

مقایسه دقت اندازه گیری مدل های مختلف پرتو سنج های گاما و عملکرد انواع دزیمترهای قلمی مورد استفاده در مراکز کار با پرتو ایران

عبدالکاسم انصاری نژاد^{۱*} و مهدی حسینی پویا^۲

۱- تهران - معاونت نظام ایمنی هسته ای کشور - امور حفاظت در برابر اشعه - آزمایشگاه کالیبراسیون

۲- پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای - پژوهشکده تحقیقات و توسعه راکتورها و شتابدهنده ها

۳- پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای - پژوهشکده مواد

چکیده:

میزان دقت در اندازه گیری مدل های مختلف پرتوسنج های فعال محیطی (تنظیم پذیر و تنظیم ناپذیر) و دزیمتر های فعال فردی و همچنین آمار صحت عملکرد انواع دزیمتر های قلمی مورد استفاده در مراکز کار با پرتو ایران در طی سه سال ارائه خدمات کالیبراسیون مورد مقایسه قرار گرفته است. بررسیهای انجام شده برای مدل هایی که حداقل ده نمونه از آن در اختیار بوده است صورت گرفته است. در این مقایسه از میزان انحراف معیار در دقت اندازه گیری برای پرتوسنج های فعال و همچنین درصدی از دزیمتر های قلمی که از نظر میزان نشتی، عیوب فنی و ضریب تصحیح از استانداردهای مرتبط پیروی نموده اند استفاده گردیده است.

واژه های کلیدی: کالیبراسیون - پرتو گاما - پرتوسنج محیطی - دزیمتر فردی - دزیمتر قلمی

مقدمه:

بررسی های مقایسه ای در خصوص مدل های مختلف پرتوسنج های گاما همواره از موضوعات مورد علاقه محققین بوده است [1]. این مقایسه ها معمولا بر اساس پارامترهایی چون دقت و گستره اندازه گیری، پاسخ در زوایا و انرژی های گوناگون، شرایط فیزیکی نظیر ابعاد، وزن و غیره می باشد که تحت عنوان تست های کنترل کیفی در مراجع به آن اشاره گردیده و به کاربران در انتخاب پرتوسنج مناسب کمک می نماید [2][3][4]. اگرچه معمولا در گواهینامه های کالیبراسیون به برخی از پارامترهای کنترل کیفی اشاره می گردد، اما از میان این پارامترها دقت اندازه گیری از جنبه مقایسه ای برای کاربران از اهمیت ویژه برخوردار است.

* مؤلف عهده دار مکاتبات آدرس: معاونت نظام ایمنی هسته ای کشور - امور حفاظت در برابر اشعه - انتهای خیابان کارگر شمالی - تهران - ایران - صندوق پستی ۴۴۹۴ - ۱۴۱۵۵ دورنگار: ۰۲۱-۸۸۰۰۹۵۰۲ پست الکترونی: ansaricasem@yahoo.com

مدل های مختلفی از انواع پرتوسنج های محیطی و فردی در مراکز کار با پرتو ایران اعم از صنعتی ، پزشکی و تحقیقاتی مورد استفاده کاربران قرار میگیرند. به دلیل الزامات قانونی و توصیه های مندرج در استاندارد ها [5] کالیبراسیون سالانه این دزیتر ها ضروری می باشد و این امر در آزمایشگاه استاندارد ثانویه دزیتری کرج و یا آزمایشگاه کالیبراسیون امور حفاظت در برابر اشعه کشور صورت می گیرد . با توجه به ارجاع درصد بالایی از این دزیتر ها به آزمایشگاه اخیر امکان ارائه اطلاعات آماری مقایسه ای فراهم شده است. در این تحقیق مقایسه در دقت اندازه گیری برای بیست و سه مدل مختلف از رادیومتر های محیطی ، شش مدل مختلف از دزیتر های فردی دیجیتال و درصد صحت عملکرد برای هشت مدل از دزیتر های قلمی ارائه گردیده است.

روش کار

برای پرتودهی پرتوسنج ها از چشمه سزیم-۱۳۷ در دمای ۲۷ درجه سانتی گراد و فشار ۶۴۰ میلیمتر جیوه استفاده شده است. کمیت های پرتوی مرجع (آهنگ دز و یا گرمای هوا) در نقاط مختلف میدان کالیبراسیون ، بوسیله اتاقک یونش هوای آزاد مدل PTW به حجم یک لیتر و کالیبره شده توسط آزمایشگاه استاندارد پرتوی ثانویه ایران تعیین گردیده است. عوامل مؤثر در دقت اندازه گیری هر پرتوسنج شامل نوسان در قرائت دستگاه، خطای ذاتی در نمایش قرائت، خطای تنظیم فاصله از منبع پرتوزا و خطای کالیبراسیون می باشد. برای رادیو متر های محیطی عقربه ای (آنالوگ) دقت اندازه گیری کل، σ_N ، با رابطه ذیل تعیین گردیده است:

$$\sigma_N = \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Delta_{read}}{2.R} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{M} \right)^2 + \left(\frac{2}{700} \right)^2 + \sigma_{ref}^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

بطوریکه:

Δ_{read} : بیشینه نوسان عقربه در میدان پرتو با توجه به کمیت مورد سنجش

R: کمیت پرتوی مرجع

S: حداقل مقیاس مدرج پرتوسنج

M: حداکثر مقیاس مدرج پرتوسنج

σ_{ref}^2 : دقت اندازه گیری دستگاه مرجع در تعیین میدان مرجع می باشد.

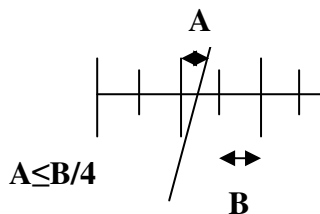
با توجه به اینکه نوسانات عقربه از توزیع آماری نرمال پیروی می نماید ضرایب $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{2}$ با توجه به سطح اطمینان ۹۹٪ (Confidence Level) در اندازه گیری صحیح اعمال گردیده است [5]. عبارت $\frac{2}{700}$ نشادهنده حداکثر ۲ میلیمتر خطای فاصله در ۷۰۰ میلیمتر فاصله از چشمه می باشد. میزان σ_{ref} در این آزمایشگاه ۲/۵٪ می باشد برای رادیومتر های محیطی و دزیمترهای فردی دیجیتالی دقت اندازه گیری کل، σ_N ، با رابطه ذیل تعیین گردیده است:

$$\sigma_N = \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Delta_{read}}{2.R} \right)^2 + \left(\frac{2}{700} \right)^2 + \sigma_{ref}^2 \right]^{0.5} \quad (2)$$

بطوریکه Δ_{read} بیشینه نوسان اعداد قرائت شده در میدان پرتو با توجه به کمیت مورد سنجش می باشد. چنانچه در رابطه (۲) دقت گردد عبارت دوم رابطه (۱) از آن حذف گردیده است و این به دلیل عدم وجود درجه بندی مانند دستگاههای عقربه ای می باشد. در عوض بجای آن می توان از نسبت اولین رقم اعشاری به حداکثر رقم قابل اندازه گیری توسط دستگاه استفاده نمود که به دلیل کوچک بودن مقدار این عبارت نسبت به سایر عبارات در غالب پرتوسنج ها از آن صرف نظر گردیده است.

برای دزیمتر های قلمی با توجه به استاندارد ملی آمریکا [6] موارد ذیل مد نظر قرار گرفته است:

- (۱) میزان نشتی بعد از گذشت ۴ ساعت از صفر نمودن دزیمتر نبایستی از ۵ درصد حداکثر دز قابل اندازه گیری بیشتر باشد.
- (۲) میزان نشتی بعد از گذشت ۴۸ ساعت از پرتو دهی و سپس صفر نمودن دزیمتر نبایستی از ۱۰ درصد حداکثر دز قابل اندازه گیری بیشتر باشد.
- (۳) ضریب کالیبراسیون (نسبت دز مرجع به دز اندازه گیری شده توسط دزیمتر) بایستی بین ۰/۸ تا ۱/۲ قرار گیرد.
- (۴) میزان انحراف عقربه از راستای عمودی بایستی شرط ذکر شده در شکل ۱ را برآورده نماید.



شکل ۱: نمایش انحراف عقربه در دزیمتر قلمی و شرط صحت اندازه گیری [6]

نتایج:

جدول ۱ نتایج بکارگیری رابطه (۱) برای ۷ نوع از رادیومترهای تنظیم پذیر عقربه ای و رابطه (۲) برای ۱۵

جدول شماره ۱:

انواع و تعداد دزیومتر های محیطی، مقایسه آنها از نظر متوسط دقت اندازه گیری و انحراف معیار

انحراف معیار	متوسط دقت اندازه گیری	تنظیم نا پذیر	تنظیم پذیر	تعداد نمونه	مدل دستگاه
2.43	5.9	*		31	ALNOR
1.49	4.06		*	22	Anders
1.34	3.45	*		20	automess
0.28	2.85	*		15	BPT-S11
0.45	2.75	*		17	DKG-02Y
2.42	4.65	*		15	Digirad
1.08	3.89	*		20	DRM2000
0.96	3.81	*		13	FAG
1.94	3.84	*		15	FJ-1
1.16	3.17	*		47	Graetz
2.02	4.12		*	22	Minirad
0.97	3.12		*	126	NDS
0.91	3.13		*	29	NDF
1.26	3.96	*		18	RAD-DIGI
1.48	3.16	*		26	RADIX3000
1.26	3.51	*		29	RADOS
1.14	3.27		*	28	SmartIon
1.71	3.17		*	41	Victoreen
0.65	3.16		*	55	Victoriya
0.49	3.01	*		25	Radalert
0.49	3.68	*		20	Radiagem
1.66	3.70	*		29	Stephen
1.63	4.49		*	31	GG100m

مورد دیجیتالی را نشان می دهد. مدل های ذکر شده در این جدول بر اساس ارجاع حداقل ده نمونه برای کالیبراسیون بوده است و رادیومترهای معیوب از نظر ضریب کالیبراسیون یا سایر موارد در این نمونه گیری دخالت داده نشده اند. منظور از انحراف معیار میزان انحراف معیار در دقت اندازه گیری در مورد تعدادی مشخص از رادیومتر های هم مدل می باشد که نشانگر تکرارپذیری در تولید مدل مربوطه از نظر دقت اندازه گیری می باشد. با توجه به جدول ارائه شده برای رادیومتر های محیطی، انواع معرفی شده دارای خطای اندازه گیری کمتر از ۵٪ با انحراف معیار کمتر از ۲/۵٪ می باشند.

لازم به ذکر است که منظور از تنظیم پذیر بودن رادیومتر امکان وجود پتانسیومتر بر روی قسمت الکترونیکی دستگاه می باشد که قابلیت تنظیم ضریب کالیبراسیون ۱ را برای کالیبره کننده فراهم می آورد. همچنین از ذکر مدلهایی که بطور ذاتی دارای دقت اندازه گیری پایینی می باشند خودداری گردیده است.

جدول شماره ۲:

انواع و تعداد دزیمر های فردی دیجیتالی، مقایسه آنها از نظر متوسط دقت اندازه گیری و انحراف معیار

مدل دستگاه	تعداد نمونه	متوسط دقت اندازه گیری	انحراف معیار
Bleper Sv	134	3.64	1.79
BPT-D11	23	3.63	1.25
DoseDigi	77	2.56	0.09
Dosicard	46	3.04	1.22
FJ2000	36	4.65	2.31
PRM2000	139	4.6	2.33

جدول ۲ نتایج بکارگیری رابطه ۲ را برای مدل های فراگیر دزیمر های فردی دیجیتال نشان می دهد. در این جدول نیز منظور از انحراف معیار، میزان انحراف معیار در دقت اندازه گیری بر روی تعداد مشابه از دزیمرهای های هم مدل می باشد که نشان از تکرارپذیری در تولید مدل مربوطه از نظر دقت اندازه گیری می باشد.

جدول ۳ نتایج بررسی بر روی ۸ مدل مختلف از دزیمر های قلمی از نظر عیوب مربوط به نشستی، ضریب کالیبراسیون و سایر عیوب فنی نظیر کجی بیش از حد استاندارد عقربه را نشان می دهد. نتایج جدول ۳ نشان

جدول شماره ۳:

انواع دزیمر های قلمی، معایب معمول و آمار آنها

مدل	تعداد معیوب			نسبت تعداد معیوب به تعداد کل
	بعلت فنی	بعلت ضریب کالیبراسیون	بعلت نشستی	
Arrow-Tech	9	6	5	20/669
Automess	2	3	5	10/52
Bendix	2	1	6	9/31
dosimeter	10	5	4	19/156
FJ	12	7	18	37/58
Saphymo	-	-	1	1/37
Stephen	32	22	61	115/680
Synex	4	2	3	9/57

می دهد که دزیمر های قلمی در مقیاس وسیع تر از دزیمر های فردی دیجیتال مورد استفاده کاربران می باشد و همچنین درصد قابل توجهی از انواع مدل های قلمی دارای عیوب فنی و یا نشستی غیر استاندارد می باشند.

در این جدول همچنین مشاهده می‌گردد که مدل‌های FJ و Bendix با درصد بیشتری امکان معیوب شدن دارند و سایر مدل‌ها بویژه Arrow-Tech و Saphymo دارای شرایط بهتری می‌باشند.

بحث و نتیجه گیری:

بررسی‌های مقایسه‌ای در دقت اندازه‌گیری پرتوسنج‌های محیطی، فردی و آمار صحت عملکرد دزیمترهای قلمی به عنوان یکی از پارامترهای مهم کنترل کیفی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه این بررسی‌ها برای بیش از ده مورد از هر مدل صورت گرفته است معیار مناسبی برای سنجش مقایسه‌ای در دقت اندازه‌گیری و صحت عملکرد مدل پرتوسنج مورد نظر می‌باشد. با توجه به جدول ارائه شده برای رادیومترهای محیطی، انواع معرفی شده دارای خطای اندازه‌گیری کمتر از ۵٪ با انحراف معیار کمتر از ۲/۵٪ می‌باشند. همچنین آمار نشان می‌دهد که دزیمترهای قلمی با گستردگی زیادی مورد استفاده کاربران می‌باشد در حالیکه وجود عامل نشتی در غالب انواع دزیمترهای قلمی و سایر عیوب فنی با درصد قابل توجهی در تمامی انواع مدل‌های آن وجود دارد. بنابراین با توجه به خطای اندازه‌گیری کمتر از ۵٪ و انحراف معیار کمتر از ۲/۵٪ برای دزیمترهای فردی دیجیتالی معرفی شده، توصیه می‌گردد که استفاده از این نوع دزیمترها بجای دزیمتر قلمی به عنوان دزیمتر فردی مورد توجه قرار گیرد.

مراجع:

- [1].Bolognese-Milsztajn T., Ginjaume M., Luzik-Bhadra M., Vanhavere F., Wahl W., and Weeks A., 2004. Active personal dosimeters for individual monitoring and other new developments. Rad.Prot.Dosim. 112 (1), 141-168
- [2].Böhm, J., Alberts, K.L., Swinth, K.L., Soares, G.C., McDonald, J.C., Thompson, I.M.G., and Kramer, H.M., 1999. ISO recommended reference radiations for the calibration and proficiency testing of dosimeters and dose rate meters used in radiation protection. Rad .Prot.Dosim. 86(2), 87-105.
- [3].International Organization for Standardization. Dosimetry for radiation protection over the energy ranges 8 keV to 1.3 MeV and 4 MeV to 9 MeV. ISO 4037 (1997), Part-2.
- [4].International Organization for Standardization. Calibration of area and personal doseimeters and measurement of their response as a function of energy and angle of incidence. ISO 4037 (1999), Part-3.
- [5].International Atomic Energy Agency, IAEA. Calibration of radiation protection monitoring instruments, Safety Reports Series (2000), No.16.
- [6].American National Standard, Inspection and test specifications for direct and indirect reading quartz fiber pocket dosimeters. ANSI N322 (1997).