

## طراحی و ساخت دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار

سیاوش آزاد، دکتر فریده گلبابایی

دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی و درمانی تهران

### چکیده

کاربرد روزافزون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار و لزوم سنجش عوامل مؤثر در کارایی این لوازم و نیز عدم وجود دستورالعملها و تجهیزات مناسب جهت بررسی این عوامل در کشور موجب شد تا در این پژوهش نسبت به طراحی و ساخت دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار با هدف امکان سنجش فاکتور حفاظت (*Protection Factor*) یا راندمان فیلتراسیون و فاکتور عدم نشتی (*Fit Factor*) در این دسته از ماسکها اقدام نماییم.

به دلیل لزوم رعایت استانداردهای بین المللی در تولید ماسکهای حفاظت تنفسی، طراحی و ساخت تونل آزمون و پروبهای نمونه برداری مربوطه با توجه به استانداردهای *BS EN 149*، *BS EN 143*، *OSHA CFR Part 1910.134*، *NIOSH CFR Part 84*، *AS/NZS 1716*، *AS/NZS 1715* و *ASHRAE 52-66* صورت گرفت. همچنین در این پژوهش از دستگاه پایشگر گردوغبار *I.106 GRIMM* و نرم افزار مربوطه و دستگاه توزیع کننده گرد و غبار مدل *GRIMM 7.830*، یک دستگاه کامپیوتر با سیستم عامل *Win 98*، پمپ مکشی، پمپ خلأ، گازمتر تر و خشک، مانومتر و ... و نیز از موادی همچون خاک آزمون استاندارد آریزونا استفاده شد.

پس از اتمام مراحل طراحی دستگاه، طرح نهایی تحت نظارت پژوهشگران و توسط یکی از شرکتهای داخلی ساخته شد و در مرحله نهایی اقدام به انجام تستهای نشت یابی بر روی تونل دستگاه و کالیبراسیون تجهیزات متعلقه گردید. به منظور سنجش کارایی این دستگاه، جدول راندمان فیلتراسیون ۱۰ نمونه فیلتر استاندارد هپا با نتایج بدست آمده از سنجش راندمان فیلتراسیون این نمونهها در دستگاه آزمون مورد مقایسه قرار گرفت که اختلاف معنی داری میان نتایج حاصله مشاهده نشد.

**کلمات کلیدی:** ماسکهای حفاظت تنفسی، تونل آزمون، فیلتراسیون، گرد و غبار

### مقدمه

لزوم کنترل عوامل زیان آور محیط کار از جمله مسایلی است که سبب تحقیقات بی شمار محققین و آرایه راهکارهای مختلف در این زمینه شده است. این راهکارها را می توان در سه قالب روشهای کنترل مدیریتی، کنترل فنی و استفاده از لوازم حفاظت فردی دسته بندی کرد. دلایل مختلفی همچون ضعف ساختارهای مدیریتی و عدم دانش کافی مدیران نسبت به مسئله بهداشت حرفه ای و ایمنی و اهمیت آن در بهره‌وری، بهره‌گیری از فن آوری قدیمی، عدم وجود قوانین مناسب، مسایل اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی گریبانگیر این جوامع و ... موجب شده است که در کشورهای در حال توسعه و از جمله در کشور ما، به روشهای کنترل مدیریتی و فنی اهمیت لازم داده نشود و استفاده از لوازم حفاظت فردی به دلیل هزینه های نسبتاً کم آن در کوتاه مدت و نیز رعایت قوانین موجود، بعنوان تنها روش ایمن سازی محیط کار مورد توجه قرار گیرد. رویکرد فوق به همراه تولید بدون ضابطه و بدون رعایت استانداردهای موجود در زمینه لوازم حفاظت فردی در این کشورها موجب شده است که لوازم حفاظت فردی فوق که فاقد کیفیت لازم در تأمین حفاظت کارگران می باشند، در دسترس کارگران در معرض عوامل زیان

آور محیط کار قرار گیرد که این امر علاوه بر عدم تأثیر مناسب در جهت کنترل این عوامل، حتی در مواردی- مانند استفاده از الیاف نامناسب حساسیت را در ساخت ماسکهای حفاظت در برابر گرد و غبار- باعث ایجاد آسیبهای بیشتر در کارگران می شود.

مجموعه این دلایل ما را بر آن داشت تا نسبت به طراحی و ساخت دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار، به عنوان یکی از پر مصرفترین لوازم حفاظت فردی در صناعی همچون معادن و کارخانجات فرآوری مواد معدنی، صنایع نساجی، صنایع کانی، مشاغل نظافتی و ... اقدام نماییم. امید است که این حرکت، گامی هرچند کوچک در جهت تأمین ایمنی و بهداشت حرفه ای کارگران در کشور باشد.

### ماسکهای حفاظت تنفسی<sup>۱</sup>

یک ماسک بنا به تعریف وسیله ای است که به منظور حفاظت سیستم تنفسی طراحی شده است تا از استنشاق هوای آلوده جلوگیری نماید. ماسکها این حفاظت را هم بوسیله گرفتن آلاینده ها از هوای استنشاقی و هم بوسیله هوارسانی از طریق یک منبع هوای تمیز و عاری از آلاینده ها تأمین می کنند. ماسکهای گرد و غبار، به منظور حفاظت در برابر گرد و غبارها، فیومها و یا میستها مورد استفاده قرار می گیرند. متداولترین این ماسکها که پرمصرفترین نوع ماسک نیز محسوب می گردد، ماسکهای یکبار مصرف می باشند. فیلتر مورد استفاده در این ماسکها از انواع کاغذی، نمدی و یا پوشش داده شده با ذغال فعال (جهت حذف توأم گردوغبار و گازها و بخارات آلی) می باشد.

### آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار

مهمترین آزمونهای ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار که سازمانهای استاندارد به منظور تأیید کیفیت ماسکهای تولیدی توسط کمیانیها، توجه بیشتری نسبت به آنها می کنند، عبارتند از:

- ۱- آزمون سنجش راندمان فیلتراسیون<sup>۲</sup> (آزمون فیلترهای مورد استفاده در ماسکها)
- ۲- آزمون تعیین نشستی کل<sup>۳</sup> (آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی)
- ۳- آزمون سنجش مقاومت تنفسی فیلتر<sup>۴</sup>

۱- آزمون سنجش راندمان فیلتراسیون<sup>۵</sup> (آزمون فیلترهای مورد استفاده در ماسکها):

در این آزمون، راندمان فیلتراسیون در ماسکها با استفاده از فاکتوری به نام فاکتور حفاظت<sup>۶</sup> مورد ارزیابی قرار می گیرد. فاکتور حفاظت یک فاکتور کمی است و عبارتست از نسبت غلظت آلاینده در خارج ماسک ( $C_o$ ) به غلظت آلاینده در داخل ماسک ( $C_I$ ):

$$PF = \frac{C_o}{C_I} = \frac{1}{P} = \frac{1}{1-E}$$

$$P = \frac{C_I}{C_o}$$

$$E = \frac{C_o - C_I}{C_o}$$

<sup>۱</sup> Respiratory Protection Masks

<sup>۲</sup> Filtration Efficiency Test

<sup>۳</sup> Total Inward Leakage Test

<sup>۴</sup> Breathing Resistance Test

<sup>۵</sup> Filtration Efficiency Test

<sup>۶</sup> Protection Factor

<sup>۷</sup> Penetration

سازمانهای تدوین استاندارد، برای مقایسه این فاکتور و استاندارد سازی ماسکها، جدولی را ارائه کرده‌اند که مبنای مقایسه آنها نوعی از فاکتور حفاظت است که در استانداردهای *BS* و *AS/NZS* به آن حداقل فاکتور حفاظتی مورد نیاز<sup>۹</sup> و در استاندارد *NIOSH* به آن فاکتور حفاظت پیشنهادی (*APF*)<sup>۱۰</sup> می‌گویند. فاکتور حفاظت پیشنهادی *NIOSH* برای ماسکهای حفاظت در برابر گردوغبار ۵ می‌باشد.

۲- آزمون تعیین نشستی کل<sup>۱۱</sup> (آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی)

این آزمون جهت سنجش میزان کیپ بودن ماسک بر روی صورت و عبارتی میزان عدم نشستی در ماسک انجام می‌شود. این آزمون به توصیه استانداردهای *BS* و *AS/NZS* بایستی بر روی ۱۵-۱۰ فرد انجام شود. برای انجام آن، ماسک مورد آزمون به افرادی که بر اساس دو بعد از ابعاد چهره‌ای آنها شامل فاصله فرو رفتگی بالای بینی تا زیر چانه<sup>۱۲</sup> و فاصله میان دو مفصل آرواره<sup>۱۳</sup> انتخاب شده‌اند، تحویل می‌شود که این افراد پس از زدن ماسک به صورت، در داخل یک هود، محفظه و یا شرایطی که توزیع غلظت آئروسول تولیدی در آن یکنواخت است، قرار می‌گیرند و اقدام به انجام فعالیتهایی کاملاً مشخص و تعریف شده براساس استانداردهای مربوطه می‌نمایند. در طی انجام این مراحل، غلظت آئروسول در داخل محفظه و در داخل ماسک اندازه گیری شده و بر اساس روش آزمون مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳- آزمون سنجش مقاومت تنفسی فیلتر :

مقاومت تنفسی از مهمترین عوامل مؤثر در کارایی یک ماسک محسوب می‌شود. بالا بودن مقاومت تنفسی یک ماسک، سبب احساس تنگی و فشار بر روی سینه فرد استفاده کننده و در نتیجه عدم تمایل به استفاده از آن می‌گردد. بنابراین از جمله فاکتورهای مهم در آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی، سنجش مقاومت تنفسی ماسک می‌باشد. در این آزمون، جریان هوا در درجه حرارت معمولی اتاق، فشار هوای اتمسفری و رطوبتی که در آن عمل انعقاد صورت نگیرد، از فیلتر یا ماسک عبور داده شده و سپس مقادیر مقاومت تنفسی در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  و فشار  $1\text{ bar}$  تصحیح می‌گردد. حداکثر مقاومت تنفسی توصیه شده در فیلتر ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار معمولی (نوع  $P_1$ )  $2/1\text{ mbar}$  در جریان  $95\text{ Lit/min}$  می‌باشد.

### روشها، تجهیزات و مواد مورد استفاده :

الف- روشهای مورد استفاده :

با توجه به اینکه رعایت استانداردهای بین المللی، اهمیت فوق العاده‌ای در آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی را داراست، لذا در طراحی تونل آزمون و پروبهای نمونه برداری مربوطه، استانداردهای *BS EN 143* ، *BS EN* ، *OSHA CFR Part 1910.134* ، *NIOSH CFR Part 84* ، *AS/NZS 1716* ، *AS/NZS 1715* ، *149* و *ASHRAE 52-66* مورد استفاده قرار گرفت.

ب- تجهیزات مورد استفاده :

دستگاه پایشگر گردوغبار *GRIMM 1.106* و نرم افزار راهبری آن (*GRIMM 1174*) برای

اندازه‌گیری گردوغبار در داخل تونل آزمون و ماسک

<sup>۸</sup> Efficiency

<sup>۹</sup> Required Minimum Protection Factor

<sup>۱۰</sup> Assigned Protection Factor

<sup>۱۱</sup> Total Inward Leakage Test

<sup>۱۲</sup> Menton – Nasal Root Depression Length

<sup>۱۳</sup> Bizygomatic Diameter

- ❑ دستگاه توزیع کننده گرد و غبار مدل GRIMM 7.830 برای توزیع یکنواخت گردوغبار آزمون
- ❑ مانومتر جهت اندازه گیری مقاومت تنفسی فیلتر و ماسک
- ❑ یک دستگاه کامپیوتر با سیستم عامل Win 98، پمپ مکشی، پمپ خلأ، گازمتر تر و خشک و ...

ج- مواد مورد استفاده :

در این آزمون از خاک آزمون استاندارد آریزونا<sup>۱۴</sup> استفاده شد که توسط کمپانی Powder Technology تهیه شده بود. خاک آزمون استاندارد آریزونا نام نوعی گرد و غبار پلی دیسپرس است که برای اولین بار از خاک جاده های آریزونا تهیه شده و توزیع سایز ذرات و نوع آنها بر اساس استاندارد ISO 12103-1 و به صورتی کاملاً مشخص تعیین شده است.

## نتایج

عوامل متعددی در طراحی دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار مورد نظر قرار گرفت که مجموعه این عوامل را می توان تحت عنوان امتیازات این طراحی به شمار آورد. این عوامل عبارتند از :

الف- بهره گیری از استانداردهای بین المللی :

با توجه به اینکه نتایج حاصل از آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی با استانداردهای بین المللی موجود مورد مقایسه قرار می گیرد، لذا انطباق شرایط آزمون با استانداردهای مربوطه نیز امری بدیهی می باشد. بنابراین در این پژوهش، شرایط انجام آزمون شامل گذرحجمی عبوری از ماسک و محدوده دما و رطوبت مورد نیاز جهت انجام آزمون ، منطبق با استانداردهای BS EN 143 ، BS EN 149 ، AS/NZS 1715 ، AS/NZS 1716 ، OSHA CFR Part 1910.134 ، NIOSH CFR Part 84 و مقادیر مربوط به ابعاد و مشخصات تونل آزمون از جمله زوایای داخلی تونل، فواصل قرار گیری تجهیزات در داخل تونل و شرایط ایجاد جریان یکنواخت در داخل تونل منطبق با استاندارد ASHRAE Standard 52-66 در نظر گرفته شد.

ب- قابلیت استفاده از دستگاه جهت هر دو آزمون تعیین راندمان فیلتراسیون و فاکتور عدم نشستی در ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار :

از جمله مسایلی که امکان انجام آن در این طراحی مورد توجه قرار گرفت، قابلیت استفاده از دستگاه جهت هر دو آزمون تعیین راندمان فیلتراسیون و فاکتور عدم نشستی در ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گردوغبار بود. در استانداردهای بین المللی موجود در این زمینه، با وجود مشابهت هایی که در روشهای اندازه گیری این دو فاکتور وجود دارد، اما برای هر آزمون دستگاههای متفاوتی در نظر گرفته شده است، اما در این پژوهش تصمیم گرفته شد که طراحی دستگاه به گونه ای صورت گیرد که امکان استفاده از آن برای هر دو نوع آزمون فراهم گردد.

ج- افزایش قابلیت دستگاه جهت اندازه گیری فاکتورهای مختلف نسبت به دستگاههای پیشنهادی در استانداردهای موجود :

در استانداردهای موجود در زمینه ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار، از ذرات مونو دیسپرس با سایز ۰/۳ و ۰/۶ میکرون به عنوان گرد و غبار آزمون استفاده می شود و دستگاههای پایش مورد استفاده نیز تنها قادر به تعیین تراکم وزنی این سایزها می باشند. اما در این پژوهش، برای اولین بار از ذرات پلی دیسپرس به عنوان گرد و غبار آزمون استفاده شد که این مسئله به دلیل قابلیتهای دستگاه پایش گرد و غبار مورد استفاده ، سبب افزایش کارایی این دستگاه جهت اندازه گیری گرد و غبار کلی در ۸ محدوده اندازه مختلف، اندازه گیری گرد و غبار

<sup>۱۴</sup> Standardized Arizona Test Dust

قابل استنشاق، اندازه گیری غلظت‌های وزنی بر اساس استاندارد *EPA* و شمارش تعداد ذرات در ۸ محدوده اندازه مختلف، گردید.

د- قابلیت استفاده دستگاه با انواع مختلف دستگاه‌های پایش گرد و غبار :

نظر باینکه در روش‌های استاندارد آزمون ماسک‌های حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار، تونل‌های آزمون طراحی شده به گونه ای هستند که تنها با دستگاه‌های مولد آئروسول و نیز دستگاه‌های پایش گردوغبار خاصی قادر به کار هستند و قابلیت تعویض این تجهیزات با دستگاه‌های مشابه وجود ندارد، در این پژوهش سعی شد تا تونل آزمون به گونه ای طراحی شود که با تغییر دستگاه پایش گرد و غبار و پروب‌های مربوطه، قابلیت اندازه گیری دستگاه همچنان برقرار بماند که این مسئله باعث می‌شود که در صورت استفاده از دستگاه‌های حساستر و یا با قابلیت‌های اندازه‌گیری بیشتر، بتوان با نصب آنها به این تونل، محدوده عملکرد دستگاه را افزایش داد.

ه- قابلیت استفاده در کاربردهای آموزشی :

با توجه به اینکه بهره برداری از این دستگاه در دانشگاه صورت می‌گیرد، قابلیت استفاده از آن به عنوان کاربردهای آموزشی از دیگر مسایلی بود که در طراحی به آن توجه شد و به همین دلیل تصمیم گرفته شد که جنس تونل از مواد شفاف و قابل رؤیت انتخاب شود.

#### طراحی تونل آزمون ماسک‌های حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار :

عوامل مهم و مؤثر در طراحی تونل آزمون راندمان فیلتراسیون ماسک‌های حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار عبارت بودند از :

۱- میزان گذر حجمی هوا از داخل تونل :

در این طراحی میزان گذر حجمی توصیه شده در استاندارد *NIOSH 42 CFR Part 84* و نیز استاندارد *BS EN 143* مورد استفاده قرار گرفت که معادل  $95 \text{ lit/min}$  است. مبنای انتخاب این گذر حجمی در استانداردهای فوق، گذر حجمی هوای ورودی به سیستم تنفسی در حین کار سنگین می‌باشد.

۲- قطر داخلی تونل :

قطر داخلی تونل عاملی است که رابطه مستقیمی با بزرگترین قطر ماسک‌های مورد آزمون دارد، بنابراین این قطر با توجه به قطر بزرگترین ماسک گردوغبار موجود و در نظر گرفتن فضای لازم جهت نصب ماسک در داخل تونل معادل  $14 \text{ cm}$  در نظر گرفته شد.

۳- تجهیزات لازم جهت نصب در داخل تونل :

الف- صفحات توری جهت توزیع متوازن گرد و غبار

ب- مانومتر ( فشارسنج ) جهت اندازه‌گیری مقاومت تنفسی

ج- سنسور اندازه گیری رطوبت، دما و سرعت جریان هوا

د- پروب‌های نمونه برداری

۴- فواصل قرار گیری تجهیزات در داخل تونل :

مبنای محاسبه فواصل قرار گیری تجهیزات در داخل تونل، استاندارد *ASHRAE Standard 52-66*

می‌باشد. در این استاندارد، کلیه فواصل با احتساب ضرایبی خاص نسبت به قطر داخلی کانال محاسبه می‌شوند.

۵- مقدار تغییر سطح مقطع تونل :

مبنای محاسبه زوایای داخل تونل که منحصر به مخروط‌های ابتدایی و انتهایی یکنواخت کننده توزیع

جریان هواست، استاندارد *ASHRAE Standard 52-66* می‌باشد. بر اساس این استاندارد، زاویه داخلی مخروط

بایستی حداکثر ۷ درجه باشد تا بتوان از توزیع یکنواخت جریان هوا و نیز عدم ایجاد جریانهای گردابی ناشی از تغییر سطح مقطع ورودی جریان هوا در داخل تونل اطمینان حاصل کرد.

۶- جنس تونل :

در انتخاب جنس تونل، چهار عامل مورد توجه قرار گرفت که عبارت بودند از :

- عدم ایجاد الکتریسیته ساکن در دیواره تونل در اثر عبور گرد و غبار از داخل آن

- قابلیت رؤیت داخل تونل جهت کاربردهای آموزشی

- قابلیت شکل دهی

- صیقلی بودن و حداقل اصطکاک در سطح

به منظور تأمین شرایط فوق، مواد مختلفی مورد بررسی قرار گرفتند و در نهایت ماده پلکسی گلاس<sup>۱۵</sup>

جهت ساخت تونل آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت.

۷- ایجاد جریان آرام در داخل تونل :

ایجاد جریان آرام در داخل یک تونل، تابع عدد رینولدز سیال عبوری می باشد. چنانچه عدد رینولدز جریان

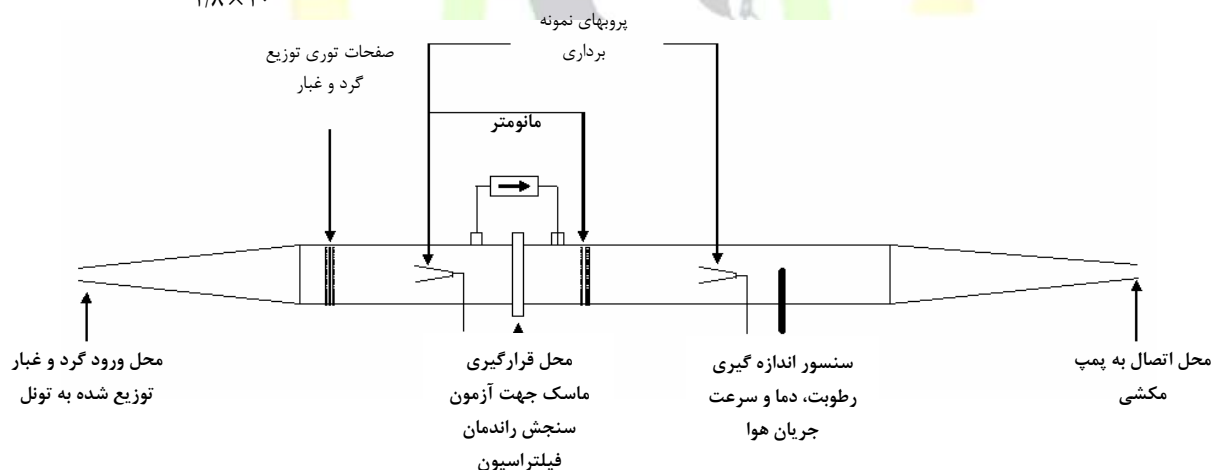
کمتر از ۲۰۰۰ باشد، جریان هوا یکنواخت و چنانچه از ۴۰۰۰ بیشتر باشد، جریان هوا بصورت آشفته خواهد بود.

مقدار عدد رینولدز به شکل زیر محاسبه و با توجه به قطر تونل، آرام بودن جریان در داخل تونل تأمین گردید.

$$Q = 95 \text{ lit/min} = 1583/33 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{1583/33}{7^2 \times 3/14} = 10/29 \text{ cm/s}$$

$$Re = \frac{1/15 \times 10^{-3} \times 10/29 \times 14}{1/8 \times 10^{-4}} = 920 < 2000$$



نمای کلی تونل آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار

### طراحی پروبهای نمونه برداری :

مهمترین اصل در انتخاب پروبهای نمونه برداری که در داخل تونل آزمون قرار می گیرند، برقراری شرایط

ایزوکینتیک به هنگام نمونه برداری از هوای تونل آزمون توسط پروبها می باشد، به عبارتی بایستی سرعت عبور

جریان هوا در پروبهای نمونه برداری مورد استفاده با سرعت جریان هوا در داخل تونل آزمون یکسان باشد. بر این

اساس و با توجه به سرعت جریان هوا در داخل تونل (۱/۰ m/s)، گذر حجمی دستگاه پایش گردوغبار

<sup>۱۵</sup> Plexi Glass

( $Q = 1/2 \text{ lit/min}$ )، قطر داخلی پروب معادل  $15/65 \text{ mm}$  محاسبه شد. همچنین زاویه داخلی پروب با توجه استاندارد *ASHRAE Standard 52-66* معادل  $4/14^\circ$  در نظر گرفته شد.

#### تعیین کارایی دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گرد و غبار :

پس از اتمام مراحل طراحی دستگاه، طرح نهایی تحت نظارت پژوهشگران و توسط یکی از شرکتهای داخلی ساخته شد و در مرحله نهایی اقدام به انجام تستهای نشت یابی بر روی تونل دستگاه و کالیبراسیون تجهیزات متعلقه گردید.

#### کارایی دستگاه به دو روش زیر مورد آزمون قرار گرفت :

۱- آزمون استاتیک عدم نشتی تونل :

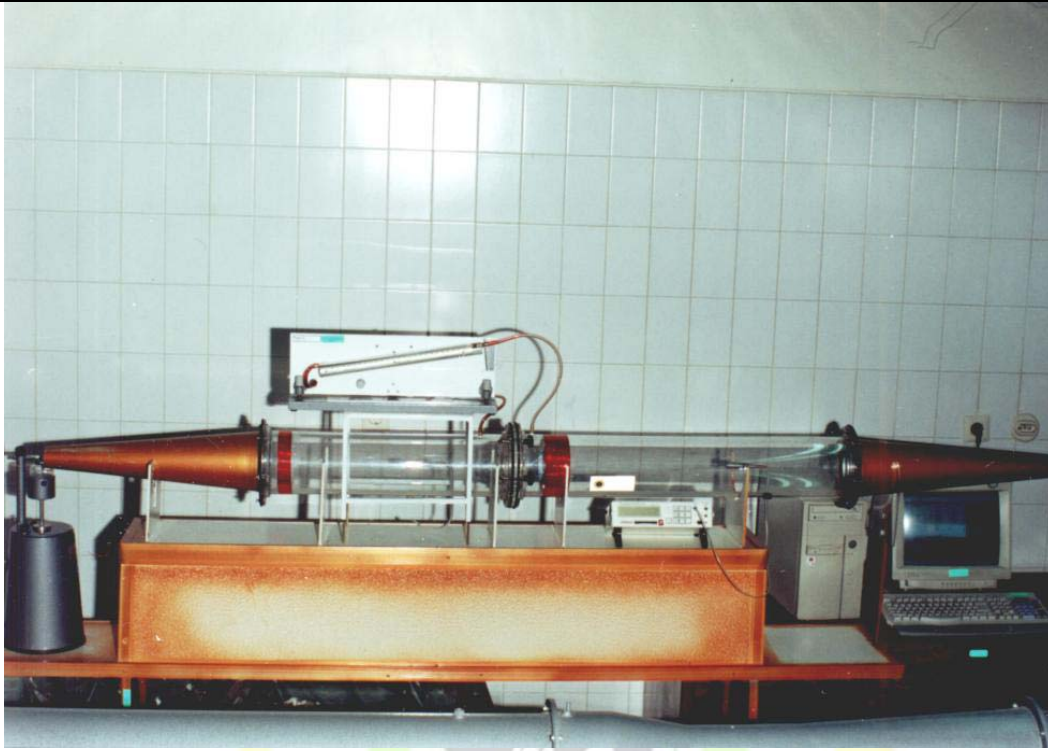
مهمترین عامل مخدوش کننده نتایج آزمون ماسکها، وجود نشتی در تونل آزمون می باشد؛ به همین دلیل بایستی پس از ساخت تونل، نسبت به عدم وجود نشتی در آن اطمینان حاصل نمود. به این منظور به منظور سنجش کارایی دستگاه، تونل در فشار هوایی معادل  $4 \text{ bar}$  و در طی  $20$  دقیقه مورد آزمون استاتیک و عدم نشتی قرار گرفت که دستگاه در طی این آزمون مورد تأیید قرار گرفت.

۲- آزمون مقایسه‌ای با فیلترهای استاندارد هپا :

به منظور سنجش کارایی این دستگاه، جدول راندمان فیلتراسیون  $10$  نمونه فیلتر استاندارد هپا با نتایج بدست آمده از سنجش راندمان فیلتراسیون این نمونه‌ها در دستگاه آزمون مورد مقایسه قرار گرفت که اختلاف معنی‌داری ( $P\text{-value}=0/23$ ) میان نتایج حاصل مشاهده نشد.

#### بمٹ و نتیجه گیری

با طراحی و ساخت دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گردوغبار برای نخستین بار در کشور امکان تعیین راندمان فیلتراسیون، فاکتور عدم نشتی و میزان مقاومت تنفسی در این دسته از ماسکها در دانشگاه تهران مهیا شد. ضمن اینکه قابلیت بکارگیری این دستگاه جهت هردو آزمون اشاره شده، امکان اندازه‌گیری فاکتورهای مختلفی همچون تعداد ذرات به دام افتاده توسط ماسک، قابلیت بکارگیری این دستگاه با انواع مختلف دستگاههای پایش گردوغبار و امکان استفاده از آن در کاربردهای آموزشی از جمله امتیازات این دستگاه نسبت به نمونه‌های مشابه خارجی به شمار می‌رود.



دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گردو غبار در وضعیت آزمون تعیین راندمان فیلتراسیون



دستگاه آزمون ماسکهای حفاظت تنفسی در برابر گردو غبار در وضعیت آزمون تعیین فاکتور عدم نشتی

## منابع

- 1- ASHRAE Standard - ASHRAE Standard 52-66 – Method of Testing Air Cleaning Devices Used in General Ventilation for Removing Particulate Matter – 1968
- 2- Australian / New Zealand Standard Committee – AS/NZS 1715 – Selection, Use and Maintenance of Respiratory Protection Devices – 1994
- 3- Australian / New Zealand Standard Committee – AS/NZS 1716 – Respiratory Protective Devices – 1994
- 4- British Standard Institute – BS EN 143 – Particle Filters in Respiratory Protective Equipment – 1991
- 5- British Standard Institute – BS EN 149 – Filtering Half Masks to Protect Against Particle – 1992
- 6- National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH Guide to Industrial Respiratory Protection – OHHS (NIOSH) Publication – 1987
- 7- U. S. Department of Health and Human Services , National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) – Title 42 , Code of Federal Regulations , Part 84 – Respiratory Protective Devices
- 8- U. S. Department of Labor – Occupational Safety and Health Administration (OSHA) – Title 29 , Code of Federal Regulations , Part 1910.134 – Respiratory Protection – 1998

