

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Andrius Žukas

SAUGUS STATYBINIŲ PRODUKTŲ PANAUDOJIMAS
PRIEŠGAISRINIŲ POŽIŪRIU

Mokomoji knygelė

Vilnius "Technika" 2005

Pratarmė

Sparčiai augant Lietuvoje statybų rinkai, įsisavinant naujas gamybos technologijas ir medžiagas, nesilaikant darbų bei gaisrinės saugos reikalavimų, atsiranda vis didesnis poreikis nustatyti, ar naudojamos pamatuose medžiagos yra saugios ir nekelia pavojaus ne tik normaliomis sąlygomis, bet ir kilus gaisrui. Medžiagos yra labai įvairios, todėl norint apsaugoti žmones nuo juos supančių medžiagų kenksmingo poveikio bei kylančio pavojaus gaisro metu, reikalinga žinoti jų savybes bei ir žinoti, kai išvengti kylančio pavojaus.

Mokomosios knygos pirmame skyriuje pateikta statybos produktų panaudojimą reglamentuojantys dokumentai, pateikta saugių medžiagų panaudojimo statyboje principai ir užtikrinimo sistema.

Antrame skyriuje analizuojamas statybinių medžiagų gaisrinis pavojingumas pagal Lietuvoje įgyvendintą statybinių produktų degumo klasifikaciją, aptariamas medžiagų bei statybinių konstrukcijų skirstymas į klases, tokio klasifikavimo privalumai bei trūkumai.

Trečiame skyriuje nagrinėjamas statybinių medžiagų toksiškumas, kuris yra vienas iš naujosios degumo klasifikacijos sistemos trūkumų. Aptariamos pavojingiausios gaisrų metu išsiskiriančios medžiagos, jų poveikis žmogui, bei toksiškumo vertinimo principai.

Autorius tikisi, kad mokomojoje knygoje pateikta medžiaga ir nagrinėjamos problemos bus naudingos praktiniu požiūriu studentams, studijuojantiems tiek statybos, tiek priešgaisrinėje srityje.

Autorius

TURINYS

1. STATYBOS PRODUKTŲ PANAUDOJIMO NORMATYVINĖ BAZĖ	4
1.1 BENDROSIOS ŽINIOS APIE STATYBOS PRODUKTŲ DIREKTYVĄ (SPD)	4
1.2 DIREKTYVOS SUDĖTIS	4
1.2.1. <i>ESMINIAI REIKALAVIMAI</i>	5
1.2.2. <i>AIŠKINAMIEJI DOKUMENTAI</i>	8
1.2.3 <i>DARNIEJI STANDARTAI</i>	9
1.2.4. <i>EUROPOS TECHNINIS LIUDIJIMAS</i>	9
1.2.5. <i>ATITIKTIES PATVIRTINIMAS</i>	10
1.2.6. <i>EB ATITIKTIES ŽENKLAS</i>	10
1.2.7. <i>EB ATITIKTIES SERTIFIKATAS</i>	11
1.2.8. <i>EB ATITIKTIES DEKLARACIJA</i>	11
1.3 STATYBOS PRODUKTŲ DIREKTYVOS ĮTEISINIMAS LIETUVOJE.....	12
2. STATYBOS GAMINIŲ, KONSTRUKCIJŲ IR ELEMENTŲ GAISRINIS KLASIFIKAVIMAS IR SAUGUS PANAUDOJIMAS.....	15
2.1 KLASIFIKAVIMAS PAGAL DEGUMO BANDYMŲ DUOMENIS	17
GAMINYS SKATINA DEGIMĄ	18
2.2 PRIELAIDOS	18
2.1 KLASIFIKAVIMAS PAGAL ATSPARUMO UGNIAI BANDYMŲ DUOMENIS	19
2.3 KLASIFIKAVIMAS PAGAL IŠORINIO UGNIES POVEIKIO STOGAMS BANDYMŲ DUOMENIS	21
2.4 DEGUMO BEI ATSPARUMO UGNIAI BANDYMŲ PRINCIPAI.....	22
3. TOKSIŠKŲ MEDŽIAGŲ PAVOJINGUMAS GAISRO METU	25
3.1 LAKIOS TOKSINĖS DALELĖS IŠSISKIRIANČIOS DEGANT POLIMERINĖMS MEDŽIAGOMS.....	26
3.3 DEGIMO PRODUKTŲ TOKSIŠKUMO ĮVERTINIMO PRINCIPAI PAGAL CHEMINĖS ANALIZĖS DUOMENIS	41
3.4 DEGIMO PRODUKTŲ TOKSIŠKUMO BIOLOGINIO ĮVERTINIMO KRITERIJAI	48
3.4.1 <i>MAŽO MASTELIO MEDŽIAGŲ BANDYMAI IR BENDRIEJI REIKALAVIMAI</i>	48
3.4.2 DEGIMO PRODUKTŲ NUODINGO POVEIKIO RODIKLIAI	52
3.4.3 MEDŽIAGŲ PALYGINAMOJO ĮVERTINIMO PRINCIPAI.....	55
3.5 DEGIMO PRODUKTŲ GAISRINIO PAVOJINGUMO ĮVERTINIMO METODAI ŠIANDIENA	60
LITERATŪRA:	64

1. Statybos produktų panaudojimo normatyvinė bazė

1.1 Bendrosios žinios apie Statybos produktų direktyvą (SPD)

Kam skirta SPD

Statybos produktų direktyva skirta užtikrinti vieną iš šešių Europos Bendrijos laisvių – laisvą prekių judėjimą. Ji skirta reglamentuoti statybos produktus, kuriuos galima naudoti visose Europos Sąjungos šalyse. Esminiai reikalavimai nustato reikalavimus statiniams.

Kam taikoma SPD

Statybos produktų direktyva taikoma statybos produktams. Statybos produktas – tai bet koks produktas, kuris yra pagamintas ir skirtas nuolat įmontuoti statiniuose, tarp jų ir pastatuose ir inžineriniuose statiniuose.

Kada SPD priimta, kokiomis sąlygomis

Statybos produktų direktyva priimta 1989 m. ir yra viena iš trijų pirmųjų naujojo požiūrio direktyvų. Priėmimo metu Europos sąjungoje nebuvo nei reglamento, nei direktyvos apie CE ženklimą. ISO moduliniu požiūriu nesivadovauta. Priėmimo metu direktyvos taikymui praktiškai nebuvo jokio poreikio, nes statybos produktai nebuvo transportuojami daugiau kaip 50-100 kilometrų. Direktyva buvo teorinė.

SPD gerokai nebeatitinka šiandienos padėties, tačiau dėl politinių priežasčių priimtas tik vienas pakeitimas. Šiuo metu direktyva pradeda realiai veikti.

Kuo SPD ypatinga, kuo skiriasi nuo kitų naujojo požiūrio direktyvų?

Direktyvoje nėra tiesioginių reikalavimų produktams. Direktyva neįgyvendinama be darnųjų techninių specifikacijų. Atitikties įvertinimo schemos sutinkamos tik šioje direktyvoje. Statybos produktų direktyvoje nustatyta techninių liudijimų galimybė – taip pat unikali.

Direktyvos įgyvendinimas

SPD įgyvendinimas galimas dviem etapais:

- 1) Įteisinimas – direktyva tiesiogiai negalioja. Niekur nėra nustatyta, kaip kiekviena šalis turi įteisinti direktyvą. Tačiau komisija rūpinasi, kad ji būtų įteisinta kiek įmanoma vienodžiau.
- 2) Įgyvendinimas per pagalbinius teisės aktus, standartus, infrastruktūrą, veiksmus ir priemones. Būtina pabrėžti, kad įgyvendinant SPD, yra laikomasi taip vadinamos “tinkamumo prezumpcijos”, kuria apibūdinamas statybos produkto tinkamumas naudoti pagal paskirtį įvertinimas. Kitaip tariant daroma prielaida, kad statybos produktas tinkamas naudoti pagal paskirtį, jei jis atitinka: darnųjį standartą, Europos techninį liudijimą, nacionalinį standartą (jei pirmųjų dviejų nėra). Kai nėra nei vienos paminėtos techninės specifikacijos, gali būti naudojami kiti įvertinimo būdai.

1.2 Direktyvos sudėtis

Bendruoju atveju Europos Sąjungos statybos produktų direktyvos taikymą galime pavaizduoti kaip pateikta 1 pav.

Direktyvoje naudojama sąvoka “statybos produktas” - tai bet koks produktas, kuris yra pagamintas ir skirtas nuolat įmontuoti statiniuose, tarp jų ir pastatuose ir inžineriniuose statiniuose. “Statybos produktai” toliau tekste “produktai”; statiniai, įskaitant inžinerinius statinius toliau tekste vadinamus “statiniais”.

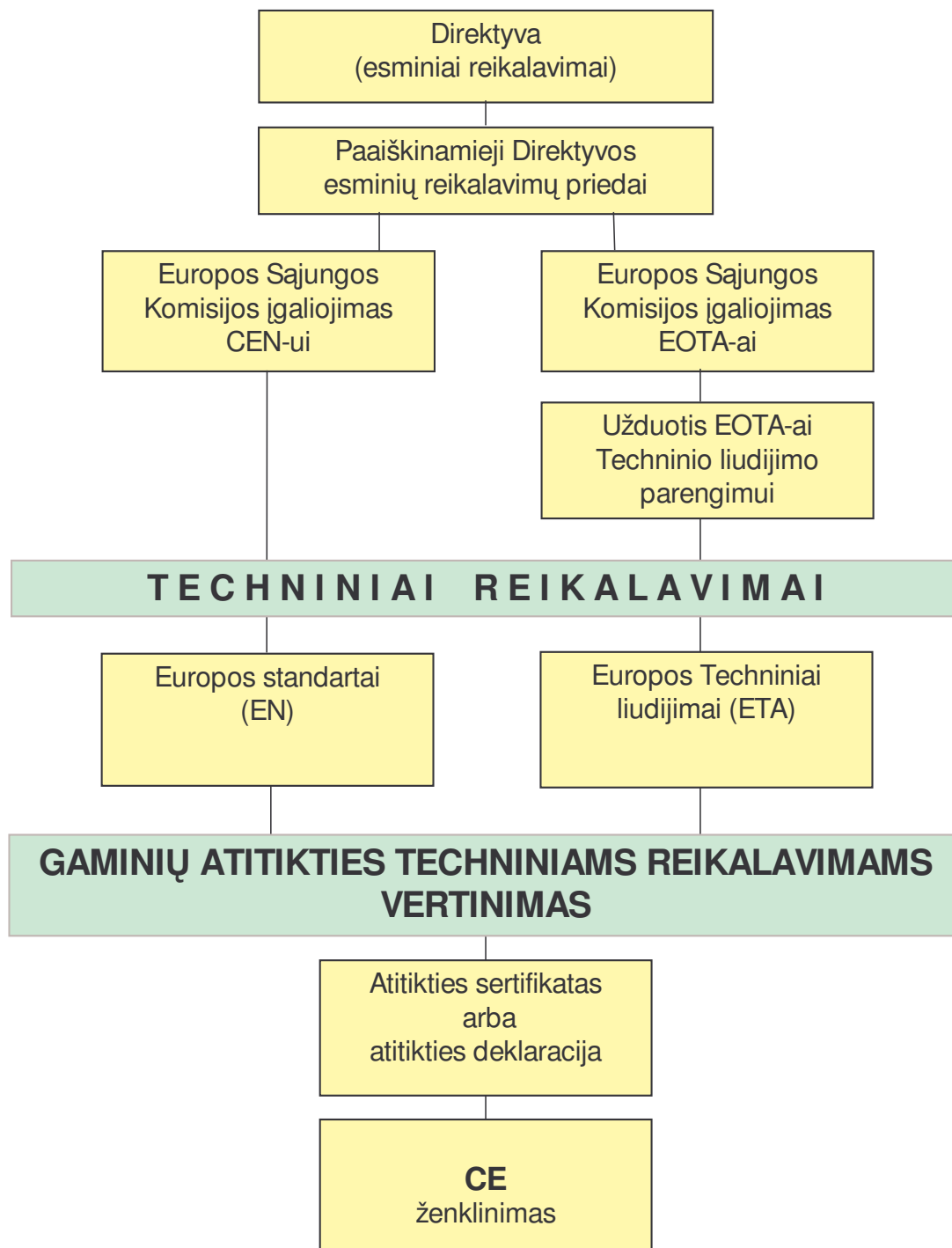
Valstybės narės imasi visų būtinų priemonių užtikrinti, kad produktai, kurie numatyti naudoti statiniuose, galėtų būti teikiami rinkai tik su sąlyga, jeigu jie tinka numatytam tikslui, tai yra, jų charakteristikos yra tokios, kad statiniai, į kuriuos jie bus įmontuojami, surenkami, pritvirtinami

arba instaliuojami, gali, jeigu jie tinkamai suprojektuoti ir pastatyti, **tenkinti esminius reikalavimus**, kai tiems statiniams tokius reikalavimus reglamentuoja norminiai aktai.

Toliau pateikiami esminiai reikalavimai, taikomi statiniams, kurie gali turėti įtakos produkto techninėms charakteristikoms.

1.2.1. Esminiai reikalavimai

Statybos produktų direktyva taikoma statybos produktams tiek, kiek jie susiję su esminiais reikalavimais statiniams. Direktyvoje yra paminėti šeši esminiai reikalavimai taikomi statybos produktams. Trumpai paminėsime visus esminius reikalavimus ir juos apibūdinsime:



1 pav. Europos Sąjungos statybos produktų direktyva

1) *Mechaninis atsparumas ir patvarumas*

Statiniai turi būti projektuojami ir statomi taip, kad apkrovos, kurios gali veikti statybos metu ir juos naudojant, nesukeltų:

viso statinio arba jo dalies griūtis;

didelių už leistinas deformacijų;

žalos kitoms statinio dalims, įrenginiams ar sumontuotai įrangai dėl didelių apkrovos laikančios konstrukcijos deformacijų;

žalos, kurios pasekmės yra neproporcingos ją sukėlusiai pirminei priežastčiai.

Mechaninis patvarumas ir pastovumas sąlygojamas konstrukcijų ribinės būklės. Ji skirstoma į kritinę ir eksploatacinę ribinę būklę.

Kritinei ribinei būklei priskiriamas įvairių konstrukcijų suirimas ar jam artima būklė:

- nepažeistos konstrukcijos ar bet kurios jos dalies laikančiųjų konstrukcijų griūtis;

- griūtis dėl didelių deformacijų ar sėdimų;

- konstrukcinės sistemos virtimas mechanizmu;

- staigi konstrukcijos griūtis;

- konstrukcijos ar bet kurios jos dalies, įskaitant atramas ir pamatus, stabilumo netekimas.

Eksploatacinė ribinė būklė atitinka konstrukcijos būklę, kai dėl specifinių kriterijų tolesnė konstrukcijų eksploatacija ar funkcionavimas neįmanomi:

eksploatacinė ribinė būklė - tai:

- neleistinos deformacijos ar poslinkiai, kurie trukdo normaliai statinių eksploatacijai arba sukelia aplaidos ar nelaikančiųjų elementų pažeidimus;

- neleistinos vibracijos, kurios sukelia diskomfortą žmonėms arba pavojų statiniams ar juose esantiems įrenginiams arba riboja jų funkcionalumą;

- neleistinas supleišėjimas.

2) *Sauga gaisro atveju*

Statiniai turi būti taip suprojektuoti ir statomi taip, kad kilus gaisrui:

- statinį laikančios konstrukcijos tam tikrą laiką išlaikytų apkrovą;

- būtų ribojamas ugnies bei dūmų susidarymas ir plitimas statinyje;

- būtų ribojamas gaisro plitimas į gretimus statinius;

- ugniagesiai gelbėtojai galėtų saugiai dirbti.

Gaisrinės saugos reikalavimai yra susiję su statinių išdėstymu teritorijose, statinio projektiniais sprendiniais, statybos produktų (medžiagų, konstrukcijų, komunikacijų, statinio inžinerinės, tarp jų gaisrinės įrangos) funkcionalumu (naudojimo savybėmis). Tokie reikalavimai paprastai nustatomi atskirai patalpų grupei (gyvenamosioms patalpoms, viešbučiams, salėms, biurams, gamybinėms patalpoms ir pan.), atsižvelgiant kiekvienu atveju į specifinį pavojų ten esantiems žmonėms ir specifinę gaisro riziką.

3) *Higiena, sveikata ir aplinka*

Esminis reikalavimas "Higiena, sveikata ir aplinkos apsauga" nustato, kad statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad nekeltų grėsmės statinyje ar prie jo būnantiems žmonėms (toliau - žmonės) dėl šių priežasčių:

- kenksmingų dujų išsiskyrimo;

- pavojingų dalelių ar dujų buvimo ore;

- pavojingos spinduliuotės;

- vandens ar dirvožemio taršos ir gyvųjų organizmų nuodijimo;

- netinkamo nuotėkų, dūmų, kietųjų ar skystųjų atliekų pašalinimo;

- drėgmės statinio dalyse ir jo dalių vidaus paviršiuose.

Statinio esminio reikalavimo "Higiena, sveikata ir aplinkos apsauga" įvykdymas užtikrinamas visuma reikalavimų ir priemonių, numatomų statinių sumanymo, projektavimo, statybos ir normalaus naudojimo metu, taip pat statybos produktų kokybiniais rodikliais. Šiuos reikalavimus ir priemones sąlygoja:

- vidaus aplinka;
- vandens tiekimas;
- nuotėkų šalinimas;
- kietųjų atliekų šalinimas;
- išorės aplinka.

4) Sauga naudojimo metu

Statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad, jį naudojant ir prižiūrint, būtų išvengta nelaimingų atsitikimų rizikos juo naudojantis arba jį eksploatuojant, pavyzdžiui, paslydimo, kritimo, susidūrimo, nudegimo, nutrenkimo ar sužalojimo elektros srove, sužeidimų dėl sprogo.

5) Apsauga nuo triukšmo

Statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad jame arba šalia jo esančių žmonių girdimas triukšmas neviršytų sveikatai pavojingo lygio ir sudarytų patenkinamas sąlygas miegoti, ilsėtis ir dirbti.

6) Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas

Statinys, jo šildymo, kondicionavimo, vėdinimo ir kiti įrenginiai turi būti suprojektuoti bei pastatyti taip, kad juos naudojant būtų kuo mažesnės energijos sąnaudos, atsižvelgiant į vietovės klimatinės sąlygas ir pastato naudotojų reikmes.

Gali būti taikomas vienas, keli arba visi šie reikalavimai; jų yra laikomasi per ekonomiškai pagrįstą eksploatavimo trukmę. Norint atsižvelgti į galimus geografinius skirtumus arba klimatinės sąlygas, arba gyvenimo būdą, taip pat kaip ir skirtingus apsaugos lygius, kurie gali vyrauti nacionaliniu, regioniniu arba vietiniu lygmeniu, kiekvienam esminiam reikalavimui gali tekti sukurti klases dokumentuose ir techninėse specifikacijose, tam, kad tų reikalavimų būtų laikomasi.

Esminiams reikalavimams suteikiama konkretaus dokumento forma (aiškinamieji dokumentai) tam, kad būtų sukuriama būtini ryšiai tarp esminių reikalavimų ir standartizacijos leidimų, leidimų, reikalingų Europos techniniam liudijimui gauti arba kitų techninių specifikacijų pripažinimui.

Šioje direktyvoje standartai ir techniniai liudijimai yra vadinami "techninėmis specifikacijomis". "Suderinti standartai" - tai techninės specifikacijos, priimtose CEN, Cenelec arba abiejų, Komisijai suteikus įgaliojimą pagal Direktyvą 83/189/EEB, remiantis Komiteto nuomone, ir laikantis bendrųjų nuostatų, susijusių su Komisijos ir šių dviejų įstaigų bendradarbiavimu, pasirašytu 1984 m. lapkričio 13 d.

Valstybės narės laiko produktus tinkamais naudoti pagal paskirtį, jeigu dėl jų naudojimo statiniai, su ta sąlyga, kad pastarieji yra tinkamai suprojektuoti ir pastatyti, atitinka esminius reikalavimus ir jeigu tokie produktai turi EB ženklą. EB ženklu turi būti nurodoma:

a) kad jie atitinka svarbiausius nacionalinius standartus, perkeldami į nacionalinę teisę suderintus standartus, į kuriuos nuorodos buvo paskelbtos Europos Bendrijų oficialiajame leidinyje. Valstybės narės skelbia nuorodas į šiuos nacionalinius standartus;

b) kad jie atitinka Europos techninį liudijimą, arba

c) kad jie atitinka nacionalines technines specifikacijas, jeigu suderintų specifikacijų nėra;

Valstybės narės gali siųsti Komisijai savo nacionalinių techninių specifikacijų tekstus, kurios jų manymu atitinka esminius reikalavimus. Komisija šias nacionalines technines specifikacijas nedelsdama siunčia kitoms valstybėms narėms. Ji informuoja valstybes nares apie tas nacionalines technines specifikacijas, kurioms galioja esminių reikalavimų atitikties prielaida.

Valstybės narės skelbia informaciją apie tas technines specifikacijas. Komisija jas taip pat skelbia Europos Bendrijų oficialiajame leidinyje.

Komisija sudaro, prižiūri ir periodiškai tikrina sąrašą, ir kuriuos bus leidžiama pateikti rinkai, turint gamintojo išduotą deklaraciją apie jų atitikimą pripažintai technologijos taisyklei.

Bendrijoje įsisteigusio gamintojo arba jo atstovo pareiga pritvirtinti EB ženklą ant paties produkto, ant jo etiketės, pakuotės arba ant jų lydraščių.

EB ženklo pavyzdys ir jo naudojimo sąlygos yra pateiktos 1.2.6 skyriuje. Produktams, kurie neturi didelės įtakos sveikatai ir saugai, EB ženklas nenaudojamas. Jei valstybės narės arba Komisijos nuomone suderinti standartai arba Europos techniniai liudijimai neatitinka direktyvos nuostatų, ta valstybė narė arba Komisija apie tai praneša komitetui, nurodytam 19 straipsnyje, pateikdama tokios nuomonės priežastis. Komitetas nedelsdamas pareiškia savo nuomonę.

Remdamasi komiteto nuomone ir pasitarusi su komitetu, sudarytu pagal Direktyvos 83/189/EEB nuostatas, dėl suderintų standartų, Komisija informuoja valstybes nares, ar tie standartai arba liudijimai turėtų būti atšaukiami.

Gavusi pranešimą, Komisija tariaisi su komitetu. Komisija praneša valstybėms narėms, ar svarstomoms techninėms specifikacijoms turi būti taikoma atitikties prielaida, ir, jei taip, paskelbia atitinkamą nuorodą Europos Bendrijų oficialiajame leidinyje.

Valstybės narės netrukdo produktų, kurie atitinka šios direktyvos nuostatas, laisvo judėjimo, teikimo rinkai ar naudojimo jų teritorijoje.

Valstybės narės užtikrina, kad šių produktų naudojimo pagal jiems numatytą paskirtį netrukdytų taisyklės arba sąlygos, kurias nustato valstybinės įstaigos arba privačios įstaigos, veikiančios kaip valstybinė įmonė arba kaip valstybinė įstaiga, remdamosi savo monopoline padėtimi.

Jeigu atitinkamose Europos techninėse specifikacijose nurodytais aiškinamaisiais dokumentais išskiriamos skirtingos klasės, atitinkančios skirtingus eksploatacijos lygius, valstybės narės gali nustatyti, kad jų teritorijoje eksploatacijos lygių būtų laikomasi tiksliai pagal klasifikacijas, kurios patvirtintos Bendrijoje, ir visose ar keliose arba vienoje klasėje.

Šioje mokomojoje knygelėje išsamiau nagrinėsime antrąjį esminį reikalavimą “apsauga nuo gaisro”, jo įgyvendinimą ir taikymą Lietuvoje, o taip pat gaisrinio pavojingumo aspektus, tačiau, kad tai suprastume, būtina trumpai susipažinti su bendraisiais statybos produktų direktyvos taikymo principais.

1.2.2. Aiškinamieji dokumentai

Kiekvienam Statybos produktų direktyvos (89/106/EC) esminio reikalavimo išaiškinimui bei siekdamas kaip galima geriau užtikrinti bendrą direktyvos veikimo principą tarp Komisijos ir valstybių narių bei tarp pačių valstybių narių, kompetentingos Komisijos tarnybos, turint omenyje Nuolatinio komiteto pirmininką ir sekretorių, gali išleisti paaiškinamuosius dokumentus, nagrinėjančių konkrečius klausimus, susijusius su direktyvos įgyvendinimu, praktiniu įgyvendinimu ir taikymu. Šie raštai nėra teisėtas direktyvos aiškinimas. Jie neturi juridinės galios ir jokia būdu nepakeičia ar nepataiso direktyvos. Kalbant apie procedūras, negali būti atmestos kitos direktyvą tenkinančios procedūros.

Šie raštai juridiniu, techniniu ir administraciniu požiūriu pirmiausia turėtų dominti asmenis, susijusius su direktyvos įtvirtinimu.

Jie gali būti toliau tobulinami, taisomi arba panaikinami ta pačia tvarka, kuria jie yra išleidžiami.

Aiškinamieji dokumentų paskirtis yra:

a) konkrečia forma pateikti esminius reikalavimus, derinant terminologiją ir techninę bazę bei nurodant klases arba lygius kiekvienam reikalavimui, kur tai reikalinga ir kur mokslo ir technikos žinios leidžia tai atlikti;

b) nurodyti metodus, kuriais tokios klasės arba reikalavimo lygiai susiejami su techninėmis specifikacijomis, pavyzdžiui, apskaičiavimo ir patikrinimo metodus, technines projektavimo taisykles ir t.t.;

c) būti informacijos šaltiniu rengiant suderintus standartus ir rekomendacijas dėl Europos techninio liudijimo ir nacionalinių techninių specifikacijų pripažinimo.

Aiškinamuosiuose dokumentuose vartojamų pagrindinių terminų apibrėžimai, pavyzdžiui:

- **apkrovos** - mechaninio pobūdžio veiksniai, veikiantys statinius ar statinių dalis ir galintys turėti įtakos tenkinant esminius reikalavimus;

- **laikančioji konstrukcija** - iš detalių surinkta konstrukcija, suteikianti statiniui mechaninį patvarumą ir stabilumą (toliau - konstrukcija);
- **poveikių statiniui galimos pasekmės** - dėl poveikių statinyje galintys atsirasti įtempimai, deformacijos arba sumažėti jo laikomoji galia;
- **griūtys** - konstrukcijos avarijos įvairios formos;
- **neleistinos deformacijos** - statinių ar jų dalių deformacijos, supleišėjimas, viršijantys nustatytas patikimumo normas, veikiantys statinių mechaninį patvarumą ar pastovumą arba smarkiai sumažinantys ilgalaikiškumą;
- **ribinė konstrukcijos būklė** - tokia konstrukcijos būklė, kai jos naudojimo savybės jau nebetenkina esminių reikalavimų;
- **žala dėl ypatingos priežasties** - žala, padaryta statiniams dėl ypatingų priežasčių (sprogimai, smūgiai, per didelė apkrova, žmonių klaidos), kurios galima išvengti ar ją sušvelninti be didelių sunkumų ar išlaidų;
- **naudojimo trukmė** - laikotarpis, per kurį statinio (statybos produkto) eksploatacinės savybės turi likti tokios, kad atitiktų esminius reikalavimus.

Komisija skelbia aiškinamuosius dokumentus Europos Bendrijų oficialiojo leidinio "C" serijoje.

1.2.3 Darnieji standartai

Tam, kad būtų užtikrinta produktams taikomų suderintų standartų kokybė, tuos standartus turi nustatyti Europos standartų organizacijos pagal Komisijos suteiktus mandatus bei Direktyvoje 83/189/EEB nustatytą tvarką.

Šie standartai formuluojami kiek įmanoma pagal eksploatacines savybes, atsižvelgiant į aiškinamuosius dokumentus.

Europos standartų organizacijoms sustačius standartus, Komisija paskelbia nuorodą į tokius standartus Europos Bendrijų oficialiojo leidinio "C" serijoje.

1.2.4. Europos techninis liudijimas

Europos techninis liudijimas yra produkto tinkamumo naudoti pagal paskirtį tinkamas techninis įvertinimas, pagrįstas esminių reikalavimų statiniams, kuriuose produktas yra naudojamas, laikymusi.

Europos techninis liudijimas gali būti suteikiamas:

a) produktams, kuriems nėra nustatyto nei suderinto standarto, nei pripažinto nacionalinio standarto ir nėra įgaliojimo suderintam standartui, ir Komisija nutaria, kad galimybės rengti standartą nėra arba dar nėra; arba

b) produktams, kurie žymiai skiriasi nuo suderintų arba pripažintų nacionalinių standartų.

Europos techninis liudijimas paprastai išduodamas penkerių metų laikotarpiui. Šis laikas gali būti pratęsiamas. Europos techninis produkto liudijimas yra pagrįstas tyrimais, bandymais ir įvertinimu, atliekamu remiantis aiškinamaisiais dokumentais ir rekomendacijomis dėl šio produkto arba atitinkamos produktų grupės.

Europos techninis liudijimas produktui suteikiamas valstybėje narėje, laikantis direktyvoje nurodytos tvarkos, kai to paprašo Bendrijoje įsisteigęs gamintojas arba jo atstovas.

Kiekviena valstybė narė praneša kitoms valstybėms narėms ir Komisijai pavadinimus ir adresus įstaigų, kurias ji įgaliojo suteikti Europos techninį liudijimą.

Patvirtinimo įstaigos privalo atitikti šios direktyvos reikalavimus ir visų pirma sugebėti:

- įvertinti naujo produkto tinkamumą naudoti, remiantis mokslo ir praktinėmis žiniomis,
- priimti bešališkus sprendimus suinteresuotų gamintojų arba jų atstovų interesų atžvilgiu,
- pateikti suderintus visų suinteresuotų pusių įnašus apgalvotame vertinime.

Patvirtinimo įstaigų, kompetentingų suteikti Europos techninius liudijimus, sąrašas taip pat ir bet kuris to sąrašo pataisymas skelbiami Europos Bendrijų oficialiojo leidinio "G" serijoje.

Komisija suteikia mandatus rengti patvirtinimo įstaigų, kurias paskiria valstybės narės, organizacijoms skirtas rekomendacijas, kaip suteikti Europos techninį liudijimą produktui arba produktų grupei.

Rekomendacijose kaip suteikti Europos techninį liudijimą produktui arba produktų grupei visų pirma turi būti:

- a) atitinkamų aiškinamųjų dokumentų sąrašas;
- b) specifiniai reikalavimai produktams;
- c) bandymų vykdymo tvarka;
- d) bandymų rezultatų įvertinimas ir nustatymas;
- e) kontrolės vykdymo ir atitikties vertinimo tvarka,
- f) Europos techninio liudijimo galiojimo laikas.

Valstybės narės, rekomendacijas kaip suteikti Europos techninį liudijimą skelbia savo valstybine kalba ar kalbomis.

1.2.5. Atitikties patvirtinimas

Bendrijoje įsisteigęs gamintojas arba jo atstovas, atsako už atestavimą, kad produktai atitinka techninių specifikacijų reikalavimus. Produktams, kurie turi būti atestuojami, galioja atitikties prielaida. Atitiktis yra nustatoma atliekant bandymus arba pateikiant kitus įrodymus, remiantis techninėmis specifikacijomis. Produkto atitikties atestavimas priklauso:

a) nuo gamintojo, turinčio gamyklos produktų kontrolės sistemą, kuria būtų užtikrinama, kad produktas atitinka tam tikras technines specifikacijas; arba

b) nuo konkrečių produktų, nurodytų atitinkamose techninėse specifikacijose, be gamyklos produktų kontrolės sistemos, ir patvirtintos sertifikavimo įstaigos, atliekančios gamybos kontrolės arba paties produkto įvertinimą ir priežiūrą.

Tvarkos pasirinkimą konkrečiam produktui arba produktų grupei Komisija konkretizuoja pagal:

- a) svarbą, kurią turi tas produktas esminių reikalavimų, ypač dėl sveikatos ir saugos, požiūriu;
- b) produkto pobūdį;
- c) produkto charakteristikų kintamumo poveikį jo patvarumui;
- d) polinkį į defektus produktus gaminant;

Kiekvienu atveju pasirenkama mažiausiai keblumų sukelti veiksų tvarka. Gamintojo atitikties deklaracija arba atitikties sertifikatas įgalina Bendrijoje įsisteigusį gamintoją arba jo atstovą pritvirtinti atitinkamą EB ženklą ant paties produkto, ant jo etiketės, pakuotės arba ant produkto lydraščių.

Valstybės narės garantuoja, kad EB ženklas bus naudojamas teisingai. Jeigu nustatoma, kad EB ženklas buvo pritvirtintas prie produkto, kuris neatitinka arba jau nebeatitinka šios direktyvos reikalavimų, valstybės narės, kuriose buvo patvirtinta atitiktis, užtikrina, kad prireikus būtų uždraustas EB ženklo naudojimas, o neparduoti produktai išimti iš prekybos, arba kad ženklai būtų ištrinti iki to laiko, kai tas produktas vėl atitiks reikalavimus. Suinteresuotoji valstybė narė nedelsdama informuoja apie tai kitas valstybes nares ir Komisiją, pateikdama visą kokybinę ir kiekybinę informaciją, reikalingą reikalavimų neatitinkančiam produktui identifikuoti.

Valstybės narės užtikrina, kad ženklų, kurie gali būti supainioti su EB ženklu, tvirtinimas ant produktų arba jų pakuočių būtų uždraustas.

1.2.6. EB atitikties ženklas

EB atitikties ženkle yra toliau apibūdintas simboliais CE (žr. 2 pav.).

2 pav. EB ženklas.



Jame turi būti:

- gamintojo pavadinimas arba tapatybės ženklas, o kur tinka: nuorodos, padedančios nustatyti produkto charakteristikas, kur tinka, - technines specifikacijas,
- paskutiniai du gamybos metų skaičiai,
- inspektavimo įstaigos tapatumo simbolis,
- EB atitikties sertifikato numeris.

1.2.7. EB atitikties sertifikatas

EB atitikties sertifikate visų pirma nurodoma:

- sertifikavimo įstaigos pavadinimas ir adresas,
- gamintojo arba Bendrijoje įsikūrusio jo atstovo pavadinimas ir adresas,
- produkto aprašymas (tipas, tapatybė, naudojimas ...),
- nuostatos, kurias produktas atitinka,
- ypatingos sąlygos, taikomos šio produkto naudojimui,
- sertifikato numeris,
- sertifikato galiojimo sąlygos ir trukmė, kur taikoma,
- asmens, įgalioto pasirašyti sertifikatą, pavardė ir užimamos pareigos.

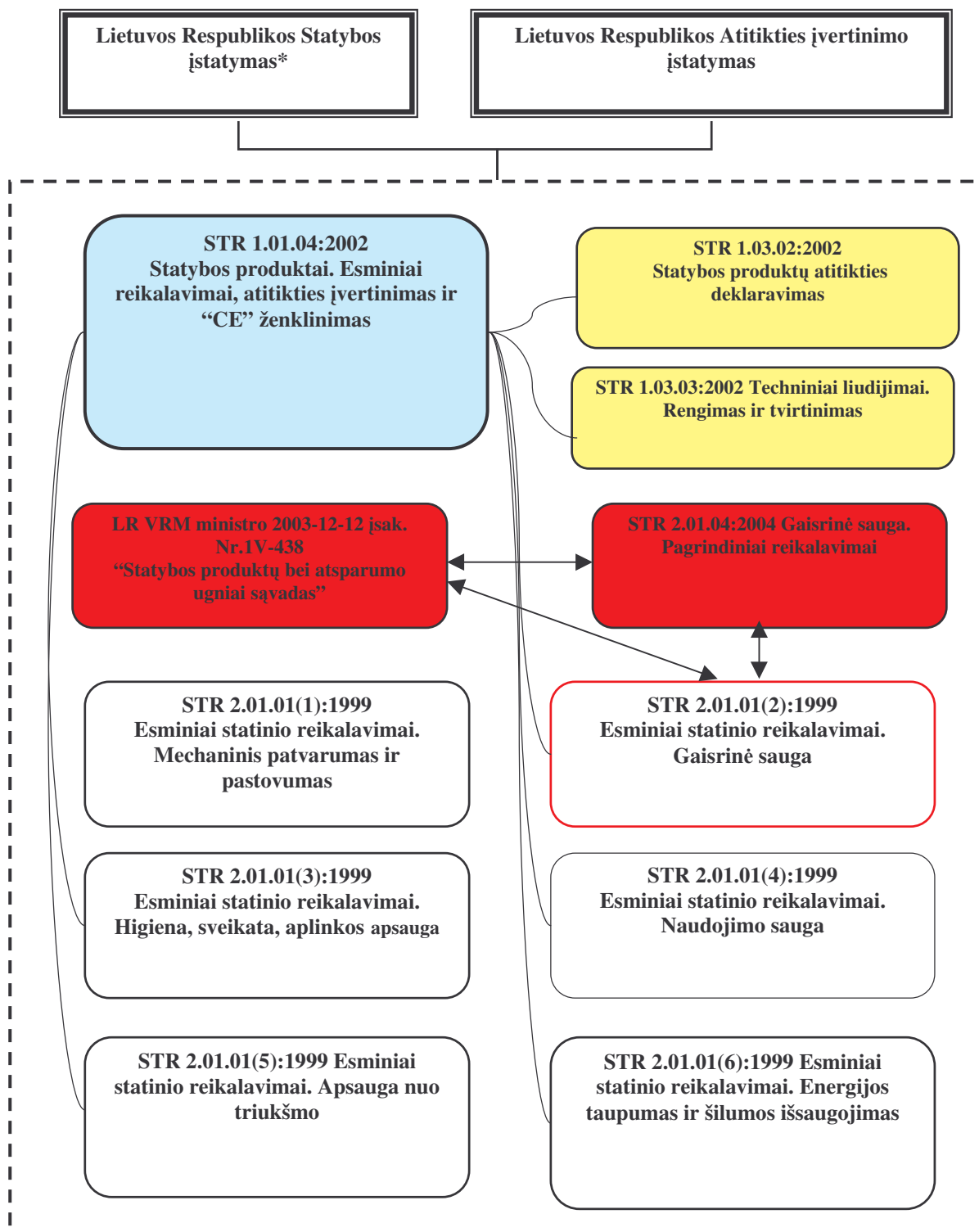
1.2.8. EB atitikties deklaracija

EB atitikties deklaracijoje visų pirma nurodoma:

- gamintojo arba Bendrijoje įsikūrusio jo atstovo pavadinimas ir adresas,
- produkto aprašymas (tipas, tapatybė, naudojimas...),
- nuostatos, kurias produktas atitinka,
- ypatingos sąlygos, taikomos šio produkto naudojimui,
- patvirtintosios institucijos pavadinimas ir adresas, kur reikalaujama,
- asmens, įgalioto pasirašyti deklaraciją gamintojo arba jo įgalioto atstovo vardu, pavardė ir užimamos pareigos.

1.3 Statybos produktų direktyvos įteisinimas Lietuvoje

Kaip minėta anksčiau, SPD kiekviena šalis įgyvendina ir įteisina savaip. Lietuvoje SPD yra įteisinta Lietuvos respublikos Statybos bei Lietuvos Respublikos Atitikties įvertinimo įstatymais, kurie įgyvendinami per statybos techninius reglamentus (žr. 3 pav.).



3 pav. SPD (89/106/EEC) įteisinimas Lietuvoje

Statybos techninis reglamentas STR 1.03.02:2002 nustato bendruosius statybos produktų atitikties deklaravimo reikalavimus. Tiekėjas, prisiimdamas atsakomybę, turi deklaruoti, kad jo produktas atitinka tam tikrus standartus ar kitus normatyvinius dokumentus (technines specifikacijas). Šis Reglamentas privalomas visiems juridiniams ir fiziniams asmenims, kurie Lietuvos Respublikos įstatymų ar Vyriausybės nutarimų suteikta teise gamina ir tiekia statybos produktus, atlieka atitikties įvertinimą bei vykdo valstybinę statybos ir statybos produktų rinkos priežiūrą.

Reikia paminėti, jog ne visiems statybos produktams yra parengti standartai, o taip pat atsiranda vis daugiau naujų produktų, todėl praktiniam statybos produktų direktyvos įgyvendinimui labai svarbus statybos techninis reglamentas STR 1.03.03:2002. „Techniniai liudijimai. Rengimas ir tvirtinimas“. Šis statybos techninis reglamentas (toliau – Reglamentas) nustato statybos produktų techninių liudijimų rengimo pagrindinius principus ir išdėstymo, tvirtinimo bei taikymo tvarką.

Reglamentas privalomas visiems juridiniams bei fiziniams asmenims, rengiantiems, užsakantiems ir tvirtinantiems statybos produktų techninius liudijimus.

Šis Reglamentas parengtas, vadovaujantis Europos Bendrijos Tarybos 1988 m. gruodžio 21 d. direktyvos „Dėl valstybių narių įstatymų, reglamentų ir kitų teisinių aktų, susijusių su statybos produktais, suvienodinimo“ 8, 9, 10, 11 straipsniais, 1994 m. sausio 19 d. Europos Bendrijos Komisijos nutarimu „Dėl Europos techninio liudijimo išdavimo bendrosios tvarkos taisyklių“, 1997 m. liepos 22 d. Europos Bendrijos Komisijos nutarimu „Dėl bendros Europos techninio liudijimo statybos produktams formos“ ir siekia suvienodinti techninio įteisinimo bei techninio liudijimo parengimo ir išdavimo tvarką Lietuvoje ir Europos Sąjungoje.

Taigi, šie baziniai reglamentais iš esmės sudaro sąlygas vertinti, taikyti statybos produktams, naudojamiems pastatuose, esminius reikalavimus, nustatytus toliau pateiktuose reglamentuose:

- 1) STR 2.01.01(1):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Mechaninis patvarumas ir pastovumas;
- 2) STR 2.01.01(2):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga;**
- 3) STR 2.01.01(3):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga;
- 4) STR 2.01.01(4):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Naudojimo sauga;
- 5) STR 2.01.01(5):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Apsauga nuo triukšmo;
- 6) STR 2.01.01(6):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Energijos taupumas ir šilumos išsaugojimas.

Taigi, įgyvendinus SPD, visi statybos dalyviai (projektuotojai, tiekėjai, rangovai, statytojai ir kt.) yra atsakingi ir turi užtikrinti, kad statiniai būtų projektuojami ir statomi taip, kad nekeltų pavojaus asmenims, naminiams gyvūnams bei turtui ir visuomenės interesams.

Statybos dalyviai privalo užtikrinti, kad statinys tenkintų esminius reikalavimus sveikatos, ilgaamžiškumo, energijos taupymo, aplinkosaugos ir ekonominiu požiūriu, kai šiuos reikalavimus nustato nacionaliniai teisės aktai, techniniai reglamentai arba techninės specifikacijos. Esminiais reikalavimais būtina vadovautis rengiant nacionalinius teisės aktus, techninius reglamentus ir technines specifikacijas.

Įgyvendinant 89/106/EEC Direktyvą Europos Sąjungos šalyse, siekiama užtikrinti, kad statybos produktas, esantis Europos Sąjungos rinkoje, būtų tinkamas naudoti pagal paskirtį, o statiniai, kuriuose jis bus panaudotas, atitiktų esminius reikalavimus, ir kad tokie produktai į bet kurios Europos Sąjungos šalies rinką būtų tiekiami be jokių apribojimų.

Įgyvendinant šio reglamento reikalavimus, siekiama užtikrinti, kad esantis Lietuvos rinkoje statybos produktas būtų tinkamas naudoti pagal paskirtį, o statiniai, kuriuose jis bus panaudotas, atitiktų esminius reikalavimus ir kad produktas, paženklintas pagal nustatytą tvarką, galėtų būti tiekiamas į Lietuvos ir bet kurios Europos Sąjungos šalies rinką be jokių apribojimų.

Statybos produktas laikomas tinkamu naudoti, jeigu jis atitinka darniojo standarto ar Europos techninio liudijimo reikalavimus, o kai tokių specifikacijų nėra, – nacionalinės techninės specifikacijos, pripažintos Europos Sąjungoje, reikalavimus. Jei nėra nė vienos iš minėtų specifikacijų, – statybos produktas laikomas tinkamu naudoti, jeigu jis atitinka nacionalinės techninės specifikacijos reikalavimus.

Tais atvejais, kai statybos produktas nėra labai svarbus esminių reikalavimų požiūriu ir jeigu jis neatitinka techninių specifikacijų, produktų tinkamumą naudoti gali patvirtinti paskelbtosios (notifikuotos) įstaigos, kurių sąrašą sudaro Europos Komisija.

Taigi, šioje mokomojoje knygelėje supažindinsime, kaip įgyvendinamas antrasis esminis reikalavimas "gaisrinė sauga" Lietuvoje.

Be pagrindinių jau aptartų reglamentų, kiekvienas esminis reikalavimas, gali būti detalizuotas pagalbinuose reglamentuose, įsakymuose, taisyklėse bei kituose normatyviniuose dokumentuose.

STR 2.01.01(2):1999 "Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga" nustato bendrusius reikalavimus statiniams. Toliau pastatai skirstomi į klases pagal STR 2.01.04:2004 "Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai" reglamentą. Šis suskirstymas yra pagrįstas atitinkamą atsparumą ugniai turinčių konstrukcijų bei elementų panaudojimu tam tikros klasės pastatuose. Priklausomai nuo pastatų paskirties, juose leidžiama naudoti nustatytos degumo klasės statybos gaminius, tokiu būdu ribojant liepsnos išplitimą ir dūmų susidarymą.

Taigi, kitas skyrinis yra skirtas supažindinti su statytos produktų degumo klasifikacinių sistemų taikymu Lietuvoje.

2. Statybos gaminių, konstrukcijų ir elementų gaisrinis klasifikavimas ir saugus panaudojimas

Kaip jau minėjome pirmajame skyriuje, pagrindiniai priešgaisriniai reikalavimai pastatams yra nustatyti reglamente STR 2.01.04:2004 “Pagrindiniai reikalavimai. Gaisrinė sauga”.

Reglamentas nurodo, kad “...statinio konstrukcijos apibūdinamos pagal atsparumą ugniai ir degumą, o atsparumas ugniai – pagal statinio elementų gebėjimą gaisro metu tam tikrą laiko tarpą išlaikyti apkrovas – R, vientisumą (sandarumą) – E ir izoliacines savybes – I. ... statinio konstrukcijų ir jų dalių atsparumo ugniai klasifikacija atitinka klasifikaciją, pateiktą STR 2.01.01(2):1999 ...”.

Taigi, pagal šį reglamentą statiniai yra suskirstyti į **keturias gaisrinio pavojingumo klases** (žr. 1 lentelę, C0-saugiausia, C4-pavojingiausia) priklausomai nuo panaudotų konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasės:

1 lentelė. Statinio gaisrinio pavojingumo klasės

Statinio gaisrinio pavojingumo klasė	Minimali statinio konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasė				
	Laikančiosios konstrukcijos, išskyrus perdangas, denginius	Nelaikančios sienos	Aukštų, pastogės patalpų, rūšio perdangos, denginiai	Laiptinių sienos ir priešgaisrinės užtvartos	Laiptinių laiptatakliai ir aikštelės
C0	K0	K0	K0	K0	K0
C1	K1	K1	K1	K0	K0
C2	K2	K2	K2	K1	K1
C3	K3	K3	K3	K2	K3

Savo ruožtu konstrukcijos taip pat priskirtos keturioms gaisrinio pavojingumo klasėms (K0-saugiausia, K4-pavojingiausia) pagal statybos produktų degumo klases (žr. 2 lentelę), kurių įvertinimas atliekamas pagal LST EN 13501-1 standartą (plačiau 2.1 skyriuje):

2 lentelė. Statinio konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasės

Konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasė	Minimalios statybos produktų degumo klasės				
	Laikančiųjų konstrukcijų, išskyrus perdangų, denginių	Nelaikančių sienų	Aukštų, pastogės patalpų, rūšio perdangų, denginių	Laiptinių sienų ir priešgaisrinių užtvartų	Laiptinių laiptatakliai ir aikštelės
K0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
K1	B-s1, d0	C-s2, d1	B-s1, d0	A2-s1, d0	A2-s1, d0
K2	D-s2, d2	D-s2, d2	C-s2, d1	B-s1, d0	B-s1, d0
K3	nenormuojama			B-s1, d0	D-s2, d2

Be statinių gaisrinio pavojingumo skirstymo, reglamente numatyta, kad statiniai, statinių gaisriniai skyriai, atsižvelgiant į jų gaisro apkrovos kategorijas ir jiems statyti panaudotų konstrukcijų atsparumą ugniai, skirstomi į I, II, III atsparumo ugniai laipsnio statinius bei gaisrinius skyrius (3 lentelė).

Reglamente numatyta, kad statinio konstrukcijų ir elementų atsparumas ugniai gali būti

įvertintas bandymais arba skaičiavimais. Reikia atkreipti dėmesį, kad reglamentu STR 2.01.01(2):1999, kuriame pateiktas tik atsparumo ugniai klasių žymėjimas, praktikoje buvo naudojamosi, kol nebuvo patvirtintas standartas LST EN 13501-2 (plačiau 2.3 skyriuje). Pastarajame jau yra pateiktos ne tik statinio konstrukcijų ir elementų klasės, bet ir reikalavimai joms nustatyti.

3 lentelė. Statinio gaisrinio pavojingumo klasės

Statinio atsparumo ugniai laipsnis	Gaisro apkrovos kategorija	Leidžiama statinio gaisrinio pavojingumo klasė	Statinio elementų atsparumas ugniai, ne mažesnis kaip (min.)					
			Laikančiosios konstrukcijos (išskyrus perdangas, denginius)	Nelaikančiosios sienos	Aukštų, pastogės patalpų, rūšio perdangos	Denginiai (be pastogių)	Laiptinės	
							Vidinės sienos	Laiptatakliai ir aikštelės
I	1	C0	R 120	EI 30	REI 60	RE 30	REI 120	R 60
	2	C0	R 90	EI 15	REI 45	RE 15	REI 90	R 60
	3	C1	R 60	EI 15	REI 45	RE 15	REI 60	R 45
II		C2	R 45	EI 15	REI 15	RE 15	REI 30	R 15
III		C3	Nenormuojama					

Atsparumo ugniai įvertinimas skaičiavimais nurodoma atlikti pagal Europos projektavimo normas “eurokodus”, kurių taikymas šiuo metu yra komplikuoatas dėl tik iš dalies parengtų arba dar neparengtų nacionalinių priedų.

Paminėsime, jog statinių stogai ir stogų dangos atskirai priskiriami dviem degumo klasėms, (žr. 2.3 skyrių), kurios nurodytos tik kai kuriose reglamento punktuose.

Taigi, europinė degumo klasifikacinė sistema, įsigaliojusi Lietuvoje, remiasi pagrindinėmis jau minėto esminio reikalavimo nuostatotomis, t.y: “Statiniai turi būti taip suprojektuoti ir statomi taip, kad kilus gaisrui:

- statinį laikančios konstrukcijos tam tikrą laiką išlaikytų apkrovas;
- būtų ribojamas ugnies bei dūmų susidarymas ir plitimas statinyje;
- būtų ribojamas gaisro plitimas į gretimus statinius;
- ugniagesiai galėtų saugiai dirbti”.

Galima suprasti, kad kiekviena esminio reikalavimo nuostata iš esmės atspindi skirtingų gaisrų scenarijus, o būtent gaisrą patalpoje, gaisro išplitimą už patalpos ribų bei gaisro plitimą pastato išorėje. Todėl šiems tipiniams scenarijams yra parengtos skirtingos statybos produktų degumo klasifikacinės sistemos, kurios turi būti įteisintos visose Europos Sąjungos šalyse, tačiau tokiu būdu klasifikuotų statybos produktų taikymo reikalavimai statiniuose kiekvienoje šalyje gali būti skirtingi. Šių sistemų taikymas Lietuvoje apibrėžtas reglamento 22-24 punktais” tokiu būdu:

“22. Statinio statybai, rekonstravimui, remontui naudojami statybos produktai turi atitikti jo techninėse specifikacijose (standartuose, techniniuose liudijimuose) pateiktus degumo ir atsparumo ugniai techninius reikalavimus.

23. Statybos produktų atitiktį techninėse specifikacijose nustatytiems reikalavimams tiekėjas patvirtina raštu [STR 1.03.02].

24. Nesant anksčiau minėtų duomenų, prieš naudojant statybos produktus, atitinkami parametrai nustatomi gaisriniais bandymais.”

Taigi, bendru atveju statybinius produktus, konstrukcijas ir elementus galima klasifikuoti be bandymų ir pagal gaisrinių bandomų duomenimis.

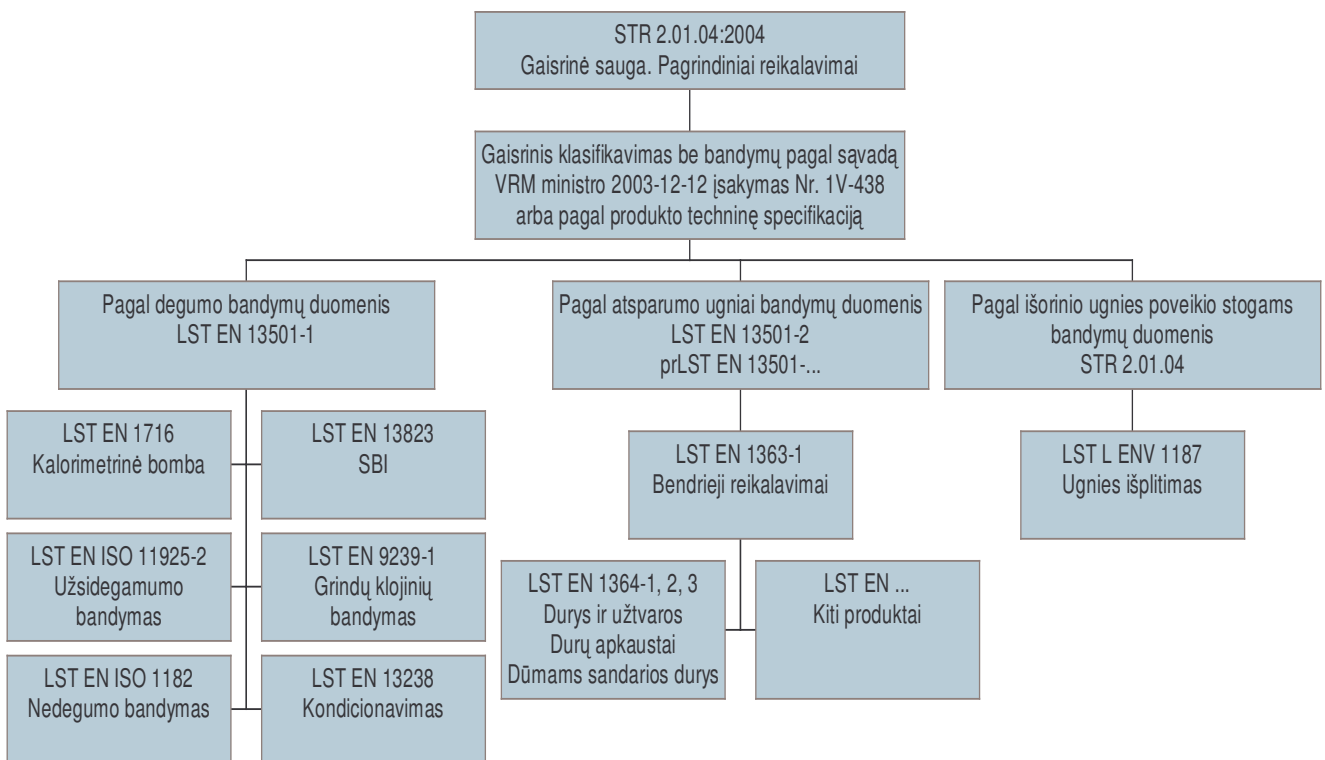
Degumo klasifikavimas be bandymų galimas, kai:

1. Degumo klasių sąvade yra nustatytos degumo klasės statybos produktui.
2. Degumo klasės statybos produktui nustatytos techninėse specifikacijose, gamintojui deklaruojant atitiktį.

Degumo klasifikavimas galimas pagal:

1. Degumo bandymų duomenis statybiniais gaminiais, klasifikavimą nustato standartas LST EN 13501-1
2. Atsparumo ugniai bandymų duomenis:
 - a) konstrukcijoms ir elementams, klasifikavimą nustato standartas LST EN 13501-2 (išskyrus ventiliacijos įrangą);
 - b) ventiliacijos ir aptarnavimo įrangai bus klasifikuojama pagal prEN 13501-3 standartą;
 - c) dūmų kontrolės įrangai, bus klasifikuojama pagal prEN 13501-4 ;
- 3) išorinio ugnies poveikio stogams bandomų duomenis, klasifikavimą nustato STR 2.01.04, bus klasifikuojama pagal prEN 13501-5 standartą.

Bendroji klasifikavimo sistema yra pateikta 4 pav.



4 pav. Statybos gaminių ir statinio elementų bendroji degumo klasifikavimo schema

2.1 Klasifikavimas pagal degumo bandymų duomenis

Visi statybos produktai pagal LST EN 13501-1 standartą gali būti priskirti 7 degumo klasėms (išskyrus grindų dangas):

- A1, A2, B, C, D, E ir F;
- grindų klojiniai klasifikuojami taip pat į 7 klases su indeksu “FL”, pavyzdžiui, A2_{FL};
- vamzdynų šiluminei izoliacijai priskiriamos klases su indeksu “L” kaip ir statybos produktams, bet skiriasi įvertinimo kriterijų reikšmės, pavyzdžiui, B_L.

Produktai, klasifikuoti kaip A2, B, C, D, papildomai klasifikuojami pagal dūmų susidarymą (s1, s2) ir liepsnojančius lašelius bei daleles (d0, d1, d2). Pavyzdžiui, mineralinė vata gali būti klasifikuojama A2-s1,d0

Sąlyginis degumo klasės apibūdinimas pateiktas 1 lentelėje:

4 lentelė. Sąlyginis klasės apibūdinimas

Klasės žymuo	Charakteristika
A1, A1 _{FL} , A2, A2 _{FL} , A1 _L , A2 _L	Gaminys visiškai nepalaiko degimo
B, B _{FL} , B _L	Gaminys nežymiai palaiko degimą
C, C _{FL} , C _L	Gaminys kažkiek palaiko degimą
D, D _{FL} , D _L	Gaminys ženkliai palaiko degimą
E, E _{FL} , E _L	Gaminys skatina degimą
F, F _{FL} , F _L	Nereglamentuojama (NPD)

Pagal 1 lentelę “A1 klasės gaminiai yra saugiausi, o E – pavojingiausi, todėl laikoma, kad gaminiai, priskirti tam tikrai klasei, atitinka visus bet kurios žemesnės klasės reikalavimus.

Simboliai ir jų žymėjimas pateikti 5 lentelėje atitinka tuos, kurie pateikti atitinkamame bandymo metode.

5 lentelė. Parametrai klasifikavimui pagal standartą LST EN 13501-1

Parametro pavadinimas	Žymėjimas
Temperatūros didėjimas	ΔT
Masės nuostolis	Δm
Išsilaikomojo liepsnojimo trukmė	t f
Suminis šilumingumas	PCS
Gaisro didėjimo sparta	FIGRA
Suminis šilumos išsiskyrimas	THR600s
Šoninis liepsnos sklidimas	LFS
Dūmų susidarymo sparta	SMOGRA
Suminis susidariusių dūmų kiekis	TSP600s
Liepsnos sklidimas	Fs

Trumpai aptarsime kiekvieną iš šių parametru.

2.2 Prielaidos

Visi statybos gaminiai nagrinėjami prasidėjusio kambario gaisro, kuris gali išaugti ir galiausiai pasiekti visišką užsiliepsnojamą, atžvilgiu. Ši scenarijų sudaro trys gaisro situacijos, atitinkančios tris gaisro plitimo stadijas.

Pirmąją stadiją sudaro gaisro pradžia, kai gaminys užsidega maža liepsna ribotame jo plote.

a) Antroji stadija nagrinėja gaisro didėjimą, galiausiai pasiekiantį visišką užsiliepsnojamumą. Tai modeliuojama kambario kampe esančiu vienu degančiu objektu, sukuriančiu šilumos srautą gretimais paviršiais. Kalbant apie grindų klojinius, išivaizduojamas gaisro plitimas atsiradimo kambaryje ir per durų ertmę sukuriantis šilumos srautą gretimimo kambario arba koridoriaus grindų klojiniu.

b) Prie gaisro didėjimo esant visiškam užsiliepsnojimui prisideda visi degūs gaminiai.

Gaminių klasifikacijos pagal jų įnašą į gaisro didėjimą ir visišką užsiliepsnojamumą tikrumo patvirtinimas pagrįstas didelio masto scenarijumi. Daroma prielaida, kad ši klasifikacija atitinka kitus scenarijus.

Panaši supaprastinanti prielaida daroma tą pačią klasifikaciją taikant kitokiai orientacijai bei geometrijai ir kitiems nei kambario paviršiaus gaminiai gaminių tipams.

Gaminiai yra tiriama atsižvelgiant į jų praktinį panaudojimą. Jei netinka klasifikacija, pagrįsta vienu iš bandymo metodų ir kriterijų, pateiktų 1 ir 2 lentelėse, galima pasinaudoti vienu arba daugiau tipinių scenarijų. Galbūt tokie scenarijai bus aprašyti būsimame Europos standarte arba Komisijos sprendime.

Įvairios klasės naudoja gaminio ekspoziciją įvairiose gaisro plitimo stadijose pagal tipinius scenarijus. A.1 paveiksle nurodomas ryšys tarp klasių ir ISO 9705:1993 bandymo, naudojamo kaip tipinis scenarijus klasės riboms apibrėžti.

Nėra aiškaus visiems gaminiams galiojančio ryšio tarp skirtingų elgsenos charakteristikų arba tarp panašių charakteristikų esant skirtingai ugnies ekspozicijai. Įvairioms klasėms naudojama tam tikra skirtinga ekspozicija ir skirtingos elgsenos charakteristikos. Vis tik aukštesnė klasifikacija turėtų atitikti bent tas pačias degumo charakteristikas pagal kiekvieną atitinkamą parametą, o jei yra atsižvelgta į visus elgsenos aspektus, susijusius su nurodytąja klase, tos degumo charakteristikos turėtų būti geresnės.

Daroma prielaida, kad A1 klasės gaminių įnašas į gaisro didėjimą arba į visiškai išplitusį gaisrą neturėtų būti.

Laikoma, kad A1 klasei priskiriamas gaminyje nekelti dūmų pavojaus.

Laikomasi visuotinai pripažinto principo, kad bandymai, padaryti griežtesnėmis sąlygomis, galioja bandymams, padarytiems ne tokiomis griežtomis sąlygomis. Kai kuriais atvejais tipinis praktinis panaudojimas gali būti praktiniu panaudojimu griežtesnėmis sąlygomis. Pavyzdžiui, EN 13823 ir prEN ISO 11925-2, kurių bandymai daromi esant vertikaliai orientacijai, yra naudojami visoms kitoms orientacijoms, arba gaminio, stovinčio priešais atvirą erdvę, bandymai yra panaudojami tokiam pačiam gaminiui, veikiamam vertikaliųjų ir horizontaliųjų tuštumų viduje.

2.1 Klasifikavimas pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis

Statybinės konstrukcijos ir elementai gali būti įvertinti pagal tokias atsparumo ugniai charakteristikas:

- Pagrindines – R - laikančioji geba, E – vientisumas, I - šiluminis izoliavimas ;
- Papildomas – W - spinduliavimas, M - mechaninis veikimas C - savaiminis užsidarymas, S - sandarumas dūmams, G- atsparumas suodžių degimo ugniai, K - apsaugos nuo ugnies geba.

Pagrindinių atsparumo ugniai kriterijų įvertinimas bendru atveju:

- R - laikančioji geba įvertinama pagal suyrimą, įlinkį bei jo greitį, išilginį susitraukimą bei jo greitį priklausomai nuo laikančiosios konstrukcijos;
- E - vientisumas įvertinamas pagal nustatyto dydžio plyšius, medvilninio tampono užsidegimą, išsilaikomąjį liepsnojamumą neveikiamoje pusėje;
- I - šiluminis izoliavimas įvertinamas pagal ribojamą vidutinį temperatūros padidėjimą neveikiamoje pusėje (daugiau kaip 140 °C nuo pradinės temperatūros) ir didžiausią temperatūros padidėjimą bet kuriame taške (daugiau kaip 180 °C)

Atsparumo ugniai charakteristikos deklaruojamos minutėmis ir atitinkamais kriterijais. Klasifikavimo laikotarpiai nurodomi minutėmis:

15, 20, 30,45, 60, 90,120, 180, 240 arba 360

Charakteristikos nurodomos raidėmis (tt-laikotarpis):

- laikančiųjų elementų REI tt, RE tt, R tt
- nelaikančiųjų elementų EI tt, Ett

Pavyzdžiui, galima apibrėžti tokias klases:

- REI 15, RE 20 ...
- EI 45, E 60 ...

Gali būti naudojami klasių deriniai: REIW 60 M

Remiantis reglamentu STR 2.01.01(2):1999, siekiant apriboti gaisro plitimą bei pavojingus gaisro veiksnius, užtikrinti saugų žmonių išėjimą iš gaisro apimto pastato, palengvinti ugniagesių atliekamus gelbėjimo ir gesinimo veiksmus bei sumažinti gaisro padaromą žalą, pastatai bendruoju atveju turi būti suskirstyti į gaisrinius skyrius, apribotus priešgaisrinėmis užtvaramis. Priešgaisrinėms užtvarams priskiriamos priešgaisrinės sienos, pertvaros, perdangos, denginiai. Priešgaisrinės užtvartos apibūdinamos pagal atsparumą ugniai ir gaisrinį pavojingumą bei, atsižvelgiant į užtvėriamosios dalies atsparumą ugniai, skirstomos į tipus, nurodytus 6 lentelėje, atsižvelgiant į užpildą angų užtvartose (7 lentelė) ir į užtvartų angose įrengtus tambūrus–šliuzus (8 lentelė). Be to, reglamente užtvarams suformuluota eilė papildomų reikalavimų.

6 lentelė. Priešgaisrinių užtvartų tipai, atsižvelgiant į užtvėriamosios dalies atsparumą ugniai

Priešgaisrinės užtvartos pavadinimas	Priešgaisrinės užtvartos tipas	Priešgaisrinės užtvartos atsparumas ugniai (ne žemesnis kaip)	Angų užpildymo tipas (ne žemesnis kaip)	Tambūro–šliuzo tipas (ne žemesnis kaip)
Siena	1	REI 180	1	1
	2	REI 45	2	2
Pertvara	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2
Perdanga	1	REI 180	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

7 lentelė. Priešgaisrinių užtvartų tipai, atsižvelgiant į užpildą angų užtvartose

Angų priešgaisrinėje užtvartoje tipo pavadinimas	Angų priešgaisrinėje užtvartoje užpildymo tipas	Atsparumas ugniai (ne žemesnis kaip)
Durys, vartai, liukai, vožtuvai	1	EI 60
	2	EI 30
	3	EI 15
Langai	1	EW 60
	2	EW 30
	3	EW 15
Užuolaidos	1	EI 60

Tambūro–šliuzo tipas	Tambūro–šliuzo elementų tipas (ne žemesnis kaip)		
	Pertvaros	Perdangos	Angų užpildai
1	1	3	2
2	2	4	3

2.3 Klasifikavimas pagal išorinio ugnies poveikio stogams bandymų duomenis

Stogai bei jų dangos pagal degumą, veikiant išoriniam gaisrui, yra skirstomos į šias klases:

- BROOF (t1);

- FROOF (t1);

Stogų dangos, kurias galima naudoti be išankstinių bandymų ir klasifikavimo, pateikiamos Statybos produktų ir konstrukcijų degumo klasių sąvade.

Bandymai atliekami pagal LST L ENV 1187 standarto pirmąjį metodą.

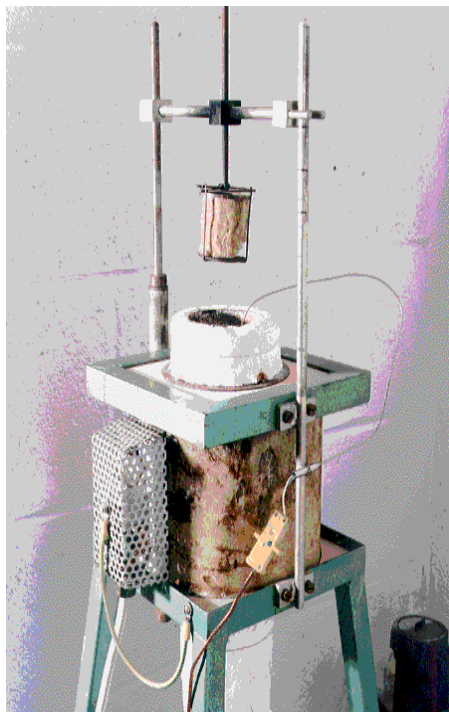
FROOF (t1) klasės stogo dangoms degumo reikalavimai nekeliami. Stogų dangos, kurias galima naudoti be išankstinių bandymų ir klasifikavimo, pateikiamos Statybos produktų ir konstrukcijų degumo klasių sąvade. Stogai bei jų dangos pagal degumą, veikiant išoriniam gaisrui, yra skirstomos į šias klases: BROOF (t1) ir FROOF (t1). BROOF (t1) klasės stogų dangos turi tenkinti šiuos reikalavimus:

- 1.1. išorinis ir vidinis ugnies plitimas aukšty $< 0,700$ m;
- 1.2. išorinis ir vidinis ugnies plitimas žemyn $< 0,600$ m;
- 1.3. maksimalus vidinio ir išorinio degančio paviršiaus ilgis $< 0,800$ m;
- 1.4. nėra degančių dalelių ar nuolaužų, krentančių nuo išorinės dangos pusės;
- 1.5. nėra degančių/įkaitusių dalelių, prasiskverbusių pro stogo konstrukciją;
- 1.6. nėra pavienių ištisinių angų $> 2,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$;
- 1.7. visų angų plotas $< 4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$;
- 1.8. horizontalus (šoninis) liepsnos plitimas nepasiekia zonos pakraščių;
- 1.9. nėra vidinio degimo;
- 1.10. horizontalaus liepsnos plitimo vidiniais ir išoriniais stogo dangos paviršiais spindulys $< 0,200$ m.

2.4 Degumo bei atsparumo ugniai bandymų principai

“Nedegumo bandymas” atliekamas pagal LST EN ISO 1182 standartą. Bandymu nustatomi gaminiai, kurių įnašas į gaisrą nežymus arba jo visiškai nėra, nepaisant jo praktinio panaudojimo.

Bandymas tinka A1, A2, A1_{fl} ir A2_{fl} klasėms.



5 pav. Nedegumo bandymas - LST EN ISO 1182

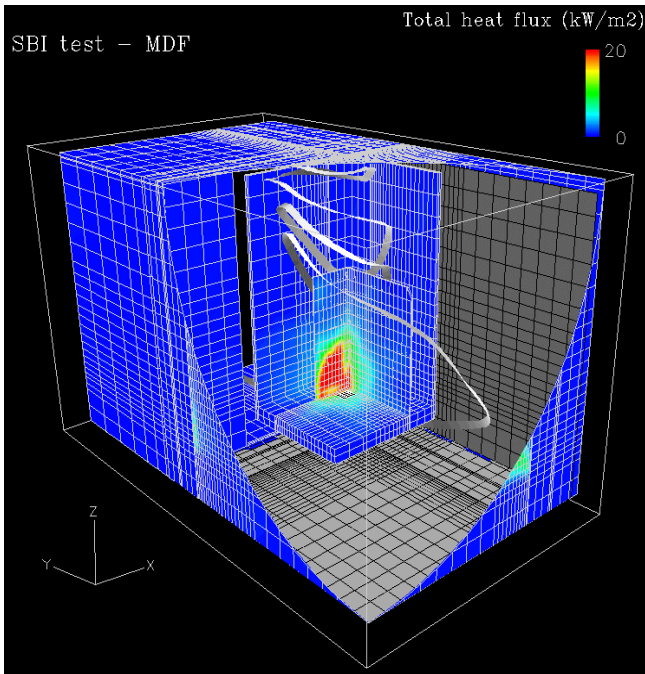
Šilumingumo bandymas atliekamas “kalorimetrine bomba” pagal standartą LST EN ISO 1716. Bandymu nustatomas didžiausias suminis šilumos išskyrimas gaminiui visiškai jam sudegus, nepaisant jo praktinio panaudojimo. Bandymas tinka A1, A2, A1_{fl} ir A2_{fl} klasėms.

Nedegumo ir šilumingumo bandymams taikomi specialieji reikalavimai:



6 pav. Kalorimetrine bomba - LST EN ISO 1716.

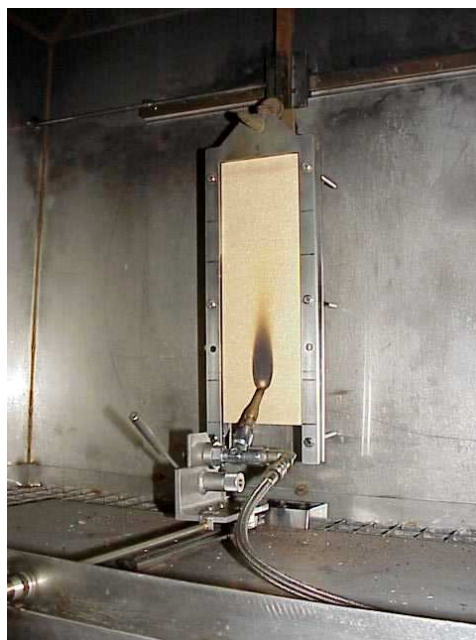
- nedegumas ir šilumingumas yra gaminio charakteristikos ir nepriklauso nuo gaminio praktinio panaudojimo;
- vienalyčiams gaminiams šie parametrai nustatomi tiesiogiai.
- nevienalyčių gaminių nedegumas ir šilumingumas nustatomi netiesiogiai naudojant normines taisykles ir duomenis, gautus bandant jų pagrindines ir nepagrindines sudedamąsias dalis.



7 pav. Vieno degančio objekto bandymo modelis

8 pav. Vieno degančio objekto bandymas – LST EN 13823

“Vieno degančio objekto bandymas” bandymas atliekamas pagal LST EN 13823 standartą. Bandymu (dar vadinamu SBI) įvertinamas gaminio įnašas į gaisro plėtimąsi, modeliuojant gaisro, sukulto vienu degančiu objektu, situaciją. Bandymas taikomas A2, B, C ir D klasėms, kurioms nustatyti reikia dviejų metodų!!!



9 pav. “Užsidegamumo bandymas” atliekamas pagal LST EN ISO 11925-2

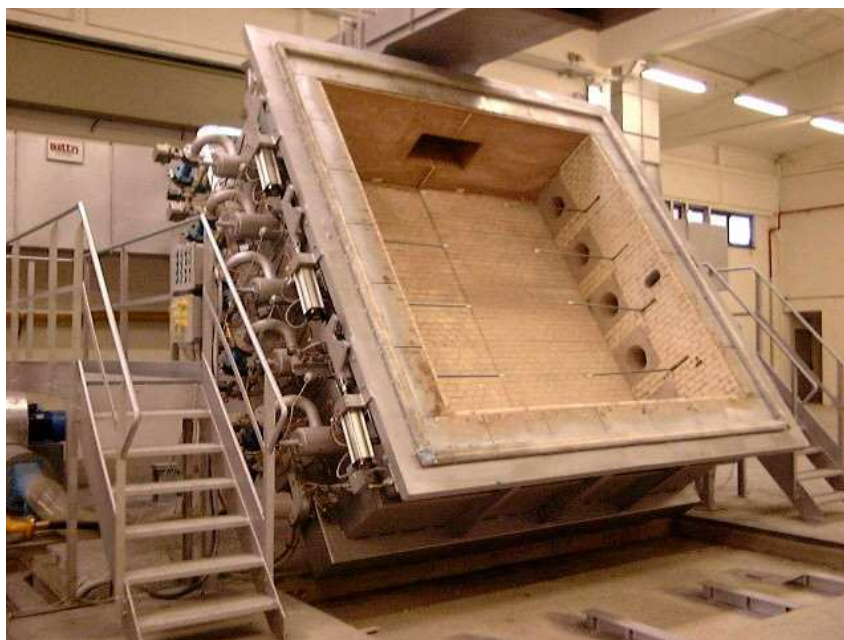
“Užsidegamumo bandymas” atliekamas pagal LST EN ISO 11925-2 standartą. Bandymu įvertinamas gaminio užsidegamumas, esant silpnaliepsniam poveikiui. Bandymas taikomas B, C, D, E, B1FL, C1FL, DFL ir E1FL klasėms.



10 pav. Išorinio ugnies poveikio stogams - LST L ENV 1187

Išorinio ugnies poveikio stogams bandymas atliekamas pagal standarto LST L ENV 1187 pirmąjį metodą klasifikavimui pagal STR 2.01.04 (ateityje pagal prEN 13501-5)

Atsparumo ugniai įvertinimas pagal LST 13501-2 reikalavimus atlikus bandymus pagal LST EN 1363-1



11 pav. Atsparumo ugniai bandymai pagal LST EN 1363-1

3. Toksiškų medžiagų pavojingumas gaisro metu

Techninis progresas vis labiau apsunkina priešgaisrinės apsaugos vykdomus uždavinius pramoninės ir gyvenamosios statybos objektuose. Gaisrai vienam milijonui Lietuvos gyventojų kelis kartus viršija Europos šalių vidurkį. Gaisrų nuostoliai nustatomi ne tik pagal didelius medžiagius nuostolius, bet visų pirma pagal žmonių patirtas traumas bei aukas. Žmonių žūtis gaisrų metu pagrįste įvyksta dėl apsinuodijimo lakiom degančiom medžiagom Remiantis statistikos duomenis nustatyta, kad žmonės žūsta gaisruose dėl: 18% – nudegimų; 48% – apsinuodijimo anglies monoksidu; 16% – apsinuodijimas anglies monoksidu ir cianidais bei širdies ligų; 18% – bendro šilumos, anglies monoksido ir kitų faktorių poveikio. Taigi apie 82% mirčių gaisruose daugiau arba mažiau lemia išsiskyrusiuose degimo produktuose esančios nuodingos medžiagos.

Intensyvus toksinių medžiagų (dujų ir garų) susidarymas ir greitas sklidimas patalpose bei evakuaciniuose keliose vyksta jau pradinėje gaisro stadijoje. Šios dujos sukelia didelį pavojų gyvybei netgi trumpą laiką jų įkvėpus. Yra žinoma nemažai atvejų, kurie baigėsi mirtimi.

Ypatingas dėmesys dėl apsinuodijimo toksiniais degimo produktais turi būti skiriamas ugniagesiams, tiek pradinio ugniagesių parengimo metu, tiek tolimesniuose mokymuose atliekant gaisrų gesinimo darbus. Ugniagesių tarpe atsiradusio ir išsivysčiusios dažniausiai pasitaikančios ligos yra susijusios su širdimi, plaučiais, piktybiniais augliais, taip pat didelę poveikį sveikatai turi aštrūs ir pasikartojantys iš degančių medžiagų išsiskiriančių toksinių lakių produktų (toliau nuodingų degimo produktų) poveikis. Rizika apsinuodyti gaisro metu ypač išaugo dėl sintetinių polimerinių medžiagų plataus naudojimo, pavyzdžiui, pasaulinėje pramonės rinkoje vien tik polistireno parduodama apie 8,5 milijonus tonų per metus. Išsiskiriančių degių produktų sudėtis yra labai sudėtinga ir daugelio komponentų sudėtį. Lakiuose degimo produktuose yra cheminių junginių su skirtingu biologiniu aktyvumu, o kurie yra ypatingai toksiški.

Kai kurie bandymai vertinti degimo produktų toksiškumą buvo pradėti XX a. 50-aisiais ir 60-aisiais metais. Nuo 70-ųjų praeito šimtmečio metų buvo pasiekta tam tikrų laimėjimų: patobulėjo bandymų įranga, buvo apibrėžtos bandymų sąlygos, nustatyti degimo produktų toksiškumo vertinimo kriterijai.

Nagrinėjant dūmų savybes, išskiriami du esminiai aspektai:

- patalpos apšvietimo sumažėjimas, dėl kurio sumažėja matomumas;
- pavojingi žmonių gyvybei dūmuose esantys nuodingi garai ir dujos.

Pirmuoju atveju bandymai yra orientuoti į dūmų tankio ir su juo susijusių charakteristikų nustatymą.

Antruoju atveju bandymai plėtojami dviem kryptimis:

1. Degimo produktų biologinis įvertinimas, dažniausiai pasitelkiamas kiekybiškai labiausiai pavojingas dujas ir garus įvertinti. Jis remiasi degimo produktų poveikio rezultatu, gautu tiriant laboratorinius gyvūnus, analize. Remiantis šiais bandymais paprastai nustatoma medžiagos masė, kuriai esant degimo produktai sukelia bandomųjų gyvūnų mirtį arba registruojamas kitas apsinuodijimo atvejis. Metodų privalumas – palyginti didelis tikslumas vertinant ir tam tikrų komponentų nuodingumą, ir kompleksinę poveikį gyvam organizmui. Šios krypties tyrimų metodai straipsnyje nenagrinėjami.

2. Cheminės analizės duomenimis paremtas toksiškumo įvertinimas orientuotas į skaičiuojamąjį numatomo toksiškumo efekto nustatymą pagal dujinių degimo produktų pagrindinių komponentų išsiskyrimo lygius. Ši kryptis prieinamesnė tyrimų laboratorijoms ir leidžia riboti arba visiškai nenaudoti laboratorinių gyvūnų tyrimams, taupyti laiką ir darbo sąnaudas. Tačiau šiam įvertinimui reikia tokių sąlygų: duomenų bazės apie degimo produktų toksiškumą; toksinių efektų būdinguosius ryšius su dujų koncentracijomis ir ekspozicijos trukme. Iš duomenų gautų darant medžiagų degimo produktų toksiškumo eksperimentus ir analitinius tyrimus, padarytos išvados apie polimerinių medžiagų pavojingumą. Taip pat yra pastebėta, kad tam tikri skirtumai metodiniuose tyrimuose

veda prie skirtingo tiriamų medžiagų įvertinimo. Todėl yra abejojama laboratoriniais bandymais gautų praktinių rezultatų vertingumu, o tai verčia riboti šių rezultatų panaudojimą. Tam, kad galima būtų tęsti tyrimus toliau tam tikrose toksiškumo srityse, svarbu perprasti ir įsisavinti įgytą patirtį, gerai suprasti išsiskiriančių toksiškų degimo produktų pavojingumo įvertinimo problemas.

3.1 Lakios toksinės dalelės išsiskiriančios degant polimerinėms medžiagoms

Žodis „toksiškas“ yra suprantamas kaip nuodingos cheminės medžiagos poveikis įtakojantis gyvąjį organizmą. Apibūdinant toksiškumo poveikį, kuris dujomis ir garais išsiskiria degant polimerinėms medžiagoms, reikia visu pirma įsidėmėti, kad šiuolaikiški tyrimo metodai leidžia identifikuoti išsiskiriančiuose degimo produktuose dešimtis cheminių junginių. Pavyzdžiui, išsiskyrusių degių medžiagų iš polivinilchlorido tūryje yra rasti 75 įvairios sudėties komponentai, medienos degimo produktuose – daugiau kaip 200 komponentų.

Atliekant daugiakomponentinių mišinių toksikologinį (nuodingumo) įvertinimą svarbu nustatyti ypač pavojingus komponentus, tai yra jungimus, kurių susidaro didžiausiai ir kurie turi aukštą biologinį aktyvumą. Prie tokių jungimų, kurie išsiskiria degant polimerinėms medžiagoms ir produktams, priskiriami anglies monoksidas (CO) ir anglies dioksidas (CO₂), vandenilio cianidas (HCN), vandenilio chloridas (HCl), azoto oksidas (NO₂), sieros dioksidas (SO₂) ir kitos lakios medžiagos.

Anglies oksidas - tai žinomas nuodas dėl didelio kiekio apsinuodijimų gamyboje ir buityje. Tai bespalvės, bekvapės dujos kurių tankis 1,25, blogai skiedžiasi vandenyje (23,2 cm³/l¹) geriau organiniuose skiedikliuose. Lengvai skverbiasi per poringas medžiagas. Gerai žinomas biologinio veikimo yra mechanizmas: patekdamas su oru į plaučius, CO patenka į kraują kur susijungia su hemoglobinu. Atsirandant neaktyviam kompleksui-karboksigemoglobiniui (HbCO)- atsiranda deguonies trūkumas organizme, ypač j pavojingas nervinei bei širdies sistemos. Cheminės pranašumas anglies oksido hemoglobiniui 200-300 kartų aukštesnis, nei deguonies. Specifinis efektas susidarant karboksihemoglobiniui pastebimas jau 60-tą minutę esant žmogui atmosferoje, kurioje sudaro 117mg/m³ CO.

Nustatytas tam tikras ryšys tarp intoksacijos sunkumo ir karboksigemoglobino kiekio kraujyje. Pirmi apsinuodijimo požymiai (galvos skausmas, kraujagyslių išsiplėtimas odoje) pastebimi, kai karboksigemoglobino yra 10-20%. HbCO padidėjimas iki 40% yra lydimas regėjimo sutrikimais, galvos svaigimu, pykinimu, vėmimu, ir net kai kuriais atvejais alpimu. Mirtinas HbCO lygis dažniausiai viršija 50%.

Esant fiziniam krūviui apsinuodijimas įvyksta žymiai greičiau. CO koncentracija, sukelianti žmogaus mirtį per laiką nuo 60s iki 3 min, yra 0,2-1%(2300-11500 mg/m³) ribose. Tyrimais nustatyta, kad maksimaliai leidžiama CO koncentracija, nuo kurios pradeda mažėti žmogaus darbingumas (priklauso nuo buvimo laiko pavojingoje zonoje), tačiau žmogus dar gali išeiti iš pavojingos zonos ir dalyvauti avarijos likvidavime, sudaro mg/m³:

10min	600	30min	300
15min	400	60min	200

Šiuos duomenis galima panaudoti kuriant normatyvus reikalavimus, užtikrinant žmonių saugumą gaisro metu, nes duomenys buvo gauti dalyvaujant savanoriams buvusioje Tarybų Sąjungoje.

Dauguma eksperimentinių duomenų ir teismo-medicinos ekspertizės rezultatų liudija, kad CO išskiria ir turi didelį toksiškumo poveikį degant polimerinėms medžiagoms. Jo išsiskyrimo laipsnis iš daugelio polimerinių medžiagų sudarė maždaug 40-200 mg/g¹, atskiroms medžiagoms buvo iki 400-600mg/g¹ ir daugiau. Nustatyta, kad visiškai sudegius 0,6kg medžio arba vilnos uždaroje patalpoje, kurios plotas 15m², susidaro pavojingai CO koncentracija gyvybei. Pagal surinktus duomenis, CO kiekis išsiskiriantis aukšto slėgio polietileno terminio irimo metu, sudaro 8,9-12,12

%, polipropileno-9,65-10,94 %, polistirolo-7,6-12 %, sopolimerio akrilonitrilio butadienistrolis - 10,46-12,05%, polivinilchlorido-12,56-18,91%, kieto putupoliuretano akrilato-16,40-20,57% nuo masės irstančios medžiagos.

Reikia pažymėti, kad CO kiekio išsiskyrimas priklauso ne tik medžiagos prigimties (kompozicinės sudėties, terminio atsparumo, tankio), bet ir nuo degimo sąlygų. CO išsiskyrimui reikšmę turi lėtas degimas ir deguonies trūkumas reakcijos zonoje.

Palygint didelis CO išsiskyrimas vyksta iš polimerinių medžiagų terminio irimo ir degimo metu. Japonijoje atlikti tyrimai parodė, kad gaisrų metu maksimalus CO kiekis dūmuose yra apie 1,3 iki 5,6%. Šios koncentracijos žymiai didesnės už mirtinas.

Didžiojoje Britanijoje atlikti gaisrų aukų tyrimai parodė, kad pas pusę žuvusiųjų kraujyje buvo mirtina anglies oksido koncentracija. Kelios JAV organizacijos, dalyvaujant gaisrininkų komandai, atliko matavimus ir nustatė, kad per pirmąsias minutes nuodingų medžiagų koncentracija daug kartų viršija leidžiamas normas, tame tarpe CO-net 12 kartų.

Atsižvelgiant į pavojingumo lygį CO pagal minėtus tyrimus, ugniagesiams būtina žinoti, kad yra pakartotina nuodingų medžiagų veikimo galimybė, tačiau jų koncentracija yra žemesnė. Tokiais atvejais deguonies nepakankamumas nepasiekia kritinio lygio, bet sudaro papildomą krūvį ugniagesio širdies sistemai. Be to, ugniagesys veikiamas fizinės ir psichinės įtampos, o tai ir gali būti širdies smūgio priežastis.

Degant polimerinėms medžiagoms yra pastebėtas aukštas ne tik CO išsiskyrimo lygis, bet ir anglies dioksido CO₂ koncentracijos. Pastarasis yra baigtinis anglies oksidavimo produktas.

Anglies dioksidas (anglies dvideginis) – bespalvė, rūgštaus kvapo ir skonio dujos, maždaug apie pusantro karto sunkesnės už orą. Neigiamas CO₂ poveikis gaisro metu pasireiškia tuo, kad žmogus ima tankiai kvėpuoti, tuo metu į organizmą patenka daugiau toksinių medžiagų, kurios yra degančiuose produktuose. Tai sukelia centrinį ir vietinį kraujagyslių išsiplėtimo poveikį, o taip pat sukelia kraujo pH pakitimus ir padidina adrenalino kiekį kraujyje. Anglies dioksidas priklauso mažai nuodingų medžiagų klasei. Laboratorinių gyvių žūtis yra stebima 40-60% koncentracijai, prie 20-35% koncentracijos pasireiškia narkotinis efektas. Mirtinos CO₂ koncentracijos žmogui yra žemesnės, nei gyvūnui ir sudaro 10-20%. Lentelėje pateikti neigiamo CO₂ poveikio simptomai žmogui.

9 lentelė. Simptomai neigiamo CO₂ poveikio žmogui

Koncentracija		Simptomai
Tūrinė, %	Masinė, mg/m ³	
0,025-0,035*	450-630*	Nėra
0,05-0,2	900-3600	Be matomo efekto
1,8	32400	Plaučių ventiliacija didėja 50%
2,5	45000	Plaučių ventiliacija didėja 100%
3-4	54000-72000	Lengvas narkotinis būvis, pulso padažinėjimas, arterialinio spaudimo padidėjimas, galvos skausmai.
5	90000	Apsinuodijimo simptomai per 30 min, galvos skausmas, svaigimas
8	144000	Galvos svaigimas, silpnumas, nualpimas
9	162000	Mirtis 4h laikotarpyje
10	180000	Mirtis 1h laikotarpyje
12	216000	Nualpimas ir mirtis kelių minučių laikotarpyje
20	360000	Staigus nualpimas ir mirtis

* Normalus kiekis ore.

Esant 3% ore CO₂ koncentracijos kvėpavimas padažnėja 3 kartus. Koncentracijos padidėjimas iki 5% didina kvėpavimo greitį, bet visgi leidžia evakuoti žmones. Pagal turimus duomenis galima teigti, kad esant trumpalaikiam CO₂ (15min.) poveikiui leidžiama koncentracija yra 1,5%.

Vandenilio cianidas (HCN) – bespalvės dujos su kartaus migdolo kvapu, tankis 0,688 g/cm³. Gerai tirpstančios vandenyje ir etilo spirite. Į organizmą patenka per kvėpavimo organus ir per neapsaugotas odos vietas ir sukelia kvėpavimo sutrikimus. Naikindami geležį turinčius fermentus, kurie yra atsakingi už deguonies oksidavimo procesuose. Kadangi centrinės nervinės sistemos ląstelės yra labai jautrios deguonies trūkumui, tai žmogų greitai išstinka nervinių centrų paralyžius.

Vandenilio cianidas– toksinis junginys. Jei letalinė koncentracija CO žmonėms per 30 min. sudaro 0,4%, tai HCN – 0,0135%. Duomenys apie HCN toksiškumą esant trumpalaikiams poveikiams yra 10 lentelėje.

10 lentelė. HCN toksinė koncentracija žmonėms

Koncentracija, mg/m ³	Toksinis efektas
24-48	Lengvo apsinuodijimo simptomai (galvos svaigimas, galvos skausmas, pykinimas, vėmimas) esant įkvėpimui kelias minutes
50-60	Ištveriamas 30-60min. be pavojingų toksinių pasireiškimų
120-150	Pavojinga gyvybei 30-60 min. poveikiui
240-360	Mirtis per 5-10 min.
420-500	Staigi mirtis

Artimos pagal toksinį efektą koncentracijos yra nurodytos ir kitose šaltiniuose. Pavyzdžiui, JAV maksimali leidžiama HCN koncentracija esant 15 min. trumpalaikiam poveikiui yra 16 mg/m³.

Esant dideliame HCN kiekiui ore, apsinuodijimas gali įvykti ir tais atvejais, kai kvėpavimo organai apsaugoti, kadangi nuodai patenka į organizmą per neapsaugotas odos vietas. Aukšta oro temperatūra ir padidėjęs prakaitavimas didina HCN patekimą į organizmą per odą.

Vandenilio cianidas išsiskiria terminio irimo metu ir atvirai ugniai veikiant azoto turinčias medžiagas (vilna, poliakrilatonitril, poliamidai ir kt.). Ypač aukštu išsiskyrimo lygiu pasižymi vilna ir poliakrilonitrilas. Manoma, kad esant 800 °C pakanka 1 kg akrilonitrilo, kad susidarytų mirtina HCN koncentracija kambaryje, kurio plotas 28 m³.

Kiekybinis HCN išsiskyrimas iš esmės priklauso polimeriniai medžiagų terminio irimo sąlygų. Yra nustatyta, kad medžiagas kaitinant inertinių dujų aplinkoje, HCN išsiskyrimas greičiausiai bus proporcingas azoto sudėčiai pavyzdžiuose. Vystant termooksidacinei polimerų destrukcijai, HCN išsiskyrimas didėja atitinkamai didėjant temperatūrai. Taip pat HCN didesnis išsiskyrimas vyksta esant mažai deguonies koncentracijai, t. y. mažas oro kiekio patekimas į reakcijos zoną termooksidacinės reakcijos metu. Kadangi aukšta temperatūra ir nedidelė deguonies koncentracija yra nebūdinga ankstyvai gaisro stadijai, manoma, kad mirtinos HCN koncentracijos atsiradimas šioje stadijoje mažai realus. Kai degančią patalpą apims liepsna, HCN išsiskyrimas padidės, ir žmonės, esantiems degimo produktų poveikio zonoje, gali kilti apsinuodijimo HCN pavojus.

Nagrinėjant HCN komponento pavojingumą degimo produktų sudėtyje, surinkta ne mažai duomenų vykstant realiems gaisrams. Pavyzdžiui, pagal 90 bandomųjų dujinių pavyzdžių tyrimų rezultatus, kurie buvo paimti per gaisrus Bostono mieste, vandenilio cianidas randamas pakankamai dažnai, bet jo koncentracijos, kaip taisyklė, yra žemiau leistinos esant trumpalaikiai ekspozicijai. Tyrimai parodė, kad pas nukentėjusius gaisro metu, nebuvo pastebėta simptomų, panašių į apsinuodijimą cianidais. Remiantis statistiniais duomenimis gautais Didžiojoje Britanijoje, 57% gaisro aukų kraujyje buvo rasta HCN padidinta koncentracija, be to 7% atvejų aukščiau toksinio lygio (apie 100mol/m⁻¹).

Cinko vandenilio pavojingumo įvertinimui relių gaisrų aplinkybėmis svarbu žinoti, kad jį gerai absorbuoja poringos medžiagos. Yra duomenų, kad cinko vandenilio garai išlieka nesudegusio putų

polistireno porose nuo kelių valandų iki kelių parų. Žinomi atvejai, kai darbininkai stipriai apsinuodydavo atlikdami nesudegusio putų polieuretano ardymo darbus praėjus 2 paroms po gaisro.

Svarbus pastebėjimas padarytas tiriant HCN išskyrimo iš putų polieuretanų dinamiką, kurių terminis irimas vyko veikiat aukštomis temperatūroms. Didžioji dalis HCN adsorbavosi kietų ir skystų smalos dalelių paviršiuje, todėl akivaizdu, kad jas galima būti sulaikyti dūmų filtru.

Vandenilio chloridas (druskos rūgštis) (HCL) – bespalvės dujos su aštriu kvapu, tankis lyginant su oru 1,218, gerai tirpsta vandenyje. Absorbuojant drėgme sudaro rūką, susidedantį iš smulkučių druskos rūgšties lašelių. Vandenilio chloridui būdingas stiprus dirginantis efektas, kuris pasireiškia ilgaiui prieš pavojingų koncentracijų susidarymą. HCL vietinis poveikis lydimas kvėpavimo takų spazmais, uždegiminiu procesu, kuris priveda prie kvėpavimo sutrikimo. Vykstant gaisrui, vandenilio chloridas mažina žmogaus sugebėjimą orientuotis: susilietęs su drėgnu akies obuoliu, jis virsta rūgšties druska, tai pasireiškia stipriu ašarojimu ir rėžiančiu skausmu akyse. Visa tai pasireiškia panika ir apsunkina gelbėjimo darbus. Didelės HCL koncentracijos sąlygoja drėgnų audinių(akių), odos ir plaučių cheminius nudegimus. 3 lentelėje pateiktos HCL mirtinų koncentracijų reikšmės, tačiau jos yra tikslinamos daugelio mokslininkų tyrimais.

11 lentelė. HCL toksinės (nuodingos) koncentracijos žmogui

Koncentracija		Simptomai
l/mln ¹ , ppm	mg/m ³	
1-5	1,5-7,5	Stipraus kvapo pojūtis
5*	7,5*	----
5-10	7,5-15	Drėgnų gleivėtų akių audinių ir kvėpavimo takų nežymus dirginimas
35	52,5	Viršutinių kvėpavimo takų dirginimai trumpalaikiam poveikiui
50-100	75-150	Sunkiai pernešama**
1000	1500	Pavojus plaučių funkcijai 30-60 min. laikotarpyje
1300-2000***	2000-3200***	----

*- maksimalus vienkartinės koncentracijos kiekis

** - vandenilio chloridas nepakenčiamas esant tokiai koncentracijai

***- mirtinos koncentracijos kelių minučių laikotarpyje

JAV Nacionalinės mokslų akademijos toksikologijos komitetas nustatė tokias koncentracijas esant skirtingam poveikio laikui esant, mln⁻¹ (mg/m³):

10 min. – 30 (45);

30 min. - 20 (30);

60 min. – 10 (15)

Vandenilio chloridas išsiskiria degant polimerams, kurie turi chloro. Ypač daug jo išsiskiria esant terminei polivinilchlorido destrukcijai ir jo degimui. HCL išsiskyrimas prasideda palyginti žemose temperatūrose (200-250°C). Didėjant temperatūrai, proceso greitis auga.

Sudėtyje degančiųjų produktų HCL yra dujų pavidalo, aerozolio arba ant paviršiaus dūminių dalelių.

Apsinuodijimo pavojus HCL realiuose gaisruose yra patvirtintas ištyrus 300 gaisrų. Bostono mieste nustatyta 37% apsinuodijimo atvejų HCL, be to 87% atvejų iš jų buvo viršyta trumpalaikė vandenilio chlorido poveikio koncentracija. Pavyzdžiui, atlikus 176 ugniagesių klinikinį tyrimą, dirbusių be dujokaukių, nustatyta, kad po gaisro gesinimo (gesinta buvo medžiagos turinčios polivinilchlorido - PVC), ugniagesiams atsirado skausmai krūtinėse, gerklės deginimas, galvos skausmai, kvėpavimo sutrikimai, kurie tesėsi apie parą.

Analizuojant šiuos duomenis, negalima vertinti vien tik HCL išsiskiriančio iš PVC, nes iš pastarojo skiriasi nemažai CO, CO₂, benzolo, kitų komponentų. HCL nuodingo poveikio pavojus

gaisro metu reikalauja papildomo išaiškinimo įvertinant tai, kad jo didelis reakcinis aktyvumas ir tirpumas vandenyje, o taip pat dešimt kartų besiskiriančios koncentracijos, kurios sukelia dirginimą ir mirtiną apsinuodijimą.

Vandenilio fluoridas (HF) - bespalvės dujos su aštriu kvapu, tankis $0,98 \text{ g/cm}^3$, maišosi su vandeniu bet kokių santykiu, sudaro vandenilio fluorida rūgštį. Į organizmą patenka per kvėpavimo takus, gali patekti ir per odą. Sukelia stiprią dirginančią reakciją odai, ypač prakaitavimą. Gali atsirasti opos akių srityse ir viršutiniuose kvėpavimo takuose, nosies kraujavimas. Dirginamasis efektas pasireiškia esant 8 mg/m^3 koncentracijai. Prie didelių koncentracijų yra pastebimi gerklės ir bronchų spazmai, pažeistos nervų sistemos, kepenų ir širdies nepakankamumo simptomai. Mirtis Stipraus poveikio metu ištinka mirtis, kai nustoja funkcionuoti plaučiai ir bei pasireiškia kraujavimas.

Žinios apie mirtinas vandenilio fluorida koncentracijas žmogui yra skirtingos. Kai kuriais duomenimis HF 100 kartų labiau nuodingas, nei HCL. Remiantis kitais tyrimais, HF pavojingas gyvybei po kelių minučių veikimo esant $45\text{-}135 \text{ mg/m}^3$ koncentracijai. Ribinės koncentracijos avarinių situacijų metu esant skirtingam poveikio laikui, mg/m^3 :

10 min. - 17; 30 min. - 8,5; 60 min. - 7.

Vandenilio fluoridas išsiskiria vykstant polimerinių medžiagų, turinčių vandenilio fluorida, degimui ir terminiam irimui turinčių. Fluoroplastų irimas prasideda esant aukštesnei nei $300 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrai ir staigiai suaktyvėja, kai temperatūra pakyla daugiau nei $500 \text{ }^\circ\text{C}$. Dūmai, atsirandantys degant fluoroplastams, kelia didelį pavojų dėl to, kad juose be HF, yra kiti aukštą toksišką lygį turintys fluoro junginiai, pavyzdžiui, karbonilfluoridas (COF_2) ir kiti.

Azoto oksidai - (nitrodujos N_xO_y). Iš šios junginių grupės atliekant degimo produktų sudėties analizę dažniausiai nustatomas NO_2 degant polimerinėms azoto turinčioms medžiagoms (nitroceliuliozė, poliamidai ir kt.). Azoto dioksidas yra rusvos spalvos troškinamo kvapas dujos. Su vandeniu ar oro drėgme sudaro azoto ir azoto rūgšties mišinį. Priklauso aukštai toksiškų junginių grupei, kurie su dirgina apatinius kvėpavimo takus. NO_2 dirginimo riba yra poveikis 4 min.- 150 mg/m^3 , 15 min.- 90 mg/m^3 . Esant didelei koncentracijai sukelia sunkius apsinuodijimus, kurie gali baigtis mirtimi. Esant NO_2 $510\text{-}760 \text{ mg/m}^3$ koncentracijai ore, kvėpuojant 5 minutes vystosi bronchopneumonija, o 950 mg/m^3 koncentracija iššaukia plaučių funkcijos sutrikimą.

Azoto oksidams patekus į kraują susidaro nitritai ir nitratai. Pastarieji paverčia oksihemoglobina į methemoglobina ir tuo pačiu didina deguonies nepakankamumą organizmui.

JAV ribinis azoto dioksido kiekis avarinėse situacijose yra tokios koncentracijos (mg/m^3):

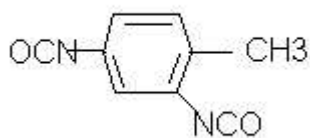
10 min. - 60; 30 min. - 40; 60 min. - 20.

Realių gaisrų tyrimai parodė, kad susidaro nepavojingos azoto dioksido koncentracijos gyvybei. Yra manoma, kad vykstant gaisrams gyvenamuosiuose namuose nėra sąlygų intensyviai susidaryti azoto oksidams.

Amoniakas (NH_3) - bespalvės dujos su dusinančiu aštriu kvapu, gerai tirpsta vandenyje ir organiniuose skiedikliuose. Sukelia dirginančius ir deginančius jausmus, sukelia ašarojimą ir skausmą akyse, dusinimą, stiprius kosulio priepuolius, galvos svaigimą, vėmimą, įmanomas balso stygų bei plaučių veiklos nepakankamumas. Ribinis dirginimo poveikis sukliamas per 15 min. esant 20 mg/m^3 koncentracijai.

Nustatyta, kad esant NH_3 ore $70\text{-}140 \text{ mg/m}^3$ darbas dar yra įmanomas, prie $140\text{-}210 \text{ mg/m}^3$ - darbas apsunkinamas, prie $350\text{-}700 \text{ mg/m}^3$ - darbas neįmanomas, ši koncentracija yra pavojinga gyvybei. Pagal kitus duomenis, esant trumpalaikiam poveikiui mirtina koncentracija yra 1400 mg/m^3 , o leistina avarinėse situacijose - $375(10 \text{ min.})$ ir $225 \text{ mg/m}^3(30 \text{ min.})$. Gaisro sąlygomis NH_3 gali išsiskirti su degimo produktais degant vilnai, šilkui, poliamidams ir kt.

Toluilendiizocianatai - degant putų poliuretanams išsiskiria lakūs junginiai su laisvomis izocianatinėmis grupėmis, kartais 2,4-toluilendiizocianatas.



Šie junginiai turi aštrų nemalonų kvapą, kuris jaučiamas esant ore 0,2-3 mg/m³ koncentracijai, ir yra priskiriami stiprių dirgiklių. 3,5-7,0 mg/m³ koncentracija sukelia akių, nosies bei burnos dirginimus. Esant tam tikroms didelėms koncentracijoms vystosi apsinuodijimas su kosulio priepuoliais, bronchų spazmais. Kai kuriais atvejais yra pastebimas plaučių nepakankamumas. Yra duomenų, kad izocianatai yra junginiai sukeliantys alergines reakcijas. Avarinėse situacijose leidžiama 2,4-toluilendiizocianato koncentracija trumpalaikio poveikio metu yra 0,02 ppm arba 0,14 mg/m³.

Fosgenas (karbonilchloridas)(COCL₂) - bespalvės dujos, turinčios supuvusių vaisių bei šieno kvapą, 3,5 karto yra sunkesnės už orą. Pasižymi aukštu reakciniu aktyvumu. Šios dujos priklauso labai nuodingiems junginiams. Nedidelės koncentracijos sukelia kvėpavimo takų bei akių erzinantį pojūtį, ašarojimą, kosulį, pykinimą. COCL₂ nuodingos koncentracijos sukelia plaučių nepakankamumą po tam tikro laiko, kuris tęsiasi nuo 1 iki 23 h ir apibūdinamas apsinuodijimo sunkumu. Esant COCL₂ iki 10 mg/m³, galima būti aplinkoje valandos bėgyje, esant koncentracijai 22 mg/m³ ištinka mirtis po 30 minučių. Remiantis kitais duomenimis, mirtinos fosgeno koncentracijos esant skirtingam laiko tarpui sudaro, mg/m³:

5 min. - 100; 15 min.- 400; 60 min. - 100.

Fosgeno susidarymas yra galimas esant terminiam irimui ir kitų chloro turinčių polimerinių medžiagų degimui. COCL₂ randami kiekiai lakių produktų sudėtyje yra nereikšmingi ir nesukelia didelio pavojaus.

Akroleinas – (CH₂=CH-CHO) - bespalvis lakus skystis. Akroleino garai sukelia stiprų dirginimą, akių graužimą, ašarojimą, kosulį. Esant labai didelėms koncentracijoms CH₂=CH-CHO sukelia lengvą galvos svaigimą, kraujo plūdimą link galvos, pilvo skausmus, pykinimą, vėmimą, lupų pamėlynavimą, pulso sulėtėjimą. Taip pat gali sutrikti plaučių funkcija, pasireikšti apalpinimas. Nustatyta, kad žmogus ištveria ne daugiau kaip 1 minutę esant akroleino koncentracijai 13 mg/m³ yra, esant 2 mg/m³ koncentracijai po 2-3 minučių jaučiamas akių bei nosies dirginimas, 5 minučių laikotarpyje dirginimas tampa nepakenčiamas. Mirtinos koncentracijos veikiančios esant 10 min. poveikiui sudaro 75-350mg/m³. JAV nustatyta maksimali koncentracija yra 0,7 mg/m³.

Akroleino garų išskyrimo šaltiniai yra polietilenas, polipropilenas, mediena, polimetilmetakrilatas, popierius, naftos produktai. Nustatyta, kad prie tam tikrų degimo sąlygų kai kurių medžiagų (pavyzdžiui, degimas be ugnies esant žemesnei nei 650°C temperatūrai) akroleinas gali sukelti didesnę pavojų, negu anglies oksidas. Realiuose gaisruose atlikti tyrimai leido nustatyti, kad daugumoje išsiskyrė akroleino garų, be to koncentracijos buvo pakankamos, kad sukeltų dirginimus bei bendruosius apsinuodijimo reiškinius, o kai kuriais atvejais sukėlė mirtį.

Kartu su akroleinu degančiuose polimerinių medžiagų degimo produktuose neretai aptinkami ir kiti aldehydai, dažniausiai **formaldehidai ir acetaldehydai** (HCHO, CH₃CHO). Šios medžiagos, sukelia stiprius dirginimus, uždegimo procesus, pokyčius kvėpavimo takų audiniuose bei veikia akis. Jų poveikis pasireiškia centrinei nervinei sistemai, o kai kuriais stipraus apsinuodijimo atvejais sutrinka kepenų, inkstų ir plaučių funkcijos. Be to, formaldehidui yra būdingas, mutacinis genetinis poveikis.

Formaldehido dirginamosios savybės pasireiškia esant 1 mg/m³ koncentracijai. Acetaldehydas veikia šiek tiek silpniau. Pavyzdžiui, JAV leidžiama koncentracija esant uždaroje patalpoje 60 minučių turi būti ne daugiau kaip 1 mg/m³ formaldehido (acetaldehido-90mg/m³), o esant avarinėms situacijoms koncentracija neturi viršyti 3,7mg/m³ išbuvus tą patį laiką.

Aromatiniai angliavandeniliai (benzolas, toluolis, etilbenzolis, stirolis) – tai organiniai junginiai, susidedantys iš anglies ir vandenilio ir turintys benzolo žiedą. Daugelis jų esant normalioms sąlygoms yra skysčiai su jiems charakteringu kvapu. Aromatinių angliavandenilių garai patenka į organizmą per kvėpavimo organus, tačiau gali prasiskverbti ir per odą. Daro neigiamą

įtaką kraujotakai. Mažos koncentracijos sukelia drėgnųjų audinių dirginimo efektą, o didelės - narkotinį efektą. Pagal tam tikrus duomenis, benzolo bei kitų aromatinių angliavandenilių narkotinis efektas galimas ore esant aukštesnei nei 3500mg/m³ koncentracijai. JAV uždaroje patalpose leistinos kitokios koncentracijos esant iki 60 min. poveikio laikui., mg/m³: benzolo-320, etilobenzolio-860, toluolas-760, stirolas-215, ksilolas-430.

Realiuose gaisruose ištyrus dujų pavyzdžius nustatyta, kad 92% jų buvo rasta, o 18% atvejų jo koncentracijos buvo pavojingos žmonių sveikatai. Aromatiniai angliavandeniliai susidaro degant polistirenams ir kitoms polimerinėms medžiagoms. Benzolas yra laikomas vienu iš tarpinių junginių anglėjimo ir anglies susidarymo procesuose. Alifatiniai angliavandeniliai randami kaip gamtinių, taip ir sintetinių organinių medžiagų degimo produktuose. Jų didės koncentracijos veikia kaip narkotinės medžiagos. Lyginant su kitais dūmų komponentais jie sukelia žymiai mažesnę pavojų.

Sieros dioksidas (sieros dujos)(SO₂) - aštraus kvapo bespalvės dujos, sunkesnės už orą. Ant drėgnų slidžių audinių paviršiaus virsta sieros rūgštimi. Sukelia kosulį, kraujosruvas iš nosies, bronchų spazmus, sutrikdo apykaitos procesus, turi įtakos methemoglobino atsiradimui kraujyje ir kraujodaros organams. Akių ir gerklės erzinimas pastebimas esant ore 50 mg/m³ SO₂ koncentracijai. 250-500 mg/m³ koncentracijos yra pavojingos, o 1500-2000 mg/m³ - mirtinos po kelių minučių poveikio. JAV nacionalinės akademijos komiteto nustatytos leidžiamos koncentracijos esant avarinėms situacijoms yra tokios:

10 min. – 30; 30 min. - 20; 60 min. - 10 mg/m³.

Sieros dioksidas išsiskiria degant vilnai, gumai ir kitoms polimerinėms medžiagoms, kuriu sudėtyje yra sieros.

Sieros vandenilis (H₂S) - bespalvės dujos, sunkesnės už orą, turinčios supuvusių kiaušinių kvapą. Susidaro degant medžiagoms, turinčioms sieros. Į organizmą patenka inhaliaciniu būdu, taip pat gali patekti ir per odą. Sukelia ir vietinį, ir bendrą toksinį poveikį. Esant žemoms koncentracijoms sukelia nervinės sistemos sutrikimus ir rūgštinius procesus audiniuose.

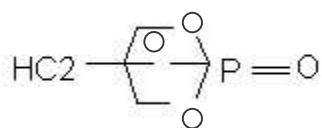
Sunkaus apsinuodijimo požymiai registruojami esant ore 700mg/m³ H₂S koncentracijai ir būnant tokioje aplinkoje 15-30 minučių. Įkvėpus H₂S, kai koncentracija yra 1000 mg/m³ ir daugiau, sukiamas staigus apsinuodijimo efektas, kuris lydymas traukulių atsiradimu, alpimu ir mirtimi per kelias minutes. Jeigu nukentėjusį po nualpimo išvedame iškart į gryną orą, dar galime jį staigiai atgaivinti. Ribotos koncentracijos, neapsunkinančios darbingumo yra:

10 min.- 280; 30 min. - 140; 60 min. – 70mg/m³.

Acto rūgštis (CH₃COOH) išsiskiria garų pavidalu degant medienai, PVC ir kitoms polimerinėms medžiagoms. Sukelia dirginantį efektą. Acto rūgšties garų koncentracijos 2000-3000 mg/m³ yra pakenčiamos daugiau nei 3 minutes. JAV leidžiama koncentracija yra 37 mg/m³, esant 15 min. poveikiui.

Be nurodytų medžiagų dūmų sudėtyje randama ir daugelis kitų dujinės būsenos komponentų, kurių pavojus gaisrų metu lieka nepakankamai išaiškintas. Identifikuotų junginių palyginimas toksinio pobūdžio parametrais sukelia daug skirtumų – nuo biologiškai išdiferencijuotų (kaip azotas) iki stipriai nuodingų (kaip cinko vandenilis, akroleinas, nitrilas akrilinės rūgšties ir kiti junginiai).

Svarbu pažymėti, kad pirolizės metu ir degant polimerinėms medžiagoms gali išsiskirti labai nuodingi junginiai, kuriuos sunku nuspėti remiantis klasikinės chemijos žiniomis, o taip pat jie ne visada randami šiuolaikiškais techniniais prietaisais. Pavyzdžiui, aptyarkime biciklininį organinį fosfatą, kurio struktūrinė formulė:



Šis junginys buvo pastebėtas 1977m. (Petajan J.) ir kitų tyrinėtojų, vykstant nuo ugnies apsaugoto putų poliuretano pirolizei. Junginys susidaro reaguojant fosforui, esančiam nuo ugnies apsaugančiai medžiagoje, su trimetilolpropanu, kuris yra vienas iš putų poliuretano komponentų. Pradžioje

biciklinis organinis fosfatas nepastebimai kėlė aštrų poveikį laboratoriniams gyvūnams ir įtakoję laboratorijos darbuotojus (psichomotorinės reakcijos) ir tik vėliau buvo identifikuotas.

Pagal dūmų ir dujų turinčių degimo produktų tyrimus, kurių mėginiai buvo paimti š 100 gaisrų, pavyko nustatyti laisvų radikalų buvimą, kurie apsunkina deguonies patekimą į kraują. Jeigu apsinuodijimas įvyksta veikiant kartu laisviesiems radikalams ir anglies oksidui, tai trukdo deguoniui prisijungti prie kraujo. Jeigu apsinuodijimas įvyksta veikiant laisviesiems radikalams ir anglies oksidui, tai tais atvejais, kai aukos kraujyje karboksihemoglobino sudėtis nesudaro mirtinos koncentracijos, didelį įtaką žmogaus žūčiai padaro laisvėji radikalai. Jų įkvėpimas gali padidinti širdies priepuolių tikimybę.

Nustatyta, kad laisvėji radikalai gali susidaryti netgi prie 100 °C. Per 5 pirmąsias žemos temperatūros gaisro minutes laisvųjų radikalų koncentracija gali trigubai viršyti anglies oksido dujų ore koncentraciją. Todėl ugniagesiai gaisro metu turi būti su kvėpavimui skirtais aparatais netgi esant nežymiam uždūminimui jų darbo zonoje.

Reikia paminėti, jog mirtinų atvejų lėktuvų gaisruose analizė parodė, kad plaučiuose ir kraujyje yra specifinė medžiaga. Elektroninės mikroskopijos ir kitų tyrimų pagalba buvo nustatyta, kad ji yra sudaryta iš didelio kiekio cheminių elementų ir turi didelę toksinį poveikį.

Šie pavyzdžiai turi dvejopą prasmę. Iš vienos pusės jie atspindi progresą, pasiektą lakių degimo produktų, išskiriančių degant medžiagoms, sudėties ir toksinio poveikio tyrimuose. Tačiau iš kitos pusės, tai liudija, kad turimos žinios apie komponentus, esančius garuose ir dujose, vadinamais dūmais, yra ribotos.

Charakterizuojant aerolinio komponento toksikologinę reikšmę, reikia įvertinti cheminių reakcijų galimybę tarp dujų ir dalelių, kuomet susidaro medžiagos, kurių toksiškumo laipsnis skiriasi nuo buvusių pradinių komponentų. Didelę reikšmę gali turėti ir ryšiai, charakteringi fizinei dalelių ir dujų sąveikai.

Buvo pažymėta, kad ant dalelių paviršiaus, susidarančių degant polimerinėms medžiagoms, susirenka vandenilio chloridas ir vandenilio cianidas (galima adsorbcijos ir kitų toksinių junginių). Dūmų dalelės surenka ant paviršiaus deguonį, mažinant jo turinį dujinėje sferoje.

Priklausomai nuo dispersiškumo, dalelytės skirtingai elgiasi kvėpavimo takuose. Stambios dalelės (>2,5 mkm.) giliai prasiskverbia (į bronchioles ir alveoles) ir sukelia didesnę neigiamą poveikį.

Dūmų dalelių susikaupimas kvėpavimo takuose gali sukelti kvėpavimo sutrikimus ir pabloginti savijautą per kelias valandas po saugaus išėjimo iš zonos, kur išsiskyrė degimo produktai gaisro metu. Taip gali atsitikti dėl dujų desorbcijos, kurios yra ant dalelių, jų sąveikos su drėgme bei atsiradus rūgštims, kurios sukelia vietinius uždegimus, audinių pokyčius ir bendrą organizmo apnuodijimą. Patekus dideliame dalelių kiekiui į kvėpavimo takus, galimas ir mechaninis jų užsikimšimas.

Galima numanyti, kad kuriais atvejais dalelytės gali savarankiškai įtakoti apsinuodijimo eigą. Pavyzdžiui, esant politetrafluoretileno terminei destrukcijai, išskiriamos kietos 1-3 mkm, dalelytės kurios skiriasi pagal sudėtį nuo polimero grandinės fragmentų ir kitų identifikuotų fluoro junginių. Šios dalelės sukeldavo žmoniemis taip vadinamą karštligę, kuri būdavo stebima ir pas laboratorijos gyvūnus.

Degimo produktų dispersinės fazės įtaka toksiškumo efektui kiekybiniu požiūriu nėra ištirtas, tačiau įvertinus aptartus eksperimentinius duomenis ši įtaka gali būti reikšminga. Parodyta, kad praleidimas lakių degimo produktų per priešdūminį filtrą staigiai sumažina jų bendrą toksinį efektą.

Remiantis aukščiau aptartais duomenimis, galima teigti, kad charakterizuojant polimerinių medžiagų degimo produktus toksiškumo požiūriu, būtina visuomet turėti omenyje, kad vienu metu organizmą veikia eilė skirtingų pagal veikimo mechanizmą bei biologinį aktyvumą junginių.

3.2 Kombinuotas degimo produktų ir kitų pavojingų gaisrui faktorių poveikis

Kai vienu metu į organizmą patenka didelis kiekis cheminių medžiagų esančių polimerinių medžiagų degimo produktuose, pastebimas nevienareikšmiškas kombinuoto veikimo poveikis. Dažniausi kombinuotas poveikis yra sumavimas, potencionavimas ir antagonizmas.

Nuodų poveikio sumavimas dažniausiai pasitaikantis reiškinys. Tai reiškia, kad galutinis rezultatas vienu metu veikiančių skirtingų nuodų bus lygus kiekvieno jų poveikių sumai.

Potencionavimas (sinergizmas) arba didesnis nei suminis nuodų poveikis apibūdinamas taip, kad bendras nuodingų medžiagų poveikis yra didesnis nei atskirai nuodingų medžiagų suma. Analizuojant didelį kiekį potencionavimo toksinių medžiagų poveikio pavyzdžių, darbų autoriai išskiria tokius medžiagų mišinius: angliavandenilio oksidas + benzolas, angliavandenilio oksidas + azoto oksidas ir t.t.

Antagonizmas – tai bendro nuodų poveikio sumažėjimas lyginant su numanomu atskirų medžiagų poveikiu. Toks reiškinys yra pastebėtas tokiuose junginiuose, kaip angliavandenilis ir toluenas, angliavandenilio oksidas ir metanas, stirolas ir formaldehidas, fluoro vandenilis ir amoniakas, akrilas ir formaldehidas.

Kai kurioms toksinėms kombinacijoms charakteringas taip vadinamas nepriklausomas veikimas, kai bendras toksinis efektas mažesnis, nei suminis, bet ne mažesnis kaip vieno iš komponentų efektas.

Būtina atsižvelgti, kad gaisro metu patenkantys toksiniai produktai žmogaus organizmą labiausiai veikia, esant aukštai aplinkos temperatūrai ir sumažintam parcialiniam slėgiui. Turimais duomenimis šitie faktoriai labai įtakoja apsinuodijimo sunkumą ir pasekmes.

Degimo produktai organizmui sukelia įvairius klinikinius pokyčius (organų ir audinių nepakankamą aprūpinimą deguonimi) esant paaukštintai aplinkos temperatūrai ir sumažintai deguonies koncentracijai. Žmogus ramybės būsenoje sunaudoja apie 250 ml / min. deguonies, įtemptai dirbant – iki 3000-4000 ml / min.

Pablogėjus savijauta atsiranda prie nepakankamo audinių ir organų aprūpinimo deguonimi, ši savijauta vadinama hipoksija. Išskiriami penki hipoksijos tipai:

- Hipoksinė, atsiranda dalinis deguonies slėgio kitimo ore pasėkoje, apsinkintas O₂ patekimas į kraują per kvėpavimo takus ir kvėpavimo sutrikimai;
- Hematinė, charakterizuojamas, kaip sumažėjęs kraujo gebėjimas įsisavinti deguonį;
- Cirkuliacinė, charakterizuojamas, kaip deguonies apykaitos pažeidimas dėl kraujotakos sutrikimo;
- Audininė, atsiranda sutrikus deguonies įsisavinimui medžiagų apykaitos procese;
- Mišrioji, nurodytų hipoksijos tipų junginys.

Deguonies trūkumas atmosferoje netoli gaisro židinio, atsiranda dėl deguonies pašalinimo medžiagų degimo procese ir dėl degimo produktų pasiskirstymo ore. Pirmieji deguonies trūkumo simptomai (padidėjęs kvėpavimo dažnumas, sumažėjęs dėmesys, koordinacijos sutrikimai) atsiranda, kai deguonies kiekis įkvėpiamame dujų mišinyje yra 16-17% lygyje. O₂ koncentracijos sumažėjimas iki 12-15% sukelia dusimą, pulso sumažėjimą, protinės veiklos sutrikimus, galvos svaigimą, nuovargį. Kai O₂ koncentracija sumažėja iki 10-12%, sąmonė neprarandama, bet jaučiamas tvankumas, stiprus nuovargis, kvėpavimas trūkinėja. Koncentracijai pasiekus 8 % greitai prarandama sąmonė, o žemiau 6 % - mirtis po 6 – 8 min.

Įkvėpus degimo produktų, kurie stipriai veikia organizmo sistemas ir kai deguonies kiekis pakankamai mažas hipoksija gali būti labai sudėtinga ir įvairiapusė. Ją tiriant labai svarbią reikšmę turi O₂ CO tarpusavio poveikio analizė. Reakcija įvykusi tarp deguonies ir anglies oksido hemoglobinu yra grįžtamoji:



Hemoglobino asociacija su CO vyksta dešimt kartų lėčiau nei su O₂. Tačiau ir disociacija vyksta kur kas lėčiau (kai kurių tyrimų duomenimis iki 3600 kartų). Tai sąlygoja greitas HbCO susikaupimas net ir esant mažam CO kiekiui ore. Taip 50% HbCO lygis gali būti pasiektas esant tik

0,1% CO lygiui. Svarbu atsižvelgti ir į tai, kad apsinuodijus CO hipoksijos lygis nustatomas ne tik dezaktyvuoto hemoglobino kiekiu. HbCO sulėtina HbO₂ disociaciją, o tai sukelia deguonies nepakankamumą audiniams.

Hipoksijos lygis priklauso nuo įtakojančių faktorių. Pirmasis hipoksijos lygis pasireiškia sumažėjus arterinio kraujo aprūpinimu deguonimi lygiu 10 - 15 %; padidėjus deguonies deficitui iki 25 % atsiranda nejaunos ir sąmonės praradimo pavojus. Esant mirtinam apsinuodijimui CO, kai HbCO kiekis pasiekia 50 % lygį audinių aprūpinimas deguonimi sumažėja iki trijų ir daugiau kartų.

Be CO degimo produktuose gali būti ir kitų junginių dezaktyvuojančių kraujo hemoglobina ir tuo sutrikdančių deguonies patekimą į audinius. Prie jų priskiriami azoto oksidai, amino- ir nitro- junginiai formaldehydai ir kiti junginiai dėl kurių poveikio hemoglobinas pavirsta methemoglobinu. Dėl to atsiradusi hipoksija turi eilę požymių savybiškai ją suartinančia su hipoksija atsiradusia apsinuodijus CO. Sumažėjus parcialiniam deguonies slėgiui supančioje aplinkoje sumažėja jo įsisavinimas kraujo plazmoje ir susidaro mažiau hemoglobino oksido, t. y. mažėja kraujo aprūpinimas deguonimi. CO₂ buvimas dar labiau sustiprina šį efektą. Tačiau neigiamos CO₂ poveikis kompensuojasi padažnėjusiu kvėpavimu.

Sustiprėjęs plaučių ventiliavimas ir padidėjusi CO₂ koncentracija, esant hipoksinei hipoksijai, yra didelio nuodų kiekio, esančio įkvėpiamose dujų mišiniuose, patekimo į organizmą priežastis. Taigi, netgi esant mažom nuodingų priemaišų koncentracijom, jų susikaupimas organizme gali pasiekti kritinį lygį. Vandenilio cianidas – tipinis nuodų elementas. Šie nuodai organizme sutrikdo gyvybiškai svarbių fermentų veiklą, kurie atsakingi už deguonies utilizaciją. CO ir HCN mišinių įkvėpimas sukelia hematogeninės ir audininės hipoksijos vystymąsi.

Specifinė daugelio junginių savybė – nervo, esančio viršutiniuose kvėpavimo takuose paveikimas, to pasėkoje sulėtėja kvėpavimas. Sulėtėjimo stiprumas priklauso nuo veikiančios medžiagos koncentracijos. Minėti refleksai nuo kvėpavimo takų persikelia į širdies kraujagyslių sistemą. Susitraukia kraujagyslės, sumažėja kraujo spaudimas. Svarbu atsižvelgti ir į tai, kad dirginančios medžiagos sukelia kosulį ir tuo pačiu sumažina oro patekimą į plaučius. Galima sakyti, kad hipoksija sukelta apsinuodijimo degimo produktais turinčiais didelį kiekį dirginančių medžiagų yra mišrioji.

Patologinio proceso vystymasis esant mišriai hipoksijai (kai į organizmą vienu metu patenka CO ir kitos nuodingos medžiagos) ne visada pasireiškia nuodingų medžiagų suminiu poveikiu. Kartais vienu medžiagų poveikis užkerta kelią kitoms medžiagoms paveikti organizmą (pvz.: viena medžiaga sulėtina kvėpavimą ir tuo pačiu sumažina kitų medžiagų patekimą į plaučius).

Galutiniame rezultate toksikantų tarpusavio poveikis didele dalimi priklauso nuo jų poveikio intensyvumo, trukmės ir kitų aplinkybių.

Temperatūros įtaka toksiniam cheminių medžiagų, tame tarpe ir esančių degimo produktuose poveikis aprašomas kitų autorių darbuose. Nustatyta, kad aukštesnė temperatūra dažniausiai pagreitina intoksikaciją ir įtakoja apsinuodijimo požymių atsiradimą. Atitinkamai, aukšta temperatūra įtakoja organizmo jautrumą toksiniam poveikiui.

CO ir kitų nuodų toksinio poveikio sustiprėjimą dėl aplinkos temperatūros pakilimo dauguma mokslininkų pagrindžia visu kompleksu organizmo reakcijų susijusių su organizmo termoreguliacija. Temperatūros pakilimas savaime sutankina kvėpavimo dažnumą ir širdies ritmą, tuo padidindamas patenkančių nuodų kiekį į kraują per kvėpavimo takus. Pakilus aplinkos temperatūrai išsiplečia paviršinių audinių kraujagyslės, to pasėkoje į organizmą per odą patenka didesnis nuodingų medžiagų tokių kaip cinko vandenilio, benzolo, aromatinių amino ir nitro junginių ir kiti nuodų kiekis.

Nustatyta, kad arterinių kraujagyslių aprūpinimo deguonimi trūkumas pakilus temperatūrai dar labiau padidėja. Esant 35 °C arterinio kraujo aprūpinimas deguonimi per vieną valandą sumažėja 6% o prie 40 °C – 10-12 %. Kaip jau buvo nurodyta anksčiau toks deguonies trūkumas arteriniame kraujyje jau pats savaime yra pirmo lygio hipoksija, taigi hipotermija sukelia mišriąją hipoksiją.

Kita nuodų ir temperatūros poveikio organizmui savybė yra ta, kad nuodų poveikis sumažina organizmo savaiminį apsisaugojimą nuo perkaitimo. To pasėkoje atsiranda organizmo perkaitimo

simptomai, kurie savo ruožtu dar labiau sustiprina savo poveikį. Tokio tipo duomenys buvo gauti atlikus tyrimus su anglies oksidu, azoto oksidu, nitro benzolu ir kitomis medžiagomis.

Tokiu būdu temperatūros ir nuodų poveikis organizmui sustiprina atskirų faktorių įtaką, tai yra organizmą atskirai paveikus temperatūra ir nuodais jam padaryta žala bus mažesnė, nei paveikus abiem vienu metu. Tačiau šis tarpusavio sustiprinantis poveikis pasireiškia tik esant atitinkamam intensyvumui, tai yra labai stipriai padidėjus temperatūrai tai gali sumažinti organizmo jautrumą nuodams ir atvirkščiai. Taigi hipoksiją galima vertinti kaip bendrą įtakojančių efektų visumą, kombinuotą temperatūros, nuodingų degimo produktų ir sumažėjusio parcialinio deguonies slėgio poveikius.

Pagrindinė informacija apie kombinuotą degimo produktų poveikį buvo gauta tiriant pavojingiausių komponentų mišinius. Kombinuoto poveikio ypatumai nustatomi juos lyginant su individualių dujų poveikiu ar lengvesnių mišinių. Vienas iš pirmųjų tokio tipo tyrimų buvo atliktas JAV civilinės saugos užsakyму.

Tyrimuose su baltomis pelėmis pirmiausia buvo tiriamas bendro poveikio efektas, apimantis CO ir CO₂ poveikį, temperatūros padidėjimą ir deguonies koncentracijos sumažinimą 4 valandų ekspozicijoje. Tiriamų faktorių diapazoniniai pokyčiai buvo tokie: CO 0-0,31%; CO₂ 0-40%; O₂ 6-21%; esant 24-40,5^o C temperatūrai. Tyrimai parodė, kad bendras atskirų faktorių poveikis buvo mirtinas, nors atskirai paėmus faktorių dydis nebuvo mirtinas. Tais atvejais kai buvo tiriamas tik CO, CO₂ ir temperatūros poveikis pasireiškė tik nedidelis suminio žalingo poveikio padidėjimas, visais kitais atvejais pasireiškė didelis suminio žalingo poveikio padidėjimas arba net sinergetinis efektas.

Tolesnių tyrimų pagrindu nustatyta, kad prie minėtų medžiagų prijungus tokias dujas kaip HCN, SO₂ ir NO₂ pasireiškė neproporcingas toksinio efekto sustiprėjimas (12 lentelė). Pvz.: prie anksčiau minėtų nuodingų medžiagų pridėjus tik 10.000.000⁻¹ NO₂ (1/10 mirtino kiekio esant atskiram poveikiui) dujų baltoji pelė numirdavo per 4 val., kai tuo tarpu nesant NO₂ dujų pelė išgyvendavo net iki 24 val. Netgi tais atvejais kaip papildomai būdavo įvedamos medžio degimo procese susidariusios dujos suminis nuodingų medžiagų poveikis žymiai išaugdavo.

12 lentelė. Pavojingų gaisro faktorių mirtinas lygis ir jų kombinacija keturių valandų ekspozicijoje

Faktoriai	Mirtinos koncentracijos	
	Baltosioms pelėms	Žmogui
T	48,9 ^o C	54,4 ^o C
O	7,5 %	8 %
CO	0,125 %	0,04 %
CO ₂	50 %	20 %
HCN	100.000.000 ⁻¹	100.000.000 ⁻¹
NO ₂	100.000.000 ⁻¹	100.000.000 ⁻¹
SO ₂	800.000.000 ⁻¹	100.000.000 ⁻¹
O ₂ +CO+CO ₂ +T+HCN	16%+0,075%+30%+37,8 ^o C+10.000.000 ⁰⁻¹	17%+0,01%+10%+43,3 ^o C+10.000.000 ⁻¹
O ₂ +CO+CO ₂ +T+SO ₂	16%+0,075%+30%+37,8 ^o C+25.000.000 ⁰⁻¹	17%+0,01%+10%+43,3 ^o C+5.000.000 ⁻¹
O ₂ +CO+CO ₂ +T+NO ₂	16%+0,075%+30%+37,8 ^o C+10.000.000 ⁰⁻¹	17%+0,01%+10%+43,3 ^o C+10.000.000 ⁻¹

Pateiktų duomenų tikrumas kėlė abejones, nes jie nebuvo statistiškai patikrinti. Atlikus statistinę analizę paaiškėjo, kad vis tik CO, CO₂, temperatūros ir sumažėjusios deguonies koncentracijos poveikis iš esmės lygus suminiam šių faktorių poveikiui. Be to reikia atsižvelgti ir į tai, kad tyrimai buvo atliekami 4 val. ekspozicijoje, o tai šiuolaikinėje gaisrų gesinimo praktikoje retai pasitaikanti aplinkybė.

13 lentelė. HF, HCl, HCN ir NO₂ toksiškumas atskirai ir mišinyje su CO

Dujos	Vidutinė mirtina koncentracija, (CL ₅₀). mln. ⁻¹	
	baltosioms žiurkėms	baltosioms pelėms
HF	18200	6247
HF+CO	18208	6670
HCl	40980	13745
HCl+CO	39101	10663
NO ₂	831	1880
NO ₂ +CO	1140	1644
HCN	503	323
HCN+CO	467	289

14 lentelė. Baltųjų pelių nejautos laiko pokytis esant mišriam dujų poveikiui

Eil. Nr.	Mišinio sudėtis	Toksiškumo pokytis laiko atžvilgiu
1	CO + O ₂ trūkumas 15%	Be pakitimų lyginant su CO
2	CO + O ₂ trūkumas 10%	Mažėja
3	CO + CO ₂ (nuo 2 iki 8%)	Didėja proporcingai CO ₂ koncentracijos didėjimui
4	CO + CO ₂ + O ₂ trūkumas 15%	Nepakito lyginant su mišiniu Nr. 3
5	CO + CO ₂ + O ₂ trūkumas 10%	Sumažėjo lyginant su mišiniu Nr. 3
6	CO + HCl	Padidėjo lyginant su grynu CO
7	CO + HCl + CO ₂	Sumažėjo lyginant su mišiniu Nr. 6
8	CO + HCN	Padidėjo pagal poveikio sumavimo principą
9	CO + HCN + CO ₂ + O ₂ trūkumas	Mažėja pagal CO ₂ poveikį
10	CO + NH ₃	Be pakitimų lyginant su CO ir NH ₃
11	CO + NH ₃ + CO ₂	Sumažėjo lyginant su mišiniu Nr. 10

Autorių darbuose buvo nustatyti HCl, HF, HCN, NO₂ toksiškumo parametrai atskirai ir kartu su CO. Ekspozicijos trukmė buvo 5 min.

Kaip matome iš 13 lentelės parodymų, CO nedaro didelio poveikio HF, HCl, HCN ir NO₂ toksiškumui, nors kai kuriais atvejais ir pasireiškia toksiškumo didėjimo tendencija.

Analizuojant duomenis reikėtų atsižvelgti į tai, jog didelę įtaką toksikantų tarpusavio poveikiui turi jų koncentracija. Tiriamuose mišiniuose CO kiekis buvo lengvo apnuodijimo lygio, tuo tarpu kai kitų medžiagų koncentracija buvo mirtino lygio. Tačiau gaisre vis dėl to CO komponentas yra pagrindinis arba vienas iš pagrindinių, susidarant nuodingoms dujoms. Dėl to iš esmės yra labai svarbu atliekant tyrimus naudoti pavojingą arba net mirtiną CO koncentraciją.

Pagal bendradarbiavimo programą Japonijoje, JAV ir Kanadoje buvo atlikti statybinių medžiagų tyrimai ir nustatytas gaisro metu iš jų išsiskiriančių nuodingų medžiagų poveikis. Toksinės medžiagų savybės buvo tiriamos keičiant poveikio ekspoziciją, nustatant pelių judėjimo funkcijų sutrikimo ir mirties laikinius parodymus. Baltųjų pelių apnuodijimą atlikinėjo naudojant įvairias dujų koncentracijas, laiko ekspozicijas (5 – 30 min.), temperatūrinę aplinką, deguonies koncentraciją. Darbo rezultatai pateikti 14 lentelėje.

CO + deguonies trūkumas – dviejų skirtingų hipoksinių faktorių sumaišymas. Autorių darbuose nustatyta, kad esant deguonies koncentracijai dujose 15 % CO toksinis efektas nepadidėjo. Žymus CO toksinio efekto padidėjimas pasireiškia deguonies koncentracijai sumažėjus iki 10 %. Kitų autorių nuomone CO ir deguonies trūkumo toksinis poveikis organizmui yra lygus abiejų komponentų poveikių sumai.

CO + CO₂ – šitas mišinys susidaro degant visoms organinėms medžiagoms. Kaip jau buvo paminėta CO₂ kenksmingo poveikio ypatumas yra tame, kad jis sutankina žmogaus ar gyvūno kvėpavimą ir tuo atveria kelia didesniai nuodingų medžiagų kiekiui patekti į organizmą per kvėpavimo takus. Peršasi išvada, jog CO ir CO₂ poveikis turėtų didėti didėjant CO₂ kiekiui, tačiau atlikti tyrimai paneigė šią prielaidą. Tyrimai parodė jog CO toksiškumas esant CO₂ sumažėja.

CO + CO₂ + O₂ trūkumas – pagal mokslininkų atliktus tyrimus O₂ trūkumas sumažina CO₂ poveikį CO toksiškumui. Ši įtaka yra nežymi, kai deguonies kiekis mišinyje yra 15% lygyje, tačiau labai aiškiai pasireiškia 10% koncentracijos lygyje.

CO + HCl – mišinys būdingas PVCH medžiagų degimo produktams. CO pasižymi poveikiu kraujo hemoglobiniui, o HCl ryškiu dirginančiu poveikiu. Atliktų tyrimų duomenimis galima teigti, kad kombinuotas CO ir HCl poveikis iš esmės priklauso nuo minėtų medžiagų koncentracijos. Jeigu abiejų mišinių koncentracijos artimos mirtinoms, tai didesnę reikšmę organizmo toksikacijai turi CO. HCl esant tokiom sąlygom tik sustiprina CO intoksikacija ir sukelia dar sunkesnes pasekmes (suminis efektas). Koncentracijoms sumažėjus iki minimalaus lygio didesnę poveikį turi HCl dirginantis poveikis. Tais atvejais, kai HCl kiekis mišinyje yra pakankamai mažas, kad dirgintų organizmą, jo poveikis pasireiškia tuo, kad sulėtina kvėpavimą ir tuo pačiu užkerta kelią CO patekimui į organizmą per kvėpavimo takus.

CO + HCl + CO₂ – pagal mokslininkų atliktus tyrimus CO₂ ir HCl sumažina CO toksiškumą, tačiau jeigu šie komponentai į mišinį patenka vienu metu tai jie tik atvirkščiai sustiprina CO poveikį.

CO + HCN – kaip taisyklė šių komponentų yra azoto savyje turinčių medžiagų degimo produktuose. Kadangi HCN yra labai toksiška medžiaga, tai tiriant CO ir HCN kombinuotą poveikį pagrindinis dėmesys buvo skirtas HCN tyrimams. Esant dideliai CO ir mažai HCN koncentracijai mišinio toksiškumas padidėja atskirų mišinių toksiškumo sumavimo principu. Visi kiti šių degių medžiagų mišiniai sukelia tokį patį efektą, koks yra būdingas kiekvienom iš šių dujų atskirai tai yra nepriklausomas komponentų poveikis. Tai pat buvo atlikti tyrimai sumaišius CO ir HCN binarinį mišinį su medžio ir azoto turinčių degimo produktais, bei įvedus deguonies trūkumo faktorių. Tyrimų duomenimis CO ir HCN bendras poveikis buvo suminis. Esant deguonies trūkumui (11-19%) praktiškai nepakitęs toksiškumas CO poveikis, tačiau ryškiai padidėjo HCN toksiškumas.

CO + HCN + CO₂ + O₂ trūkumas – mokslininkų tyrimai parodė, kad CO₂ koncentracijos padidėjimas nuo 2 iki 8% įtakojo mišinio toksiškumo padidėjimą. Deguonies trūkumo faktorius jokios įtakos mišiniui neturėjo.

CO + NH₃ + CO₂ – pagal mokslininkų tyrimus CO ir NH₃ mišinio poveikis tolygus atskiram šių mišinių poveikiui. Į mišinį papildomai įvedus CO₂ mišinio toksiškumas padidėjo.

Kitas šio mišinio vertinimo kriterijus yra laikas, per kurį gyvūnas sugeba savarankiškai palikti dujomis pripildytą erdvę. Šiuose tyrimuose buvo naudojamos didesnė koncentracijos CO, CO₂ ir NH₃ dujos, taip pat poveikio laikas buvo sutrumpintas iki 3 minučių. Paaiškėjo, kad savivalbos laikas, veikiant CO + CO₂ yra ilgesnis nei veikiant šiom dujom atskirai. Tačiau šis laikas ypatingai padidėjo, jei į jį įmaišydavome NH₃. buvo padaryta prielaida, kad dirginantis amoniako poveikis sukelia nuodingų medžiagų susikaupimą kvėpavimo takų audiniuose.

CO+NO₂+SO₂ Buvo atliekami bandymai su baltomis pelėmis naudojant deguonies oksidą, anglies oksido dvideginį ir sierosanhidridą, kiek kartu taip ir atskirai. Binariniuose mišiniuose dujų koncentracija sumažėdavo pusiau lyginant su letaliniu prie izoliuoto veikimo, trijų komponentų junginiuose – dviem trečiosiom. Pagrindinis vertinimo kriterijus buvo vidutinis pelių gyvenimo laikas. Pagal tyrimų duomenis azoto dioksido ir sierosanhidrido dalyvavimas binariniuose junginiuose ypatingai sustiprina deguonies oksido toksiškumą.

Ypatingo dėmesio autorių darbuose sulaukė deguonies oksido ir anglies dioksido junginiai. Turimais duomenimis, toksiškam komponentų junginių veikimui charakteringas potencionavimo efektas.

CO+CO₂+HCl + suodžiai. Pagal šiuolaikinį suvokimą dujų aerosolinių kompleksų komponentai yra labai sudėtingi. Jų sudėtyje esantys aerosoliai gali sustiprinti arba sumažinti dujų toksiškumą, o dujos savo ruožtu gali modifikuoti biologinį aerosolių poveikį. Dujų toksiškumas

kryptingumas ir pokytis, veikiant aerozoliams priklauso nuo gamtinės molekulių sandaros, dispersiškumo ir kitų fizikinių – cheminių savybių.

Minėto dujų aerozolinio komplekso toksinis poveikis plačiai išnagrinėtas autorių darbuose. Atliktuose tyrimuose su baltomis pelėmis buvo modeliuojami įvairių lygių toksinių PVC medžiagų degimo produktų poveikis. Surinkti duomenys buvo statistiškai apdirbti daugkartinės regresinės analizės metodu.

Nustatyta, kad pagrindinis vaidmuo formuojant mišinio mirtiną toksinį efektą priklauso anglies oksidui. Tačiau, esant mažesniai CO kieki mišinyje lygiui. Svarbus CO vaidmuo pasitvirtino ir tuo atveju, kai HbCO koncentracija kraujyje buvo 35%. Tačiau esant mišinyje daug mažesnei CO koncentracijai, labai ryškiai pasikeitė organizmo būklės rodikliai būdingi apsinuodijimui HCl. Galima daryti išvadą, kad abu komponentus reikėtų laikyti pagrindiniais, vertinant PVCH produktų medžiagų degimo toksiškumą. Kas dėl aerozolinio komponento tai, esant suodžių sluoksniui nuo 2-5 mikro metro pasireiškia stiprinantis, o esant daugiau kaip 5 mikrometram silpninantis poveikis, bendram toksiniam efektui.

Tokiu būdu analizuojant toksinius mišinius buvo nustatyti elementai, kurių kombinuotas poveikis polimerinių medžiagų degimo produktuose yra pavojingiausias. Šių medžiagų poveikio efektas, labai ryškiai priklauso nuo dujų koncentracijos ir priedų mišiniuose.

Sankt Peterburge buvo tiriamas kombinuotas gamtinių medžiagų degimo produktų poveikis. Buvo naudojami įvairūs tyrimo metodai. Daugumoje atveju integralinei kombinuoto degimo medžiagų poveikio išraiškai įvertinti buvo pasiūlyta nustatyti sąlyginį koeficientą (rt), kuris rodytų kiek kartų CO toksiškumas degimo medžiagoje ($T_{CO_{dm}}$) padidėja ar atvirkščiai sumažėja lyginant su izoliuoto CO toksiškumu ($T_{CO_{iz}}$):

$$rt = \frac{(T_{CO_{dm}})}{(T_{CO_{iz}})} = \frac{1/CL_{50}CO_{dm}}{1/CL_{50}CO_{iz}} = \frac{CL_{50}CO_{iz}}{CL_{50}CO_{dm}}$$

Išdėstytas metodas rekomenduojamas naudoti orientaciniam kombinuoto medžiagų degimo produktų vertinimui. Šis metodas nereikalauja sudėtingų tyrimų ir gali būti naudojamas tik turint standartinius toksinių medžiagų tyrimų duomenis.

Tyrinat atskirų komponentų reikšmę kombinuotame poveikyje, taip pat buvo naudojamas statistinis analizės metodas. Problema buvo sprendžiama matuojant atskirų medžiagų išsiskyrimą vykstant degimo procesui. Buvo nustatinėjama CO, CO₂, HCN, N_xO_y išsiskyrimas ir jų tarpusavio poveikis. Hcl₅₀ mirtino poveikio kiekis buvo laikomas funkcija.

Bandymų rezultatų regresinė analizė parodė, kad 20 skirtingų ugniai atspariai impregnuotos medienos pavyzdžių tyrimai labiausiai atitiko šiam modeliui:

$$Hcl_{50} = 49,6 - 0,13 \text{ g CO} - 0,23 \text{ g HCN} - 0,25 \text{ g N}_x\text{O}_y$$

Gautų duomenų pagrindų buvo patvirtinta lemiama CO įtaka kombinuotam ugniai atspariai impregnuotam medienos poveikiui. Sprendžiant pagal CO determinacijos koeficientą CO nuo priklauso apie 70 % viso degimo medžiagos toksiškumo. Tačiau likusių 30 % toksiškumo negalima buvo paaiškinti vien tik likusių medžiagų (CO₂, HCN, N_xO_y) poveikiu, nes statistiškai nustatyta jų įtaka toksiškumo lygiui buvo daug mažesnė, dėl to buvo prieita išvados, jog likusiems 30 % didesnę įtaką turi kiti neidentifikuoti elementai.

Kituose tyrimuose su baltosiomis pelėmis ir baltosiomis žiurkėmis buvo nustatinėjamas kombinuotas degimo produktų, aukštos temperatūros ir deguonies trūkumo poveikis.

Buvo nustatyta, kad toksinis degimo produktų poveikis ryškiai padidėja kai aplinkos temperatūra būna 32° – 35° C, o deguonies koncentracija žemesnė nei 16 %. Toliau didinant minėtus faktorius iki 45° C ir 11 % šių faktorių poveikis kinti linijiniu būdu. Šiomis sąlygomis gyvūnų išgyvenimo laikas sutrumpėja 2,5 – 3 kartus.

Taip pat buvo atlikta eilė tyrimų su kitomis medžiagomis ir galutinai buvo prieita išvados jog kombinuotas poveikis yra daug didesnis nei suminis tų medžiagų poveikis. Buvo nustatyta, kad garuojančių polimerinių medžiagų degimo produktų poveikis nevienareikšmį kombinuotą poveikį. Poveikio reikšmė ir kryptingumai priklauso nuo kokybinių ir kiekybinių mišinio savybių, mišinio dispersinės būklės, aplinkos temperatūros, deguonies koncentracijos ir kitų sąlygų.

Galimybė potencijuoti toksinių medžiagų poveikį esant trumpalaikiam, degimo produktuose esančių garuojančių medžiagų, poveikiui iki šiol dar nėra ištirta. Jokių patvirtinančių duomenų šiuo klausimu kol kas dar nėra. Minėtų duomenų neturi ir JAV gaisrinių tyrimų centras, kuris nustatė tyrimuose su baltosiomis žiurkėmis, jog CO₂ sustiprino toksinį CO, HCN ir deguonies trūkumo poveikį (labiausiai). Tačiau šių išvadų patikimumas kelia abejonių, nes jos niekur nebuvo publikuotos ir patvirtintos daugkartiniuose tyrimuose.

Pagal gautus tyrimų duomenis matosi, jog labai svarbu tirti eksperimentinius mišinius, nes tik taip atsiskleidžia medžiagų tarpusavio poveikis priklausomai nuo koncentracijos ir kiekio, taip yra nustatomas kiekvienos medžiagos indėlis į bendrą mišinio toksiškumą. Tačiau, kad ir kaip bebūtų tai, kad nėra iki galo ištirtas garuojančių medžiagų buvimo polimerinių medžiagų degimo produktuose poveikis medžiagų toksiškumui kelia tam tikrų abejonių tyrimų baigtumu ir tikslumu. Medžiagų degimo produktuose yra dešimtys, o kartais net ir šimtai įvairiausių junginių, kurių poveikis kombinuotam toksiškumui yra neištirtas. Žinoma šių junginių kiekis dažniausiai yra labai mažas, tačiau bendras jų visų poveikis gali įtakoti bendra junginio toksiškumą. Eksperimentinių bandymų duomenys ne visada sutampa su tikrovėje vykstančiais procesais taip pat ir dėl to, kad kaip pavyzdžiui kai kurių medžiagų garai nusėda ant kabančių daiktų ir dėl to jų toksinis poveikis sumažėja, o žinoma į tai atliekant eksperimentus niekas neatsižvelgia.

3.3 Degimo produktų toksiškumo įvertinimo principai pagal cheminės analizės duomenis

Šios srities darbų įvairovės retrospektyva atskleidžia įvairiausių metodinius sprendimus ir būdus polimerinių medžiagų degimo produktų toksiškumui nustatyti nedarant bandymų su gyvūnais. Grubiam polimerinių medžiagų toksiškumui nustatyti siūloma jo toksiškumą prilyginti funkcijai nuo medžiagos svorio praradimo degimo metu. Tai argumentuojama tuo, kad pagrindinį kenksmingą poveikį degimo metu turi CO kiekis kuris tiesiog proporcingas sudegusios medžiagos masei. Tokiu būdu išsiskiriančios medžiagos pavojingumo lygis tiesiogiai susijęs su organinio junginio masės rodikliu medžiagoje.

Šveicarijos PGT vertinant medžiagos toksiškumą gaisro sąlygomis rekomenduoja orientuotis į numatomą nuodingų, dusinančių ir dirginančių dujų išsiskyrimą. Galimybė išsiskirti dujoms nustatoma tiriant medžiagų cheminį pradą. Medžiagų paskirstymas į klases pagal toksiškumą pavaizduotas 15 lentelėje.

15 lentelė. Degimo metu išsiskiriančių dujų toksiškumo vertinimas

Dujos išsiskiriančios degant kartu su CO	Degimo produktų toksiškumo lygis	Medžiagų pavyzdžiai
<u>Nuodai:</u> Nitro dujos, fosgenai	1	Celiuloidai
<u>Stiprūs dirgikliai:</u> Stiprios rūgštys, formaldehidai ir kt.	2	Polivinilchloridas
<u>Silpni dirgikliai:</u> Silpnos rūgštys, arba junginiai.	3	Sausa ažuolo mediena
<u>Kiti</u> (be nuodų ir stiprių rūgščių).	4	Polietilenas

Nėra abejonių, jog polimerinių medžiagų sudėtis ir masės praradimas degimo metu turi svarbią reikšmę vertinant toksinių dujų išsiskyrimą gaisro metu. Tačiau šie rodikliai negali būti kritiniais, nes nėra įvertintas kombinuotas veikimas priklausantis ne tik nuo sudėties, bet ir nuo atitinkamų koncentracijų, kitų svarbių cheminių ir toksinių savybių.

Daugumoje analitinių toksiškumo vertinimo metodų atsižvelgia į degimo metu (aukštos temperatūros aplinkoje) susidarancius junginius. Iš esmės yra labai sudėtinga nustatyti kokie tiksliai junginiai susiformuos gaisre, todėl dažniausiai nustatoma, kuris iš junginių bus pats toksiškiausias.

Labiausiai paplitęs toksiškumo analitinio vertinimo būdas yra degimo metu išsiskiriančių dujų koncentracijos nustatymas ir lyginimas jų su literatūrose pateiktais toksiškumo lygiais. Tokiu būdu yra nustatomi taip vadinami atskirų medžiagų *toksiškumo indeksai TI*. Nustatinėjant bendrą poveikį žmogaus ar gyvūno organizmui šie indeksai sumuojami. Šis metodas realizuotas nustatant toksiškumo faktorių:

$$\sum T = \sum (C_l / C_f) (V / W),$$

čia C_l – eksperimentiškai nustatyta dujų koncentracija; C_f – tokių pat dujų koncentracija mirtina ar pavojinga žmogaus gyvybei veikiant 30 min.; V – tūris kuriame pasiskirstę degimo produktai; W – medžiagos masė.

Tyrėjų nuomone toksiškumo faktorių nustatymas leidžia nustatyti atskirų komponentų indėlį į bendrą mišinio toksiškumą ir medžiagų pajėgumą išskirti toksines medžiagas degant. Prie šio metodo trūkumų priskiriama tai, kad nėra atsižvelgiama kombinuotą poveikį, uždūminimo faktorių ir nuodingų dujų išsiskyrimo laiką gaisre.

Tyrėjai iškėlė reikalavimą, pagal kurį dūmus, atsirandančius degant elektros kabeliams, būtina tirti cheminiu būdu tam, kad nustatyti juose atsirandančių komponentų toksiškumo indeksą:

$$TI = \sum(C_i / C_{f(i)}),$$

čia C_1 - I komponento koncentracija sudegus jo 100 g. viename kubiniame metre; C_f - I komponento mirtina koncentracija veikiant 30 min.

Darbuose pateiktos C_f reikšmės:

CO ₂	100.000	Akrilonitrilas	400
CO	4000	Sieros vandenilis	750
Amiakas	750	Formaldehidas	500
Chloro vandenilis	500	Azoto oksidas	250
Cinko vandenilis	150	Bromo vandenilis	150

Toksiškumo indeksas atitinka toksinį poveikį jei buvo atsižvelgta į visus svarbus komponentus ir įgyvendintos šios prielaidos:

1. Atskirų komponentų toksinis poveikis sumuojasi, t.y. pvz.: jei penkių veikiančių komponentų dozės yra 20 % nuo mirtinos dozės tai visų jų poveikis yra lygus bet kurios iš jų 100 % dozei.

2. Dūmų sudėtis atliekant tyrimus su medžiagomis atitinka dūmų esančių gaisre, degant tai medžiagai, sudėtį.

Tokiu pat būdu yra skaičiuojamas kompleksinis gaisro pavojingumo rodiklis (Π_k):

$$\Pi_k = [\sum(G_i / C_i) + (G_{O_2} / C_{O_2}) + (G / C_3)] mQ,$$

Pirmasis lygties komponentas tai bendras toksiškumo indeksas; antrasis - pavojaus dėl deguonies trūkumo indeksas (dujinės aplinkos tūris su tūrine deguonies koncentracija 15%, arba 200 g · m⁻³) trečiasis - polimerinės medžiagos dūminių savybių indeksas. Tokiu būdu, greta toksiškumo kompleksinis rodiklis atsižvelgia į pavojų, susijusį su deguonies trūkumu dujinėje aplinkoje, į dūmines savybes, į medžiagos skilimo charakteristiką. Todėl jį galima naudoti sisteminant ir klasifikuojant polimerines medžiagas pagal degumo pavojų, o taip pat apskaičiuojant laiką, kada gaisro atveju patalpoje susidaro situacija, pavojinga žmogaus gyvybei.

Mokslo-technikos centre (Prancūzija) egzistuoja šiek tiek kitoks požiūris į medžiagų vertinimą pagal fizikinių-cheminių išmatavimų rezultatus, kurie buvo atlikti pirolizės arba pavyzdžių deginimo ugnyje laboratorijos įrenginiuose metu. Jo esmė susiveda į medžiagos kritinio kiekio nustatymą (QSM, g · m⁻³, m² · m³, m · m⁻³), kurios 1 m³ visiškai sudegus, susidaro kritinė koncentracija (CTC, mg · m⁻³). Ja laikoma koncentracija, 15 minučių poveikyje sukelti grįžtamuosius organizmo būsenos pažeidimus, vėliau neatsispindinčius sveikatos būklėje. Kaip išaiškėjo, CTC reikšmės, esant 15 min. poveikio reglamentacijai, artimos "tučtuojau pavojingomis sveikatai ir gyvybei", jei ekspozicija trunka 30 min. (IDLH).

Kritinis medžiagos kiekis nustatomas tokiu būdu: iš pradžių pagal dujų išsiskyrimo analizės rezultatus nustatomas parcialinis kritinis kiekis kiekvienam toksiniam komponentui:

$$Q_{cl} = CTC_i / q_i \text{ arba } Q_{cl} = IDLH_i / q_i,$$

kur Q_{cl} - parcialinis toksinio komponento kritinis kiekis, m² · m⁻³ arba g · m⁻³; q_i - produkto, išsiskiriančio degant medžiagai, apskaičiuotai paviršiaus arba masės vienetui, kiekis, mg · m⁻², mg · m⁻¹.

Vertinant bendrą dujų, kurios išsiskiria medžiagos degimo rezultate, mišinio toksiškumą, laikomas negaliojančių visų efektų sumavimas, nes produktų degimo komponentai turi skirtingą

poveikį gyvam organizmui. Leidžiama sumuoti individualių medžiagų efektus tik atskirų grupių junginių ribose: asfiksantų (CO, HCN, nitrilų), iritantų (HCl, HF, NH₃, SO₂, HCHO, HCOOH, NxOy ir kt.) ir narkotinių (angliavandenilių). Turint tai omenyje, apskaičiuojamas kiekvienos junginių grupės medžiagos kritinis kiekis:

$$\frac{1}{Q_{cf}} = \frac{1}{Q_{ci}} = \frac{q_a}{CTC_a} + \frac{q_b}{CTC_b} + \dots + \frac{q_1}{CTC_1} + \dots + \frac{q_n}{CTC_n}$$

Mažesnė kritinio medžiagos kiekio reikšmė atitinka tą junginių grupę, kuri vaidina svarbesnį vaidmenį bendrame toksiškume. Ji ir yra kaip kriterijus sprendžiant klausimą apie medžiagos panaudojimo apribojimą. Priklausomai nuo kritinės koncentracijos reikšmės visos medžiagos skirstomos į šešias klases: nuo mažiau toksiškų (QSM > 1000 · m⁻³) iki daugiau toksiškų (QSM > 0,1 · m⁻³).

Kai kurie autoriai mano, kad pasiūlytas metodas leidžia įvertinti potencialų medžiagos toksiškumą; nors ir turi eilę apribojimų, būdingų kitiems analitinio vertinimo metodams. Jis duoda projektuotojams galimybę tiesiogiai sulygtinti vienos paskirties medžiagas ir išrinkti iš jų mažiausiai pavojingas pagal toksiškų degimo produktų išsiskyrimo lygį. Duomenys, gauti nustatant medžiagos kritinę koncentraciją, taip pat svarbūs ir apsinuodijimų gaisre diagnostikai ir sprendžiant klausimus apie priemonių panaudojimą užterštai oro erdvei išvalyti. Tam, kad metodas galėtų būti taikomas, autorių nuomone, reikia, kad būtų nustatytas tarpusavio ryšys tarp biologinio ir analitinio toksiškumo vertinimo rezultatų. Kita būtina jo panaudojimo sąlyga - tai laboratorijų aprūpinimas pakankamai tikslia ir patikima analitine aparatūra.

Paryžiaus nacionalinė geležinkelių bendrovė (SNCF) ir miesto požeminio transporto Valdyba (RATR) nustatydamas kabelių degimo produktų toksiškumą vadovaujasi paruoštu FDX 70-100 metodu. Šio metodo esmė tokia, kad kabelio apvalkalo medžiaga kaitinama krosnyje iki 800⁰ C ir nustatoma kiekybinė pagrindinių toksiškų dujų išėiga: CO, CO₂, HCl, HCN, HBr, HF, SO₂ ir NO. Nustatytų rezultatų pagrindu apskaičiuojamas sąlyginis kenksmingumo rodiklis (Indice de nuisance conventionell - INC) ir sąlyginis toksiškumo rodiklis (Indice de toxicite conventionell - ITC). Pirmojo rodiklio reikšmė surandama pagal formulę:

$$INC = (100/m) (\sum m_z IVLE_z),$$

kur m - medžiagos pavyzdžio masė, g; m_z - išsiskyrusių z dujų masė, mg; VLE_z - leidžiama z dujų koncentracija ore darbo zonoje (8 val./para), mg · m⁻³.

Antrasis rodiklis nustatomas pagal formulę:

$$ITC = (100/m) ((\sum m_z / C_{cz}),$$

kur C_{cz} - z dujų kritinė koncentracija, kurioje leidžiama būti personalui 30 min., mg · m⁻³.

Ilgiau toleruojamų dujų ir jų kritinių koncentracijų reikšmės pateiktos žemiau:

Koncentracijos, mg · m ⁻³	CO	CO ₂	HCl	HBr	HF	SO ₂	NO _x	HCN
ilgiau toleruojamos	95	9000	7	10	2	13	9	11
kritinės	1750	90000	150	170	17	260	90	55

Renkantis medžiagas izoliacijai ir kabelių apvalkalams, skirtiems eksploatuoti patalpose, kur pastoviai būna daug žmonių (pavyzdžiui, metropolitene), siekiama, kad medžiagos atitiktų šiam reikalavimui:

$$INC < 100; \quad ITC < 5.$$

Bendras rodiklis, apibūdinantis medžiagą pagal dujų ir dūmų išskyrimą (IF), apskaičiuojamas pagal formulę:

$$IF = 0,01 D_{max} + 0,33 VOF_4 + 0,5 ITC.$$

Kaip matyti iš pateiktos formulės, toksiškumo koeficientui ITC suteikiama didžiausia reikšmė (jo koeficientas lygus 0,5), paskui eina uždūnijimo VOX_4 (0,33) ir opinio dūmo tankio (0,01) rodiklis.

Daktaras G.Hartcelas ir bendraautoriai Pietvakarių mokslinių tyrimų institute JAV sukūrė matematinio modeliavimo koncepciją ir metodologiją degimo produktų toksiškumui vertinti. Toksiškumo apskaičiavimas, remiantis analitiniais duomenimis, darbų autorių nuomone leis gerokai sumažinti bandomųjų gyvūnų kiekį atliekant įprastinius polimerinių medžiagų bandymus. Be to, turint omenyje kokybinius ir kiekybinius toksinių efektų, pasireiškiančių žmogui ir laboratoriniams gyvūnams skirtumus, toks modeliavimas gali būti panaudotas toksinio pavojaus atsiradimo laiko nustatymui realiose ir imitacinėse gaisro situacijose.

Argumentuojant degimo produktų toksinių efektų modeliavimo metodologiją, svarbi reikšmė suteikiama ekspozicijos dozės kaip toksino poveikio laiko ir koncentracijos funkcijos sąvokos nustatymui. Kiekybiškai ji išreiškiama koncentracijos susidarymu per laiką. Pasikeitus toksino koncentracijai, ekspozicijos dozė faktiškai lygi grafiko plotui, esančiam žemiau priklausomybės "koncentracija - laikas" kreivės. Tais atvejais, kai toksinų degimo produktuose turinys nežinomas, daroma prielaida, kad dūmų koncentracija proporcinga degios medžiagos prarastai masei. Tokiu būdu, plotas po kreive, charakterizuojančia masės praradimo priklausomybę (tūrio vienetui) nuo laiko, tampa ekspozicijos dozės matu. Modeliuojant toksinius efektus svarbu išsiaiškinti, kokie produktų degimo komponentai juos sukelia. Taip pat tikslinga nustatyti, kaip efektyvi kiekvieno toksino dozė priklauso nuo koncentracijos, kadangi garsi toksikologijoje Chaberio taisyklė ($Ct = \text{const}$) gali būti neteisinga visam tiriamų koncentracijų diapazonui. Toks nustatymas imanomas esant duomenų bazei, kurie kiekybiškai apibūdina priklausomybę "koncentracija - laikas - reakcija (efektas)".

Tiesioginis paprasčiausio santykio taikymas "koncentracija - laikas" (esant fiksuotam efektui) apsiriboja tuo, kad jis tinka tik modeliuojant toksino poveikį pastovioje koncentracijoje, t.y. sąlygoms, kuriomis duomenys buvo išgauti eksperimentų metu. Gaisrams juk būdingos besikeičiančios (dažniausiai padidintos) koncentracijos. Matematinis modelis, tinkamas gaisro metu išsiskiriančių toksinų veikimo prognozavimui, turi numatyti besikeičiančias koncentracijas ir susijusias su jomis efektyvias dozes.

Remiantis duomenimis, kiekybiškai charakterizuojančiais koncentraciją kaip laiko funkciją, apskaičiuojamos inkrementinės ekspozicijos dozės (Cdt), kurios lyginamos su specifine ekspozicijos doze (Ct), reikalinga nurodytam toksiniam efektui išgauti, esant inkrementinei koncentracijai. Specifinė ekspozicijos dozė surandama pagal lygtį:

$$Ct = K (C / C - b),$$

kur K - koncentracijos linijinio priklausymo nuo dydžio, atvirkščio ekspozicijos laikui, statuma, esanti kaip minimali ekspozicijos dozė, kuri sukelia toksinį efektą 50% gyvūnų pakankamai aukštoje koncentracijoje, kai narys CI ($c - b$) artėja prie vieneto; b - dydis, atitinkantis grafiko plotą nuo koordinatų pradžios iki susikirtimo taško su koordinatų ašimi, kur žymimas koncentracijų reikšmės (ji, iš esmės, išreiškia nutolimo laipsnį nuo Chaberio taisyklės, esant sąlyginai žemai toksinų koncentracijai).

Inkrementinės ir specifinės ekspozicijos dozės sąsają autoriai vadina frakcine efektyvia doze (FED). Esant besikeičiančiai toksino koncentracijai, FED apskaičiuojama kiekvienam mažam laiko intervalui (dt). Laikas, kai FED suma pasiekia vieneta, yra laukiamas toksinio efekto pasireiškimo

laikas (pavyzdžiui, 50% gyvūnų žūtis, 50% gyvūnų sugebėjimo judėti netekimo, žmogaus sąmonės netekimo ir kt).

Išreikštas matematinis FED modelis kiekvienam individualiam i toksinui atrodo taip:

$$\int_{t_0}^t S (C_i - C_i - tc_i) dt.$$

Sudėtingesniame FED modelio variante atsižvelgiama i nukrypimą nuo Chaberio taisyklės:

$$\int_{t_0}^t S (C - b_i) / K_i dt.$$

Dar šiek tiek pakeitus išraišką, FED koncepcija tampa tokia:

$$\int_{t_0}^t S [C (t - t_0) - C_0] dt.$$

kur C_0 - slenkstinė toksinio komponento (toksino) koncentracija; t_0 - minimalus toksinio efekto pasireiškimo laikas; a - kiekvieno toksino konstanta, kuri taip pat nustatoma iš duomenų bazės "koncentracija - laikas - efektas".

Modelio FED kūrėjai numato, kad cheminiai junginiai, esantys degimo produktuose ir turintys skirtingą poveikį gyvam organizmui, apskritai iššaukia kažkokį efektą, maždaug atitinkanti komponentų sumuojamų poveikių efektui. Be to, kaip individualus toksinas gali būti tiriami dūmai, išsiskiriantys degant atskiroms medžiagoms. N toksinams (N medžiagoms) FED modelis atitinka:

$$\sum_{i=1}^N \int_{t_0}^t S (C_i - b_i) / K_i dt,$$

kur C_i - toksino arba dūmų koncentracija.

Dūmų koncentraciją kaip laiko funkciją galima gauti iš lyg

$$\int_{t_0}^t C = S (m/V) dt,$$

kur m - masinis išdegimo greitis (masės netekimo greitis); V - patalpos, i kurią patenka dūmai, apimtis.

JAV Nacionalinio standartų biuro gaisrų tyrimo centras FED apskaičiavimui, kuriant modelį "Pavojus 1" panaudojo letalinės dūmų koncentracijos vidurkį lygų $30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Nurodyta dūmų koncentracija priimta visoms medžiagoms, kai ekspozicija trunka 30 minučių, o gyvūnų stebėjimas 14 parų. Atitinkamai, ekspozicijos dozė, sukianti letalinį efektą, sudaro $900 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Tačiau apskritai FED dūmų koncentracijos nustatymo galimybės yra ribotos dėl duomenų dėl CL_{50} , CE_{50} reikšmių nebuvimo kitose ekspozicijose (išskyrus 30 min.)

FED modelis buvo išbandytas tyrimuose su grynomis dujomis, tokiomis, kaip CO ir HCN, bei su jų mišiniu. Buvo gautas geras apskaičiavimo ir eksperimento duomenų sutapimas dėl šių dujų toksiško poveikio žiurkėms. Tam, kad būtų šių duomenų ekstrapoliavimo galimybė žmogui, buvo atlikti bandymai su beždžionėmis. Pademonstruota, kad baltosios žiurkės gali tarnauti tinkamu biologiniu žmogaus modeliu nustatant nurodytų toksinų koncentracijos ir laiko poveikio

parametrus, kuriems esant organizmą ištinka šokas arba letalinė baigtis. Sudėtingesnis ir galutinai neišspręstas pasirodė klausimas apie duomenų ekstrapoliavimą, tiriant degimo produktų, turinčių vandenilio chlorido ir kitų iritantų, toksinius efektus.

FED modelis išsiskiria glaudesniu dujų su toksiniais efektais matavimų rezultatų ryšiu, nes bazuojasi ant pagrindinės toksikometrijos priklausomybės "koncentracija - laikas - reakcija". Tai ir prioriteta dėl to, kad parodo dūmų koncentracijos kaip yra jo pranašumas, lyginant su kitais požūriais į analitinį toksiškumo vertinimą. Be to, FED modelis turi laiko funkcijos toksinio efekto prognozavimo galimybę, nors šios galimybės realizacija apribota dėl būtinos duomenų bazės nebuvimo. Duomenų, charakterizuojančių priklausomybę "koncentracija - laikas - reakcija", trūkumas pastebimas ir apskaičiuojant FED daugeliui kitų degimo produktų komponentų. Abejonių dėl jo panaudojimo teisingumo priežastimi laikomas ir konceptualus supratimas apie vienareikšmį kombinuotą toksinų, esančių kituose degimo produktuose, veikimo pobūdį pagal efektų sumavimo tipą.

Darbe pažymėti ir kiti modeliai, sukurti JAV. Dalinai užsiminta apie narkotinių dujų (N-dujų) modelį, sukurtą keturių dujų poveikio organizmui tyrimo rezultatų pagrindu. Numatant 50% gyvūnų žūti per 30 min. ekspoziciją arba periodą, į kurį įeina apnuodijimo laikas ir 24 val. po jo, buvo išvesta empirinė lygtis:

$$M[\text{CO}]/([\text{CO}_2] - b) + \text{HCN}/\text{CL}_{50\text{HCN}} + (21 - [\text{O}_2]) / (21 - 5,4) \approx 1,$$

kur skliaustuose turi būti nurodytos faktinės dujų koncentracijos (su sąlyga, kad $\text{CL}_{50\text{CO}}$ žiurkėms atitinka 6600 mln^{-1}), $\text{CL}_{50\text{HCN}}$ - 110 mln^{-1} , esant 30 min. ekspozicijai plus 20 val. stebėjimui ir 160 mln^{-1} - tik apnuodijimo laiku; 50% gyvūnų žūsta per 30 min., esant 5,4% $[\text{O}_2]$; m ir b atitinkamai lygios 18 ir 122 000, jei $[\text{CO}_2]$ lygi arba mažesnė kaip 5%, ir 23 ir 39 000, jei $[\text{CO}_2]$ didesnė kaip 5%.

Kadangi mirtiname lygyje degimo produktų koncentracijos efekto poveikis staigiai didėja. turi labai statų pasvirimą, galima prielaida, kad registruojant kažkokį gyvūnų žūties procentą (išskyrus 0% ir 100%), koncentracija artima CL_{50} . Eksperimentų su grynomis dujomis rezultatų, kuriuose pažymėti skirtingi žuvusių gyvūnų procentai, analizė parodė, kad kiekybinė N - dujų modelio reikšmė vidutiniškai lygi 1,07 su standartine paklaida, lygia 0,10.

N-dujų modelis skirtas įvertinti keturių dujų degimo produktų toksinio efekto vaidmeniui, ir kai kuriais atvejais leidžia ryškiai sumažinti eksperimentų su gyvūnais skaičių, tačiau jis nenumato iritantų įtakos ir, skirtingai, negu FED modelis, negali būti panaudotas toksinio efekto pasireiškimo laiko prognozavimui.

Šoko būsenos, t.y. žmogaus judėjimo funkcijos paralyžiaus prognozavimui ekstremaliomis gaisro sąlygomis, amerikiečių autoriai [Purser D.A.] pasiūlė fiziologinį modelį. Jį naudojant būtina turėti pradinis duomenis apie žmogaus organizmo fiziologines reakcijas į CO, CO₂, HCN, iritantų, deguonies trūkumo, aukštos temperatūros poveikio. Tai numatant, dujų, turinčių narkotinį poveikį, kombinuoto veikimo efektai apskaičiuojami pagal šiuos principus:

- efektai, atsirandantys dėl bendro anglies oksido, cinko vandenilio ir hipoksinės hipoksijos (deguonies trūkumo) poveikio, vertinami tiesioginio sumavimo būdu;
- anglies dioksidas pagreitina CO ir HCN kaupimąsi organizme proporcingai paveikdamas kvėpavimo tūrį per minutę;
- narkotinis anglies dioksido efektas yra nepriklausomas nuo kitų dujų efekto.

Remiantis šiais principais, išvesta narkotinių dujų frakcinė dozė:

$$F_{in} = [(F_{i\text{CO}} + F_{i\text{HCN}}) V_{\text{CO}_2} + F_{i\text{O}_2}] \text{ arba } F_{i\text{CO}_2}$$

kur F_{in} - visų narkotinių dujų frakcinė šoko dozė; $F_{i\text{CO}}$ - CO šoko dozės frakcija; $F_{i\text{HCN}}$ - HCN šoko dozės frakcija; V_{CO_2} - hiperventiliacijos, sukeltos CO₂, koeficientas; $F_{i\text{O}_2}$ - šoko dozės frakcija, susijusi su deguonies trūkumu; $F_{i\text{CO}_2}$ - anglies dioksido šoko dozės frakcija.

Minutės ekspozicijoje šoko dozės atitinka:

$$F_{i\text{CO}} = 8,2925 * 10^{-4} [\text{CO}]^{-1,036} / 30;$$

$$F_{i\text{HCN}} = 1 / (5,396 - 0,020[\text{HCN}]);$$

$$V_{\text{CO}_2} = [\exp(0,2496[\text{CO}_2]) + 1,9086] / 6,8;$$

$$F_{i\text{O}_2} = 1 / \exp(8,13 - 0,56(20,9 - [\text{O}_2]));$$

$$F_{i\text{CO}_2} = 1 / \exp(6,1623 - 0,5189[\text{CO}_2]); \text{ kur } [\text{CO}] \text{ ir } [\text{HCN}] - \text{mln}^{-1}; [\text{CO}_2] \text{ ir } [\text{O}_2] - \%$$

Narkotinių dujų efektų apskaičiavimai savo vertinimu papildė spindulinio ir konvekcinio šiluminio poveikio, matomumo sumažėjimo uždūmintoje aplinkoje, degimo produktų dirginančio poveikio viršutiniams kvėpavimo takams ir plaučiams, įtakojimus. Be to, spinduliniam šiluminiam poveikiui, matomumo sumažėjimui ir degimo produktų dirginančiam poveikiui yra surastos slenkstinės reikšmės, kurias viršijus atsiranda pavojinga situacija. Konvekcinio šiluminio poveikio efektas nagrinėjamas kaip akumuliuotas frakcinių dozių efektas.

Fiziologinis modelis turi aiškų pranašumą, lyginant su FED ir N-dujų modeliais. Jo realizacija nesiejama su duomenų, gautų bandymuose su gyvūnais, perkėlimo žmogui klausimu. Tačiau akivaizdu, kad jis remiasi platesniu pradinių duomenų spektru, kurie charakterizuoja aplinką, esančią arti gaisro židinio ir jos kenksmingo poveikio organizmui efektus. Bloga pradinių duomenų kokybė ir jų trūkumas apsunkena fiziologinio modelio taikymą prognozavimo tikslais.

Kanados Mokslinės-tyrimų tarybos matematinis modelis apima lygčių sistemą, sudarytą priklausomumo "koncentracija - laikas" individualioms dujoms ir dvi- bei trikomponenčiams mišiniams pagrindu. Nuo kitų modelių jis skiriasi sudėtinėmis lygčių dalimis, išreiškiančiomis efektyvią koncentraciją, kurią pasiekus tampa įmanomu laukiamas toksinio efekto pasireiškimas ir komponentų sąveika, patenkant dujoms į organizmą mišinių pavidalu. Lygčių sprendimas iliustruojamas remiantis duomenimis, gautais bandymuose su 20 dienų amžiaus baltosiomis pelėmis. Bandymuose buvo nustatomos laiko charakteristikos, kai prarandama judėjimo galimybė ir žūsta gyvūnai, esant izoliuotam dujų (CO , NH_3 , NO_2 , HCl , HCN , CO_2), o taip pat įvairių koncentracijų dvi- bei trikomponenčių mišinių ($\text{CO} - \text{NH}_3$, $\text{CO} - \text{HCl}$, $\text{CO} - \text{CO}_2$, $\text{NH}_3 - \text{CO}_2$, $\text{HCl} - \text{CO}_2$, $\text{HCN} - \text{CO}_2$, $\text{CO} - \text{NH}_3 - \text{CO}_2$, $\text{CO} - \text{HCl} - \text{CO}_2$, $\text{CO} - \text{HCN} - \text{CO}_2$) poveikiui.

Atlikti apskaičiavimai leido nustatyti kiekybines konstantų reikšmes, kurios charakterizuoja priklausomybę "koncentracija - laikas" individualioms dujoms ir jų mišiniams, Parodyta, kad mišinių toksinis efektas nustatomas sumuojant individualius toksinus ir praktiškai nepriklauso nuo pastarųjų tarpusavio sąveikos. Autoriai mano, kad modelis tinka apskaičiuojant galimą žmonių evakuacijos laiką gaisro atveju, jei yra žinomi dujų aplinkos pagrindiniai komponentai ir jų toksikologinės charakteristikos.

Apibendrinant išdėstytą informaciją, galima konstatuoti nustatytus požymių skirtumus į degimo produktų toksiškumo vertinimą pagal cheminius - analitinius matavimus. Keleto iš jų esmė veda link paprasto faktiškai nustatytų pagrindinių degimo produktų sudėties komponentų koncentracijų sumavimo su toksikologiškai apibūdintais. Kitų realizavimui būtinas gilesnis toksikologinių dėsnų išmanymas ir visų pirma - pagrindinių toksikometrijos priklausomybių: "koncentracija - efektas, koncentracija - laikas, koncentracija - laikas - efektas".

Iš pateiktų duomenų galima daryti išvadą, kad vyraujančiu metodu, analitiškai vertinant toksiškumą, tampa matematinio modeliavimo metodas. Pasiūlyti modeliai skiriasi pagal paskirti ir panaudojimo sritį sudėtingumo laipsnį ir apsirūpinimą būtina informacija (pradiniais duomenimis), tačiau visuose modelių variantuose atsekamas bendras jų parengimo principas: prognozuojamas toksinis lakiųjų medžiagų efektas, kurios išsiskiria degant polimerinėms medžiagoms, yra pagrindinių toksinų efektų sumavimas. Vienareikšmis toksinų, kartu patenkančių į organizmą inhaliaciniu būdu, tarpusavio sąveikos vertinimas laikomas galimu kompromisu.

3.4 Degimo produktų toksiškumo biologinio įvertinimo kriterijai

3.4.1 Mažo mastelio medžiagų bandymai ir bendrieji reikalavimai

Degimo produktų toksiškumas tyrinėjamas stambaus, vidutinio ir mažo masto bandymuose. Nuo modeliavimo masto priklauso, koku laipsniu bus priartintos bandymų sąlygos prie dujinės aplinkos susiformavimo ir toksiško poveikio sąlygų, esant gaisrui. Suprantama, kad stambaus, ir ypač normalaus masto modelis gali geriausiai imituoti gaisro scenarijų. Tačiau jis daugiau tinkamas tirti medžiagų veikimą tomis sąlygomis, kurios priartintos prie realių gaisrų, ir patvirtinti toksinio pavojaus prognozuojamą įvertinimą, negu apibrėžti toksiškumui, kuriam esant pirmiausiai būtina nustatyti bandymų serijoje priklausomybę “koncentracija - efektas” arba “dozė - efektas”.

Šiuolaikiniuose moksliniuose toksikologiniuose darbuose apie degimo produktus dažniausiai taikomi mažo masto medžiagų bandymai. Jie turi svarbų ne tik ekonominį pranašumą – didesnes bandymų sąlygų kontrolės ir reguliavimo galimybes. Tačiau mažo masto bandymai turi esminį trūkumą – sunku ekstrapoliuoti gautus duomenis stambaus masto eksperimentų ir realių gaisrų situacijų sąlygomis.

Atlikti mažo masto medžiagų bandymams ir degimo produktų biologiniams efektams nustatyti, siūloma virš 20 metodinių darbų. Esminiai skirtumai pagrindinėse darbų charakteristikose yra priežastis, kad būtų gauti nekoreliuojantys rezultatai lyginamuosiuose tyrimuose, ir kaip to pasekmė, prieštaringas medžiagų potencialaus pavojaus įvertinimas.

Metodų įvairovė susijusi su tuo, kad jie buvo kuriami įvairiais tikslais, būtent: tyrimams, pasikeitimui informacija, tinkamų medžiagų atrankai, jų klasifikacijai ir lyginamajam įvertinimui, galutinių duomenų gavimui, reikalingų matematiniam modeliavimui, toksinio pavojaus įvertinimui gaisrų atveju, standartų panaudojimui, specifikacijoms, kurti taisyklėms ir t.t. Dėl to pirmuoju žingsniu pasirenkant ar kuriant metodą turi būti tikslo, kam jis skirtas, nustatymas. Pagrindinis mažo mastelio medžiagų bandymų tikslas – kiekybinių degimo medžiagų toksiškumo duomenų gavimas, kuriuos kartu su informacija apie kitas pavojingas gaisruose savybes reikia panaudoti įvertinant medžiagos arba gaminio panaudojimo galimybes pagal paskirtį, turiny omenyje jų saugumą gaisro atveju.

Kai kurie autoriai teigia, kad šiuolaikiniame metodinių darbų lygyje mažo masto bandymų tikslai turi būti ribojami ir gali būti tokie: medžiagų atranka pagal degimo produktų toksinio poveikio lyginamojo įvertinimo rezultatus; medžiagų identifikacija, kurios degant išskiria ypatingai toksiškus lakiųjų medžiagų mišinius; tyrinėjimų paieškos, turtinant mūsų žinias degimo produktų toksikologijos srityje.

Įvairių tikslų iškėlimas, vykdant mažo masto tyrimus, nesusijęs su bendrų principų pakeitimu, kuriant laboratorines bandymų sistemas. Yra priimta, kad tokios sistemos turi užtikrinti: medžiagų pavyzdžių sudegimą (pirolizę, termooksidacinį skilimą) degimo produktų generavimui; gyvūnų apnuodijimą toksiškumo rodiklių nustatymui; degimo produktų cheminę analizę pavojingesnių komponentų identifikacijai ir jų išsiskyrimo lygio ir (arba) greičio nustatymui.

Vienas iš sudėtingų metodinių klausimų, vertinant degimo produktų toksiškumą – gaisro modelio sukūrimas mažo mastelio įrenginyje. Nuo to priklauso, kaip degimo produktai, išsiskiriantys bandant medžiagas, atitinka pagal sudėtį ir toksiškumą dūmams, susidarantiems degant medžiagoms gaisro sąlygomis. Atitikimo kriterijumi gali būti santykių CO_2/CO lygybė, kuri, kaip ir degimo produktų sudėtis, yra glaudžiai susijusi su degimo sąlygomis arba medžiagų pavyzdžių bandymo režimu eksperimentiniame įrenginyje. Svarbiausi faktoriai, kurie apsprendžia CO_2/CO santykį, yra, kaip žinoma, šiluminio poveikio medžiagai parametrai (šiluminio srauto tankis, aplinkos temperatūra) ir deguonies koncentracija jo skilimo arba degimo reakcijų zonoje.

Tarptautinės standartizacijos organizacijos (ISO) techninis komitetas 92/3 rekomenduoja medžiagų degimo produktų toksiškumo tyrimams modeliuoti laboratoriniuose bandymuose tipines gaisrų sąlygas (16 lentelė).

16 lentelė. ISO rekomenduojamos gaisrų sąlygos medžiagų degimo produktų toksiškumui tirti

Proceso charakteris	Dujinės oro aplinkos parametrai		Šilumos srauto tankis $\text{kVt}\cdot\text{m}^{-2}$	CO_2/CO
	tūrinė O_2 koncentracija, %	temperatūra, °C		
Smilkimas	21	<100	-	nedidelio dydžio
Oksidacinis liepsnis termoskilimas	5 – 21	<500	iki 25	nedidelio dydžio
Bliepsnė pirolizė	<5	iki 1000	-	šiek tiek
Besivystantis liepsninis degimas	10 – 15	400 – 600	20 – 40	100 – 200
Visiškai išsivystęs liepsninis degimas, esant žemam dujų apykaitos greičiui	1 – 5	600 – 800	>40	<10
Visiškai išsivystęs liepsninis degimas, esant aukštam dujų apykaitos greičiui	5 – 10	600 – 1200	50 – 150	<10

Pateikti 16 lentelėje parametrai visiškai atspindi medžiagų degimo gaisruose sąlygos pakeitimo diapazoną, kurį rekomenduojama išanalizuoti degimo produktų toksikologiniuose tyrimuose. Į juos reikėtų orientuotis, sprendžiant klausimą apie medžiagų pavyzdžių eksponavimo sąlygų reglamentavimą mažo masto bandymuose.

Renkantis tipinį gaisro modelį svarbu atsižvelgti į bandymų tikslą (lyginamasis vertinimas, tiriamieji ieškojimai), medžiagų panaudojimo objektuose ypatybės (vietovė, ventiliacijos sąlygos ir t.t.), daugiau įtikimas gaisro scenarijus. Naudinga informacija gali būti taip pat statistiniai duomenys apie aplinkybes, sąlygojusias žmonių žūtį gaisruose. Remiantis šiais duomenimis daroma išvada, kad svarbiausią reikšmę turi smilkstantis degimas, laisvas degimas ir gaisrai, priklausantys nuo ventiliacijos sąlygų.

Nustatyti reikalavimai keliami bandymų sistemoms, kurie priskiriami tai bandymų sistemos daliai, kuri skirta gaisro sąlygų imitacijai ir degimo produktų generavimui:

1. Bandymo temperatūra turi būti pakankamai aukšta, kad visiškai sudegtų arba suskiltų bandomasis pavyzdys, tačiau neturi viršyti vidutinės gaisro temperatūros, t.y. 400 – 800 °C.

2. Viso bandymo periodo metu pavyzdys turi būti pakankamame oro kiekyje.

3. Atskirai arba sekoje, stebimoje gaisruose, tiriami neliepsninio ir liepsninio medžiagų degimo produktai.

4. Degimo kameroje ir apnuodijimo kameroje būtina užtikrinti mažiausius dujų ir dalelių nuostolius, susijusius su degimo produktų reakcijomis su sienelių medžiaga ir suodžių nusėdimu.

5. Reikia atkreipti dėmesį į svarbią, tačiau mažai ištirtą kintamąją, kurią atitinka irimo produkto buvimo laikas padidintos temperatūros zonoje. Ilginant šį laiką, sudėtiniai produktai vis daugiau irs, ir susidarys CO_2 , CO , H_2O , HCN ir HCl .

6. Pavyzdžių deginimo įranga turi būti pakankamai talpi, kad būtų galima išbandyti mažo tankio, sluoksniuotas ir kompozitines medžiagas, dėlioiant jas horizontaliai arba vertikalčiai, priklausomai nuo galimo panaudojimo.

7. Bandymo metu būtina kontroliuoti pavyzdžių skilimo greitį. Tai labai svarbus parametras, kadangi gaisro plotas proporcingas medžiagos degimo greičiui.

8. Pavyzdžių eksponavimo procese matuojamas oksido ir anglies dioksido išsiskyrimas ir deguonies sunaudojimas. Šie parametrai taip pat susiję su gaisrų dydžiais. Bandant azoto turinčias medžiagas, gali būti reikalinga kontrolė cinko vandenilio susidarymo metu. Testuojant halogeno turinčius polimerus, reikia nustatyti jiems būdingus dūmų komponentus, jeigu CO ir HCN nėra pagrindiniai toksinai.

9. Bandymų sistema turėtų leisti analizuoti santykį tarp degimo produktų koncentracijos ir gyvūnų reakcijos, kad būtų kiekybiškai įvertintas letalinis arba kiti toksiniai efektai. Varijuoti nuo bandymo prie bandymo koncentracijos reikšmė galima dviem būdais: a) tiriamųjų pavyzdžių dydžių didinimas arba mažinimas, esant pastoviam atmiešančio oro tūriui ir b) degimo produktų atmiešimo laipsnio pakeitimas, esant vienodiems pavyzdžių dydžiams..

10. Bandomosios sistemos gali būti dviejų variantų: priklausomai nuo šiluminio poveikio režimo pritaikymo pavyzdžiui: pirmasis – sistema, užtikrinanti pavyzdžio skilimą esant fiksuotai bandymo temperatūros reikšmei; antrasis – sistema, kurioje temperatūra pakyla nurodytu linijiniu greičiu. Abiejų variantų panaudojimas yra teisingas, nors kiekvienas iš jų turi tam tikrus apribojimus.

Tam tikruose darbuose, kurie akcentuoja biologinio modelio kriterijus, yra bendri reikalavimai aparatūrai, bandomųjų gyvūnų pasirinkimui ir ištyrimui, apnuodijimo būdai ir kitoms procedūroms, būtinam “gaisro” dujų toksiškumui nustatyti. Konkrečiai pažymima, kad apnuodijimo kameras tikslinga gaminti iš medžiagos, kiek įmanoma daugiau inertiškos, ne linkusios absorbuoti ir netrukdančios stebėti gyvūnus ekspozicijos metu. Kuriant sistemą, numatytas greitas kameros tūrio užsipildymas degimo produktais ir efektyvus homogeninis jų susimaišymas su oru.

Yra žinomi du gyvūnų apnuodijimo būdai: statiškas ir dinamiškas. Statiškas būdas realizuojamas uždareme bandymų sistemos tūryje ir apibūdinamas nestabiliu degimo produktų koncentracijos profiliu tam tikrame laipsnyje. Dinamiškas būdas skiriasi tuo, kad sistema atvira, ir degimo produktai patenka į apnuodijimo kamerą su priverstinai judančiu atmiešančio oro srautu. Šiuo atveju teoriškai pasiekama tampa degimo produktų koncentracijos lygio stabilizacija gyvūnų kvėpavimo zonoje su sąlyga, kad ekspozicijos metu užtikrinamas nenutrūkstamas ir tolygus medžiagos pavyzdžio sudeginimas.

Apnuodijimo procedūros gali skirtis ir kitomis charakteristikomis, pavyzdžiui, pagal gyvūnų ekspozicijos laiką. Tam, kad būtų nustatyta degimo produktų efektyvios koncentracijos priklausomybė nuo ekspozicijos laiko, reikia tyrimą atlikti mažiausiai esant dvejoms laiko faktoriaus reikšmėms: 5 ir 30 min. Iš esmės bandymų rezultatai priklauso ir nuo to, kaip vyksta degimo produktų poveikis – į visą gyvūno kūną ar tik į nosies sritį galvoje.

Kai kurie autoriai, numatydami apnuodijimo procedūrą, mano, kad yra būtina atsižvelgti į šiuos reikalavimus:

- ekspozicija turi užtikrinti gerai reprodukuojamų bandymų rezultatų gavimą;
- ekspozicijos metu neleidžiami dideli šilumos krūviai ir deguonies trūkumas gyvūnui;
- bandymų sistema turi tiktai priklausomybės “koncentracija - reakcija” arba “koncentracija - laikas” tyrimui;
- degimo produktų koncentraciją bandymų metu reikia keisti atmiešiant orą, kad santykis tarp atskirų komponentų liktų pastovus;
- ekspozicijos metu būtina matuoti toksinų (CO, CO₂, HCl, HCN) ir deguonies koncentraciją, pageidautina nepertraukiamos kontrolės metodais.

Bandymuose, kaip taisyklė, naudojamos baltosios žiurkės ir baltosios pelės, apie kurias egzistuoja gausūs duomenys, kiekybiškai apibūdinantys degimo produktų ir jų atskirų komponentų toksiškumą. Be to, parodyta, kad šios laboratorinių gyvūnų rūšys gali tarnauti tinkamu žmogaus modeliu, tiriant tokius “gaisro” dujų efektus, kaip sąmonės praradimas ir mirtis.

Bandomieji gyvūnai turi priklausyti vienai žinomai veislei, būti tiekiami iš prestižinės veisyklos ir būti geros sveikatos. Bandymams atrenkami lytiškai subrendę patinai ir patelės vienodais kiekiais. Jei nėra lytinių skirtumų, bandymai atliekami su patiniais. Pageidautina, kad gyvūnų atrinkimas būtų reprezentatyvus paskesniai eksperimentinių duomenų statistiniam apdorojimui.

Ekspozicijos metu vizualiai registruojami pakitimai gyvūnų elgesyje ir kiti intoksikacijos pasireiškimai. Objektiviam organizmo arba jo atskirų sistemų įvertinimui naudojami instrumentiniai metodai. Iškart po ekspozicijos atliekama klinikinė apžiūra, karboksihemoglobino kraujyje nustatymas, o esant tam tikriems parodymams, ir kiti tyrimai, pavyzdžiui, cianidų kraujo sudėtyje buvimas ir t.t.)

Po ekspozicinis išgyvenusių gyvūnų periodas trunka 14 parų. Šiame periode pažymimas letalinių baigčių skaičius ir jų pradžios terminai, kūno masės pasikeitimai, kitos intoksikacijos pasekmės. Pagal galimybes tiriama pažeistų funkcijų atstatymo dinamika. Įprastiniuose bandymuose paprastai apsiribojama gyvūnų žūties faktų konstatavimu. Kritusių gyvūnų ir gyvūnų, numarintų pasibaigus 14 parų stebėjimui, vidaus organus siūloma nusiųsti patomorfologinių tyrimų atlikimui.

Specialiuose bandymuose, skirtuose išaiškinti bendrus “gaisro” dujų toksinio poveikio dėsningumus ir ištirti jų specifinius efektus, kartais kaip bandomieji gyvūnai vietoj pelių ir žiurkių naudojamos nežmginės beždžionės, triušiai, jūrų kiaulytės, muselės-drosofilos ir kt.

Cheminiai tyrimai medžiagų laboratoriniuose bandymuose reikalingi daugelio uždavinių sprendimui. Būtent jie turi svarbią reikšmę išskiriant svarbiausius sudėtinių lakiųjų medžiagų mišinių, išsiskiriančių degant medžiagoms komponentus. Aptikus neįprastai aukšto toksiškumo mišinius, analitinių metodų pagalba galima identifikuoti junginį, atsakingą už šią savybę. Kitu atveju išaiškėja, kad degimo produktų sudėtyje yra žinomo toksiškumo lakiųjų medžiagų, tačiau ypatingai dideliais kiekiais (pavyzdžiui, CO, išbandant fenoplastus smilkimo režimu). Analitinių matavimų dėka tampa akivaizdžia degimo produktų toksiškumo priklausomybė nuo pagrindinio polimero struktūros, o taip pat ir nuo degimo inhibitorių ir kitų priedų turinio kompozicinėje medžiagos sudėtyje. Pagal tyrimų rezultatus, ir pirmiausiai pagal CO₂/CO santykį, yra vertinamas degimo proceso atkuriamumas bandymuose ir bandymų metodo teisingumas. Tyrimai taip pat reikalingi patvirtinti, kad užnuodijimo metu deguonies turinys gyvūnų kvėpavimo zonoje nenusileidžia iki to lygio, kuriam esant reikia laukti sujungto degimo produktų ir hipoksinės hipoksijos poveikio efekto organizmui.

Cheminiai tyrimai apsiriboja, kaip taisyklė, dujų, sukeliančių didžiausią pavojų degimo produktų sudėtyje, koncentracijos nustatymu. Būtinai reikia ištirti CO, CO₂, O₂, kurių koncentracijos turi būti matuojamos nepertraukiamos kontrolės metodais. Be to, priklausomai nuo pavyzdžių cheminės kilmės (elementų sudėties), nustatoma: bandymuose medžiagos, turinčios azoto – HCN, N_xO_y; chloro – HCl; bromo – HBr; ftoro – HF; sieros – SO₂. Kalbant apie organinių junginių klasės lakiąsias toksines medžiagas, tikslingais pripažįstami akroleino, formaldehido, benzolo, ftoroorganinių junginių, o beliepsnio termoskilimo sąlygomis ir kai kurių polimerinių medžiagų – monomerų (stirolo, metilmetakrilo ir kt.) išsiskyrimo lygių matavimai. Dauguma išvardintų junginių dar neturi automatinių analizatorių gamybinių pavyzdžių. Todėl jų nustatymui taikomi kolorimetriniai, titrometriniai, linijiniai - koloritiniai metodai, infraraudonoji spektroskopija, dujinė chromatografija, potenciometrija su selektyviųjų jonų elektrodų panaudojimu. Tais atvejais, kai iškyla būtinybė nustatyti platesnį organinių junginių spektrą ir (arba) identifikuoti “supertoksina”, naudojamas dujinis chromatografas su didele skiriamąja geba. Identifikacijos rezultatus reikia patvirtinti masės-spektrometriniu tyrimu ištiriant produktus, išskirtus chromatografo pagalba.

Pakankamai sudėtinga dujų ėmimo technologija tyrimams. Tai paaiškinama tuo, kad eilė junginių, tokių, kaip chloro vandenilis, ftoro vandenilis, sieros anhidridas, cinko vandenilis, azoto oksidai, gali būti absorbuojami kondensuotų vandens garų, absorbuotis ant kietų dūmų dalelių, dalyvauti cheminėse reakcijose su ėmimo linijų sienelių medžiagomis.

Informacija, gauta mažo masto medžiagų bandymuose, apibendrinama ir susisteminama, kad būtų gautas kokybiškas ir kiekybiškas degimo produktų toksinis įvertinimas.

3.4.2 Degimo produktų nuodingo poveikio rodikliai

Toksiškumo tyrimų specifika siejasi su tyrimo objektu, nes toksiškumo specialistas turi įvertinti:

- sudėtingo degimo produktų mišinio toksiškumą;
- mišinio komponentų toksiškumą, kurie lieka neidentifikuoti, nors ir turima pažangi tyrimo aparatūra;
- mišinio, turinčio didelį skaičių komponentų su nežinomomis toksiškumo charakteristikomis, toksiškumą;
- mišinio, pasižyminčio sinergetiškumo, antagonistinėmis ir kombinuoto toksiškumo poveikio savybėmis, toksiškumą.

Be to, toksiškumo poveikį gaisro metu reikia vertinti kaip staigų didelio intensyvumo toksiškumo poveikį. Toks poveikis sveikatos požiūriu yra labiau pavojingas gyvam organizmui, ne sutrumpėja laikas aktyvuotis organizmo kompensaciniams mechanizms.

Remiantis išdėstytu pagrindu galima suformuluoti kai kurias pradines prielaidas apibūdinant toksiškumą. Pirmiausia, būtina atsižvelgti, kad objektyviam įvertinimui svarbiausią žinojimą turi atitinkamos sąlygos bandant medžiagas realių gaisrų sąlygomis. Bet prie nedidelių bandymų pavyzdžių mažuose įrenginiuose praktiškai neįmanoma reprodukuoti visą faktų kompleksą, apsprendžiančių visą gaisro procesą. Todėl toksiškumą siūloma apibrėžti prie tų charakteringų gaisro sąlygų, kurios didžiaja dalimi, nei kitos tipinės sąlygos, padeda išsiskirti lakiosioms tipinėms medžiagoms ir tokiu būdu aptinka potencialų bandomos medžiagos pavojų.

Antra, sunki degimo produktų sudėtis nulemia prioritetinį reikšmingumą juos biologiškai įvertinant integraliais rodikliais, kiekybiškai išreiškiantys vientiso organizmo reakciją viso mišinio lakiųjų medžiagų veikimu atsižvelgiant į kombinuoto veikimo efektą.

Trečia, turint omenyje ekstremalių charakterių toksinį poveikį gaisro atveju, biologinių „gaisrų“ bandymu dujas reikėtų apibūdinti pirmiausia gyvo organizmo ištvėrmės ribose t.y. mirtini (letaliniai) ir nemirtini (subletaliniai) toksiškumo lygiai.

Techninio komiteto rekomendacijose 92/3 ISO nurodyta dar viena svarbi metodologinė toksinio produkto degimo apibūdinimo prielaida. Kaip aišku, lakiųjų medžiagų intoksikacija, degant išsiskiriančiomis polimerinėmis medžiagomis, pagrinde pasireiškia dviem klinikiniais simptomu požymiais. Vienas iš jų charakterizuoja narkotinių dujų veikimą (CO, HCN) žmogui, privedant prie sąmonės netekimo ir mirties. Kitas atspindi dirginančiųjų dujų ir garų įtaką (HCl, HF, azoto oksidas, aldehydai), kurie riboja nukentėjusiojo galimybę palikti pavojingą zoną, pagrindiniu būdu pažeidžiant akis ir viršutinius kvėpavimo kelius. Ko rezultate iritantiems pažeisti plaučių audiniai, letalinę pabaigą gali registruoti skirtingais terminais po aštraus poveikio. Ryšiu su tuo, pripažįstama skirtingai įvertinti eksperimentiniuose įvykiuose efekto išraišką kaip narkotinio, taip ir dirginančio poveikio degimo produktus. Parodyta, kad biologinio modelio sąmonės nuostoliai žmogui, gali tarnauti negalėjimui judėti laboratoriniams gyvūnams. Iritantų efektų įvertinimas sunkesnis. Jie nesukelia gyvūnams judėjimo funkcijų pažeidimų koncentracijoje, apsprendžiančių ekspozicinę pabaigą. Nėra įtikinančių duomenų, patvirtinančių, kad sudirginimo simptomai, stebimi pas gyvūnus bandymo metu, sulyginami kokybės atžvilgiu su žmogaus organizmo reakcijomis iritantų poveikiu. Tik duomenys, gaunami iš baltųjų žiurkių ir primatų, parodo kriterijų, apibūdinančių mirtinus atvejus, gerą atitikimą.

Kiti degimo produktų biologiniai efektai mažiau ištyrinėti. Jie gali aptikti klinikiniais tyrimais tiriamuosius gyvūnus, jų vidinių organų potohistologinio įvertinimo būseną arba su specialiu tyrimų metodų pagalba. Pastarųjų pavyzdžiu gali būti originalūs bandymai, atlikti Bratislavos universitete (Čekoslovakija), kuriuose musėms – drozofiloms apibūdino toksiškumą ir tyrinėjo mutageninį putų poliuretano degimo produktų veikimą. Nustatyta, kad tik 30% iš likusiųjų gyvūnų musių išsaugojo genetines savybes.

Tokiu būdu, toksinių degimo eksperimentų kokybinį ir jų neigiamo veikimo kokybinį įvertinimą reikėtų numatyti.

Rodikliai, kiekybiškai charakterizuojantys toksiškumą, apibrėžia, kaip taisyklė, bandymų seriją. Tuose bandymuose nustato kiekybinę priklausomybės koncentraciją – efektą, dėl ko registruoja

gyvūnų reakciją į įvairius degumo koncentracijos produktus. Grafike, duodančiam reakciją (toksinį efektą) kaip logaritminę koncentracinę funkciją, nurodyta priklausomybė apibrėžtam diapazone beveik panaši į tiesią liniją. Interpoliacijos keliu randama koncentracija, iššaukianti registruotą reakciją 50% tiriamųjų gyvūnų. Praktiškai ta pati koncentracijos reikšmė gali būti gaunama duotais eksperimentiniais statistinių metodų apdirbimais, pavyzdžiui, metodu bandyti – analizę.

Iš integralinių toksikometrinių charakteristikų dažniausiai apsprendžia masinį letalinio lygio poveikio rodiklį t.y. medžiago masę, sąlygojančią oro apimties vienetu vidutiniškai mirtinos koncentracijos degumo produktų sukūrimą. Šitas rodiklis literatūroje reiškiamas skirtingais simboliais: LC50, WCL50, PSL50, HCL10 ir t.t. Iš duoto toksinio rodiklių apibūdinimo seka, kad jie turi būti išreikšti g/m^3 arba mg/l . Galimi ir kiti matavimo vienetai pavyzdžiui, prie mažos apimties medžiagų, t.y. klajinių, kompozicijų ar lakuotų paviršių medžiagų bandymų.

Šitose situacijose medžiagų kiekis, apsprendžiantis gyvūnų žūtį bandymuose, gali būti išreikštas jų apimties santykiu arba oro apimties paviršiumi, kuriame pasiskirsto degumo produktai.

Apibūdinant mirtinas koncentracijas, nurodomas kiekvienos tiriamosios grupės degimo produktų žūties laikas. Dėl matomumo sumažėjimo uždūmintoje patalpoje ir būtino operatoriaus saugumo (toksinių degių produktų išsiveržimo ir išmetimo į darbo zoną galimybė) vizuali registracija ne visada galima, dėl to pritaiko instrumentinius būdus. Matavimo rezultate skaičiuoja vidutinį mirties laiką ir 50% gyvūnų mirties laiką.

Kai kuriuose darbuose siūloma panaudoti parametru įvertinimą, nustatant degimo produktų koncentracijas laike. Skirtingose modifikacijose Šitas parametras gavo „ekspozicijos dozės“, „užnuodijančios dozės“, „procedūrinės dozės“ (jeigu už kiekybinę charakteristikos laiką, ilgą laiką gauna nuodus) ir „efektyvios dozės“ (per laiko matavimą iki gaunamos reakcijos gyvūnams) pavadinimus. Motyvuojant jo panaudojimo logiškumą paaiškėja, kad atsakomoji organizmo reakcija priklauso nuo „biologinės dozės“ t.y. prasiskverbęsio toksikanto kiekio. Prie nuodingų degumo produktų praktiškai neįmanoma apskaičiuoti „biologinės dozės“, kiek patekimų procesija, daugelio junginių rezorbcija ir pasišalinimas iš organizmo vyksta skirtingai, iškęsdami sunkią tarpusavio sąveiką. Tačiau bet kuriuo atveju organizmo pasiimta dozė iki tam tikro lygio atitiks ekspozicijos dozę, kas leidžia panaudoti paskutiniams intensyviems toksinio veikimo matavimams.

Su sąlyga, kas bandymuose nurodoma kaip pavyzdžio masės netekimas, duotas parametras gali tarnauti palyginimo rezultatų kriterijumi tarp medžiaginių laboratorinių bandymų, išsiskiriančių nuodijimo būdais ir toksinės ekspozicijos gyvūnų aplinkoje. Tarp kitko, tiriamos jo taikymo galimybės integruoto modelio gaisro metu.

Degųjų produktų mirtino lygmens rodiklių poveikį taip pat reikėtų įvertinti toksiškumo indeksu (TI). Jis apskaičiuojamas taip:

$$TI = \text{Kimi} / \text{Kl}$$

kur Kl – mastelio koeficientas, išrenkamas su sąlyga $TI=0$, jeigu per 30min. nežuvo nei vienas gyvūnas ir $TI=100$, jeigu per 6min. žuvo visi gyvūnai; mi – mirusiųjų gyvūnų skaičius per min. $i=6;12;18;24$; ir 30min.

Tokiu būdu, rodiklis įskaito ir žuvusiųjų gyvūnų kiekį, ir jų žuvimo laiką. Prie skirtingo gyvūnų kiekio, prie didelio toksiškumo, prie degimo charakterizuojasi tas medžiagas, kuris apsprendžia gyvūnų išgyvenimo sutrumpinimo laiką.

Paprastumas ir patikimumas, informacinė mirtino lygio vertingumas, kaip adekvačios charakteristikos, kaip ekstremalaus toksinio veikimo gaisrų metu, yra plačiai panaudojamas potencialiam medžiagos pavojaus įvertinimui. Be to, būtina turėti omenyje, kad parametras CL50 kiekybinėje toksikologijoje visuotinai priimtinas. Dėka to toksinis daugiakomponentinis veikimas pagal degumo produktų sudėtį galima palyginti su izoliuoto veikimo dujomis ir garais, ir realizuoti mažų gabaritų medžiagų principu biologinių ekvivalentų cheminio kenksmingumo analizių rezultate.

Tačiau letalumo kriterijai negali tarnauti kaip bazinis, konkretus įdirbis aprūpinant saugumu žmones gaisro atveju. Tuo tikslu labiau atitinka rodikliai, charakterizuojantys nemirtingą degumo produktų poveikį. Toks poveikis gali sudaryti skirtingus pavojaus lygius: jo viršutinė riba randasi subletaliniame lygyje, žemesnis – paleidžiama avarinėmis sąlygomis.

Rodikliai, perdirbti nemirtino toksiško pavojaus įvertinimui, įjungia koncentracines ir laikinas charakteristikas, prie kurių organizmo atsakymas pasireiškia elgesio pakitimu, fizikinio žemėjimo galimybėmis palikti pavojingą zoną, reakcijos – stresas, hipoekstazės hipoksinės prigimties pažeidimas, labiau jautrių sistemų simptomų pakenkimas. Dėl to biologiniai efektai gali išsiveržti į alternatyvią arba pradinę formą.

Lyginamoji vertinamųjų rodiklių nemirtino poveikio analizė leidžia teigti, kad jie atspindi įvairius apsinuodijimo sunkumus. Eilė rodiklių parodo subletalinį poveikio lygmenį. To lygio kritinę charakteristiką darbų autoriai apibūdina, kaip pavojaus atveju prarandama adekvati reakcija. Grauzikų laboratoriniuose bandymuose ji pasireiškia gyvūnų judėjimo praradimu, reakcijos nebuvimu, galūnių sulenkimas kontaktuojant su elektriniu dirgintuju, negalėjimu nulaikyti ligsvaros ant besisukančio strypo. Šių testų pagalba parodyta, pavyzdžiui, kad subletalinė koncentracija CO ir HCN, turinčios narkotinį poveikį baltoms žiurkėms ir primatams turi artimą reikšmę.

Rodiklių komplekse, pristatančius toksinio poveikio nemirtingą lygį, ypatingas dėmesys skiriamas judėjimo praradimui. Sulyginant su letalumu duotas efektas liudija apie ekstremalų degumo produkto charakterio poveikį ankstesnėje jo stadijoje, atspindi kritišką išgyvenimo sąlygą. Kai kuriuose atvejuose jis gali pasireikšti daug anksčiau už letalinę pabaigą, kas galima, pavyzdžiui, prie degumo produktų sudėties ir nervus paralyžiuojančių nuodų buvimo. Toksiškumo įvertinimas pagal judėjimo praradimo kriterijų gali būti praveistas bandymuose su nežmoniškais primatais, kad sumažinti ekstrapoliacijos rezultate su gyvūnais nepatikimumą. Pritaikymo pagrindas ir techniniai metodų išpildymo nesudėjimai, gyvūnų judėjimo praradimas apsprendė jo platų naudojimą laboratoriniuose bandymuose ir natūralių objektų eksperimentuose.

Kai kurie rodikliai iš 9 lentelės atspindi vidutinišką apsinuodijimo laipsnį. Toks numatomas intoksikacijos laipsnis charakterizuojasi reikšmingu sumažėjimu žmogaus darbingumo realiose gaisrinėse situacijose arba laboratoriniais eksperimentiniais gyvūnų tyrimais. Aptinkami esminiai pokyčiai iš biologinių kraujo rodiklių pusės ir fiziologiniai rodikliai. Ryškiai pasireiškia požymiai dirginantys degumo produktų veikimo (akių ašarojimas, nosies bėgimas ir t.t.). Dirginančio poveikio kiekybiniam įvertinimui siūloma nustatyti koncentracijos poveikį, dėl kurio baltosioms pelėms sumažėja kvėpavimo dažnumas 50% t.y. RD50. Bet santykis tarp koncentracinių iritantų, iššaukiančių baltosioms pelėms kvėpavimo depresiją ir koncentracijomis apsprendžiančiomis žmogaus nesugebėjimą evakuotis gaisro metu, tiksliai nenustatyta.

Kriterijai, leidžiantys eksperimentiniuose tyrimuose apriboti toksinio poveikio perkeliama lygmenį, dar neturi pakankamo apibrėžtumo. Paskutiniu atveju toks poveikis neturi iššaukti adekvačios saugumo reakcijos praradimo; Po ekspozicinės letalinės pabaigos; negrįžtami pokyčiai organuose ir organų sistemose. Naudinga tokio kriterijaus apdirbimui gali pasirodyti informacija, gauta klinikinių rezultatų analizių asmenų ištyrimui, patyrusių apsinuodijimą gaisro metu.

Keletas skirtingų saugumo lygių numatoma leidžiamumo ribose avarinėmis degumo produkto veikimo lygio sąlygomis. Pagal šio darbo autorių nuomonę toks laipsnis aprūpinamas iki to laiko, kada sudegusių medžiagų kiekis nepriklauso „avarijoje leidžiamą masę“ (ADM). Pagal šitos masės reikšmę degumo produkto kenksmingas veikimas limituojasi bandymuose su gyvūnais darbingumo sumažėjimu iki 50% be negrįžtamų pokyčių gyvybiškai svarbiems organams ir organų sistemoms.

Kito pasiūlymo esmė susiveda į eksperimentinį reikšmės pagrindimą PSextr (pondis saturatinio extremus – kritinis svorio prisisotinimas). Rodiklis PSextr reiškia masės medžiagą sudeginant, kuris tam tikroje apimtyje susideda degumo produktų koncentracija, iššaukianti tiriamiesiems gyvūnams darbingumo sumažėjimą ne daugiau kaip 30% be negrįžtamų pakitimų organuose ir organizmo sistemoje.

Darbingumo įvertinimui pritaiko komplektą elgesio testų, registruoja judėjimo aktyvumą ir sąlyginai reflektorinės reakcijos vengimą. Kartu su tuo pripažįstama būtinu gauti duomenis apie širdies kraujagyslių būseną, nervus, kvėpavimo sistemą. Duotas pasiūlymas pagrįstas principu

cheminių pakitimų reglamentacija dėl avarinių sąlygų, aišku iš L.A. Tiūnovo ir bendraautorių darbų. Atitinkamai su tais principais dėl kritinių charakteristikų leidžiamo lygio cheminio poveikio priimama maksimali leidžiama koncentracija (MDK). Ji apibrėžiama kaip cheminės koncentracijos medžiagos, prie veikimo kuris garantuoja gyvybės išsaugojimą, žmonių sveikatą ir jų galimybes įgyvendinti priemones kovoje su avarijomis. Leidžiamas grįžtamasis pažemėjimas darbingume ne mažiau kaip 30% nesant klinikinės intoksikacijos simptomams. Be to, gali registruoti fiziologinius ir biologinius rodiklių pakitimus, normalizuojančius per 7 savaites po medžiagų poveikio.

MDK privalo būti atidirbtas dėl plataus laikino intervalo ir pristatytas kaip funkcija nuo poveikio laiko. Metodiniam priartėjimui prie jo reikšmės nustatymo, numatomi du etapai: eksperimentiniai bandymai su gyvūnais ir bandymai su savanoriškai sutikusiais dalyvauti žmonėmis. Dėl to kruopščiai analizuoja literatūrinius duomenis apie aštirus įvykius kasdienybėje ir pramonėje. Bandymai su savanorių lemtimi turi būti griežtai organizuoti, vienkartiniai ir labiausiai organizuoti su trečios ir ketvirtos klasės saugumo atitikimu, su veikiančiu įstatymo leidimu. MDK pirmos klasės saugumo medžiagų parengimas t.y. labai pavojingiems, tokių bandymų neatlieka. Galimybę praveisti bandymus dalyvaujant savanoriams dėl reglamentavimo leidžiamo lygio medžiagų veikimo 2 klasės saugumo, turi specialiai peržiūrėti kiekvieną konkretų atvejį, pagal toksiškumo susijungimą.

Rodiklis P_Sextr per parą tampa MDK analogu, pasikeisdamas pritaikant degimo produktų toksinio veikimo medžiagų tyrimams ir išmatavimams. Eilėje jo savybių priežasčių priėmimo riterinės charakteristikos leidžiamo žalingo lygio veikimo reikalauja papildomo pagrindimo. Dažniausiai, jo reikšmė negali būti patikrinta per bandymus dalyvaujant savanoriams dėl nepilnų duomenų, apie degimo produktų sudėtį arba dėl sulaikytų juose medžiagų pirmos ir antros klasės saugumo. Galimybės nustatymas P_Sextr kaip funkcinis degimo produktų laikinas poveikis dėl plataus rato polimerinių kompozicijų, sunkiai būtų pateikiamas dėl ekonominių sumetimų. Bandymas sustabdyti reikšmę leidžiamų toksinės koncentracijos kenksmingų komponentų dėl pilnos klasės polimerų, pagrindžiant bandymų rezultatus su vieninteliu jų pristatymu, mūsų žvilgsniui, nepakankamai argumentuota, taip išsiskiriančių bandymuose vienos ir tos pačios klasės medžiagų, gali iš esmės skirtis.

Tokiu būdu, šiuolaikiniams kiekybiniam įrengimams toksinių degimo produktų rodikliai leidžia nurodyti keturis jų poveikio lygius žmogaus organizmui: Letalinis subletalinis, pernešamas leidžiamas, kuriems atitinka mirtinas, sunkus (su galimybės praradimu palikti pavojingą zoną), vidutinis pagal sunkumą ir lengvo funkcionavimo. Praktiškai svarbi toksikometrijos užduotis susideda iš to, kad tiksliai nustatyti tuos lygius, pagrįsti jų adekvačius vertinimo rodiklius, ir išryškinti esančius apskaičiavimus tarp lygių, veikimo laiku.

Kaip jau pastebėjote, toksikologiniu vertinimu degimo produktų racionaliai nustatyti, nuo kokių didžiausio lygio komponentų priklauso toksinis efektas. Dėl to atlieka analitinius koncentracinius dujų išmatavimus uždegimo kameroje, rezultatai kuriuos lygina su tų pačių efektingų dujų koncentracijų izoliuotu veikimu. Bet daugumoje atvejų toks lyginimas pasirodo nepakankamas dėl vedamųjų komponentų išsiaiškinimo, todėl pritaikomi kiti tyrinėjimo būdai. Pirmiausia nustato karboksihemoglobino sulaikymą bandomųjų gyvūnų kraujyje, pravedami koncentracijos matavimai ne tik gyvūnų kvėpavimo zonoje, bet ir kraujo tyrimuose ir t.t. Prie visų įvairių tyrinėjimo metodų ir degimo produktų kriterijų įvertinimo bandymuose dažniausiai dėsningai nustatytam toksiniam rodikliui (labiausiai LC₅₀ arba jo analogu) išsiskyrimo lygis labiau tikėtiniuose toksikantuose HbCO sulaikymas kraujyje pas bandomuosius gyvūnus.

3.4.3 Medžiagų palyginamojo įvertinimo principai

Nacionalinės gaisrų saugumo komiteto JAV startuojamas nepilnas atitikimas laboratorinių metodų bandymų tikslų gaisro metu prognozuojamo toksinio pavojaus. Toksinė dujų sritis, sukurta vienoms degioms medžiagoms, gali reikšmingai pasikeisti dalyvaujant kitoms medžiagoms. Būtų klaidinga skaityti prarastus bandymus pakankamais toksinio pavojaus nustatymams. Greičiau jie

teigia galimybę loginiam toksiškumo įvertinimui. Susitariamu suskaidymu ir toksinio produkto, ir degimo paaiškinimui.

Toksiškumas – tai tik vienas iš parametrų charakterizuojančių toksiškumo pavojų, kompleksinis įvertinimas, kuris privalo būti pravedamas su duotomis gaisro situacijomis, fiziškoje padėtyje ir medžiagų sudėtyje, jo aplinka, degumo produktų koncentracijos ir toksinio veikimo laiko. Daugumoje situacijų toksinis pavojus nustatomas ne gamtinių lakiųjų degimo produktų, o jų sudarymo greitime, kuri, priklauso nuo tokių medžiagų charakterių, kaip užsiliepsnojimas, šilumos išskyrimo intensyvumas, greitas liepsnos išplitimas. Visa tai duoda pagrindimą peržiūrėti jį kaip bendrą gaisrų pavojaus medžiagų sudedamąją dalį. Faktorių žinojimas, būti sąlygojamam gaisro metu toksiško pavojaus, leidžia tyrinėtojiui paženklini jo žemėjimo kelio mokslinės paieškos kryptį. Viena iš tokių kryptų orientuota į sulyginamą medžiagų įvertinimą ir išrinkti iš jų mažiausiai pavojingą.

Kaip jau pažymėjome, lyginamajam medžiagos savybių įvertinimui išnaudoja letalinius rodiklius, retai – subletalinio lygio toksinį poveikį. Lyginimui priklauso vienodos reikšmės medžiagai, artimi pagal kompozicinę sudėtį ir kitomis bendromis savybėmis. Tuo atveju, kada sąrašas bandomų medžiagų pakankamai platus, palengvinimui (akivaizdumui) analizės palyginimui juo skirsto į nužudymo eilę arba atvirkščiai toksiškumo augimui. Praveisti bandymai parodė, tačiau, kad tvarkingi medžiagų eilės numeriai surikiuotose eilėse priklauso nuo priimamo bandymo metodo. Tikrai polimerai išsiskiria nepaprastai aukšta ir pačia žemiausia toksinio degimo produktų lygiu, užėmė šitose eilėse vienodą vietą.

Praktiškai realizuojamas priartėjimas prie įvertinimo, užsitrenkia toksinių parametrų gretinimui naujomis polimerinėmis kompozicijomis, kontroliniais būdais. Už kontrolinius priimami medžiagai ir natūraliųjų medžiagų kilmė (mediena, medvilnė, vilna, kamštis, celiuliozė). Iš sintetinių medžiagų etalonų savybėse apibandomos, bet negavo stiklinio ir polikarbonatinio išplatinimo. Iš šalininkų pozicijų tokio priartėjimo svarbu neleisti, kad nauji polimeriniai medžiagai tikrai sunkintų toksikologinę padėtį gaisro metu susidariusią degančių tradicinių medžiagų rezultate.

Eilėje medžiagų, kuriems suteikiama etalono reikšmingumas polimerinių kompozicijų degumo produktų toksiškumo įvertinimui ir klausimo apie jų pritaikymo galimybę apgyvendinant, prioritetinę padėtį užima mediena. Iš skirtingų jų tipų (ažuolų, pušų ir kt.) jinai plačiai išnaudojama pravedant rutininius išbandymus ir paieškiniams tyrinėjimams. Nurodymas kontrolinei funkcijai medienoje susilaiko mokomoji rekomendacija, normatyviniuose ir metodiškuose dokumentuose, eilėje šalių. Pavyzdžiai tokių dokumentų pervedami žemiau.

Japonijos statybos ministerija standartizavo metodus laboratorinių polimerinių medžiagų bandymų, atitikimų su kuriuo degimo produktų toksiniu laipsniu apibrėžiama pagal pradinį baltųjų pelių negalėjimo pajudėti laiką per 15 ekspozicijos minučių. Etalonu priimta raudonoji lauanos mediena. Sutinkant su reikalavimu, išdėstytam „statymo kodekse“ JAV degumo plastiko produktai neturi būti labiau toksiniai sulyginant su neapdirbtos medienos degimo produktais. Lyginant pateikiami medžiagai, išbandomi vieningu susitarimu. „Praktiniu kodeksu gaisro pavojau metu transporte ir pasatuose įvertinimui“ parengtu pagal Britanijos instituto standartus, degumo produktų toksiškumas pasižymi, kaip „normali“, jeigu sustabdytas toksinis efektas atitinka tokį medienos skirtingų masių reikšmių būdus. Nelygybės efektų toksinio medžiagų potencialo apskaičiavimo atveju būtina įjungti toksinės potencijos koeficientą, apibūdinantį toksinio medžiagos santykį prie identiškų bandymų sąlygų.

Visapusiškas medienos etalono būdo įvertinimas reikalauja įvertinti ir kai kuriuos priešiškus parodymus jos plačiam naudojimui. Pirmiausia, mediena neturi aiškaus pranašumo prieš kitas medžiagas pagal tokią svarbiausią etalonams pavidalo charakteristiką, kaip atgaminamumo tyrinėjimo rezultatai.

Pavyzdžiui, tyrinėjimas lankiosios pušies septyniose JAV laboratorijose Nacionalinio biuro standartiniu metodu parodė, kad pradiniu dydžiu masinio toksimetriško rodiklio LC50 22,8 mg l , 95% patikimas intervalas susidėjo 13,4 – 32,2 mg l režime beliepsnio degimo ir atitinkamai 36,0 ir 21,1 – 50,8 mg l - liepsningo degimo režime. Tokiu būdu, bandymuose viena metodika medienos pavidalai vienos ir tos pačios veislės (medžių) degumo produktų toksikometrijos rezultatai, gauti

skirtingose laboratorijose, galėjo skirtis daugiau nei du kartus. Antra, mediena, kaip ir kiti medžiagai, išbandyti kontrolinėmis savybėmis, negali tarnauti universaliam etalonui. Neteisėtu prisipažįsta toksinių reikšmių medienos suliginimas su analoginėmis kitų medžiagų reikšmėmis. Trečia, negalima sutikti su medienos įvertinimu, kaip medžiagų su leidžiamu toksinio degimo produktu. Kokybinė ir kiekybinė sudėtis, vadinasi, ir medienos degumo produktų toksiškumas priklauso nuo išbandomų būdų svarbumo (veislių, medžio struktūros, drėgnumo ir kitų) ir daugumoje – nuo degimo susitarimo. Nuo šitų faktorių priklausomybės medienos toksinio veikimo rodikliai keičiasi plačiose ribose ir gali pasiekti reikšmę būdingą aukšto pavojaus medžiagoms.

Dažniausiai degimo produktų toksiškumo ekspres – įvertinimui siūloma nustatyti medžiagų bandymų dujinę maksimalią degumo produktų koncentracijos toksiškumo sumą (R) ir suskaičiuoti:

$$R = n_i / f_i,$$

Kur n_i – maksimali dujų koncentracija; f_i – toksiškumo riba per 10min. ekspozicijos.

Priklausomybė nuo R reikšmės nustato keturias toksinio medžiagos kategorijas:

- 1 – labiau toksiški lyginant su ąžuolo mediena ($R > 100$);
- 2 – pagal vienodą toksiškumą su ąžuolo mediena (10,1 – 100,0);
- 3 – mažiau toksiški, negu ąžuolo mediena (1,1 – 10,0);
- 4 – netoksiniai (0 – 1,0);

Ši klasifikacija pagrįsta realiu degumo produktų toksiškumu iš medienos 20mm storio, 3 4m ir 30m aukščio.

Darbo autoriai skirsto medžiagas pagal klases ir priklausomybę nuo masės pavidalo, prie kurios degumo produktai iššaukia tiriamiesiems gyvūnams kvėpavimo dažnumo sumažėjimą 50%, funkcinį stresinio organizmo pasireiškimą ir 50% - nį letalinį efektą. Medžiagų palyginimui etalonu priimta lankiosios pušies mediena. Išskirtos kitos medžiagų klasės: daug labiau toksiškos; labiau toksiškos; su tokiu pačiu toksiškumu, kaip ir mediena; mažiau toksiškos nei mediena.

Eilėje metodinių klasifikacijų parengtų polimerinėms medžiagoms, išvengiama būtinumo lyginti su mediena. Pavyzdžiui, yra pasiūlymas klasifikuoti medžiagas atitikimai su toksiškumo indeksu TI, t.y. naudojant degimo produkto mirtino efekto vidutinio aukštumo laiką.

18 lentelė. Polimerinių medžiagų klasifikacija pagal degumo produktų toksiškumo laipsnį.

Toksiškumo kategorija	HCL50 g m	medžiagų dalis iš skaičiaus tyrinėjimų % prie 600 C	Prie 850 C
1 – nepaprastai toksiški	Iki 10	0	85
2 - aukšto toksiškumo	10- 50	5,7	43,9
3 – nestipraus toksiškumo	51 – 150	37,7	28,1
4 – mažo toksiškumo	>150	56,6	19,5

Dėl mažai pavojingų medžiagų reikšmės diapazono TI turi sudaryti 0,00 – 6,66, palyginti pavojingus 6,66 – 20,0, pavojingus – 20,0 – 40,0, labai pavojingus – 40,0 – 66,6, aukščiausio

laipsnio pavojingus – 66,6 – 100,00. Dėl šito letalinė pabaiga, prasidėjusi po ekspozicijos, nepriimama.

10 – oje lentelėje pravesta klasifikacija, kurioje už toksiškumo kriterijus priimta medžiagos masė, būtina 1m tūrio sukūrimui vidutiniu degumo produktų mirtingumo koncentracijos sukūrimui. Jos ypatingumas susideda iš to, kad medžiagai grupuojasi su temperatūrinio režimo bandymų rezultatu. Bet taip kaip prie 600 C per 5 min. dauguma polimerinių medžiagų pilnai nesusiskaido, įvertinimą praveda pagrįste pagal duotus, gautus per bandymus liepsninio degumo režime. Beliepsnių degumo produktų pavojus prie tokio trumpalaikio pratęstumo bandymo, faktiškai pasilieka neišsiaiškintas.

Darbe nustatėme šalutinį poveikio gyvūnams laiką, kaip masės funkciją degančio medžiagos pavidalu. Pasirodo, kad logaritminėse funkcinėse koordinatėse priklausomybė aproksimuojami pirmiausia. Jos nuolydžio anglis išnaudojama kaip toksinio pavojaus prie medžiagų klasifikacijos kriterijus.

Reikėtų pažymėti, kad peržiūrėtuose pasiūlymuose nesusilaiko konkrečių pagrįstų leidžiamų ribų toksiškų parametrų kiekvienos klasės medžiagų pakeitimui. Šis nepakankamumas labai akivaizdus, kad ribinių rodiklių reikšmių skirtumų kartotinumai ne visada vienodas. Pažymėtas nepakankamumas pašalinamas klasifikacijos apdirbimu, pagrindžiamu išnaudojant biologinio ekvivalentinio anglies oksido ir degumo produktų principą. Išankstinė prielaida nurodyto metodo realizacijai aiški. Jie susieti, dažniausiai, su pasirinktais klasifikacijos įvertinimo kriterijais, dėl kurių dažniausiai priima integralinį rodiklį letalinio arba subletalinio toksinio poveikio lygį. Nustatymas integralinio toksikometriško rodiklio leidžia pateikti daugiakomponentį lakiųjų medžiagų mišinį, išsiskiriančių prie degių medžiagų, kaip jodinis toksikantas, veikimo jėga kuri gali būti išreikšta kiekybiškai, per atskirą cheminį susijungimo efektą su pakankamai gerai žinoma toksine charakteristika. Iš „gaisrinių dujų“ komplekso, ši pirmiausia priklauso anglies oksidui. Informacija apie toksinius efektus CO trumpalaikiu poveikiu žmogui ir laboratoriniams gyvūnams labiau daugiareikšmis ir sistematizuotas. Dėl to gautas patvirtinimas pagrindinio CO vaidmens toksiškų degumo produktų polimerinių medžiagų veikimo.

Žemiau pateikiamas pavyzdys išnaudojant ekvivalentinio toksinių degumo produktų principas nustatytam anglies oksido efektui, nustatyti klasifikacinius toksikometrinius rodiklių parametrus (HCL50, g m⁻³). Toksinio veikimo tęstinumas duotam pavyzdžiui priimamas per 60min.

Kiekybinių reikšmių priklausomybė koncentracijai analizės metu – reakcija, gauta tyrinėjant toksinį veikimą CO, galima išskirti keturis koncentracijos diapazonus (19 lentelė).

19 lentelė

Koncentracijos diapazonas	Orientacinės koncentracijos ribos, mg m ⁻³	Laukiamas toksinis efektas
mažai pavojingas	iki 400	HbCO 10 – 20% darbingumo sumažėjimas, galvos skausmas
nestipriai pavojingi	400 – 1200	HbCO 20 – 40% bet galimybė savarankiškam persikėlimui nepaliesta, mirties tikimybė labai maža.
aukštas pavojus	1200 – 3600	HbCO 40 – 90% savarankiškas persikėlimas neįmanomas, žūtis
nepaprastai pavojingas	>3600	Mirtis per labai trumpą poveikio laiką

Jeigu koncentracija CO 400 ir 1200 mg įvesti į 19 lentelę pagrįste iš duotų literatūroje, tai koncentracija 3600 mg m⁻³ nustatyta mūsų eksperimentiniu keliu.

Jinai praktiškai lygiuojasi pradinei mirtinai CO koncentracijai baltosioms pelėms, kurios pagal jautrumą šitiems nuodams yra arčiausiai žmogaus, negu visi kiti laboratoriniai gyvūnai. Bet pagal darbo autoriaus nuomonę, eksperimentinių tyrinėjimų pravedimai pagal normuotą aštrų CO poveikį

patiems jautriausiems žinduoliams – baltosioms pelėms ir baltosioms žiurkėms – gali garantuoti žmogaus saugumą.

Skalės pritaikymas anglies oksido pavojaus dėl medžiagų klasifikacijos galimas per tariamuosius (hipotetinius) tarpininkavimo etalonus. Po jais numatomi medžiagai, kurių toksiškumas prie degimo numatomas anglies oksidu, išsiskiriančiu skirtinguose kiekiuose. Koncentracijos 1m sukūrimui, parodytų 11 lentelėje, anglies oksido lygio išsiskyrimas prie degumo medžiagų „etalonų“ masės 10g. turi atitikti: mažai pavojingus – iki 40mg g ; vidutinio pavojaus – 40 – 120 mg g ; aukšto pavojaus – 120 – 360 mg g ; nepaprastai pavojingus – aukščiau 360 mg g . HCL50 reikšmė tokioms medžiagoms skaičiuojasi pagal formulę:

$$HCL50=CL50/q$$

kur CL50 – vidutinė mirtingumo koncentracija prie CO, fiksuota baltųjų pelių ekspozicijos laiku, mg m ; q – CO išsiskyrimo lygis prie etalono medžiagos sudegimo, mg g.

Nurodyti CO išsiskyrimo lygiai „etaloninėms“ medžiagoms naudojami HCL50 laukiamųjų reikšmių apskaičiavimui kaip per 60min. taip ir per 30min. vienodai atitinka 3600 ir 4800 mg m , o suskaičiuoti parametrai HCL50 bus sekantys „etaloniniams“ medžiagoms: daugiau 90 ir 120 (mažai pavojingiems), 30 – 90 ir 40 – 120 (vidutiniškai pavojingiems), 10 – 30 ir 13 – 40 (aukšto pavojaus), iki 10 ir 13 g m (nepaprastai pavojingiems).

Kiekvienos bandomos medžiagos pavojaus klasė randama eksperimentinio lyginimo keliu ir suskaičiuotų rodiklių reikšme HCL50. Abi charakteristikos išreikštos masės medžiagos santykiškais reikšmėmis (g m) ir privestos bendram žinojimui – pilnam letaliniam efektui. Tai leidžia išnaudoti suskaičiuotus parametrus reglamentuojančių rodiklių savybėse prie klasifikuotos medžiagos įvertinimo.

Šituose atvejuose, kada HCL50 reikšmė su standartine apskaičiavimo klaida atitinka galinę rodiklių reikšmę dviejose žemesnėse klasėse, pavojingų medžiagų lygio apibrėžimui dėmesio bandymų režime, duomenys apie degumo produktų cheminę sudėtį, papildomi tyrimai apie jų toksiškumą. Taip šitų produktų sudėties parodymas kartu su anglies oksidu, labiau toksiški efektingų koncentracijų junginiai gali tarnauti pagrindu dėl medžiagos pernešimo į labiau pavojingą klasę.

Tokiu būdu, principo pagrindu degumo produktų toksinių efektų ekvivalentiškumo anglies oksido medžiagos nustatymui padalinami į keturias klases. Prie šitų toksinių rodiklių reglamentuojančių reikšmių išsiskiria dviejose žemesnėse klasėse maždaug tris kartus. Palyginti nemažas lygis šitų skirtumų atspindi tą faktą, kad degumo produktų polimeriniai toksiškumo medžiagų parametrai randasi žemam diapazone.

Klasifikacinio medžiagos įvertinimo būtinybė tikru laiku nėra bendrai pripažinta. Tokio įvertinimo eilėje darbų naudingumas priverčia abejojimams arba pilnai paneigiamas. Pasirodo neobjektyviam klasifikacijos charakteriui, taip kaip jis priklauso nuo metodo ir išbandymų medžiagų susitarimų. Pabrėžiama, kad toksinis pavojus – tai dinamiško gaisro proceso pravedimas, o ne sudėtis ir medžiagų savybės, apibrėžiančios toksiškumą laboratoriniuose tyrinėjimuose. Nėra įtikinamų duomenų, kad žmonės gaisruose žūsta nuo „supertoksikantų“ poveikio.

Tie argumentai neatima pagrindimo, kas aštrina diskusiją dėl klausimo apie vaidmenį ir vietą laboratorinių bandymų medžiagų ant toksinių degimo produktų ir toksinio pavojaus sumažėjimo problemos sprendimą gaisro metu. Pandersono nuomone, mažo mastelio bandymų rezultatus galima panaudoti tik naujų medžiagų apdirbimu. Daug svarbiau sutelkti pastangas fundamentalių bandymų išvystymui toksiniuose degumo produktuose. Pagal kitus peržiūrėjimus, bandymai būtini dėl medžiagų identifikacijos su labai aukštu degumo produktų toksiškumu. Toks regėjimo tašką randa atramą ir rekomendacijas tarptautinėje standartinėje organizacijoje.

Kaip jau pastebėjome, medžiagų pavojaus lygis, prie degimo, kuriuos apipavidalina nepaprastai toksiški lakieji produktai, pasitvirtina įvairių metodų bandymų metu. Leidimas nereikalauja įrodymų, kad tokiu keliu gali būti išskirti ir medžiagai su nereikšmingo potencialo toksiškumu. Jų pavyzdžiu gali būti mastikos apdengimai, kai kurie stiklo plastikai ir kitos polimerinės

kompozicijos, sulaukančios savo sudėtyje neorganinių medžiagų pagrindą. Hipotetinėje toksiškumo skalėje arba surikiuotose nurodytose medžiagų grupių eilėse užims galutinę padėtį. Tarp jų susidaro daugiareikšmė medžiagų atranka, kuriai „būdinga“ toksinių degumo produktų savybė.

Tokiu būdu, pati medžiagų su nepaprastai aukštu toksiniu lygiu prisipažinimo logika leidžia dar dviejų mažesnių klasių buvimą. Klausimo sunkumas susideda iš to, kad nustatyti, kokias atvejais skirtumai toksiniuose parametruose turi skaitytis reikšmingi klasifikacijai, o kokių jų galima nepaisyti ir sulyginti medžiagas į vieną klasę. Rekomendacija pagal šitą pretekstą nelygiareikšmė; vieni tyrinėtojai skaičiuoja trikartinius letalinės toksikometrinės masės lygio rodiklių skirtumus, kiti – penkekartinius, treči – ne mažiau, kaip dešimtkartinius. Akivaizdu, kad duotas klausimas skursta tolimesniame studijavime taip kaip jo aktualumas auga tyrinėjamų medžiagų skaičiaus padidiniu.

Darbe pranešama apie pravedamą amerikietiškos visuomenės medžiagų tyrinėjimuose apdirbimo galimą sulyginimo įvertinimą, kuri gali būti panaudojama supaprastintai toksinio pavojaus medžiago analizei. Tokiai analizei būtini duomenys apie užsidegamumą, degumą, liepsnos išplitimo greitumą, šilumos išsiskyrimo intensyvumą, dūmingumo galimybę ir degumo produktų medžiagos toksiškumą. Tyrinėjimuose svarbu, dažniausiai, nustatyti, ar turi toksiškos medžiagos aukštesnes dvi iš anksto nustatytas galutines PLC50 reikšmes, besiskiriančiomis tarpusavyje 10 kartų. Jeigu medžiagos toksiškumas randasi tarp ribinių reikšmių arba žemiau jų ($LC50 > PLC50$), tai skaitosi, kad jina atitinka daugumos medžiagų toksiškumą arba mažiau. Abiem atvejais tolimesnis tyrimas yra nereikalaujamas. Jeigu LC50 dydis pasirodo mažesnis, negu PLC50, tai būtina tolimesnė toksinio pavojaus analizė, sukurta to medžiagos.

Tolimesnis žingsnis šitame valdyme susietas su standartinio vienodos sudėties medžiagos pasirinkimu ir tyrinėjant stabiliai pagal savybes. Jos toksiškumas turi būti kraštutinės PLC50 reikšmės, o masės netekimo greičumas degant „normaliam“ diapazone.

Masės medžiagos praradimo greičumas randasi apibrėžtuose tyrinėjimų susitarimuose su sekančiu apskaičiavimu pagal formulę:

$$MLRP = (MLR90\% - MLR10\%) / (t90 - t10) \quad (1/tis)$$

kur MLRP – masės greičumo praradimo parametras; MLR90% ir MLR10% - masės praradimo greičumas momentuose, kada masės sumažėjimas sudaro 90% ir 10%; t90 ir t10 – atitinkami laiko periodai, o tis – užsidegimo laikas.

Įrodyta, kad užsidegimo laikas proporcingas liepsnos išplitimo greičumui. Tokiu būdu, parametras MLRP pristato sau pradinį masės praradimo greičumą, normuotą pagal liepsnos išplitimo greičumą. Jis būna tyrinėjamo medžiagos matu degumo produktų koncentracijos sudaryme atmosferoje.

Jeigu MLRP santykis su LC50 duoto medžiagos ne mažesnės 0,1 reikšmės standartinio medžiagos, tai ir skaitosi nesvarbus toksinio pavojaus ir tolimesni tyrinėjimai neprivalomi. Medžiagai, neatitinkantys šio reikalavimo priklauso tolimesniems tyrinėjimams arba dėsningam pritaikymui.

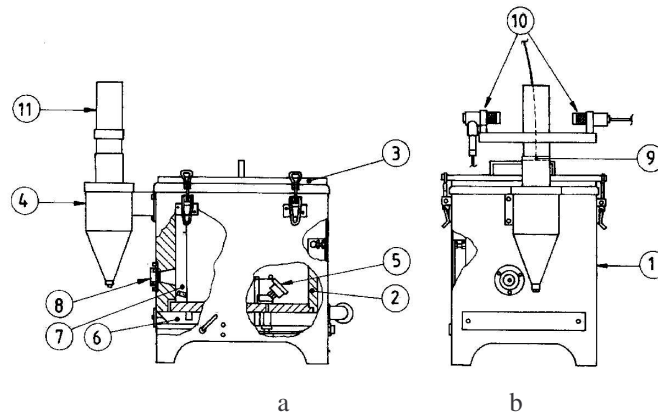
Išdėstytas būdas pristato asmens interesus, kiek slepia perėjimo galimybę nuo lyginamojo medžiagos įvertinimo pagal toksiškumo kriterijų prie jų sulyginimo įvertinimo pagal toksinio pavojaus kriterijų. Dėl ko ši galimybė peržiūrima išimtinai laboratoriniuose medžiagų tyrinėjimuose pagal susitarimą, kad duomenų bazė dėl toksinio analizės pavojaus turi prijungti gaisrinių medžiagų pavojaus charakteristikų kompleksą.

3.5 Degimo produktų gaisrinio pavojingumo įvertinimo metodai šiandiena

Šiandien, dažniausiai dūmų pavojingumas vertinamas pagal jų optinį tankį, temperatūrą, pagrindinių toksiškų medžiagų (CO, CO₂, HCN, NO₂, HCl, SO₂) koncentracijos kieki,

kombinuojant šiuos rodiklius arba apskaičiuojant parametrus remiantis anksčiau išvardytais rodikliais.

Danijoje, pirmaujančioje gaisrinių tyrimų srityje šalyje, naudojamas bandymų metodas pavaizduotas 12 pav. Bandymo principas: keturi bandiniai (kvadrato formos, kraštinės ilgis 228 ± 4 mm, storis – 12 ± 3 mm) įstatomi į kamerą. Jie uždenkia tris kameros sienas ir lubas (12 pav.).



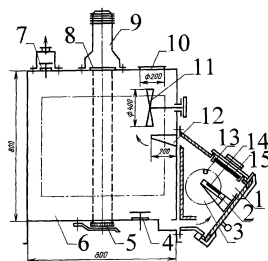
12 pav. Bendras prietaiso vaizdas pagal [9]: a – vaizdas iš šono, b – vaizdas iš priekio. 1 – išorinė kamera; 2 – vidinė kamera; 3 – dangtis; 4 – ciklonas; 5 – degiklis; 6 – oro skirstytuvas; 7 – apsauginė sienelė liepsnai; 8 – stebėjimo anga; 9 – termopora; 10 – fotoelementų sistema; 11 – išmetimo vamzdis

Kamera yra ventiliuojama, o bandiniai yra veikiami nuolatiniu šilumos srautu nuo degiklio. Kartu liepsna veikia galinės sienelės dalį. Fiksuojama degimo produktų temperatūra, nustatomas šviesos intensyvumo sumažėjimas dėl dūmų laike.

Panašus metodas taikomas Rusijoje. Bandymo principas: bandiniai (matmenys 40×40 mm, storis ≤ 10 mm), bandomi smilkimo ir degimo režimais, naudojant dujinį degiklį (13 pav.). Šilumos srauto tankis, patenkantis ant bandinio nuo elektrinio skydo, yra 35 kW/m^2 . Bandymas baigiamas pasiekus minimalią šviesos pralaidumo ribą. Dūmų susidarymo koeficientas apskaičiuojamas D_m (m^2/kg) pagal formulę:

$$D_m = V / (Lm) \ln(I_0 / I),$$

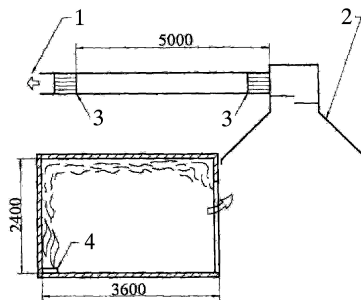
čia: V – kameros tūris, m^3 ; L – šviesos spindulio ilgis dūmų aplinkoje; m – bandinio masė, kg; I_0 , I – atitinkamai pradinio ir galinio šviesos pralaidumo reikšmės, %.



13 pav. Įranga dūmų susidarymo koeficientui nustatyti pagal [10]: 1 – degimo kamera; 2 – bandinio laikiklis; 3 – langas iš kvarcinio stiklo; 4 ir 7 – prapūtimo vožtuvai; 5 – šviesos imtuvas; 6 – matavimų kamera; 8 – kvarcinis stiklas; 9 – šviesos šaltinis; 10 – apsauginė membrana; 11 – ventiliatorius; 12 – nukreipiantysis stogelis; 13 – dujų degiklis; 14 – bandinys; 15 – elektrinis kaitinimo skydas

Daug realiau degimo produktų pavojingumą leidžia įvertinti pilno mastelio bandymas. Bandymo principas: sienų, lubų apdailos medžiagos ir atskiri objektai bandomi patalpoje. Ištraukimo vamzdyje dujų sudėties analizei ir tūrinio tekėjimo greičiui matuoti turi būti

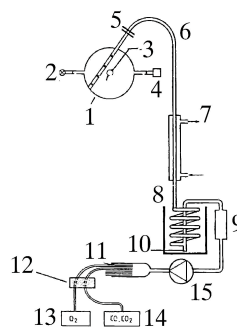
sumontuotas zondas, papildomai turi būti įrengta lempų ir fotoelementų sistema šviesos užtamsinimui matuoti. Bendrasis bandymo įrangos vaizdas pateiktas 14 pav.



14 pav. Bendrasis įrangos vaizdas pagal [11]: 1 – į dujų valymo įrenginį; 2 – gaubtas; 3 – nukreipiančiosios mentės; 4 – dujinis degiklis

Bandinys šiuo atveju uždegamas dujiniu degikliu. Bandymo metu matuojamos anglies monoksido (CO), anglies dioksido (CO₂) ir deguonies (O₂) koncentracijos bei dūmų sukeltas šviesos sumažėjimas ir tūrinis komponentų tekėjimo greitis ištraukimo vamzdyje.

Pagal šiuos matavimus skaičiuojami: šilumos išsiskyrimo greitis, dujų dalelių susidarymo greitis ir šviesos sumažėjimo dėl dūmų išsiskyrimo greitis. Dujų atrinkimo linija, per kurią dūmų dalelės patenka į zondą, ir dūmų analizės schema parodyta 15 pav.

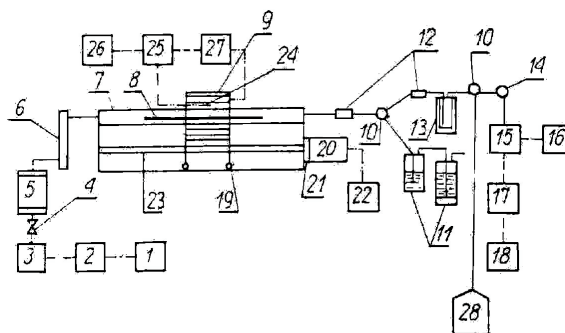


15 pav. Atrinkimo linijos su dujų analizės įranga principinė schema pagal [11]: 1 – ištraukimo vamzdis; 2 – lempa; 3 – termopora; 4 – fotoelementas; 5 – stiklo filtrai 150-200 μm; 6 – atrinkimo linija iš nerūdijančio plieno; 7 – vandens aušintuvas; 8 – šaldymo dėžė; 9 – membraninis filtras 3 μm; 10 – vandens drenažas; 11 – dujų perteklius; 12 – filtras vandens absorbcijai; 13 – paramagnetinis analizatorius; 14 – IR spektrometras; 15 – membraninė pompa

Deguonies koncentracija yra nustatoma paramagnetinio tipo deguonies analizatoriumi. Nuolatinei anglies monoksido ir anglies dioksido analizei naudojami IR spektrometrai. Siekiant papildomų tikslų, galima ir kitų degimo produktų analizė. Matavimo sumažėjimo pavojus yra įvertinamas matuojant šviesos intensyvumo sumažėjimą sistema, kuri sudaryta iš halogeninės lempos, linzių, angos ir fotoelemento.

Remiantis anksčiau pateiktu metodu yra parengtas galutinis standarto projektas, dar vadinamas vienetinio degančio daikto metodu (Single Burning Item). Šis metodas yra įtrauktas į jau patvirtintą Europos statybinių gaminių gaisrinio pavojingumo vertinimo klasifikacijos sistemą.

Kiekybinei degimo metu išsiskiriančių pagrindinių komponentų (CO, CO₂, HCN, NO₂, HCl ir SO₂) analizei gali būti panaudota chromatografinė įranga kartu su kalorimetriniu tyrimų metodu. Tokia metodika pastaruoju metu yra taikoma Lenkijoje pagal standartą. Bandymo principas: 450 °C, 550 °C ir 750 °C temperatūrose išbandoma po 3 bandinius (4±0,1 g), prapučiant orą 100 dm³/h intensyvumu. Krosnis slenka 20 mm/min greičiu ir kaitina kvarciniame vamzdyje esančią bandomą medžiagą. Bandymo įrangos principinė schema pavaizduota 16 pav.



16 pav. Bandymų įrangos principinė schema pagal [13]: 1 ir 22 – įtampos stabilizatoriai; 2 – transformatorius; 3 – pompa; 4 – sklendė; 5 – džiovavimo indas; 6 – rotametas; 7 – kvarcinis vamzdelis; 8 – lovelis bandiniui; 9 – krosnis; 10 – trijų išėjimų čiapas; 11 – skysčių surinktuvas; 12 – filtras; 13 – šaldymo-šildymo indas; 14 – nešančių dujų padavimo čiapas; 15 – dujinis chromatografas; 16 ir 26 – registravimo prietaisai; 17 – integratorius; 18 – spausdintuvas; 19 – vežimėlis; 20 – varikliukas; 21 – elektromagnetinė mova; 23 – sraigtas; 24 – termopora; 25 – temperatūros reguliatorius, 27 – jungiklis; 28 – irimo ir degimo produktų surinktuvas

Degimo produktai CO ir CO₂ analizei atrenkami iš eilės po 7,5, 15 ir 22,5 minučių nuo bandymo pradžios arba visiškai surinkus degimo produktus per bandymą. Kai tikimasi išsiskiriant HCN, NO₂, HCl ir SO₂, degimo ar terminės destrukcijos produktai nukreipiami į skysčio surinktuvą. CO ir CO₂ analizė atliekama dujinės chromatografijos metodu, atitinkamai esant 3 μg/cm³ ir 10 μg/cm³ reikšmėms. HCN, NO₂, HCl ir SO₂ nustatomi kalorimetriniu būdu. Kiekvienam iš anksčiau paminėtų komponentų paruošiamas tam tikros sudėties ir koncentracijos tirpiklis. Absorbcija matuojama esant nustatytam bangų ilgiui. Faktinis CO ir CO₂ išsikyrimas *E*, g/g, iš bandymo metu degančios ar termiškai irstančios medžiagos nustatomas pagal formulę:

$$E = 0,25cV,$$

čia: 0,25 – perskaičiavimo koeficientas, l/g; *c* – atitinkamai CO arba CO₂ koncentracija, g/m³; *V* – degimo (terminio irimo) produktų tūris, m³.

Faktinis išsiskyrimas toksinių produktų *E*, g/g, nustatytų kalorimetriniu būdu, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = 2,5C_r V_3 \frac{V_1}{V_2},$$

čia: 2,5 – perskaičiavimo koeficientas, l/g; *C_r* – produkto koncentracija tirpale, g/ml; *V*₁ – tirpalo tūris bandymo inde; *V*₂ – tirpalo tūris, paimtas tirti, ml; *V*₃ – paruošto tirpalo tūris (*V*₂ + nustatytų pagal standartą tirpalo paruošimui priedų tūris + vanduo), ml.

Dūmų dujų analizė naudojant Furjė atvaizdo infraraudonųjų spindulių spektrometrijos metodą (FTIR) kelia didelį gaisrinių tyrimų srities susidomėjimą. Dabar Tarptautinės standartų organizacijos (ISO), standartizacijos komitete TC 92 (pakomitetis SC 3) rengimas tokio standarto projektas. Bandymo principas: dūmų dujų mėginys paimamas iš gaisrinio bandymo metu išsiskiriančių degimo produktų ir per atrinkimo liniją nukreipiamas į FTIR spektrometro infraraudonųjų spindulių absorbcijos celę. IR spindulys praeina per dūmais užpildytą FTIR celę ir pasirinktais intervalais gaunamos interferogramos, kurios paverčiamos absorbcijos spektru. Daugiaatomės ir dviatomės molekulės absorbuoja IR spindulių srityje ir gali būti identifikuotos pagal absorbcijos smailės dažnį bei intensyvumą. Medžiagos IR spektras gali būti traktuotinas kaip jos “pirštų atspaudas”. Koncentracijos yra susijusios su absorbcijos intensyvumu, todėl jos gali būti apskaičiuotos pagal absorbcijos plotus spektruose, kurie buvo gauti tiriant nežinomą dujų mišinį ir etaloninį žinomos koncentracijos dujų mišinį.

Išanalizavus absorbcijos spektrą, nustatomos dujų koncentracijos. Nustačius absorbcijos spektrus pasirinkto dažnumo intervalais, galima nustatyti dujų koncentracijos priklausomybę laike. Šiuo metodu spektras pateikiamas kaip absorbcijos ir spinduliuotės, išreikštos bangų skaičiumi, funkcija.

Remiantis išanalizuota informacija apie pateiktus bandymų metodus, atliktas jų lyginimas, pateikti trūkumai ir privalumai (20 lentelė).

Iš 20 lentelės matyti, kad labiausiai perspektyvūs yra ir metodai. Akivaizdu, kad pirmasis metodas leidžia kompleksiskai įvertinti statybinių medžiagų ar gaminių gaisrinį pavojingumą daugeliu aspektų, tačiau tai yra specifinis metodas analizuoti gaisrinį pavojingumą patalpoje gaisro pradinėje stadijoje. Antrasis metodas leidžia vertinti pagrindinių toksinių komponentų, esančių išsiskiriančiuose degimo produktuose, koncentracijų kaitą per visą degimo procesą. Be to, šią įrangą galima panaudoti tyrimams kartu su gaisrinių bandymų metodais, skirtais tiek mažų, tiek didelių statybinių medžiagų arba gaminių bandymams.

Literatūra:

1. D. Draizdeil Introduction to Fire Dynamics. 2nd ed. England, West Sussex, 1999. 451 p.
2. Directive 89/106/EEC: Council Directive of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products. Off.Jour. No. 040, 11/02/1989. 15 p.
3. Interpretative document No.2: Safety in case of fire. Off.Jour. No. 040, 1994/02/28, 94/C62/01.
4. LST EN 1363-1:2000 Atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000. 49 p.
5. LST EN 1364-1:2002 Nelaikančiųjų elementų atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Sienos. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002. 32 p.
6. LST 1634-1:2000 Durų ir užtvarų rinkinių atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Priešgaisrinės durys ir užtvaros. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000. 67 p.
7. Commission Decision 2000/147/EC Implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the classification of the reaction to fire performance of construction products. Commission of the European Communities. Brussels, OJ L50/14, 23.3.2000, 5 p.
8. EN ISO 1182:2002 Reaction to fire tests for building products-Non-combustibility test (ISO/FDIS 1182:1998). CEN, 2002. 32 p.
9. EN ISO 1716:2002 Reaction to fire tests for building products - Determination of the gross calorific value (ISO/DIS 1716:1998). CEN, 2002. 29 p.
10. EN 13823. Reaction to fire tests for building products-Building products excluding floorings-Exposed to thermal attack by a single burning item . CEN, 2002, 101 p.
11. EN ISO 9239-1 Reaction to fire tests for floorcoverings-Part 1:Determination of the burning behaviour using a radiant heat source (ISO/FDIS 9239-1:1999). CEN/TC127N1444, 1999. 27 p.
12. STR 2.01.04:2002 „Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai“ (Žin., 2002, Nr. 113-5064). 60 p.
13. Commission Decision 2001/671/EC Implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the classification of the external fire performance of roofs and roof coverings. Commission of the European Communities. Brussels, OJ L235/20, 4.9.2001, 3 p.
14. Commission Decision 2000/367/EC Implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the classification of the resistance to fire performance of construction products, construction works and parts. Commission of the European Communities. Brussels, OJ L133/26, 6.6.2000, 7 p.
15. STR 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga“. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2000. 46 p.
16. ENV 1187: 2002 Test methods for external fire exposure to roofs. CEN, 2002. 43 p.

17. Commission Decision 2000/553/EC Implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the external fire performance of roof coverings. Commission of the European Communities. Brussels, OJ L235/19-22, 19.09.2000. 4 p.
18. В. С. Иличкин. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. -С.-Петербург: Химия, С.-Пб. отд., 1993.-136 с.
19. Draft Technical report DP 9122. Toxicity testing for fire effluents: The state of the art in 1987. International Organization for Standardization, ISO/TC 92, No.684, TC 92/SC3, No.61, 1987. 8 p.
20. H. Gausepohl, V. Warzelhan // Angew. Makrom. Chemie. 1997. Vol. 244. P. 17-41.
21. Е. Батчер, А. Парнэлл. Опасность дыма и дымозащита. Москва: Стройиздат, 1983. 152 с.
22. H. L. Kaplan, A. F. Grand, G. E. Hartzell. Combustion Toxicology. Principles and Test Methods. Lancaster, Pa: Technomic publishing CO. Inc., 1983. 46 p.
23. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Изд. 7-е в 3-х т. Л.: Химия. 1977; Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I – IV групп. Л.: Химия. 1988; Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов. Л.: Химия. 1990. 406 p.
24. NT FIRE 004 Nordtest method: Building Products: heat release and smoke generation. Finland, NORDTEST, 1985. 8 p.
25. Пожароопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: в 2-х книгах; кн.2/ А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др.-М.: Химия, 1990.-384 с.
26. ISO 9705:1993 (E) Fire tests. Full-scale room test for surface products. Switzerland, ISO, 1993. 31 p.
27. PN-88 B-02855 Ochrona przeciwpozarowa budynkow. Metoda badania wydzielania toksycznych produktow rozkladu i spalania materialow. Wydawnictwa normalizacyjne "ALFA",1989. 6 p.
28. И. М. Абдурагимов, А. С. Андросов, И. Р. Бегишев, Л. К. Исаева, Е. В. Крылов. Лабораторные работы по процессам горения. Москва: Типография им. В. Воровского, 1988. 101 с.
29. R. Kallonen. Smoke Gas Analysis by FTIR Method. Preliminary Investigation // FIRE SCIENCES J.1990. Vol 8. P. 343-360.
30. Toxicity testing of fire effluents. Analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR technology. ISO TC92 SC3 N169 Draft Standard/ Technical Report Proposal. Version 1.3. 1999, 21 p.
31. LST EN ISO 11925-2:2002 Degumo bandymai. Statybos gaminių užsidegamumas nuo tiesioginio liepsnos poveikio. 2 dalis. Bandymas pavieniui liepsnos šaltiniu (ISO 11925-2:2002). Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002. 28 p.
32. LST L ENV 1991-2-2 "Eurokodas 1. Projektavimo pagrindai ir poveikiai konstrukcijoms. 2-2 dalis. 40 p.
33. В. П. Иванников, П. П. Ключ. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.