

Biološki agensi

Centri za kontrolu bolesti (Centers for Disease Control - CDC) razvrstali su biološke agense prema širenju i smrtnosti. Vlada SAD smatra potencijalnim oružjem one agense koji su postojaniji, pouzdaniji, efikasniji i agense koji se lako šire.

Najčešće pominjani kao biološko oružje koje se razvija su antraks, botulizam, kuga, varicela, tularemija (mišja kuga) i varijeteti hemoragične groznice.

Veličina bakterija se kreće od 0,3 do 35 mikrona u prečniku. Virusi su od 0,01 do 0,3 mikrona. Da bi se dočarala stvarna veličina jedne bakterije ili virusa, reći ćemo da tačka na kraju ove rečenice ima prečnik od oko 300 mikrona.

Ako se bakterijski i virusni agensi raspršuju, čestice aerosola lebde poput magle u vazduhu. Čestice aerosola veličine između 0,5 i 5 mikrona obično ostaju u plućima. Manje čestice mogu biti udahnute, ali većina njih može biti izdahnut. Čestice veće od 5 do 10 mikrona smeštaju se u nosnim putevima ili u dušniku i ne dospevaju do pluća. Čestice aerosola veće od 15 do 20 mikrona imaju veću brzinu taloženja teže da se spuste do tla.

Drugi oblik biološkog oružja je toksin. Predstavlja ga svaka otrovna materija koju mogu proizvesti životinja, biljka ili mikrobi. Toksini, za razliku od bakterija i virusnih agenasa, nisu živi organizmi i ne reprodukuju se.

Samo je jedna klasa lako proizvedenih toksina, trichotecene mycotoxins, aktivna na koži. Zato je najpogodniji način prenošenja putem aerosola, koji se udiše sa vazduhom, zagađene hrane ili vode (mada je to teško kada je voda hlorisana, kao i zbog efekata rastvaranja).

Pošto se najčešće koriste kao respirativni aerosoli, toksini su, kao efikasno bio-oružje za masovno ranjavanje, ograničeni svojom otrovnošću i lakom proizvodnjom. Većina manje otrovnih agenasa ne može biti proizvedena u dovoljnoj količini na današnjem nivou tehnologije. Stabilnost toksina nakon raspršavanja takođe je faktor koji dalje ograničava njihovu efikasnost kao oružja.

Teško je razviti detektore toksina u stvarnom vremenu, iz nekoliko razloga. Za razliku od hemijskih sredstava koja se mogu otkriti za nekoliko sati, toksini treba da budu otkriveni na jednom mestu u vazduhu i za samo nekoliko minuta. Staviše, detektori toksina (sa današnjom tehnologijom) trebalo bi da imaju osobinu da odrede

BIBLID 0350-1426 (2003) 32:1 p. 65-68
UDK 628.336.42

ODBRAMBENA FILTRACIJA

James D. Miller, dipl. inž.,
„Syska Henessy Group“,
Vašington, SAD

Sistem za filtraciju vazduha u zgradi može služiti kao značajna odbrambena komponenta za vreme hemijskog i/ili biološkog vazdušnog napada iz nekog spoljnog izvora. Ovaj članak ima cilj da pomogne vlasnicima i projektantima zgrada u analizi opasnosti i u donošenju odluka. U njemu je izložen uvod u biološke i hemijske agense koji bi bili najverovatnije korišćeni u terorističkom napadu. Razmatraju se zaštitni sistemi KGH, kao i vazdušni filtri pogodni za upotrebu u hemijskoj i biološkoj areni. Unutrašnje oslobađanje direktno u zatvoreni prostor predstavlja dodatni izazov i rešenja koja su izvan tematskog okvira ovog članka.

Ključne reči
hemijski i biološki napad iz vazduha; odbrambena filtracija; zaštitni sistemi KGH; hemijsko oružje
Key words
airborne chemical and biological attack; defensive filtration; HVAC system safeguards; chemical weapons

toksin i da ga razlikuju od drugih organskih materija u vazduhu.

Po pravilu, postupak dekontaminacije, preporučen za sredstva hemijskog ratovanja, uništava toksine. Belilo u domaćinstvu, različite koncentracije i izloženosti, uništava većinu toksina. Sapun i voda, ili čak samo voda, mogu biti efikasni u uklanjanju većine toksina sa kože, odeće ili opreme.

Hemijsko oružje

Hemijsko oružje koje bi mogli da koriste teroristi kreće se od ratnih sredstava, do otrovnih industrijskih hemikalija. Jednom napravljeno, hemijsko oružje može da traje od nekoliko meseci, do 50 godina, u zavisnosti od njegove čistoće i načina skladištenja. Metode korišćenja obuhvataju sredstva koja ne mogu eksplodirati, kao što su otvoreni gasni cilindar, otvoreni kontejner sa tečnim sredstvom ostavljenim da isparava, generator aerosola, rezervoari spreja, ili mala eksplozivna punjenja.

Uopšte, kada su izloženi uticaju vremena, agensi hemijskog oružja teže da se raspadaju ili da se razlažu bez učešća čoveka. Vreme obično varira od nekoliko sati do nekoliko nedelja.

Kategorije vojnog hemijskog oružja su: nervni agensi, krvni agensi, sredstva koja izazivaju plikove ili gušenja, suzavci, sredstva koja onesposobljavaju, psihohemikalije ili industrijska hemijska sredstva. Neki agensi su gasovi, dok ostale treba primenjivati kao aerosole. Razmatranje potencijalnih industrijskih hemikalija koje bi se mogle koristiti u terorističkom napadu - izlazi iz okvira ovog članka.

Zaštitni sistemi KGH

Mnoge konstrukcije osobine sistema KGH mogu pomoći u zaštiti od prodora i/ili cirkulacije opisanih hemijsko-bioloških sredstava kroz sistem za obradu vazduha. Pomenućemo najvažnije.

- Kanali za dovod i odvod vazduha u svakom prostoru za okupljanje ljudi treba da budu opremljeni brzo zatvarajućim izolacionim žaluzinama. Ti poklopci se mogu ručno pokretati iz stalno posejanim stražarnicama smeštenih na svakom ulazu. Posebni odvodni sistemi opslužuju svaki takav prostor.
- Pritisak vazduha u zonama bez ljudi treba da bude neznatno pozitivan, za razliku od zona sa ljudima. Zone bez ljudi treba da budu regulisane tako da se

obezbedi neznatan pozitivan pritisak u odnosu na spoljašnju sredinu.

- Otvore za uzimanje spoljašnjeg vazduha smestiti na vrh zgrade, ili u prizemlju ako ono ima obezbeđenje. Oni mogu biti formirani od punih i čvrstih zidova koji se nalaze oko svakog ulaznog otvora, sa mrežom za zaštitu od ptica sa gornje strane i snabdeveni širokougaonim kamerama i osvetljenjem.
- Za ventilaciju stepeništa u slučaju opasnosti, sa ulazni otvorom na donjem nivou, mogu se instalirati filtri HEPA u kanale, uključujući modifikaciju za svaki postojeći ventilator. Viši stepen filtracije može se opravdati kritičnom prirodnom stepeništa i koncentracijom ljudi u zatvorenim zonama kada se one koriste kao izlaz u slučaju opasnosti. Spore antraksa je teško ukloniti sa velike površine, kao što su stepeništa. Nedeljno ili višenedeljno zatvaranje stepeništa bi zatvorilo celu zgradu zbog neodgovarajućeg izlaza.
- Instalirati vazdušne filtre u svaki sistem za obradu ulaznog i optičnog vazduha. Izabrati filtre koji odgovaraju pretpostavljenim vrstama hemijske odnosno biološke opasnosti. Filtarska grupa može biti instalirana u seriji sa glavnom jedinicom za neprekidnu filtraciju vazduha, ili u bajpasu za hemijsko-biološku filtraciju.

Efikasna hemijsko-biološka detekcija kao deo automatskog niza operacija u ventilacionim sistemima u zgradi još nije na raspolaganju. Otkrivanje hemijskih sredstava je ograničeno zbog nedostataka vremena za reakciju, pogrešnih alarma, širokog spektra sredstava na koje reaguju, kao i održavanja. Detekcija bioloških sredstava nije na raspolaganju u realnom vremenu.

Filtracija vazduha i dodaci

Pored zaštitnih sistema KGH, filtracija vazduha može da pruži drugu liniju odbrane od hemijsko-bioloških opasnosti. Opisujemo tri glavne vrste filtera koji imaju osobine pogodne za hemijsko-biološku filtraciju. Osim toga, postoje različiti hibridni dodaci ovim filterima.

Filtri HEPA

Filtre HEPA (High-Efficiency Particulate Filter) razvila je za vreme Drugog svetskog rata Komisija za atomsku energiju SAD, da bi se iz istraživanih prostora uklonile čestice radioaktivne prašine. Danas se filtri HEPA koriste protiv nuklearnog zagađenja, azbestne prašine, za hirurške uređaje, za čiste sobe, kompjuterske prostorije i druge kritične zone koje imaju potrebu za visokoefikasnom filtracijom vazduha.

Filtracioni medijum je stakleni mikrovlaknasti papir, nabran sa obe strane, savijen u cik-cak izdvojen naboranim aluminijumskim rebrima između slojeva i smeštene u drveni ili metalni ram. Ta vrsta filtra može da funkcioniše u uslovima do 100% rel. vl. i do najmanje 121°C. Ti filtri su 99,97% efikasni u odnosu na čestice čiji je prečnik 0,3 mikrona.

Istorijski gledano, izračunato je da je veličinu čestice od 0,3 mikrona najteže izdvojiti filterima (ne veća niti manja). Iz tog razloga su filtri HEPA rangirani prema toj veličini čestica. Filtri HEPA su efikasniji sa česticama većim od 0,3 mikrona, pa su poboljšanja u proizvedenim medijima dovela do veće efikasnosti.

Prečnici najpoznatijih bakterija kreću se od 0,2 do 5 mikrona. Virusi su veličine između 0,01 i 0,3 mikrona. Međutim, pošto virusi traže „domaćina“ da bi živeli, oni

su obično prilepljeni za neku bakteriju ili neki drugi veliki objekat kao što je vodena kap (0,5 do 5,0 mikrona).

Standardni filtri HEPA imaju početni pad pritiska od 250 Pa, pri 1,3 m/s čeoone brzine. Filtar HEPA velikog kapaciteta ima pad pritiska od 350 Pa, pri 2,5 m/s, sa istim kvalitetom filtracije vazduha. Prljavi filtri imaju se u praksi menjaju kada pad pritiska vazduha dostigne vrednost između 500 i 570 Pa.

Filtri HEPA mogu se instalirati ili u bočno kućište (vreća spolja/unutra ili jednostavan klizač spolja/unutra), ili ubacivanjem sa prednje strane sa naslonom na potpornu rešetku. Zaptivanje između tela filtra i kućišta je ili pomoću zaptivača, ili gela. Zaptivanje filtra i kućišta zaptivačem poboljšava se mehanizmom za potiskivanje koji pritiskuje filter prema kontinualno ravnoj površini okvira na unutrašnjoj strani kućišta, koje odgovara obodnom zaptivaču na filteru. Tehnika zaptivanja zaptivačem je konvencionalan metod zaptivanja filtera u kućištima za KGH i smatra se pouzdanim.

Zaptivanje između filtra i kućišta gustim fluidom (gelom) vršiće kontinualnim sečivom noža na unutrašnjoj strani kućišta, koje se uklapa u kanal na periferiji napunjen gelom, na licu filtra. Da bi pojačao zaptivanje, mehanizam za pritiskivanje pritiskuje filter ka sečivu noža. Sečivo prodire u gel, pa na licu filtra nastaje jednoobrazan zaptivač. Za kontinualnu primenu u slučaju velikog rizika, izuzetno se koristi kućište sa sigurnom plastičnom vrećom u koju se ulaže prljavi filter bez dodira sa spoljnom sredinom.

Visokoefikasni filtri

Visokoefikasni filtri su konstruisani slično filterima HEPA, osim što je okvir u obliku vreće ili u konfiguraciji klina. Konstrukcija vrećastih filtera nije tako čvrsta kao klinastih filtera. Zbog toga je malo verovatno je da će za vreme zamene i izvlačenja filtera uhvaćene čestice dospeti u ambijentni vazduh.

Efikasnost filtracije kreće se od 90 do 99% za bakterije antraksa (1 mikron) i skoro 100% za njegove spore (2 mikrona), koja je ponešto slična efikasnosti filtera HEPA (99,97% u odnosu na 1 mikron). Međutim, za manje patogene bakterije i vodene kapi koje nose viruse velike između 0,2 i 0,5 mikrona, efikasnost opada na 60 do 95%. Ovi filtri ne mogu štititi od napada hemijskim gasom.

Pri brzini od 2,5 m/s, pad pritiska čistog filtra kreće se od 40 do 25 Pa, u zavisnosti od efikasnosti i klinastog ili vrećastog filtra. Na raspolaganju su kućišta sa bočnim pristupom ili sa prednje strane. Sa poboljšanjem efikasnosti filtracije, trebalo bi razmotriti zaptivanje između kanala i kućišta.

Ovi filtri su jeftina alternativa filterima HEPA, kada se ne zahteva vrlo visoka filtracija submikronskih čestica (manjih od 1,0). Oni koštaju manje, nameću niži pad pritiska vazduha za motor ventilatora i manje intervencije na postojećim sistemima za obradu vazduha. Tom prilikom trebalo bi izvršiti analizu radi procene smanjenja protoka vazduha u sistemu.

Filtri sa aktivnim ugljem

Pre govora o aktivnom uglju, potrebno je razumeti kako ugalj to radi sa mirisima, gasovima i parom. Aktivni ugalj adsorbuje (ne apsorbuje) mirise i pare iz vazduha. Kada

jedan materijal adsorbuje nešto, on ga vezuje molekularnim silama. Ogromna površina aktivnog uglja daje mu veliku vezivnu moć. Kada mirisi i pare prelaze preko površine aktivnog uglja, oni se vezuju za površinu uglja. Da bi ih aktivni ugalj apsorbovao, mirisi i pare bi trebalo da budu difundovani u aktivni ugalj, a ne jednostavno priljubljeni uz njegovu površinu.

Najčešće supstance koje se koriste kao osnovni materijali za proizvodnju uglja su drvo, ugalj i ljuske kokosovog oraha. Ovi osnovni materijali su izloženi karbonizaciji, odnosno procesu zagrevanja, pri čemu je taj materijal izložen visokim temperaturama koje isteruju sve volatile.

Aktivirati ugalj znači izložiti ga naknadno toploti i parnom tretmanu. Aktivacija uglja je ono što mu daje jedinstvene adsorpcione karakteristike.

Aktivacijom se stvara ugalj visoke poroznosti, koja obezbeđuje velike površine za adsorpciju. Impregnacija uglja specijalnim hemikalijama čini ga efikasnijim adsorbentom.

Aktivni ugalj adsorbuje svojom površinom. Kada više ne ostane slobodne površina za adsorpciju njegova efikasnost je iscrpljena. Velike količine uglja traju duže od malih količina, jer imaju veću površinu za adsorpciju. Što je duže vreme dodira aktivnog uglja sa zagađivačem, veće su šanse za adsorpciju. To vreme kontakta zove se rezidencija i meri se sekundama. Tipično vreme rezidencije kreće se između 0,1 i 0,3 sekunde za neindustrijsku primenu.

Deblji ugljeni filtri su bolji za adsorpciju. Ako zagađivač putuje kroz dugi lavirint aktivnog uglja, njegove šanse da budu adsorbivane su veće. Granulisan aktivni ugalj je efikasniji od 25 do 50 mm debelog sloja impregnisanog uglja.

Granulisani aktivni ugalj ima veću površinu za adsorpciju od impregniranog uglja u sloju (u vidu jastuka). Isto tako, impregnirani jastuci moraju se češće menjati.

Široko zasnovan hemijski dodatak koji se obično koristi je ASZM-TEDA (bakar, srebro, cink i molibden-trietilen-diamin). Ministarstvo odbrane i Ministarstvo inostranih poslova SAD smatraju ga najefikasnijim kolektivnim sredstvom filtracije za industrijske i vojne hemikalije, kada se koriste u sprezi sa odgovarajućim vremenom rezidencije preko sloja ugljenika. Pri brzini od 1 m/s, pad pritiska je obično 400 Pa. Suprotno filtrima za čestice, pad pritiska za ugljenične filtre ostaje konstantan tokom upotrebe.

Zbog vezivanja toksina pri delovanju ugljeničnih filtera, ti filtri su najčešće smešteni u kućišta od nerđajućeg čelika, u konfiguraciji sa bočnim pristupom. Za industrijsku primenu ugljeničnih filtera, kućišta za HEPA i ugljenične filtre su povezana u jednu bočno-pristupnu jedinicu sa zasebnim vratima. To kućište može biti ili tipa vreća-unutra/vreća-spolja, ili ne-vreća-unutra/ne-vreća-spolja. Aranžman vreća-unutra/vreća-spolja koristi se za smanjenje izlaganja štetnom zagađivanju, za vreme zamene i tretiranja prljavih filtera. Kućište obuhvata rebrast prsten iza pristupnih vrata, preko koga je navučena PVC vreća. Jednom pošto su instalirani početni filtri i navučena prva vreća, svim filtrima se rukuje kroz vreću. Zaptivanje između tela filtra i kućišta je ili pomoću zaptivača, ili gela. Gel se smatra najboljim zaptivnim sredstvom u slučajevima velikog rizika.

Ugljenični „poslužavnici“, veličine 609 x 609 x 305 mm, teški su oko 72 kg svaki. Zbog toga se poslužavnik dubok 609 x 305 x 305 mm, nudi sa bočnom platformom da bi se olakšala zamena filtra postavljenog na visini. Stroga koordinacija između arhitektonskog plana prostora i podnih nosača potrebna je za ugljenične filtre i kućišta, zbog njihove povećane težine. Ovaj stepen filtracije pruža veći stepen preživljavanja u slučaju najpoznatijih hemijsko-bioloških napada.

Antimikrobiološki filtri

Nekoliko proizvođača filtera nudi malo efikasne i srednje efikasne filtre, uz primenu antimikrobiološkog sredstva. Međutim, u industriji ne postoji saglasnost za preporučivanje ovih filtera za primenu drugde bilo gde osim u stambenom sektoru. Za uništenje mikroorganizama potreban je direktan kontakt sa antimikrobiološkim agensima. Taloženje prašine onemogućava direktan kontakt sa antimikrobiološkim sredstvom. Nema dokaza da su mikroorganizmi koji su smešteni nizvodno u filterarskom medijumu onemogućeni ili uništeni.

Emiteri ultraviolettne svetlosti

Ultravioletna svetlost je ona između vidljivog spektra i X-zraka u elektromagnetnom spektru. Naučnici su UV svetlost razvrstali na tri širine opsega. U-A, takođe poznato kao crna svetlost, ima veću talasnu dužinu, sa malom moći prodora u telo. Izlaganje toj svetlosti izaziva preplanulost kože, a koristi se za medicinski tretman oštećene kože; generalno nije škodljiv. UV-B ima manju talasnu dužinu i veliku moć prodora u telo. Produženo izlaganje dovodi do raka kože i katarakte. UV-C ima specifičnu talasnu dužinu od 253,7 nanometra. Ono ima izuzetno malu moć prodiranja, budući da je apsorbivano spoljnim slojevima mrtve kože. Ta talasna dužina ne prodire u sočivo oka. Međutim, prekomerno izlaganje može izazvati crvenilo i nadražaj očiju. Zbog visoke izlazne vrednosti cevnih emitera svetlosti, proizvođači preporučuju ili prekidače, ili blokiranje kontakta pristupnim vratima. Prema Uputstvu NIOSH, izlaganje od 1 minuta na udaljenosti od 1 m od cevi, izaziva nadražaj očiju.

UV-C se koristi već više od 50 godina, kao germicid u zdravstvu, u procesiranju hrane i u industriji koja obrađuje otpad. UV-C prodire u sve bakterije, viruse i buđ, modifikujući njihov DNA, koji sprečava reprodukciju mikroorganizama i vodi ka njihovom uništenju.

Germicidna efikasnost (stepen ubijanja) u direktnoj je vezi sa primenjenom dozom UV zračenja, koja je funkcija vremena (sekundi) i radijacije (mikrovat na kvadratni santimetar). Jedinica za merenje nivoa izloženosti je mikrovat u sekundi na kvadratni santimetar.

Emiteri UV-C prvi put su korišćeni u industriji KGH pre oko 6 godina, za čišćenje posuda za odvod kondenzata i lamelastih hladnjaka u velikim jedinicama za obradu vazduha. U poslednje vreme se javlja interes za primenu emitera UV-C kao zaštite od bioterorističkih napada. Mnoga istraživanja efikasnosti UV-C energije usmerena su ka mikroorganizmima u medicinskoj i prehrambenoj industriji, a ne prema retkim bakterijama korišćenim u bio-oružju. Na osnovu različitih izveštaja, antraks u bakterijskom obliku zahteva 5-9 hiljada mikrovat u sekundi na kvadratni santimetar da bi se ubio, dok je u obliku spora potrebno 22.000.

Proizvođači nude modele emitera UV-C pogodne za primenu ili za instalacije sa velikim plenumima. Obično se preporučuju za upotrebu u struji vazduha čija je temperatura iznad 7°C (izlazna vrednost energije lampe je smanjena 15%, na 0°C) mada ona nešto varira zavisno od proizvođača. Preporučena brzina vazduha iznosi 1,5 do 2 m/s. Na 2,5 m/s, potrebno je manje rastojanje između cevi. Kao i sa običnim sijalicama, prljava površina smanjuje izlaznu vrednost. Trajanje lampe od tipičnih 609 mm i cevi UV-C od 70 W, iznosi približno godinu dana neprekidne upotrebe. Prednosti su: ograničena moć, uništavanje mikroorganizama u struji vazduha koja prolazi pored svetlosnih cevi i moć dezinfikovanja površine filtera. Međutim, filteri HEPA, zbog svoje dubine i gustine, ne mogu biti dezinfikovani korišćenjem emitera UV-C.

Zbog već opisanih varijabli, koje utiču na moć emitera UV-C da ubijaju, oni bi trebalo da budu smatrani samo kao dodaci filterima za vazduh u svrhu odbrane od bioterizma.

Elektrostatički prečištači vazduha sa UV emiterima

Ovaj hibridni filtracioni sistem sastoji se od niskonaponskog elektrostatičkog prečištača vazduha, sa emiterom UV-C instaliranim ispred elektrostatičkog filtera. Prečištač vazduha je na raspolaganju u različitim veličinama modula, u ravnoj ili konfiguraciji sa pristupom bočno ili sa lica. Pri brzini od 2,5 m/s, pad pritiska je oko 40 Pa za čisti

filter. Njegova efikasnost filtracije iznosi oko 95% za čestice od 1 mikrona, a za čestice od 0,5 do 0,3 mikrona, njegova efikasnost opada na 75% odnosno 33%. Obično se koristi na nekoliko načina, uključujući regulaciju zagađivača u laboratorijama i bolnicama i uklanjanje duvanskog dima u ugostiteljstvu.

Prečištač vazduha koristi visokonaponsko niskostrujno DC punjenje, kojim se neprekidno napaja metalna mrežica postavljena u sredini jastuka od filteraskog medijuma za jednokratnu upotrebu, debelog od 25 do 50 mm.

To stvara elektrostatičko polje između centra jastuka i okvira filtera. Takvo snažno polje polarizuje površinsko punjenje vlakana medijuma jastuka kao i čestica uvučenih u filter. Polarizovane čestice su onda privučene i uzajamno spleljene za polarizovana vlakna, i na taj način uklonjene iz struje vazduha. Tako je filteraski medijum male gustine u stanju da dostigne visoku efikasnost sa malim padom statičkog pritiska. Filteraski jastuci se menjaju otprilike svakih šest meseci. Jednom uhvaćeni na medijumu, patogeni organizmi se inaktiviraju osvetljenjem UV-C.

Rezime

Primena rešenja filtracije razmatranih u ovom članku, zajedno sa drugim zaštitnim sistemima KGH, smanjiće verovatnoću gubitka života i masovnog zagađenja instalacije biološkim i/ili hemijskim zagađenjem strujom

James D. Miller, P .E., B. Sc.

DEFENSIVE FILTRATION

Summary

A building's air filtration system can serve as a significant defense component during an airborne chemical and/or biological attack from an external release. To assist building owners and designers in risk analysis and management decisions, this article provides a general introduction to biological and chemical agents considered most likely to be used in a terrorist attack. HVAC system safeguards are discussed, followed by a description of air filters suitable for use in the chemical and biological arena. An internal release directly to the indoor environment poses additional challenges and solutions that are beyond the scope of this article.