Archive of SID

طب نظامی
بهار و تابستان ۱۳۸۰ شماره ۳(۱ و ۲)
صفحات ۳۴-۲۷

پزشکی هوایی (قسمت چهارم): گازها و بخارات سمّی در پرواز

محمّدرضا صفری‌نژاد .M.D
* آدرس گردآورنده: دانشگاه علوم‌پزشکی ارتش ـ دپارتمان طب هوا و فضا ـ تهران ـ ایران

مقدمه

بسیاری از موادی که در پرواز مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای انسان سمّی هستند. با گذشت زمان با پدید آمدن مواد جدید، به تعداد مواد سمّی نیز افزوده می‌شود. گرمای بیش از حد و آتش، مواد بی‌ضرر و خنثی را سوزانده و آنها را به گازها و بخارات سمّی تبدیل می‌کنند. یک عده از حوادثی که در پرواز اتفاق می‌افتند، مسبب آنها همین مواد سمّی می‌باشند. غلظتهای این مواد در کابین هواپیما در سطح دریا ممکن است مشکل‌ساز نباشند، ولی با صعود به ارتفاعات بالاتر، خطرات آنها ظاهر خواهند شد.

قسمت اعظم مواد سمّی جذب شده به بدن از طریق دستگاه تنفسی خواهد بود. جذب از طریق پوست و مخاط دستگاه گوارش اندک است، ولی گاهی ملتحمه چشم تحریک می‌شود. مواد سمّی ممکن است در کابین هواپیما و یا در اکسیژن موجود در تجهیزات تنفسی باشد.

حدود بی‌خطر مواد سمّی

حداکثر میزان غلظت یک گاز یا بخار که در سطح زمین فاقد اثرات سمّی بر روی انسان است؛ غلظت آستانه آن گاز Threshold Limit Value (TLV) گفته می‌شود. بالا رفتن موقتی غلظت مواد سمّی از میزان آستانه، مجاز است ولی یک غلظتی از مواد سمّی وجود دارد که هیچ وقت نبایستی غلظت مواد سمّی از آن فراتر رود که به آن غلظت سقف مجاز (Ceiling Concentration) می‌گویند.

بکار بردن غلظت آستانه برای مواد سمّی مختلف که در صنعت بدست آمده است، در پرواز قدری مشکل‌آفرین است. ممکن است یک عدم کارائی خیلی مختصر یک فرد در یک کارخانه، اهمیت چندانی نداشته باشد ولی آن می‌تواند برای پرسنل پروازی مشکلات عدیده و خطرناکی ایجاد نماید. مواجه با مواد سمّی در پرواز، اکثراً همراه با استرسهای مختلف است. مثل کاهش فشار، درجه حرارت بالا و شتاب پایدار. این عوامل استرس‌زا تأثیرات زیادی همراه با مواد سمّی دارند. ممکن است بیش از یک مواد سمّی موجود باشد، بنابراین مجموع اثرات مواد سمّی را بایستی مدنظر داشت. اصطلاح TLV را در پرواز بایستی با احتیاط به‌کار برد.

منابع خطرات سمّی در پرواز

منابع اصلی گازها و بخارات سمّی در پرواز به قرار زیر هستند:

۱- فراورده‌های احتراق: گازهای خروجی از موتور و فراورده‌های ناشی از گرما و آتش.
۲- مایعات هیدرولیک و نرم‌کننده‌ها و مواد سوختی که در پرواز بکار می‌روند.
۳- مایعات سرمازا، مواد ضدیخ و ضدانفجار.
۴- مواد آتش‌نشانی.
۵- مواد خنک‌کننده.
۶- اوزون.
۷- حشره‌کشها، گیاه‌کشها و مواد شیمیایی کشاورزی.

فراورده‌های ناشی از احتراق

شایعترین منبع مواد سمّی در پرواز، فراورده‌های ناشی از احتراق یا گرم شدن هستند. این فراورده‌ها به دو طریق تولید

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شوند، طریقه اول سوختن سوخت هواپیما که کنترل شده است و طریقه دوم، سوختن غیرمترقبه یک جزء یا یک قسمت از هواپیما می‌باشد.

گازهای خروجی از موتور هواپیما. ترکیب گازهای موتورهای متقابله با موتورهای توربینی کاملاً متفاوت است، غلظت منواکسیدکربن در گازهای خروجی موتورهای متقابله ۹-۳ درصد و در موتورهای توربینی ۰/۰۰۵ درصد می‌باشد. گازهای خروجی موتور، به چند طریق می‌توانند وارد کابین هواپیما شوند. در بسیاری از هواپیماهای با موتور پیستونی، از گازهای خروجی برای گرم کردن کابین هواپیما استفاده می‌کنند. اینکار توسط یک مبدل حرارتی صورت می‌گیرد، اگر این مبدل حرارتی خراب شود، گازها ممکن است مستقیماً وارد کابین هواپیما شوند. یک خرابی در جدار کابین نیز همین اثر را دارد.

فراورده‌های ناشی از گرمای بیش از حد یا آتش. وقتی درجه حرارت یک ماده‌ای بالا می‌رود ولی آنقدر زیاد نمی‌شود که سبب اکسیداسیون سریع شود، منجر به تجزیه آن ماده و آزاد شدن بخارات سمّی می‌شود. تجهیزات الکترونیکی، مستعد یک همچون تجزیه حرارتی هستند.

موادی که در ساختمان هواپیما، تجهیزات و تزئینات هواپیما بکار می‌روند، خیلی متفاوت هستند و بالقوه مستعد آتش‌گیری می‌باشند. گاهی اکسیداسیون ناکامل است و فراورده‌های حد وسط مثل آلدئید، منواکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن و بخار آب تولید می‌شوند. منواکسیدکربن فراورده اصلی ناشی از احتراق است، آن فوق‌العاده سمّی است و خیلی بی‌سر و صدا اثرات خود را اعمال می‌کند.

منواکسیدکربن. منبع تولید منواکسیدکربن، همیشه آتش است. آن همچنین یکی از فراورده‌های اصلی خروجی موتورهای متقابله می‌باشد. شایعترین گاز سمّی در پرواز CO است.

منواکسیدکربن یک گاز بی‌رنگ و بی‌بو است و با ترکیب شدن با هموگلوبین سبب هیپوکسی نسجی می‌شود. راه جذب آن مطلقاً ریه است. آن از آلوئولها بسرعت بداخل مویرگهای ریوی دیفوزیون پیدا می‌کند و در داخل خون با هموگلوبین ترکیب و کربوکسی هموگلوبین ایجاد می‌کند. تمایل منواکسیدکربن به هموگلوبین ۲۱۰ بار بیشتر از تمایل اکسیژن به هموگلوبین است. نسبت غلظتهای کربوکسی هموگلوبین و اکسی‌هموگلوبین در خون با فرمول زیر نشان داده می‌شود.

$$\frac{\text{فشار نسبی CO}}{\text{فشار نسبی } O_2} \times ۲۱۰ = \frac{\text{غلظت کربوکسی هموگلوبین}}{\text{غلظت اکسی‌هموگلوبین}}$$

بنابراین در حالت تعادل، اگر فشار نسبی CO فقط ۰/۴ میلیمتر جیوه و فشار نسبی اکسیژن ۱۰۰ میلیمتر جیوه باشد، خون حاوی ۵۰ درصد کربوکسی‌هموگلوبین و ۵۰ درصد اکسی‌هموگلوبین خواهد بود و نتیجه آن کاهش شدید ظرفیت حمل اکسیژن خون است. وقتی میزان فشار نسبی CO در آلوئول طوری است که خون حاوی ۴۰ درصد یا بیشتر کربوکسی هموگلوبین می‌شود؛ برداشت طبیعی اکسیژن از خون، سبب کاهش فشار نسبی O_2 در انتهای وریدی مویرگها شده و هیپوکسی ناشی از آن سبب کلاپس می‌گردد.

هنگام مواجه با CO، غلظت آن ابتدا بشدت بالا می‌رود و بعد آهسته شده تا به حالت تعادل می‌رسد. غلظت تعادل کربوکسی هموگلوبین با فشار نسبی CO در گاز آلوئولی مشخص می‌شود و آن نیز به نوبه خود با غلظت CO در هوای گاز دمی و فشار محیط رابطه دارد. مدت زمانی که لازم است تا حالت تعادل ایجاد شود، بستگی به غلظت CO در هوای دمی و میزان تهویه ریوی دارد. صعود به ارتفاعات، اثر یک غلظت بخصوصی از یک گاز را کاهش می‌دهد. اگرچه افزایش غلظت اکسیژن در هوای دمی به مقادیر بالا، میزان افزایش کربوکسی هموگلوبین را کاهش خواهد داد ولی اگر در ارتفاع بالا با تنفس هوای معمولی اکسیژن خون کاهش یابد، تأثیر چندانی در این فرایند نخواهد داشت، اما هیپوکسی ناشی از تنفس هوای معمولی در ارتفاعات، اثرات یک غلظت معینی از کربوکسی هموگلوبین را بشدت افزایش می‌دهد. اگر غلظت هموگلوبین طبیعی باشد، در سطح دریا با یک فعالیت متوسط، غلظت خونی CO تا ۱۰ درصد، بندرت سبب ایجاد علائم می‌شود. بافتهایی که خیلی حساس به CO هستند، مثل سیستم عصبی، در ابتدا گرفتار می‌شوند. علائم مسمومیت با CO عبارتند از: سردرد، ضعف، وزوز گوش، تهوع، تنگی نفس هنگام فعالیت، گیجی، کوما و نارسایی تنفس.

www.SID.ir

Archive of SID

اگرچه در غلظتهای کمتر از ده درصد هیچ علائمی ایجاد نمی‌شود و در غلظتهای ۲۰-۱۵ درصد اگر فرد در حال استراحت باشد، مشکلی پیش نخواهد آمد ولی در غلظتهای خیلی پایین‌تر مثل ۵ درصد ممکن است توانایی قضاوت و حالت روانی فرد دچار اختلال شود. اگر غلظت CO در خون بیش از ده درصد شود، پرسنل پروازی در ارتفاعات از نظر کارائی دچار مشکل خواهند شد.

آلدئید . آلدئید در گازهای خروجی از موتورهای متقابله یافت می‌شود، ضمناً جزو فراورده‌های سمّی آتش‌سوزی در هواپیما نیز هست. یکی از آلدئیدهای اصلی که در این موارد تولید می‌شوند، آکرولئین (Acrolein) می‌باشد که فوق‌العاده برای ملتحمه‌ها و دستگاه تنفسی فوقانی محرک است. مواجه با غلظت ppm ۱ از آلدئید بمدت پنج دقیقه سبب تحریک شدید چشم، بینی و حلق می‌شود. استالدئید (Acetaldehyde) یک فراورده دیگر از احتراق است که سبب تحریک چشمها و به مقدار کمتر بینی و حلق می‌شود. غلظت آستانه (۰/۰۰۲٪) ppm ۲۰۰ است.

اکسیدهای نیتروژن . بعضی از موادی که می‌سوزند سبب تولید اکسیدهای نیتروژن می‌شوند. آنها همچنین در غلظتهای بالا در گازهای خروجی از موشکها و راکتها وجود دارند. مهمترین این فراورده‌ها دی اکسید نیتروژن است. این ماده در غلظت ppm ۲۰-۱۰ سبب تحریک خفیف چشمها و دستگاه تنفسی فوقانی می‌شود. مابین غلظتهای ۲۰ و ppm ۱۰۰ اختلافی از نظر میزان تحریک و یو وجود ندارد. بنابراین ممکن است بدون ایجاد ناراحتی قابل ملاحظه، فرد با غلظتهای کُشنده‌ای از دی‌اکسیدنیتروژن مواجه شود.

سوخت هواپیما، روغنهای نرم‌کننده و هیدرولیک

سوختهای هواپیما . افرادی که هواپیما را سرویس می‌کنند، در مواجه با سوخت هواپیما به شکل مایع یا بخار هستند ولی پرسنل کادر پروازی و یا مسافرین، نمی‌توانند در معرض یک همچون تماسی باشند. راههای سوخت‌رسانی در هواپیما توسط موانع مکانیکی از کابین هواپیما جدا هستند و اگر یک نشتی اتفاق افتد، بعید است که بتواند کابین را آلوده سازد. ریزش مواد سوختی به سطح زمین هنگام سوخت‌رسانی هواپیما، می‌تواند مسافرین و سیستم تهویه هوا را گرفتار سازد. اگر خدمه پروازی وظیفه سوخت‌رسانی هواپیما را به عهده داشته باشند، آنها نیز گرفتار خواهند شد. سوختهای هواپیما به دو دسته بزرگ تقسیم می‌شوند: سوختهایی که در موتورهای پیستونی کاربرد دارند و سوختهای موتورهای توربینی. تمامی این سوختها می‌توانند سبب تحریکات جلدی شوند ولی خطر اصلی، تنفس بخار این مواد سوختی است. حالت خواب‌آلودگی (Narcosis) ناشی از استنشاق این مواد، بعلت هیدروکربنهای آلیفاتیک و آروماتیک موجود در مواد فوق می‌باشد.

گازولین که در هواپیما بکار می‌رود، دارای دو ماده سمّی تترا اتیل سرب و تری کرسیل فسفات (Tricresyl Phosphate) می‌باشد ولی هر دو آنها دارای اهمیت کمتری از هیدروکربنها هستند. تماسهای مکرر با مواد آروماتیک (آنیلین، گزیلین و گزیلیدین) که در گازولین وجود دارند، ممکن است منجر به Methaemoglobinemia شود.

شدت اثرات عمومی استنشاق بخارات مواد سوختی هواپیما بستگی به غلظت آنها و طول مدت مواجه با آنها دارد. حداقل غلظتی که اثرات قابل مشاهده ایجاد می‌کند، ۰/۰۵ درصد است. این همان آستانه غلظت برای بخار سوخت هواپیما است. نیم ساعت مواجه با غلظت ۰/۲ درصد از بخار، سبب وزوز گوشها، تهوع و سردرد می‌شود. غلظتهای بالاتر (۱-۰/۲۵ درصد) سبب تحریک ملتحمه، اشک ریزش، تحریک مغزی، بیقراری، دزاوریانتاسیون و اختلال در تکلم، بینایی و شنوایی می‌شود. جذب غلظتهای بالاتر بخارات سوختی سبب عدم هوشیاری، تشنج و مرگ می‌شود.

لازم است در اینجا، از یک سوخت شیمیایی بنام Isopropyl Nitrate (AVPIN) نیز صحبت کرد. آن یک مایع زرد رنگ و بشدت قابل اشتعال می‌باشد که جهت استارت موتورهای توربینی کاربرد دارد. فراورده‌های ناشی از احتراق AVPIN حاوی غلظتهای زیادی از اکسیدهای نیتروژن است که بشدت برای ریه محرک می‌باشند.

روغنهای هیدرولیک . روغن هیدرولیک در لوله‌های با فشار ۳۰۰۰-۵۰۰۰ lb/in2 منتقل می‌شود. اگر یک نقصی در این

www.SID.ir

Archive of SID

سیستم هدایت ایجاد شود، مایع به آسانی وارد قسمت پروازی خواهد شد. کادر پروازی یا بخار این مایع را استنشاق می‌کنند و یا اینکه پوست آنها آلوده می‌شود. مایعات هیدرولیک را براساس موادی که از آنها مشتق می‌شوند به چهار گروه بزرگ تقسیم می‌کنند:

۱- مایعات هیدرولیکی که از نفت مشتق می‌شوند، اینها حاوی استرهای اسیدهای آلیفاتیک با زنجیره دراز تری کرسیل فسفات و یک پلیمر هستند. آنها دارای فشار بخار اندکی بوده و نسبتاً غیرسمّی می‌باشند، مگر اینکه خورده شده و یا سوزانده شوند.

۲- مایعات هیدرولیکی که از روغن کرچک (Castor-Oil) مشتق شده‌اند. اینها علاوه بر اینکه دارای استرهای اسیدهای آلیفاتیک با زنجیره بلند هستند، دارای ترکیباتی مثل گلیکول، الکل، دی استون و بوتیل سلوسولو (Butyl Cellosolve) می‌باشند. اینها نیز بشدت قابل اشتعال هستند.

۳- مایعات هیدرولیکی که از سیلیکون مشتق می‌شوند، اینها فاقد خواص شیمیایی می‌باشند.

۴- مایعات هیدرولیکی که دارای پایه فسفات استر هستند، اینها حاوی ترکیبات فسفاتهای Triaryl می‌باشند. این مایعات فشار بخار اندکی دارند و نسبتاً نیز غیرسمّی هستند، مگر اینکه خورده یا گرم شوند.

Butyl Cellosolve که در روغنهای با پایه روغن کرچک یافت می‌شود، بشدت قابل انفجار بوده و استنشاق آن منجر به سردرد، وزوز گوش، آسیب بینایی و گیجی می‌گردد. تجزیه حرارتی روغنهای هیدرولیک که پایه آنها نفت یا روغن کرچک است، یک مخلوطی از آلدئیدها، کربوتیلها و منواکسیدکربن تولید می‌کند که هر کدام از آنها دارای خاصیت سمّی هستند.

روغنهای نرم‌کننده . ورود روغنهای نرم‌کننده بداخل کابین نادر است و آن ناشی از اشکال مکانیکی موتورهای توربینی می‌باشد. با ایجاد اشکال مکانیکی در داخل موتور، روغن با هوا مخلوط شده و هوایی که برای تهویه وارد کابین می‌شود، آغشته به روغن خواهد بود. در موتورهای متقابله، روغن اکثراً در تماس با قسمتهای گرم موتور می‌باشد و اگر سیستم تهویه کابین مشکل پیدا کند، این بخارات می‌توانند وارد کابین شوند.

روغنهای نرم‌کننده یا از نفت مشتق می‌شوند و یا از استرهای صناعی مثل Dioctyl یا Dimonyl Sebectate. هر دو نوع این روغنها فشار بخار اندکی دارند و نسبتاً غیرسمّی هستند. مواجه با بخار این روغنها ممکن است سبب تحریک چشمها یا دستگاه تنفسی فوقانی شود. استنشاق بخار همچنین می‌تواند منجر به سردرد، تهوع و استفراغ گردد.

روغنهای ضدیخ، ضدانفجار و سرماساز

چون روغنهای فوق از مواد شیمیایی مشابهی تشکیل شده‌اند، آنها را با هم در نظر می‌گیرند. محلولهای ضدیخ حاوی ایزوپروپانول، اتانول، متانول، اتیلن گلیکول، پروپیلن و آب هستند. محلولهای ضدانفجار در موتورهای متقابله برای بهبود بخشیدن به کار موتور در کوتاه مدت بکار می‌روند. برای این کار آنها را بداخل سیلندرها تزریق می‌کنند. محلولهای ضدانفجار حاوی ترکیبات گوناگون از الکلهاست و اکثراً حاوی قسمتهای مساوی از متانول و اتانول در آب می‌باشد. محلولهای سرمازا حاوی اتیلن گلایکول هستند که توسط آب رقیق شده‌اند. مورداستفاده آنها برای خنک کردن موتورهای متقابله می‌باشد که امروزه بندرت در هواپیماها کاربرد دارند. مخلوطی از اتیلن گلایکول و آب برای هدایت گرما در سیستمهای هواپیما کاربرد دارد و برای فراهم ساختن حرارت از آن استفاده می‌شود.

مواجه با محلولهای ضدیخ، سرماساز و ضدانفجار هنگامی اتفاق می‌افتد که نقصی در لوله‌های هدایت‌کننده آنها اتفاق بیفتد. وجود یک شکستگی در لوله‌ها، سبب پاشیده شدن محلولهای فوق در قسمت مسافرین می‌شود و خطر استنشاق و آلودگی جلدی را به همراه دارد.

استنشاق بخارات سه الکل اصلی (متانول، اتانول و ایزوپروپانول) اثرات عمومی یکسانی ایجاد می‌کنند. غشاهای مخاطی و دستگاه تنفسی فوقانی تحریک شده و سردرد، وزوز گوشها، لرزش، تهوع، استفراغ و سرانجام خواب آلودگی و عدم هوشیاری حادث می‌شوند. سمّیت متانول بیشتر از اتانول است، آستانه غلظت برای متانول ۰/۰۲ درصد و برای اتانول ۰/۱ درصد است.

اتیلن گلایکول فشار بخار خیلی اندک دارد ولی اگر آن

www.SID.ir

Archive of SID

وارد کابین شود، کادر پروازی با غلظتهای بالایی از آن مواجه خواهند بود. غلظتهای بالای اتیلن گلایکول سبب تحریک دستگاه تنفسی فوقانی شده و اثرات خواب‌آور دارد. این ماده می‌تواند سبب آسیب غیرقابل برگشت توبولهای کلیوی و همچنین نکروز کبدی نیز بشود.

مواد آتش‌نشانی

یک ماده آتش‌نشانی خوب، ماده‌ای است که بتواند بسرعت، صرفنظر از نوع ماده‌ای که می‌سوزد آن را خاموش نماید. ماده ضدآتش و فراورده‌های ناشی از تجزیه حرارتی آن بایستی سمّیت اندک داشته باشند. ضمناً در هواپیما، حجم ماده‌ای که می‌تواند آتش را خاموش کند، هر قدر کمتر باشد بهتر است. طبیعت مواد ضد آتش، ایجاد هیپوکسی است. آنها در قاعده آتش سبب کاهش اکسیژن می‌شوند. مواد ضدآتشی که بطور شایع در هواپیما بکار می‌روند شامل مخلوطی از آب و گلایکول، دی‌اکسیدکربن و تعدادی از انواع هیدروکربنهای هالوژنه می‌باشند. مخلوط آب و گلایکول این مزیت را دارد که غیرسمّی است و در کپسولهای ضدآتش دستی بطور وسیع استفاده می‌شود. عیب آن این است که اگر یک ماده مایع آتش گرفته باشد، نمی‌تواند آن را خاموش نماید.

دی‌اکسیدکربن اگرچه بطور وسیع استفاده می‌شود ولی در آتش‌سوزی ناشی از کاغذ و لباس زیاد مؤثر نیست. هیدروکربنهای هالوژنه نیز در کپسولهای ضد آتش هواپیما بکار می‌روند. آنها از نظر میزان سمّیت و اثر متفاوت هستند. عده‌ای مثل متیل بروماید خیلی سمّی هستند، آنها را در نواحی مثل موتور بکار می‌برند که از قسمت مسافرین و خدمه پرواز جداست. بعضی دیگر مثل Bromochlorodifluoromethane (BCF) که سمّیت کمتری دارند، در کپسولهای دستی که در قسمت مسافرین بکار می‌رود، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

دی‌اکسیدکربن . دی اکسید کربن در هواپیما به دو صورت وجود دارد، بعنوان ماده ضدآتش در کپسولهای آتش‌نشانی و بصورت جامد (یخ خشک) بعنوان یک ماده منجمدکننده. آن یک گاز سنگین بدون رنگ می‌باشد و در سطح دریا در غلظت بالاتر از ۵ درصد سبب خواب‌آلودگی می‌شود. آستانه غلظت برای دی‌اکسیدکربن ۰/۵ درصد است. بسته به مدت مواجه بودن با این گاز، در غلظتهای مابین ۲/۵-۱ درصد سبب افزایش تنفس و گرسنگی هوا می‌شود. غلظتهای ۷-۳ درصد، بعلت افزایش فشار نسبی CO_2 در مرکز تنفس سبب افزایش فوق‌العاده تنفس خواهد شد. اگر غلظت CO_2 بیش از ۷ درصد شود، سبب تشنج، عدم هوشیاری و مرگ می‌گردد. در غلظتهای بالاتر از ده درصد، در عرض یک دقیقه از بین رفتن هوشیاری حادث می‌شود.

تمام تأثیرات CO_2 ناشی از میزان غلظت آن در گاز هوای دمی است. در ارتفاعات، اثر یک غلظت معینی از CO_2، با فشار محیط رابطه معکوس دارد.

متیل بروماید Methyl Bromide . متیل بروماید ($CHBr_3$) یک گاز بدون رنگ و بدون بو است. آن مؤثرترین ماده ضدآتش است ولی بشدت سمّی می‌باشد و امروزه فقط در مناطقی از هواپیما بکار می‌رود که در تماس با مسافرین با خدمه پروازی نباشد. آستانه غلظت آن (TLV) برابر ppm ۱۰ است. در غلظتهای بالاتر از آن سبب خواب‌آلودگی، سردرد، تهوع، استفراغ و بدنبال آن قلج و تشنج می‌شود. مواجه با غلظتهای بالاتر سبب خواب‌آلودگی سریع و ادم ریه می‌شود.

تتراکلریدکربن . تتراکلرید کربن (ccl_4) در گذشته بطور وسیع بعنوان ماده ضدآتش، مورد استفاده قرار می‌گرفت و امروزه هنوز در هواپیماهای قدیمی کاربرد دارد. آن یک مایع بی‌رنگ و سمّی است. آستانه غلظت برای بخار آن ppm ۱۰ است. مواجه با غلظتهای ۰/۰۲ درصد (ppm ۲۰۰) سبب گیجی، سردرد، کنفوزیون و عدم کارائی می‌شود. با افزایش غلظت، علائم شدیدتر می‌شوند و عدم هشیاری، تشنج و مرگ ایجاد می‌گردد. تجزیه حرارتی تتراکلرید کربن منجر به تشکیل فسژن (Phosgene) می‌گردد که استنشاق آن سبب ادم ریه خیلی شدید می‌شود. اگر غلظت بیش از ppm ۱۰ باشد، سبب آسیب ریه خواهد شد. چون این ماده سمّی است، امروزه بجای آن از هیدروکربنهای هالوژنه مثل BCF استفاده می‌شود.

کلروبرومومتان . Monochloromonobromomethane (CH_2CLBr) یک مایع بی‌رنگ یا بوی مخصوص به خود است

www.SID.ir

Archive of SID

که بطور وسیع بعنوان ماده ضدآتش بکار می‌رود. آستانه غلظت (TLV) آن، ppm ۲۰۰ است. در غلظتهای بالاتر سبب دپرسیون سیستم عصبی مرکزی، سردرد، خواب‌آلودگی، اختلال بینایی و اختلال در حرکات هماهنگ می‌شود. غلظتهای خیلی بالاتر منجر به ادم ریه می‌شود. فراورده‌های تجزیه حرارتی آن، فسژن و کربونیل بروماید می‌باشند که فوق‌العاده برای ریه‌ها سمّی هستند.

بروموکلرو دی فلورومتان (BCF).

Monobromomonochlorodifluoromethane

(CF2-BrCl) یک ماده ضد آتش جدید و بسیار مؤثر است و سمّیت اندکی نیز دارد. در غلظتهای بسیار بالا (۵-۴ درصد) بعنوان یک ماده خواب‌آور اثر کرده و سبب گیجی، پارستزی و خواب‌آلودگی می‌شود. تجزیه حرارتی BCF خیلی اندک می‌باشد و منجر به تشکیل اسیدهای Hydrofluoric، Hydrochloric می‌گردد. مقادیر اندکی از فسژن و کربونیل فلوراید نیز ایجاد می‌شوند.

خنک‌کننده‌ها

یک عده از هیدروکربنهای هالوژنه خیلی پایدار حاوی یک ترکیبی از کلرین، فلورین، هیدروژن و کربن هستند که بعنوان مواد خنک‌کننده در هواپیما کاربرد دارند. آنها بیشتر به اسم تجارتی مثل Freon شناخته شده هستند. این مواد تا موقعیکه به غلظتهای خفه‌کننده نرسیده‌اند، غیرسمّی می‌باشند.

اوزون

اوزون (Ozone) شکل سه اتمی اکسیژن است که بطور طبیعی در اتمسفر وجود دارد. اوزون در اتمسفر با اثر اشعه ماوراء بنفش خورشید بر روی ملکول اکسیژن ساخته می‌شود. در ارتفاع بالاتر از ۴۰ هزار پایی، غلظت اوزون در اتمسفر بسرعت افزایش یافته و در ارتفاع ۱۰۰ هزار پایی به حداکثر غلظت خود، یعنی ppm ۱۰ می‌رسد. اگر اوزون هوایی که از کمپرسور موتور هواپیما و سیستم تهویه کابین می‌گذرد، بدون تغییر بماند، غلظت آن در کابین هواپیمایی که در ارتفاع ۶۰ هزار پایی پرواز می‌کند به ppm ۲ می‌رسد ولی اوزون در درجه حرارتهای بالاتر تجزیه شده و غلظت آن در کابین هواپیمایی که در ارتفاع ۶۰ هزار پایی پرواز می‌کند بندرت از ppm ۰/۲-۰/۱ فراتر می‌رود.

اوزون برای دستگاه تنفس و غشاهای مخاطی تحریک‌کننده است، مواجه با غلظت بالایی از این گاز سبب ادم ریه می‌شود. در غلظت ppm ۰/۱ بوی آن قابل استشمام است. یک ساعت مواجه با غلظت ppm ۱ از این گاز سبب تحریک چشمها، دستگاه تنفسی فوقانی و سرفه می‌شود. غلظت ppm ۱۰ از آن سبب ادم ریه در انسان می‌شود. قرار گرفتن مکرر در معرض غلظت ppm ۰/۲ از این گاز بمدت سه ساعت در روز، سبب هیچ نوع علامت و یا تغییراتی در ریه‌ها نمی‌شود، ولی غلظت ppm ۰/۵ در همان مدت، حجمهای تنفسی را کاهش می‌دهد. بنابراین در پرواز، غلظتهای ppm ۰/۲ از اوزون احتمالاً قابل قبول خواهد بود.

حشره‌کُشها، گیاه‌کُشها و مواد شیمیایی کشاورزی

امروزه مواد شیمیایی را توسط هواپیما در مناطق مختلف می‌پاشند. این مواد شامل حشره‌کُشها، گیاه‌کُشها، ضدقارچها و مواد بارورکننده گیاهان می‌باشند. بسیاری از اینها برای انسان سمّی هستند و WHO آنها را طبقه‌بندی کرده است. از مواد شیمیایی که مصرف می‌شود، حشره‌کُشهای حاوی مهارکننده‌های کولین استراز از همه خطرناکتر هستند. این مواد هم می‌توانند سمّیت حاد ایجاد کنند و هم اینکه بطور مزمن سبب کاهش مزمن کولین استراز بدن شوند، ولی تعداد حوادث ناشی از این مواد اندک هستند. در انگلستان در ۲۵ سال گذشته فقط یک خلبان بعلت مسمومیت با حشره‌کُشها فوت کرده است، ولی این موضوع را بایستی خیلی با احتیاط مطرح کرد. چون مسمومیت مزمن و مسمومیتهای حاد که منجر به مرگ نمی‌شوند از نظر ایجاد عوارض خطرناک هستند. در کل خطر مسمومیت با حشره‌کُشها با موارد زیر رابطه دارد:

۱- سمّیت حاد و یا مزمن (تجمع اثرات روزانه) مواد شیمیایی مصرف شده

۲- غلظت ماده پس از رقیق کردن جهت پاشیدن آن

۳- میزان جذب از طریق پوست و یا سایر نقاط بدن

۴- میزان آلودگی پوست یا لباس هنگام دستکاری

www.SID.ir

Archive of SID

۵- مدت زمانیکه طول می‌کشد تا پوست یا لباس شسته شوند
۶- مدت زمان عملیات با ماده شیمیایی

خطر فراورده‌های بصورت مایع بیشتر از فراورده‌های بصورت گرانول می‌باشد. گرد و غبار نسبتاً رقیق هستند، ولی قدرت نفوذپذیری آنها خیلی زیاد است و میزان خطر، حد واسط مایع و گرانول می‌باشد. بزرگترین خطر مسمومیت، وقتی است که مواد رقیق نشده دستکاری می‌شوند. خلبان نبایستی خودش هواپیما را بار بزند، و خطر آلودگی خلبان وقتی است که یک همچون هواپیمایی دچار آسیب‌دیدگی شود. چهار ماده اصلی هستند که با آنها خطر مسمومیت کادر پروازی حین پاشیدن وجود دارد، این مواد به قرار زیر می‌باشند:

نیتروفنولها . این مواد بشدت برای گیاهان سمّی هستند و بعنوان حشره‌کش، برگ‌ریز و گیاه‌کش بکار می‌روند. مهمترین ماده این گروه Dinitro-O-Cresol (DNOC) است. آن از طریق دستگاه تنفس و پوست جذب می‌شود. آن در غلظتهای اندک بشدت سمّی است و اثر تجمعی دارد. نشانه‌های اولیه مسمومیت شامل تعریق، تشنگی، سرخوشی و خستگی هستند. یک دوز ۲ mg از این ماده بسرعت سبب درد معده، تهوع، تنگی‌نفس، سیانوز و مرگ می‌شود. مواجه با دوزهای کوچک و مکرر از این ماده سبب مسمومیت مزمن می‌شود و فرد دچار خستگی پایدار بدون علت، کاهش وزن و بدی حال عمومی خواهد بود.

کاربامات‌ها . این گروه شامل ترکیبات Isolan و Dimetan هست که ساختمان شیمیایی آنها $ROC = ONHCH_3$ می‌باشد. این مواد بطور شایع بعنوان حشره‌کش مصرف می‌شوند و از نظر شیمیایی و فارماکولوژی به فیزوستیگمین شباهت دارند. اثر حشره‌کشی و سمّیت آنها ناشی از مهار آنزیم کولین‌استراز است. اثر سمّی آنها شبیه ارگانوفسفاتهاست ولی پایداری علائم کمتر است.

هیدروکربنهای حلقه‌ای و کلردار . ترکیبات این گروه بطور وسیع بعنوان حشره‌کش مصرف می‌شوند، معروفترین آنها Dichlorodiphenyltrichloroethan (DDT) می‌باشد. بعضیها مثل DDT موقعی سمّی هستند که خورده شوند و عده‌ای دیگر مثل Dieldrin بسرعت از پوست جذب شده و بشدت سمّی هستند. دوز مرگ‌آور DDT ۳۰-۲۵ گرم ولی دیلدرین ۷-۲ گرم است. این مواد اثر سمّی و حشره‌کشی خود را با اعمال بر روی سیستم عصبی مرکزی ایجاد می‌کنند. علائم و نشانه‌های مسمومیت عبارتند از: تهوع، وزوز گوش، سردرد، لرزش، تنگی نفس، تشنج و کلاپس.

ارگانوفسفاتها . این مواد، استرها یا تیواسترهای (Thio-Esters) یک باز آلی با اسیدفسفریک یا اسید تیوفسفریک می‌باشند. آنها از طریق پوست جذب شده و یا خورده می‌شوند. اثرات سمّی آنها بر روی انسان و اثر حشره‌کشی آنها، ناشی از مهار آنزیم کولین‌استراز می‌باشد. به این ترتیب استیل‌کولین که توسط انتهاهای عصبی آزاد می‌شود، از بین نمی‌رود. علائم مسمومیت عبارتند از: تهوع، استفراغ، اختلالات بینائی، ترشح بزاق، برادیکاردی، هیپوتانسیون، بی‌اختیاری ادراری و مدفوعی، تشنج، کوما، نارسائی تنفسی و مرگ. برخلاف کاربامات‌ها و سایر مهارکننده‌های کولین‌استراز که مدت اثر کوتاهی دارند، ارگانوفسفاتها، کولین‌استراز را بطور غیرقابل برگشت مهار می‌کنند. ترکیباتی که از این گروه بعنوان حشره‌کش استفاده می‌شوند، از نظر میزان علائم و شدت عوارض متفاوت هستند. بعنوان مثال یک دوز ۱۰۰-۲۰ میلی‌گرم از Parathone کشنده است، ولی سمّیت Malathion کمتر از DDT است.

چگونگی مقابله با آلودگیهای کابین هواپیما

اگر کابین هواپیما دچار آلودگی است، اولاً بایستی از رسیدن این مواد سمّی به بدن جلوگیری کرد و ثانیاً اگر ماده سمّی گاز یا بخار است، بایستی از استنشاق آن امتناع نمود. بایستی در اسرع وقت شروع به تنفس اکسیژن صد در صد کرد و هر اقدامی که لازم است، انجام داد تا از نشت مواد سمّی بداخل هواپیما جلوگیری شود. گاهی دریچه‌هایی که برای رگولاتور اکسیژن در نظر گرفته شده‌اند، دچار خرابی شده و مواد سمّی از آنها بداخل هواپیما نشت پیدا می‌کنند. یک همچون سوراخهایی را می‌توان با دست گرفت. اگر اکسیژن مصرف نمی‌شود، بایستی تجهیزات آن را آماده و در دسترس قرار داد و عینکهای مخصوص را نیز به جهت جلوگیری از نفوذ مواد سمّی به چشمها زد.

www.SID.ir

Archive of SID

تا آنجا که امکان‌پذیر است پوست بایستی پوشانده شود. اگر کابین، توسط هوای خروجی از کمپرسور موتور آلوده می‌شود، جریان ورود به کابین را بایستی خاموش ساخت و تهویه تحت فشار هوا را برقرار نمود. این کار باعث کاهش فشار دیفرانسیل کابین و هیپوکسی می‌گردد که بایستی از هیپوکسی جلوگیری نمود. اگر اکسیژن در دسترس نیست خلبان بایستی ارتفاع را کاهش دهد.

پس از نشستن هواپیما روی زمین، افراد در معرض خطر بایستی بلافاصله معاینه شده و تحت درمان قرار گیرند. اولین اقدامی که بایستی انجام داد، تشخیص دادن نوع ماده سمّی است. این کار با اخذ شرح حال دقیق، بررسی کابین و آزمایش مواد سمّی انجام می‌شود. اگر مشکوک به مسمومیت با CO هستیم، بایستی بلافاصله یک نمونه از خون وریدی برای آزمایش بعدی گرفت. با یک تست سریع می‌توان میزان CO خون را حدث زد. یک عده کیتهائی هستند که دارای آشکارساز CO می‌باشند. اگر فرد یا بالون متصل به این کیت تنفس انجام دهد، میزان غلظت CO را با دقت ۰/۰۰۱ درصد تشخیص می‌دهد. این یک تست تخمینی است و جای روشهای دقیق آزمایشگاهی را نمی‌گیرد. در فقدان آتش‌سوزی در هواپیماهایی که با موتور جت کار می‌کنند، غلظت CO در کابین نمی‌تواند قابل ملاحظه باشد. شایعترین علت آلودگی سمّی هوای کابین در هواپیماهائی که با موتور جت کار می‌کنند، گرم شدن بیش از حد یاتاقان موتور و یا خرابی یکی از یاتاقانهاست که سبب می‌شود روغنهای نرم‌کننده و یا فراورده‌های سمّی ناشی از سوختن این روغنها از سیستم ورود هوای کابین، بداخل هواپیما نفوذ کنند.

References

1. Quntick HR (1985). Aviation in crop protection, pollution and insect control, P.57. London Collins Professional and Technical Books.

2. World health organization (1975). WHO chronicle 29, 397, 401.

3. Doull T, Klaassen CD, and Andrews MD (1980). Casarett and Doulls Toxicology. The Basic Science of Poisons, 2 ed. New York Macmillan Publishing.

4. Quantick HR (1985). Aviation in crop protection, pollution and insect control, London: Collins Professional and Technical Books.

www.SID.ir