زیان آور شغلی در منبع تولید یا در مسیر انتقال امکان پذیر نیست. بنابراین، تنها راه حل باقی مانده تجهیز پرسنل به وسایل حفاظت فردی مناسب و استاندارد خواهد بود. از دیدگاه ارگونومی، وسیله حفاظت فردی مناسب وسیله ای است که ضمن کاهش یا حذف خطرات و عوامل زیان آور محیط کار، توانایی و کارآیی فرد را نیز کاهش ندهد. همچنین در هنگام انجام کار، فرد را در وضعیت بدنی مناسبی قرار دهد.

باید در زمان انتخاب این وسایل، استانداردهای مرتبط از این جنبه که آیا با استفاده از وسایل حفاظت فردی، امکان آسیب ناشی از مواجهه خطر، حذف یا به حداقل می رسد، بررسی شوند. اگر با استفاده از این وسایل، مواجهه با خطر بیشتر از حد در نظر گرفته شده باشد، در عمل، آن ها حفاظت کافی را فراهم نخواهند کرد.

۲. ۲ درگیر کردن کارکنان در ارزیابی ها و آموزش آن ها

درگیری کارکنان در انتخاب مدل خاصی از وسیله حفاظت فردی یکی از نکات بسیار مهم است. این همکاری در انتخاب وسیله می تواند با معرفی و عرضه مدل های معتبر از وسیله ی مورد نظر در محیط کار صورت گیرد تا فرصتی برای ارزیابی و آزمایش آن توسط کارکنان پیش آید. در این روش اکثر اطلاعات در مورد میزان تناسب، راحتی و پذیرش وسیله توسط کارکنان، حاصل خواهد شد.

اگر از یک طرف استفاده از وسایل حفاظت فردی برای کارگران ناراحت کننده باشد؛ و از طرف دیگر علل واقعی کار با این وسایل به آن ها تفهیم نگردد، امکان استفاده ناقص و یا غلط از وسایل حفاظت فردی و در نتیجه عدم تأمین حفاظت کافی و لازم وجود خواهد داشت. به همین دلیل آموزش کاربران، بخشی تفکیک ناپذیر و در عین حال حیاتی در استفاده از وسایل حفاظت فردی خواهد بود.

۲. ۳ ارزیابی هزینه ها

هزینه ی وسایل حفاظت فردی یکی از نکات مهم در برنامه های اجرائی می باشد. در تحلیل های اقتصادی علاوه بر قیمت اولیه، باید عمر مفید و هزینه های عملیاتی و جانبی نیز در نظر گرفته شده و در نهایت بر کل زمان استفاده یا عمر مفید وسیله تقسیم شود. در این صورت می توان ارزیابی صحیحی از لحاظ اقتصادی انجام داد. با این رویکرد حتی ممکن است کنترل های مهندسی که باید قبل از اجرای برنامه ی حفاظت فردی اجراء می شدند، کم هزینه تر باشند.

۲. ۴ تطبیق وسیله حفاظت فردی با خطر

چنانچه عوامل زیان آور (فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی، ارگونومیک، روانی، بیولوژیک و ...) در محیط کار در کنار مواردی چون خطرات حریق، انفجار و ... شناسایی نشوند و راه کارهایی جهت مقابله با آن ها لحاظ نگردد، می توانند منشاء حوادث جبران ناپذیری شوند، از این رو تلاش در راستای حذف و کاهش خطرات به یکی از اولویت های سازمان های امروزی تبدیل شده است. ولی علیرغم تلاش های فراوانی که در این راستا صورت گرفته و می گیرد، هیچگاه خطرات به طور کامل حذف نمی شوند و احتمال بروز حوادث همواره وجود دارد. با به کارگیری کنترل های مهندسی، اصلاح روش کار و یا کنترل های اجرائی مواجهه کارکنان با خطرات کاهش می یابد. اگر هیچ یک از این راه کارهای کنترلی قابل اجراء یا کافی نباشد، از وسایل حفاظت فردی استفاده می شود.

برای اینکه وسایل حفاظت فردی بتوانند بالاترین سطح ممکن حفاظت را تأمین کنند باید مناسب خطر باشند تا حفاظت کافی و پایدار را تأمین نمایند. انتخاب این وسایل بایستی توسط فردی آگاه به انواع وسایل حفاظتی و همچنین مطلع به خطرات محیط کار و با توجه به نوع و درجه حفاظت مورد نیاز صورت پذیرد. خطرات باید به طور دقیق شناسایی شوند تا وسیله حفاظت فردی منطبق با آن خطرات تعبیه و تهیه شود. این وسایل علاوه بر تطابق با خطر، باید یک حفاظت پایدار و در عین حال راحت با کمترین زحمت و دردسر ایجاد نمایند. علاوه بر این، وسیله حفاظت فردی باید دارای طرح و ساختار ایمن باشد.

به عنوان مثال، پرسنلی که در بخش استفاده از مواد راکتیو و یا اشعه‌ها فعالیت می‌کنند، باید از تجهیزات و لباس های حفاظتی استفاده کنند که براساس مقررات ایمنی در مقابل اشعه تهیه شدند. [2-4]

جنبه ی مهم اغلب برنامه های حفاظت در برابر پرتو در تأسیسات هسته ای، حفاظت کارکنان از آلودگی رادیواکتیو در حین حمل و نقل مواد رادیواکتیو یا کار کردن در محیط های آلوده به مواد رادیواکتیو است. در این خصوص، لباس های محافظی برای حفاظت کارکنان از آلودگی طراحی می شوند.

فیزیکدانان بهداشت برای طراحی و تهیه ی لباس های محافظ ملاحظاتی را در نظر می گیرند که عبارتند از:

- انتخاب نوع و سبک لباس متناسب با خطر
- بررسی ملاحظات ایمنی، مانند استرس حرارتی، در رابطه با استفاده از لباس های محافظ و عوامل محیطی
- مدیریت تدارکات مربوط به شست و شو، حمل و نقل، ذخیره سازی، انبار و صدور لباس های محافظ
- به حداقل رساندن زباله های رادیواکتیو
- ایجاد ضوابط معقول و منطقی برای مانیتورینگ و استفاده مجدد از محصولات قابل شست و شو
- تعیین چگونگی استفاده از محصولات یک بار مصرف در مقابل محصولات چند بار مصرف [5]

جنس این نوع البسه بسته به نوع مصارف آن ها، متفاوت می‌باشند. پشم و نوع خاصی از پنبه که عملیات تکمیل ضد آتش بر آن صورت گرفته، دو نوع از الیاف طبیعی می باشند که در مقابل آتش مقاوم بوده و علاوه بر آن فرد مصرف کننده، احساس راحتی نیز می‌کند، زیرا آن ها به راحتی خود را با دمای محیط کار سازگار می‌سازند.[6] برخی از این نوع الیاف عبارتند از:

۲. ۴. ۱ نانو ذرات فلزی

با استفاده از فناوری نانو می‌توان لباس‌های محافظ در برابر اشعه ی رادیواکتیو تولید کرد و مانع از خسارات مواد رادیواکتیو به بدن شد. این ماده سبک، غیر سمی و بدون سرب است. این ماده که بین دو لایه پارچه تعبیه می‌شود را می‌توان در هر لباسی با هر الگویی از جمله

لباس‌های سرتاسری که از شخص در برابر پرتوهای یونیزان محافظت می‌کنند، به کار برد. لایه‌های محافظ برای پوشاندن بمب‌های آلوده یا ابزارهایی که تشعشات مضر از خود ساطع می‌کنند به کار می‌رود.

استفاده از نانو ذرات فلزی از جمله پرکاربردترین روش های اصلاح سطح و تکمیل منسوجات به منظور ایجاد خواصی چون ضد باکتری، ضد اشعه، ضد آتش، رنگ پذیری بیشتر و ... به شمار می روند. اضافه کردن نقره یک راه حل عمده برای ایجاد خاصیت ضد باکتریایی است (نقره خاصیت ضد باکتری طبیعی و بی‌ضرری دارد) ولی الیاف روکش دهی شده با نقره گران بوده و استفاده از آن‌ها مشکل است. با این وجود نانو ذرات نقره بر این مشکلات فائق آمده‌اند. نانو ذرات نقره خاصیت ضد باکتریایی پایداری ایجاد می‌کنند بدون آن که بر انعطاف‌پذیری، تنفس‌پذیری، یا قابلیت رنگ‌پذیری الیاف یا پارچه‌ها تأثیری بگذارند. [7,8]

از نانو ذرات نقره، به عنوان عامل ضدمیکروبی قوی استفاده می شود. خواص ضد میکروبی نقره به مقدار مصرف و رهایش نقره وابسته است. نقره در حالت فلزی ساکن است، اما با رطوبت موجود در محیط یا پوست بدن واکنش داده و یون می شود.

سازوکار دقیق فعالیت نقره در برابر باکتری ها هنوز شناخته نشده است. ولی با بررسی سازوکارهای ممکن، فعالیت ضدباکتری یون نقره و نانو ذرات نقره به نظر می رسد، به شکل شناسی و تغییرات ساختاری در سلول باکتری مربوط است. یون های نقره با گروه تیول در پروتئین واکنش داده و سبب می شوند تا فعالیت آنزیم ها مختل شود.[9]

۲. ۴. ۲ الیاف پلی وینیل الکل

تکنولوژی جدید به واسطه ی محصولات یک بار مصرف پلی وینیل الکل به تأسیسات هسته ای فرصت بهبود عملکرد با کاهش خطرات ایمنی رادیولوژی و صنعتی، بهبود تدارکات و استفاده از منابع با ارزش وابسته و به حداقل رساندن تولید زباله های رادیواکتیو را می دهد. محصولات یک بار مصرف پلی وینیل الکل از سایر محصولات یک بار مصرف در دسترس بسیار متفاوتند.

اندازه گیری ها نشان می دهد که پارچه ی پلی وینیل الکل از پارچه های پنبه ای یا پلی پنبه (پارچه ی لباس های مرسوم) بسیار سبک تر است. وزن این پارچه ی ۷۰٪ کمتر از پارچه های پنبه ای مورد استفاده برای ساخت لباس های محافظ است. یک دست لباس تولید شده از پنبه ۳ - ۲/۴ پوند وزن دارد. در حالی که همان لباس با محصولات یک بار مصرف پلی وینیل الکل وزنی کمتر از ۱ پوند دارند.

طبق آزمایشی که جهت مقایسه ی قابلیت تنفس پارچه های پنبه ای و پلی کتان و پلی وینیل الکل انجام شد، نشان داده شد که پارچه ی پلی وینیل الکل از نظر "تنفس پذیری" تقریباً ۲۰٪ بهتر از پارچه ی پنبه ای و یا پلی پنبه ای است.[5]

جدول (۱) مقادیر $\ln N/N_0$ برای ضخامت غلظت های مختلف پلی وینیل الکل در انرژی ۰,۳۹ Mev را نشان داده است.

جدول۱: $\ln N/N_0$ برای ضخامت غلظت های مختلف پلی وینیل الکل در ۰,۳۹Mev

ضخامت (cm)	غلظت				
	٪۱	٪۲	٪۳	٪۴	٪۵
۱	۰,۱۰۹۷	۰,۱۱۲۰	۰,۱۱۳۹	۰,۱۱۴۷	۰,۱۲۹۹
۲	۰,۱۹۳۲	۰,۲۰۵۱	۰,۱۹۹۷	۰,۲۱۵۱	۰,۲۳۸۶
۳	۰,۲۴۰۳	۰,۲۵۷۰	۰,۲۹۳۶	۰,۳۴۸۴	۰,۳۸۵۸
۴	۰,۴۱۴۶	۰,۴۳۰۶	۰,۴۳۹۱	۰,۴۴۸۰	۰,۴۸۳۲

جذب پرتو در این الیاف با معادله ی زیر توصیف می شود:

$$N=N_0e^{-\mu t} \quad (1)$$

در این معادله N_0 تعداد ذرات پرتو شمارش شده در طول یک دوره ی زمانی معین بدون هیچ جاذبی است. N تعداد ذرات شمارش شده در طول همان دوره ی زمانی پس از عبور از ضخامت t در جاذب است. ضریب تضعیف با نماد μ نشان داده می شود. t ضخامت جذب و ρ چگالی جرم جاذب است. معادله ممکن است به صورت خطی به شکل زیر نوشته شود:

$$\ln= -\mu x+\ln N_0 \quad (2)$$

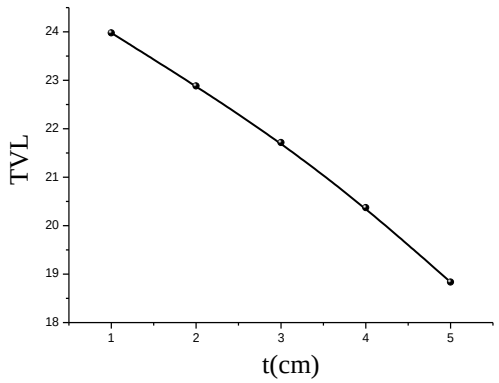
با استفاده از این معادله و مقادیر جدول (۱) می توان مقادیر نیم لایه جذب (HVL)، یک دهم لایه جذب (TVL) و ضریب جذب جرمی ($\mu(cm^2/g)$) پلی وینیل الکل را در انرژی ۰,۳۹ Mev به دست آورد که در جدول ۲ نشان داده است.

جدول۲: مقادیر نیم لایه جذب، یک دهم لایه جذب و ضریب جذب جرمی پلی وینیل الکل در ۰,۳۹ Mev [10]

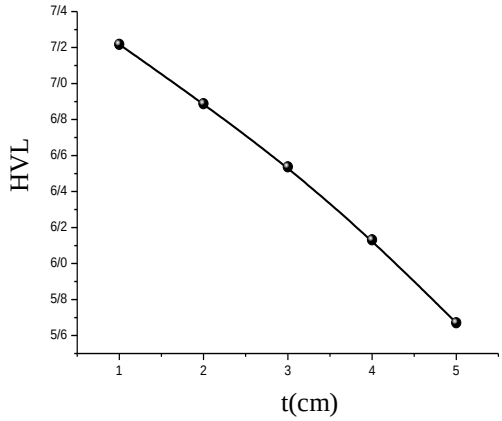
غلظت PVA	TVL	HVL	$\mu(cm^{-1})$	ρ(g/cc)	$\mu(cm^2/g)$
٪۱	۲۳,۹۸	۷,۲۲	۰,۰۹۶	۱,۰۰۴	۰,۰۹۶
٪۲	۲۲,۸۸	۶,۸۹	۰,۱۰۱	۱,۰۰۶	۰,۱۰۰
٪۳	۲۱,۷۲	۶,۵۴	۰,۱۱۰	۱,۰۰۷	۰,۱۰۵
٪۴	۲۰,۳۷	۶,۱۳	۰,۱۱۳	۱,۰۱۰	۰,۱۱۲
٪۵	۱۸,۸۴	۵,۶۷	۰,۱۲۲	۱,۰۱۶	۰,۱۲۱

نتایج

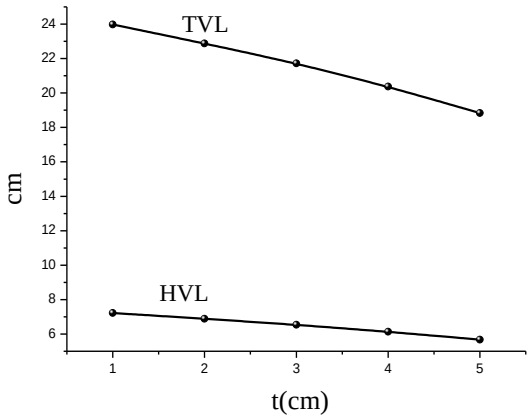
نتایج جدول ۲ به شکل نمودار رسم شده است. این نمودارها تغییرات مقادیر نیم لایه جذب و یک دهم لایه جذب را با افزایش ضخامت پلی وینیل الکل در انرژی ثابت ۰,۳۹ Mev نشان می دهند. اصطلاح نیم لایه جذب و یک دهم لایه جذب جهت تعیین ضخامت ماده ی محافظ در برابر پرتو مورد استفاده قرار می گیرد و ضخامتی از ماده ی جاذب را در نظر می گیرد که شدت پرتو را به نصف میزان اولیه یا یک دهم آن کاهش می دهد. طبق نتایج جدول با افزایش ضخامت الیاف محافظ مقادیر نیم لایه جذب و یک دهم لایه جذب کاهش می یابد. به این معناست که در طراحی لباس های محافظ مقدار انرژی دریافتی و ضخامت الیاف مورد استفاده نیز باید در نظر گرفته شوند.



شکل۱: نمودار یک دهم لایه جذب با انرژی ۰.۳۹ Mev
و ضخامت ۱ تا ۵cm پلی وینیل الکل

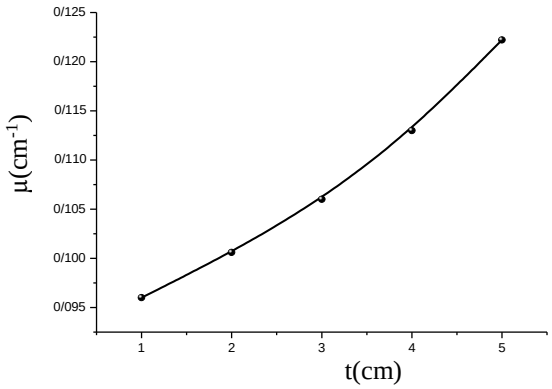


شکل ۲: نمودار نیم لایه جذب با انرژی ۰.۳۹ Mev
و ضخامت ۱ تا ۵cm پلی وینیل الکل

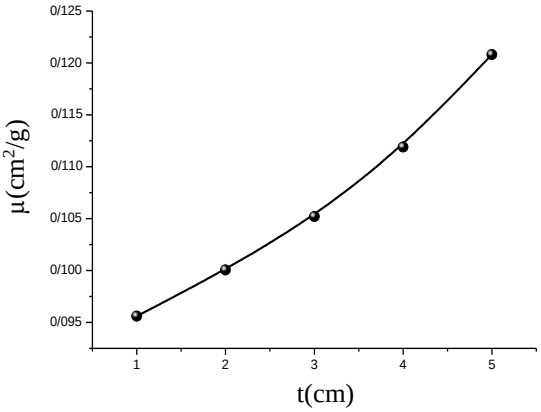


شکل ۳: نمودار یک دهم لایه جذب و نیم لایه جذب با انرژی
۰.۳۹ Mev و ضخامت ۱ تا ۵cm پلی وینیل الکل

در ادامه ی این بحث تغییرات مقادیر ضـــرایب تضـــعیف خطی و جرمی پرتو دریافتی به شکل نمودار رسم شده است. ضرایب تضعیف معیاری از کمیت پرتو تضعیف شده توسط ضخامتی معین از ماده ی جاذب هستند که در این مقاله فقط دو ضریب مهم خطی و جرمی در نظر گرفته شـــدند. ضـــریب تضـــعیف خطی یک اندازه گیری کمی از تضـــعیف پرتو در هر ســـانتی متر از ماده ی جاذب اســـت در حالی که ضریب تضعیف جرمی با تقسیم ضریب تضعیف خطی بر چگالی ماده ی جاذب به دست می آید. میزان تضعیف مورد انتظار در ضخامت ۱ تا ۵cm از الیاف پلی وینیل الکل در انرژی ثابت ۰,۳۹ Mev در این نمودارها نشان داده شده است. طبق این نمودارها با افزایش ضخامت الیاف پلی وینیل الکل مقادیر ضـــریب تضـــعیف خطی و جرمی افزایش می یابد.



شکل ۴: نمودار ضریب تضعیف خطی با انرژی ۰.۳۹ Mev
و ضخامت ۱ تا ۵cm پلی وینیل الکل



شکل ۵: نمودار ضریب تضعیف جرمی در انرژی Mev ۰.۳۹ و ضخامت ۱ تا ۵cm پلی وینیل الکل

نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با توجه به نوع کار و عوامل تهدید کننده ی سلامتی در محیط کاری، جنس و نوع وسایل حفاظت فردی در مشاغل مختلف با یکدیگر متفاوت است. با شناسایی و به کارگیری لباس های محافظ یا سایر وسایل حفاظت فردی متناسب با شغل مورد نظر خطرات محیط کار کنترل می شوند و سطح بهره وری افزایش می یابد. ولی باید به این نکته توجه کنیم که نباید از این وسایل به عنوان یک روش پیشگیری در خطرات استفاده کنیم، بلکه باید به عنوان مکمل اقدامات اساسی ایمنی در محیط کار و به عنوان ابزار کاری تلقی شوند که بدون آن ها پرداختن به کار مورد نظر غیر ممکن است. در واقع با استفاده از این وسایل راهی برای کاهش عواقب ناشی از حوادث می یابیم تا بدین صورت کارکنان بتوانند در محیطی بهداشتی و ایمن به فعالیت خود ادامه دهند.

مراجع و منابع

[1] غفوری، ناصر، تجهیزات حفاظت فردی، سازمان آتش نشانی و خدمات ایمنی شهرداری تهران، ۱۳۸۵.

[۲] ایرج، محمد فام، تجهیزات حفاظت فردی، انتشارات فن آوران، ۱۳۸۲.

[3] سربازشندی، محسن، بهداشت و ایمنی کار، آذر ۱۳۹۲.

[4] تاجدانی، امین و مشاک، عبدالکریم، فرهنگ ایمنی در نیروگاه های حرارتی، نیروگاه رامین، انتشارات وزارت نیرو، ۱۳۸۵.

[5] Doug, Kay.; *Changing the Protective Clothing Paradigm*, OREX Technologies International, John Poston, Texas A&M University, and Mike Lantz, Palo Verde *Nuclear Generating Station*, *Radiation Protection Management*, Volume 20, Number 1.

[6] "برنامه ی تجهیزات حفاظت فردی"، ترجمه ی لیلا حسنی، وزارت کار و امور اجتماعی، معاونت تنظیم کار، اداره ی کل بازرسی کار.

[7] "Making protective clothing against radioactive radiation",1388,at http://www.farsnews.com.

[8] Cao, Guozhong, "Synthesis, Properties and Applications", London, Imperial college press, (2004).

[9] Rai, M.; Yadav, A.; and Gade, A. *Silver Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials*, Biotechnol. Adv., 27, 76-83, 2009.

[10] L.M, Chaudhari.; R, Nathuram.; *Absorption Coefficient of Polymers (Polyvinyl Alcohol) by Using Gamma Energy of 0.39 MeV*, Nuclear Research Laboratory, Dept. of Physics, Nowrosjee Wadia College, Pune – 411 001 Maharashtra State, India, Bulg. J. Phys. 37 (2010) 232–240, Received 2010.