

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Andrius Žukas, Romualdas Mačiulaitis, Ritoldas Šukys

STATYBOS PRODUKTŲ PANAUDOJIMO GAISRINĖ SAUGA

Mokomoji knyga



Vilnius LEIDYKLA TECHNICA 2007

UDK 614.84:691(075.8)

Žu-09

**Andrius Žukas, Romualdas Mačiulaitis, Ritoldas Šukys.
Statybos produktų panaudojimo gaisrinė sauga.**

Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2007. 112 p.

Knygoje pateikti statybos produktų panaudojimo principai priešgaisrinio požiūriu. Taip pat aptartas statybinių medžiagų ir produktų degumo klasifikavimas ir jo taikymas Lietuvoje. Aptariamoms pavojingiausios gaisro metu išsiskiriančios medžiagos ir jų poveikis žmogui.

Mokomojoje knygoje pateikta medžiaga bus naudinga studijuojantiems ir dirbantiems tiek statybos, tiek priešgaisrinėje srityje, taip pat šios srities mokslininkams.

Leidinį rekomendavo VGTU

Statybos fakulteto studijų komitetas

Recenzavo:

Prof. dr. P. Čyras ir doc. dr. E. Zalieckienė

VGTU leidyklos „Technika“ 879 mokomosios
metodinės literatūros knyga

ISBN 978-9955-28-126-9

© A. Žukas, R. Mačiulaitis, R. Šukys, 2007

© VGTU leidykla „Technika“, 2007

Turinys

| | |
|---|----|
| Pratarmė | 5 |
| 1. Statybos produktų panaudojimo normatyvinė bazė | 6 |
| 1.1. Bendrosios žinios apie Statybos produktų direktyvą (SPD) | 6 |
| 1.2. Direktyvos sudėtis | 8 |
| 1.2.1. Esminiai reikalavimai | 8 |
| 1.2.2. Aiškinamieji dokumentai | 13 |
| 1.2.3. Suderintieji standartai | 14 |
| 1.2.4. Europos techninis liudijimas | 15 |
| 1.2.5. Atitikties patvirtinimas | 16 |
| 1.2.6. EB atitikties ženklas | 17 |
| 1.2.7. EB atitikties sertifikatas | 18 |
| 1.2.8. EB atitikties deklaracija | 18 |
| 1.3. Statybos produktų direktyvos įteisinimas Lietuvoje | 19 |
| 2. Statybos gaminių, konstrukcijų ir elementų gaisrinis klasifikavimas ir saugus panaudojimas | 22 |
| 2.1. Klasifikavimas pagal degumo bandymų duomenis | 26 |
| 2.2. Prielaidos | 28 |
| 2.3. Klasifikavimas pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis | 30 |
| 2.4. Klasifikavimas pagal išorinio ugnies poveikio stogams bandymų duomenis | 34 |
| 2.5. Degumo bei atsparumo ugniai bandymų principai | 35 |
| 2.5.1. Nedegumo bandymas, atliekamas pagal LST EN ISO 1182:2002 standartą | 35 |
| 2.5.2. Šilumingumo bandymas, atliekamas kalorimetrine bomba pagal LST EN ISO 1716:2004 standartą | 35 |
| 2.5.3. Vieno degančio objekto bandymas (dar vadinamas SBI), atliekamas pagal LST EN 13823:2002 standartą | 37 |

| | |
|--|-----|
| 2.5.4. Užsidegamumo bandymas, atliekamas pagal LST EN ISO 11925-2:2003 standartą | 37 |
| 2.5.5. Grindų dangų degumo bandymas, panaudojant spinduliuojamosios šilumos šaltinį, atliekamas pagal LST EN ISO 9239-1:2004 standartą | 37 |
| 2.5.6. Išorinio ugnies poveikio stogams bandymas, atliekamas pagal standarto LST L ENV 1187:2004 pirmąjį metodą | 38 |
| 2.5.7. Atsparumo ugniai bandymai bendruoju atveju, atliekami pagal LST EN 1363-1:2000 standartą | 39 |
| 3. Toksinių medžiagų pavojingumas gaisro metu | 40 |
| 3.1. Lakiosios toksiškosios dalelės, išsiskiriančios degant polimerinėms medžiagoms | 42 |
| 3.2. Degimo produktų ir kitų pavojingų gaisro veiksnių mišrusis poveikis | 57 |
| 3.3. Degimo produktų toksiškumo įvertinimo principai pagal cheminės analizės duomenis | 69 |
| 3.4. Degimo produktų toksiškumo biologinio įvertinimo kriterijai | 81 |
| 3.4.1. Mažo mastelio medžiagų bandymai ir bendrieji reikalavimai | 81 |
| 3.4.2. Degimo produktų nuodingojo poveikio rodikliai | 88 |
| 3.4.3. Medžiagų lyginamojo įvertinimo principai | 94 |
| 3.5. Degimo produktų gaisrinio pavojingumo įvertinimo metodai | 103 |
| Literatūra..... | 109 |

Pratarmė

Sparčiai plečiantis Lietuvoje statybų rinkai, įdiegiant naujas gamybos technologijas ir medžiagas, nesilaikant darbų bei gaisrinės saugos reikalavimų, atsiranda vis didesnis poreikis nustatyti, ar naudojamos statybinės konstrukcijos, medžiagos ir gaminiai yra saugūs ir nekelia pavojaus ne tik normaliomis sąlygomis, bet ir kilus gaisrui. Medžiagų yra labai įvairių, todėl norint apsaugoti žmones nuo supančių medžiagų kenksmingo poveikio bei kylančio pavojaus gaisro metu, reikia žinoti jų savybes ir kaip išvengti kylančio pavojaus.

Mokomosios knygos 1 skyriuje pateikti statybos produktų panaudojimą reglamentuojantys dokumentai, saugių medžiagų ir gaminių naudojimo statyboje principai ir jų užtikrinimo sistema.

2 skyriuje aptartas statybinių medžiagų gaisrinis pavojingumas pagal Lietuvoje įgyvendintą statybinių produktų degumo klasifikaciją, taip pat medžiagų ir statybinių konstrukcijų skirstymas į klases, tokio klasifikavimo privalumai bei trūkumai.

3 skyriuje analizuojamas statybinių medžiagų, ypač polimerinių, toksiškumas. Šis rodiklis yra esminis naujosios degumo klasifikacijos trūkumas. Aptariamos pavojingiausios gaisro metu išsiskiriančios medžiagos, jų poveikis žmogui bei toksiškumo vertinimo principai.

1. Statybos produktų panaudojimo normatyvinė bazė

1.1. Bendrosios žinios apie Statybos produktų direktyvą (SPD)

Kam skirta SPD?

Statybos produktų direktyva skirta vienai iš šešių Europos Bendrijos laisvių – laisvam prekių judėjimui užtikrinti. Ji reglamentuoja statybos produktus, kuriuos galima naudoti visose Europos Sąjungos šalyse. Joje pateikti esminiai statiniams keliami reikalavimai.

Kam taikoma SPD?

Statybos produktų direktyva taikoma statybos produktams. Statybos produktas – tai bet koks produktas, kuris yra pagamintas ir skirtas nuolat įmontuoti į statinius.

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 reglamentų, nei direktyvos apie CE ženklumą. Taip pat nebuvo taikytas Tarptautinės standartizacijos organizacijos (ISO) modulinis požiūris. Priėmimo metu direktyvą taikyti praktiniu požiūriu nebuvo jokio poreikio, nes statybos produktai nebuvo transportuojami daugiau kaip 50–100 km. Direktyva buvo teorinė.

SPD nebeatitinka šiandienos poreikių, 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. Ji neįgyvendinama be darniųjų techninių specifikacijų. Tik šioje direktyvoje yra atitikties įvertinimo schemų. Statybos produktų direktyvoje nustatyta techninių liudijimų galimybė – taip pat unikali.

Direktyvos įgyvendinimas

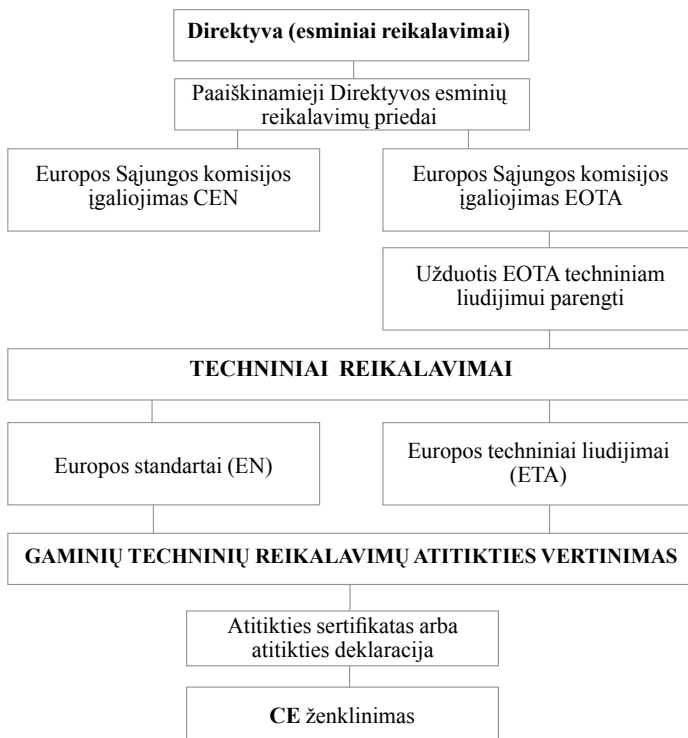
SPD įgyvendinimas galimas dviem etapais:

1) Įteisinimas – direktyva tiesiogiai negalioja. Niekur nėra nustatyta,

kaip kiekviena šalis turi įteisinti direktyvą. Tačiau komisija rūpinasi, kad ji būtų įteisinta kiekvienoje šalyje kuo vienodžiau.

2) Įgyvendinimas pritaikant ir naudojant pagalbinius teisės aktus, standartus, infrastruktūrą, veiksmus ir priemones.

Būtina pabrėžti, kad įgyvendinant SPD, laikomasi vadinamosios „tinkamumo prezumpcijos“, kuria apibūdinamas statybos produkto tinkamumo 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 nė vienos minėtosios techninės specifikacijos, gali būti naudojami ir kiti įvertinimo būdai.



1.1 pav. Europos Sąjungos statybos produktų direktyva

1.2. Direktyvos sudėtis

Bendruoju atveju Europos Sąjungos statybos produktų direktyvos taikymą galima pavaizduoti taip (1.1 pav.):

Direktyvoje vartojama sąvoka *statybos produktas* – tai bet koks produktas, kuris yra pagamintas ir skirtas nuolat įmontuoti į statinius. *Statybos produktai* toliau tekste – *produktai*; statiniai, įskaitant inžinerinius statinius, toliau tekste vadinami *statiniais*.

Valstybės narės imasi visų būtinų priemonių užtikrinti, kad produktai, numatyti naudoti statiniuose, galėtų būti teikiami rinkai tik su sąlyga, jeigu jie tinka numatytam tikslui, t. y. jų charakteristikos yra tokios, kad statiniai, į kuriuos jie bus įmontuojami, pritvirtinami arba kitaip instaliuojami, yra tinkamai suprojektuoti ir pastatyti, atitinka norminių aktų reglamentuojamus **esminius reikalavimus**.

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 paminėti 6 esminiai reikalavimai, taikomi statybos produktams. Visus juos galima trumpai apibūdinti:

1) *Mechaninis atsparumas ir patvarumas*

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

- viso statinio arba jo dalies griūties;
- didesnių 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 priežasčiai.

Mechaninį patvarumą ir pastovumą lemia konstrukcijų ribinis būvis. Jis skirstomas į kritinį ir eksploatacinį ribinius būvius.

Kritiniam ribiniam būviui priskiriamas įvairių konstrukcijų suirimas ar jam artimas būvis:

- nepažeistos konstrukcijos ar bet kurios jos dalies laikančiųjų konstrukcijų griūtis;
- griūtis dėl didelių deformacijų ar nusėdimų;
- konstrukcinės sistemos virtimas mechanizmu;
- staigi konstrukcijos griūtis;
- konstrukcijos ar bet kurios jos dalies, įskaitant atramas ir pamatus, stabilumo netekimas.

Eksploatacinis ribinis būvis atitinka konstrukcijos būvį, kai dėl specifinių kriterijų tolesnė konstrukcijų eksploatacija ar funkcionavimas neįmanomi, nes susidaro:

- neleistinos deformacijos ar poslinkiai, kurie trukdo normaliai statinių eksploatacijai arba sukelia apdailos ar nelaikančiųjų elementų pažeidimus;
- neleistinos vibracijos, kurios sukelia diskomfortą žmonėms arba pavojų statiniams ar juose esantiems įrenginiams arba riboja jų funkcionalumą;
- neleistinas supleišėjimas.
- Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(1):1999.

2) *Sauga gaisro atveju*

Statiniai turi būti 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 gelbėtojai galėtų saugiai dirbti.

Gaisrinės saugos reikalavimai yra susiję su statinių išdėstymu teritorijose, statinio projektiniais sprendimais, 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.

Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(2):1999.

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:

- kenksmingųjų dujų išsiskyrimo;
- pavojingų dalelių ar dujų buvimo ore;
- pavojingos spinduliuotės;
- vandens ar dirvožemio taršos ir gyvųjų organizmų nuodijimo;
- netinkamo nuotekų, dūmų, kietųjų ar skystųjų atliekų šalinimo;
- drėgmės statinio dalyse ir jo dalių vidaus paviršiuose.

Statinio esminio reikalavimo „Higiena, sveikata ir aplinkos apsauga“ įvykdymą užtikrina visuma reikalavimų ir priemonių, numatomų statinių sumanymo, projektavimo, statybos ir normalaus naudojimo metu, taip pat statybos produktų kokybiniai rodikliai. Šiuos reikalavimus ir priemones lemia:

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

Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(3):1999.

4) *Sauga eksploataavimo metu*

Statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad jį naudojant ir prižiūrint būtų išvengta nelaimingų atsitikimų jį eksploatuojant, pvz., paslydimų, kritimų, susidūrimų, nudegimų, nutrenkimų ar sužalojimų elektros srove, sužeidimų dėl sprogo.

Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(4):1999.

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.

Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(5):1999.

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.

Daugiau informacijos pateikta STR 2.01.01(6):1999.

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

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

Šioje direktyvoje standartai ir techniniai liudijimai vadinami *techninėmis specifikacijomis*. Suderintieji (dar vadinami harmonizuotieji, darnieji) standartai – tai techninės specifikacijos, priimtose Europos standartizacijos organizacijos (CEN), Europos elektrotechnikos standartizacijos organizacijos (CENELEC) arba abiejų Komisijai suteikus įgaliojimą pagal Direktyvą 83/189/EEB, remiantis Komiteto nuomone ir laikantis su Komisijos ir šių dviejų įstaigų bendradarbiavimu susijusių bendrųjų nuostatų, pasirašytu 1984 m. lapkričio 13 d.

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

- a) 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) Europos techninį liudijimą;
- c) nacionalines technines specifikacijas, jeigu nėra suderintų specifikacijų.

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 techninių produktų, kuriuos bus leidžiama pateikti rinkai, turint gamintojo išduotą deklaraciją apie tai, kad jie atitinka pripažintą technologijos reglamentą ir specifikacijų sąrašą.

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

EB ženklo pavyzdys ir jo naudojimo sąlygos pateiktos 1.2.6 poskyryje. Produktams, kurie neturi didelės įtakos sveikatai ir saugai, EB ženklas nenaudojamas. Jei valstybės narės arba Komisijos nuomone, suderintieji 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 dėl suderintųjų standartų ir pasitarusi su komitetu, sudarytu pagal Direktyvos 83/189/EEB nuostatas, Komisija informuoja valstybes nares, ar tie standartai arba liudijimai turėtų būti atšaukiami.

Gavusi pranešimą, Komisija tariasi su komitetu. Komisija praneša valstybėms narėms, ar svarstomoms techninėms specifikacijoms turi būti taikoma atitikties prielaida. 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 tokios taisyklės arba sąlygos, kurias remdamosios savo monopoline padėtimi nustato valstybinės įstaigos arba privačios įstaigos, veikiančios kaip valstybinė įmonė arba kaip valstybinė įstaiga.

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

Šioje mokomojoje knygoje išsamiau bus nagrinėjamas antrasis esminis reikalavimas – „apsauga nuo gaisro“, jo įgyvendinimas ir taikymas Lietuvoje, taip pat gaisrinio pavojingumo aspektai. Tam būtina trumpai susipažinti su bendraisiais statybos produktų direktyvos taikymo principais.

1.2.2. Aiškinamieji dokumentai

Kiekvienam Statybos produktų direktyvos (89/106/EC) esminiam reikalavimui išaiškinti bei siekdamas kuo geriau užtikrinti bendrąją 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 praktiniu įgyvendinimu ir taikymu. Šie raštai nėra teisėtas direktyvos aiškinimas. Jie neturi juridinės galios ir jokių būdu nepakeičia ir nepataiso direktyvos. Tačiau jie negali būti atmesti kaip kitos direktyvos procedūros.

Šie raštai juridiniu, techniniu ir administraciniu požiūriu pirmiausia turėtų dominti asmenis, susijusius su direktyvos įtvirtinimu. Raštai gali būti toliau tobulinami, taisomi arba panaikinami ta pačia tvarka, kuria ir išleidžiami.

Aiškinamųjų dokumentų paskirtis:

- a) konkrečia forma pateikti esminius reikalavimus, derinant terminologiją ir techninę bazę bei nurodant klases arba lygius kiekvienam reikalavimui, kur tai reikalinga ir kur mokslo bei technikos žinios leidžia tai atlikti;
- b) nurodyti metodus, kuriais tokios klasės arba reikalavimo lygiai siejami su techninėmis specifikacijomis, pvz., apskaičiavimo ir patikrinimo metodus, technines projektavimo taisykles ir pan.;
- c) būti informacijos šaltiniu rengiant suderintus standartus ir re-

komendacijas dėl Europos techninio liudijimo ir nacionalinių techninių specifikacijų pripažinimo.

Aiškinamuosiuose dokumentuose vartojamų pagrindinių terminų apibrėžtys:

- **apkrovos** – mechaninio pobūdžio veiksniai, veikiantys statinius ar statinių dalis ir galintys turėti įtakos šiems atitinkant esminius reikalavimus;
- **laikančioji konstrukcija** – iš detalių surinkta konstrukcija, suteikianti statiniui mechaninį patvarumą ir stabilumą (toliau – konstrukcija);
- galimos poveikių statiniui pasekmės – dėl poveikių statinyje galintys atsirasti įtempiai, deformacijos arba jo laikomosios galios sumažėjimas;
- **griūtys** – įvairios konstrukcijos avarijos formos;
- **neleistinosios deformacijos** – statinių ar jų dalių deformacijos, supleišėjimai, viršijantys nustatytas patikimumo normas, veikiantys statinių mechaninį patvarumą ar pastovumą arba gerokai sumažinantys jų ilgaalaikiškumą;
- **ribinis konstrukcijos būvis** – toks konstrukcijos būvis, kai jos naudojimo savybės nebeatitinka esminių reikalavimų;
- žala dėl ypatingos priežasties – žala, padaryta statiniams dėl ypatingų priežasčių (sprogimai, smūgiai, per didelė apkrova, žmonių klaidos), kurios be didelių sunkumų ar išlaidų buvo galima išvengti ar ją sušvelninti;
- **naudojimo trukmė** – laikotarpis, per kurį statinio (statybos produkto) eksploatacinės savybės turi atitikti esminius reikalavimus.

Komisija skelbia aiškinamuosius dokumentus Europos Bendrijų oficialiojo leidinio C serijoje.

1.2.3. Suderintieji standartai

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

Šie standartai sudaromi pagal eksploatacines savybes, atsižvelgiant į aiškinamuosius dokumentus.

Europos standartų organizacijoms parengus standartus, Europos Komisija paskelbia nuorodą į šiuos standartus Europos Bendrijų oficialiojo leidinio C serijoje.

1.2.4. Europos techninis liudijimas

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

Europos techninis liudijimas gali būti suteikiamas:

- a) produktams, kuriems nėra nustatyto suderintojo standarto arba pripažinto nacionalinio standarto ir nėra įgaliojimo (mandato) suderintajam standartui, o Komisija nutaria, kad nėra arba dar nėra galimybės rengti standartą;
- b) produktams, kurie labai skiriasi nuo tų, kuriuos nurodo suderinti ar pripažinti nacionaliniai standartai.

Europos techninis liudijimas paprastai išduodamas 5 metų laikotarpiui. Šis laikas gali būti pratęsiamas. Europos techninis produkto liudijimas pagrįstas tyrimais, bandymais ir įvertinimu, atliekamu remiantis aiškinamaisiais dokumentais ir rekomendacijomis dėl šio produkto arba produktų grupės.

Europos techninį liudijimą produktui suteikia valstybė narė, 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 sugebėti:

- įvertinti naujo produkto tinkamumą naudoti, remdamasis mokslu ir praktinėmis žiniomis;
- priimti bešališkus sprendimus gamintojų arba jų atstovų interesų atžvilgiu;

- pateikti suderintus visų suinteresuotųjų pusių pasiūlymus ir pastabas, juos apsvaarsčius ir įvertinus.

Patvirtinimo įstaigų, kompetentingų suteikti Europos techninius liudijimus, sąrašas, taip pat bet kuri to sąrašo pataisa skelbiami Europos Bendrijų oficialiojo leidinio G serijoje.

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

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

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

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

Techninių liudijimų rengimo Lietuvoje tvarka nustatyta STR 1.03.03:2002.

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 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;
- 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 pagal esminius reikalavimus, ypač dėl sveikatos ir saugos;
- b) produkto pobūdį;
- c) produkto charakteristikų kintamumo poveikį jo patvarumui;
- d) polinkį į defektus jį gaminant.

Kiekvienu atveju pasirenkama mažiausiai keblumų sukelianti veiksmų tvarka. Gamintojo atitikties deklaracija arba atitikties sertifikatas leidžia Bendrijoje įsisteigusį gamintoją arba jo atstovą pritvirtinti atitinkamą EB ženklą ant paties produkto, 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, neatitinkančio 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, būtiną reikalavimų neatitinkančiam produktui identifikuoti.

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

Atitikties įvertinimo „CE ženklinimas“ techninių liudijimų rengimo Lietuvoje tvarka nustatyta STR 1.01.04:2002.

1.2.6. EB atitikties ženklas

EB atitikties ženkle yra tokie simboliai CE (žr. 1.2 pav.):



1.2 pav. EB ženklas

Jame turi būti:

- gamintojo pavadinimas arba tapatybės ženklas, o kur tinka – nuorodos, padedančios nustatyti produkto charakteristikas arba technines specifikacijas;
 - paskutiniai du gamybos metų skaičiai;
 - inspektavimo įstaigos tapatumo simbolis;
 - EB atitikties sertifikato numeris.
- „CE“ ženklavimas nustatytas STR 1.01.04:2002.

1.2.7. EB atitikties sertifikatas

EB atitikties sertifikate nurodoma:

- sertifikavimo įstaigos pavadinimas ir adresas;
- gamintojo arba Bendrijoje įsikūrusio jo atstovo pavadinimas ir adresas;
- produkto aprašymas (tipas, tapatybė, naudojimas ir t. t.);
- nuostatos, kurias atitinka produktas;
- ypatingos sąlygos, taikomos naudojant šį produktą;
- sertifikato numeris;
- sertifikato galiojimo sąlygos ir trukmė, taikymo sritis;
- asmens, įgalioto pasirašyti sertifikatą, pavardė ir užimamos pareigos.

Atitikties dokumentų išdavimo tvarka nustatyta STR 1.03.02:2002.

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 ir t. t.);
- nuostatos, kurias produktas atitinka;
- ypatingos sąlygos, taikomos šio produkto naudojimui;
- patvirtintosios institucijos pavadinimas ir adresas (nurodomas arba ne priklausomai nuo atitikties įvertinimo schemos);

- asmens, įgalioto pasirašyti deklaraciją gamintojo arba jo įgalioto atstovo vardu, pavardė ir užimamos pareigos.
- Atitikties dokumentų išdavimo tvarka nustatyta STR 1.03.02:2002.

1.3. Statybos produktų direktyvos įteisinimas Lietuvoje

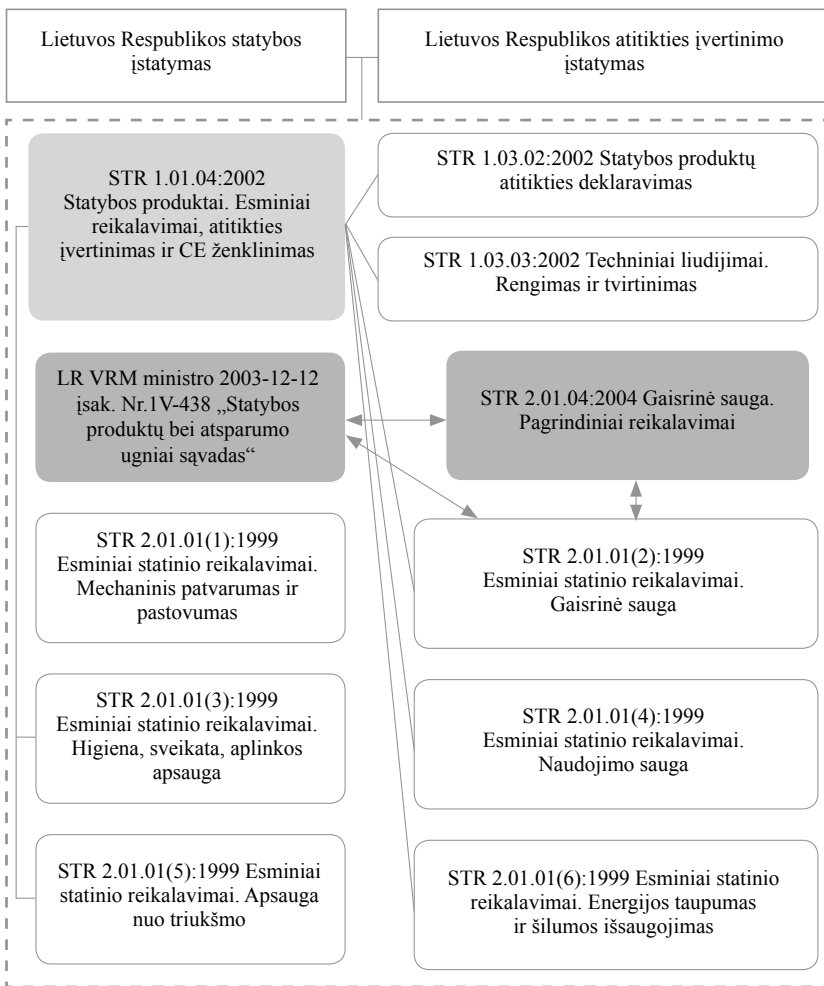
SPD kiekviena šalis įgyvendina ir įteisina savaip. Lietuvoje SPD yra įteisinta Lietuvos Respublikos statybos bei Lietuvos Respublikos atitikties įvertinimo įstatymais, kurie įgyvendinami remiantis statybos techniniais reglamentais (žr. 1.3 pav.). Statybos techninis reglamentas STR 1.03.02:2002 nustato 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. Atsiranda vis daugiau naujų produktų, todėl statybos produktų direktyvai įgyvendinti yra labai svarbus statybos techninis reglamentas STR 1.03.03:2002. „Techniniai liudijimai. Rengimas ir tvirtinimas“. Šis statybos techninis reglamentas (toliau – Reglamentas) nustato pagrindinius statybos produktų techninių liudijimų rengimo principus ir išdėstymo, tvirtinimo bei taikymo tvarką.

Reglamentas privalomas visiems juridiniams ir fiziniams asmenims, rengiantiems, užsakantiems bei 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



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

Komisijos nutarimu „Dėl bendros Europos techninio liudijimo statybos produktams formos“ ir siekia suvienodinti techninio įteisinimo bei techninio liudijimo parengimo bei išdavimo tvarką Lietuvoje ir Europos Sąjungoje.

Taigi šie baziniai reglamentai sudaro sąlygas vertinti, taikyti pastatuose naudojamiems statybos produktams 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“.

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, turtui ir visuomenės interesams.

Statybos dalyviai privalo užtikrinti, kad statinys atitiktų esminius sveikatos, ilgaamžiškumo, energijos taupymo, aplinkosaugos ir ekonominius reikalavimus, kuriuos 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, kad Lietuvos rinkoje esantis statybos produktas būtų tinkamas naudoti pagal paskirtį, o statiniai, kur jis bus panaudotas, atitiktų esminius reikalavimus ir kad produktas, paženklintas pagal nustatytą tvarką, galėtų būti tie-

kiamas į Lietuvos ir bet kurios Europos Sąjungos šalies rinką be jokių apribojimų.

Statybos produktas laikomas tinkamu naudoti, jeigu jis atitinka darinio standarto ar Europos techninio liudijimo reikalavimus, o kai tokių specifikacijų nėra, – nacionalinės techninės specifikacijos, pripažintos Europos Sąjungoje, reikalavimus. Kai nėra nė vienos iš minėtųjų specifikacijų, – statybos produktas laikomas tinkamas naudoti, jeigu atitinka nacionalinės techninės specifikacijos reikalavimus. Tais atvejais, kai statybos produktas nėra labai svarbus esminių reikalavimų požiūriu ir neatitinka techninių specifikacijų, produktų tinkamumą naudoti gali patvirtinti notifikuotos įstaigos, kurių sąrašą sudaro Europos Komisija.

Taigi ši mokomoji knyga supažindins, 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 bendruosius reikalavimus statiniams. Toliau pastatai skirstomi į klases pagal STR 2.01.04:2004 „Gaisrinė sauga“. Pagrindiniai reikalavimai“ reglamentą. Šis suskirstymas yra pagrįstas tam tikrą atsparumą ugniai turinčių konstrukcijų bei elementų panaudojimu tam tikros klasės pastatuose. Priklausomai nuo pastatų paskirties juose leidžiama naudoti nustatytos degumo klasės statybos gaminius, taip ribojant liepsnos išplitimą ir dūmų susidarymą.

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

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

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 <...>“.

Pagal šį reglamentą statiniai yra suskirstyti į **4 gaisrinio pavojingumo klases** (žr. 2.1 lentelę, C0 – saugiausia, C4 – pavojingiausia) pagal panaudotų konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasę:

2.1 lentelė. Statinio gaisrinio pavojingumo klasės

| Statinio gaisrinio pavojingumo klasė | Minimali statinio konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasė | | | | |
|--------------------------------------|--|------------------------|--|--|-------------------------------------|
| | Laikančiosios konstrukcijos, išskyrus perdangas, denginius | Nelaikančiosios sienos | Aukštų, pastogės patalpų, rūšio perdangos, denginiai | Laiptinių sienos ir priešgaisrinės užtvartos | Laiptinių laiptatakiai 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 |

Konstrukcijos taip pat suskirstytos į 4 gaisrinio pavojingumo klases (K0 – saugiausia, K4 – pavojingiausia) pagal statybos produktų degumo klases (žr. 2.2 lentelę), kurių įvertinimas atliekamas pagal LST EN 13501-1:2002 standartą (plačiau 2.1 poskyryje):

2.2 lentelė. Statinio konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasės

| Konstrukcijų gaisrinio pavojingumo klasė | Minimalios statybos produktų degumo klasės | | | | |
|--|---|---------------------|--|---|-----------------------------------|
| | Laikančiųjų konstrukcijų, išskyrus perdangų, denginių | Nelaikančiųjų sienų | Aukštų, pastogės patalpų, rūšio perdangų, denginių | Laiptinių sienų ir priešgaisrinų užtvartų | Laiptinių laiptatakų ir aikštelių |
| 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 (žr. 2.3 lentelę).

Reglamente numatyta, kad statinio konstrukcijų ir elementų atsparumas ugniai gali būti įvertintas atliekant bandymus arba skaičiavimus. 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 13501-2:2004 (plačiau 2.3 poskyryje). Čia pateiktos ne tik statinio konstrukcijų ir elementų klasės, bet ir reikalavimai joms nustatyti.

Atsparumo ugniai įvertinimas skaičiavimais atliekamas pagal Europos projektavimo normas „Eurokodus“, kurių taikymas šiuo metu yra komplikuotas 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 poskyrį), kurios nurodytos tik kai kuriuose Reglamento punktuose.

Taigi įsigaliojusi Lietuvoje europinė degumo klasifikacinė sistema remiasi pagrindinėmis minėtojo esminio reikalavimo nuostatomis: „Statiniai turi būti 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 gelbėtojai galėtų saugiai dirbti“.

2.3 lentelė. Statinio gaisrinio pavojingumo klasės

| Statinio atsparumo ugniai laipsnis | Gaisro apkrovos kategorija | Leidžiamoji 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 | | | | | |

Galima suprasti, kad kiekviena esminio reikalavimo nuostata iš esmės atspindi skirtingų gaisrų scenarijus, 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 taip klasifikuotų statybos produktų taikymo statiniuose reikalavimai kiekvienoje šalyje gali būti skirtingi. Šių sistemų taikymą Lietuvoje apibrėžia Reglamento 22–24 punktai:

„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 1.03.02:2002].

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

Taigi bendroju atveju statybinius produktus, konstrukcijas ir elementus galima klasifikuoti be bandymų ir pagal gaisrinių bandymų duomenis.

Degumo klasifikavimas be bandymų galimas, kai:

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

Degumo klasifikavimas galimas pagal:

1. Degumo bandymų duomenis statybiniams gaminiais, klasifikavimą nustato LST EN 13501-1:2002 standartas;
2. Atsparumo ugniai bandymų duomenis:
 - a) konstrukcijų ir elementų (išskyrus ventiliacijos įrangą), klasifikavimą nustato standartas LST EN 13501-2:2004;
 - b) ventiliacijos ir inžinerinių tinklų įrangą, klasifikuojama pagal EN 13501-3:2006 standartą;
 - c) dūmų kontrolės įrangą, klasifikuojama pagal EN 13501-4:2007;
3. Išorinio ugnies poveikio stogams bandymų duomenis, kai klasifikavimą nustato STR 2.01.04:2004, klasifikuojama pagal EN 13501-5:2006 standartą.

Bendroji klasifikavimo sistema pateikta 2.1 pav.

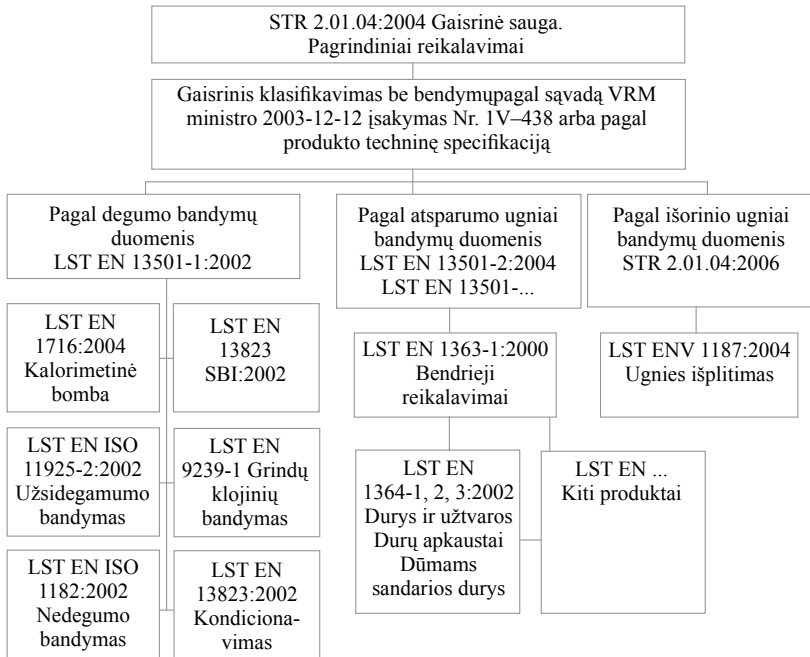
2.1. Klasifikavimas pagal degumo bandymų duomenis

Visi statybos produktai pagal LST EN 13501-1:2002 standartą gali būti priskirti 7 degumo klasėms (išskyrus grindų dangas):

- A1, A2, B, C, D, E ir F;
- grindų klojiniai taip pat klasifikuojami į 7 klases su indeksu FL, pvz., A2_{FL};
- vamzdynų šiluminei izoliacijai priskiriamos klasės su indeksu L kaip ir statybos produktams, bet skiriasi įvertinimo kriterijų reikšmės, pvz., 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 2.4 lentelėje:



2.1 pav. Statybos gaminių ir statinio elementų degumo klasifikavimo schema

2.4 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 šiek tiek palaiko degimą |
| D, D _{FL} , D _L | Gaminys gerai palaiko degimą |
| E, E _{FL} , E _L | Gaminys skatina degimą |
| F, F _{FL} , F _L | Nereglamentuojama (NPD) |

Pagal 2.4 lentelę A1 klasės gaminiai yra saugiausi, o E – pavojingiausi, todėl laikoma, kad tam tikrai klasei priskirti gaminiai atitinka visus bet kurios žemesnės klasės reikalavimus.

2.5 lentelėje pateikti simboliai ir jų žymėjimas atitinka tuos, kuriuos pateikia atitinkamas bandymo metodas.

2.5 lentelė. Klasifikavimo parametrai pagal standartą LST EN 13501-1:2002

| 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 |

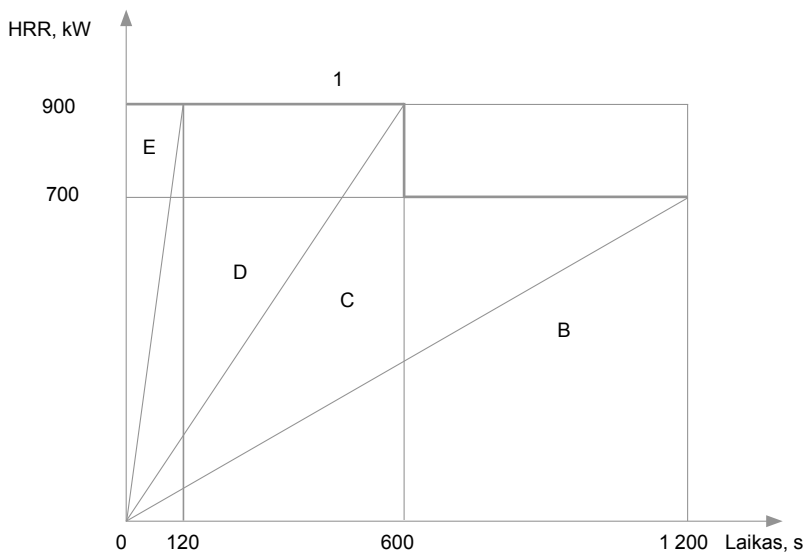
Išsamesnė informacija apie kiekvieną parametą ir medžiagų bei gaminių klasifikavimą pagal degumo bandymų duomenis pateikta LST EN 13501-1:2002 standarte. Pagrindiniai reikalavimai pagal degumo klases pateikti STR 2.01.04:2004 reglamente.

2.2. Prielaidos

Visi statybos gaminiai nagrinėjami prasidėjusio kambario gaisro, kuris gali išsiplėsti ir visiškai užsiliepsnoti. Šį scenarijų sudaro trys gaisro situacijos, atitinkančios tris gaisro plitimo stadijas.

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

Antroji stadija nagrinėja gaisro plėtimąsi, galiausiai pasiekiantį visišką užsiliepsnoją. Tai modeliuojama naudojant kambario kampe esantį vieną degantį objektą, sukurtą šilumos srautą gretimais paviršiais. Kalbant apie grindų klojinius, modeliuojamas gaisro plitimas



2.2 pav. Apibrėžtų degumo klasių ir ISO 9705:1993 bandymų rezultatų santykis: 1 – visiškas užsiliepsnojimas; B – B/A2 klasė; C – nėra visiško užsiliepsnojimo, esant 100 kW uždegimo šaltiniui, tiesiog visiškas užsiliepsnojimas; D – visiškas užsiliepsnojimas daugiau kaip po 2 min, esant 100 kW uždegimo šaltiniui; E – visiškas užsiliepsnojimas greičiau kaip per 2 min, esant 100 kW uždegimo šaltiniui; HRR – bandinio šilumos išsiskyrimo greitis (be degiklio)

kambaryje, per durų ertmę sukuriantis šilumos srautą gretimo kambario arba koridoriaus grindų klojiniu.

Trečioji stadija apima visų degių gaminių visišką užsiliepsnojimą.

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

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

Gaminiai tiriami atsižvelgiant į jų praktinį panaudojimą. Jei netinka klasifikacija, pagrįsta vienu iš bandymo metodų ir kriterijų, pateiktų

LST EN 13501-1:2002 standarte, galima pasinaudoti vienu arba daugiau tipinių scenarijų. Galbūt tokie scenarijai bus aprašyti būsimame Europos standarte arba Komisijos sprendime.

Apibrėžtos degumo klasės atitinka gaminio ekspoziciją įvairiose gaisro plitimo stadijose pagal tipinius scenarijus. 2.2 pav. nurodytas ryšys tarp degumo klasių ir ISO 9705:1993 bandymo, naudojamo kaip tipinis scenarijus klasės riboms apibrėžti.

Nėra visiems gaminiams galiojančio aiškaus ryšio tarp skirtingų elgsenos charakteristikų arba tarp panašių charakteristikų, esant skirtingai ugnies ekspozicijai. Įvairioms klasėms naudojama skirtinga ekspozicija ir skirtingos elgsenos charakteristikos.

Tačiau aukštesnė klasifikacija turėtų atitikti bent tas pačias žemesnės klasės degumo charakteristikas pagal kiekvieną atitinkamą parametą, o jei atsižvelgta į visus elgsenos aspektus, tos degumo charakteristikos turėtų būti geresnės.

Daroma prielaida, kad A1 klasės gaminių įnašas į gaisro didėjimą arba visiškai išplitusį gaisrą neturėtų būti. Tariaama, kad A1 klasei priskiriamas gaminys nekelia dūmų pavojaus.

Laikomasi visuotinai pripažinto principo, kad bandymai, atlikti griežtesnėmis sąlygomis, galioja bandymams, atliktiems ne tokiomis griežtomis sąlygomis. Kai kuriais atvejais tipinis praktinis panaudojimas gali būti praktiniu panaudojimu griežtesnėmis sąlygomis. Pavyzdžiui, pagal EN 13823:13823:2002 ir EN ISO 11925-2:2003 bandymų standartus, kai bandymai atliekami 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.

Detalesnė informacija apie medžiagų ir gaminių degumo klasifikavimo prielaidas pateikta LST EN 13501-1:2002 standarte.

2.3. Klasifikavimas pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis

LST EN 13501-2:2004 standarte apibrėžiama statybos gaminių ir statinio elementų klasifikavimo procedūra, naudojant duomenis, gau-

tus atliekant atsparumo ugniai ir sandarumo dūmams bandymus, kurie atitinka konkretaus bandymo metodo tiesioginio taikymo sritį. Klasifikavimas pagal išplėstąjį taikymą yra už šio standarto taikymo srities ribų. Tačiau išplėstajam taikymui naudojamos šiame standarte apibrėžtos klasės. Šiame standarte nagrinėjami:

- a) laikantieji elementai, neatliekantys ugnies izoliavimo funkcijos: sienos; grindys; stogai; sijos; kolonos; balkonai; dengtosios galerijos; laiptai;
- b) laikantieji elementai, atliekantys ugnies izoliavimo funkciją, įstiklinti arba neįstiklinti, su inžineriniais tinklais ir tvirtinimais arba be jų: sienos; grindys; stogai; dvigubosios grindys;
- c) gaminiai ir sistemos statinių elementams arba dalims apsaugoti: lubos be savarankiško atsparumo ugniai; priešgaisrinės dangos, apdarai ir skydai;
- d) nelaikantieji elementai arba statinių dalys, įstiklintos arba neįstiklintos, su inžineriniais tinklais ir tvirtinimais arba be jų: pertvaros; fasadai (apdarinės sienos) ir išorinės sienos; lubos su savarankišku atsparumu ugniai; priešgaisrinės durys ir užtvaros bei jų uždarymo įtaisai; priešdūminės durys; konvejerių sistemos ir jų užsklandos; angų sandarinimo priemonės; siūlių sandarinimo priemonės; inžinerinių tinklų kanalai ir šachtos; dūmtraukiai;
- e) nuo ugnies apsaugančios sienų ir lubų dangos;
- f) liftų šachtų durys, bandomos pagal EN 81-8:2002, neįtrauktos į šį standartą. Liftų šachtų durys, bandomos pagal EN 1634-1:2002, klasifikuojamos pagal 7.5.5 punktą.

Statybinės konstrukcijos ir elementai gali būti įvertinti pagal šias 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 bendruoju atveju:

- R – laikančioji geba įvertinama pagal suirimą, įlinkį bei jo greitį,

išilginį susitraukimą bei jo greitį priklausomai nuo laikančiosios konstrukcijos;

- E – vientisumas įvertinamas pagal nustatyto dydžio plyšius, medvilninio tampono užsidegimą, išsilaikomąjį liepsnojamą neveikiamoje pusėje;
- I – šiluminis izoliavimas įvertinamas pagal ribojamą vidutinę 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 pateikiamos minutėmis ir pagal tam tikrus kriterijus. 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 ir klasių deriniai: REIW 60 m.

Remiantis STR 2.01.04:2004 reglamentu, 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. Šioms užtvarams priskiriamos priešgaisrinės sienos, pertvaros, perdangos, denginiai. Priešgaisrinės užtvaros apibūdinamos pagal atsparumą ugniai ir gaisrinį pavojingumą bei atsižvelgiant į užtvėriamos dalies atsparumą ugniai. Jos skirstomos į tipus, nurodytus 2.6 lentelėje, atsižvelgiant į užpildą angų užtvarese (2.7 lentelė) ir į užtvėriamose angose įrengtus tambūrus-šliuzus (2.8 lentelė). Be to, Reglamente užtvarams suformuluota daug papildomų reikalavimų.

Išsamesnė informacija apie atsparumo ugniai klasifikavimą pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis pateikta LST EN 13501 standarto 2-oje, 3-oje ir 4-oje dalyse. Pagrindiniai reikalavimai pagal atsparumo ugniai klases pateikti STR 2.01.01(2):1999 ir STR 2.01.04:2004 reglamentuose.

2.6 lentelė. Priešgaisrinių užtvarų tipai, atsižvelgiant į užtveriančios dalies atsparumą ugniai

| Priešgaisrinės užtvaros pavadinimas | Priešgaisrinės užtvaros tipas | Priešgaisrinės užtvaros 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 |

2.7 lentelė. Priešgaisrinių užtvarų tipai, atsižvelgiant į užpildą angų užtvarose

| Angų priešgaisrinėje užtvaroje tipo pavadinimas | Angų priešgaisrinėje užtvaroje 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 |

2.8 lentelė. Priešgaisrinių užtvarų tipai, atsižvelgiant į užtvarų angose įrengtus tambūrus-šliuzus

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

2.4. Klasifikavimas pagal išorinio ugnies poveikio stogams bandymų duomenis

Stogai bei jų dangos pagal degumą, veikiant išoriniam gaisrui, yra skirstomos į šias klases: $B_{\text{ROOF}}(t1)$; $F_{\text{ROOF}}(t1)$;

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

Bandymai atliekami pagal LST L ENV 1187:2004 standarto pirmąjį metodą. $F_{\text{ROOF}}(t1)$ 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: $B_{\text{ROOF}}(t1)$ ir $F_{\text{ROOF}}(t1)$.

$B_{\text{ROOF}}(t1)$ klasės stogų dangos turi atitikti 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. didžiausias vidinio ir išorinio degančio paviršiaus ilgis $< 0,800$ m;
- 1.4. nėra degančių dalelių ar nuolaužų, krintančių nuo išorinės dangos pusės;
- 1.5. nėra degančių ar įkaitusių dalelių, prasiskverbusių pro stogo
- 1.6. konstrukciją; 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.

Išsamesnė informacija apie atsparumo ugniai klasifikavimą pagal atsparumo ugniai bandymų duomenis pateikta LST EN 13501:2002 standarto 2-oje, 3-oje ir 4-oje dalyse. Pagrindiniai reikalavimai pagal atsparumo ugniai klases pateikti STR 2.01.01(2):2004 reglamente.

Detalesnė informacija apie klasifikavimą pagal išorinio ugnies poveikio stogams bandymų duomenis pateikta LST EN 13501 standarto

5-oje dalyje. Pagrindiniai reikalavimai pagal išorinio ugnies poveikio stogams klases pateikti STR 2.01.01(2):2004 reglamente.

2.5. Degumo bei atsparumo ugniai bandymų principai

2.5.1. Nedegumo bandymas, atliekamas pagal LST EN ISO 1182:2002 standartą (2.3 pav.)

Bandymu nustatomi gaminiai, kurių įnašas į gaisrą nežymus arba jo visiškai nėra, nepaisant praktinio panaudojimo. Bandymas tinka A1, A2, A1_{fl} ir A2_{fl} klasėms.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų ir medžiagų charakteristikas pateikta LST EN ISO 1182 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-1:2002 standarte.

2.5.2. Šilumingumo bandymas, atliekamas kalorimetrine bomba pagal LST EN ISO 1716:2004 standartą (2.4 pav.)

Bandymu nustatomas visiškai sudegusio gaminio ar produkto didžiausias suminis šilumos išskyrimas, nepaisant jo praktinio panaudojimo. Bandymas tinka A1, A2, A1_{fl}, A1_p, A2_{fl}, A2₁ klasėms nustatyti.

Nedegumo ir šilumingumo bandymams taikomi specialieji reikalavimai:

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

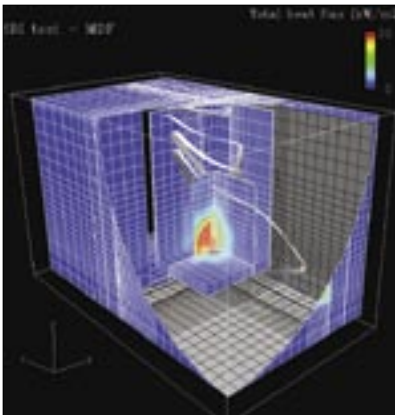
Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų bei medžiagų charakteristikas pateikta LST EN ISO 1716:2004 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-1:2002 standarte.



2.3 pav. Nedegumo bandymo įranga pagal LST EN ISO 1182:2002



2.4 pav. Kalorimetrinės bombos įranga pagal LST EN ISO 1716:2004



2.5 pav. SBI modelis



2.6 pav. SBI bandymas pagal LST EN 13823:2002

2.5.3. Vieno degančio objekto bandymas (dar vadinamas SBI), atliekamas pagal LST EN 13823:2002 standartą (2.5, 2.6 pav.)

Bandymu įvertinamas gaminio ar statybos produkto įnašas į gaisro plėtimąsi, modeliuojant gaisro, kurį sukėlė vienas degantis objektas, situaciją. Bandymas taikomas A2, B, C ir D klasėms, kurioms nustatyti reikia dviejų metodų. Skirtingai nuo aptartųjų metodų, įvertinama praktinė produkto panaudojimo padėtis, ne tik produkto degumo charakteristikos.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų bei medžiagų charakteristikas pateikta LST EN ISO 13823:2002 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-1:2002 standarte.

2.5.4. Užsidegamumo bandymas, atliekamas pagal LST EN ISO 11925-2:2003 standartą (2.7 pav.)

Bandymu įvertinamas gaminio užsidegamumas, esant silpnaliepsniam poveikiui. Bandymas taikomas B, C, D, E, B₁, B_{fl}, C₁, C_{fl}, D₁, D_{fl}, E₁, E_{fl} klasėms nustatyti.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų bei medžiagų charakteristikas pateikta LST EN ISO 11925-2:2003 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-1:2002 standarte.

2.5.5. Grindų dangų degumo bandymas, panaudojant spinduliuojamosios šilumos šaltinį, atliekamas pagal LST EN ISO 9239-1:2004 standartą (2.8 pav.)

Bandymu įvertinamas grindų gaisro plėtimasis grindų danga, veikiant ją horizontalioje padėtyje spinduliuojamos šilumos šaltiniu. Bandymas taikomas A2_{fl}, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl} klasėms, kurioms nustatyti reikia dviejų metodų. Ši įranga naudojama tik grindų dangų degumui įvertinti, atsižvelgiant į praktinį produkto panaudojimą.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų bei medžiagų charakteristikas pateikta LST EN ISO 9239-1:2004 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-1:2002 standarte.



2.7 pav. Užsidegamumo bandymas pagal LST EN ISO 11925-2:2003



2.8 pav. Grindų dangų degumo badymo įranga LST EN ISO 9239-1:2004

2.5.6. Išorinio ugnies poveikio stogams bandymas, atliekamas pagal standarto LST L ENV 1187 pirmąjį metodą (2.9 pav.)

Bandymų metu taikomas išorės gaisro scenarijus bei atskira klasifikacija. Lietuvoje stogai bei jų dangos pagal degumą, veikiant išoriniam gaisrui, yra skirstomos į $B_{ROOF}(t1)$ ir $F_{ROOF}(t1)$ klases ($t1$ parodo, jog buvo taikytas pirmasis bandymų metodas). Visi keturi bandymų metodai, nurodyti LST L ENV 1187:2004 standarte yra skirtingi ir tarpusavyje nekoreliuoja, todėl kiekviena šalis, priklausomai nuo pasirinkto ir įteisinto metodo, gali turėti skirtingą stogų dangų klasifikavimą ir taikomus reikalavimus.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, bandymo atlikimo procedūrą ir nustatomų statybos produktų ir medžiagų charakteristikas yra LST L ENV 1187:2004 standarte, rodiklių įvertinimas pateiktas LST EN 13501-5:2006 standarte.



2.9 pav. Išorinio ugnies poveikio stogams nustatymas pagal LST L ENV 1187

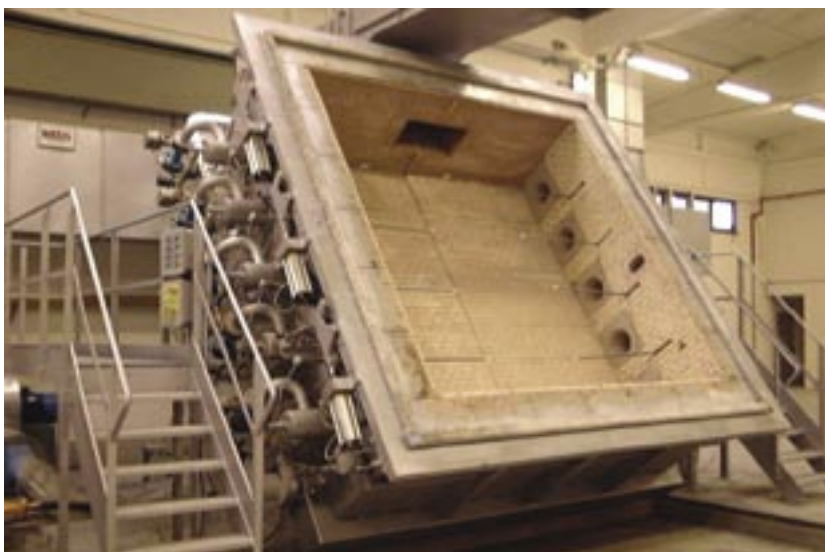
2.5.7. Atsparumo ugniai bandymai bendruoju atveju, atliekami pagal LST EN 1363-1 standartą

Statybos produktai ir konstrukciniai elementai, inžinerinių tinklų bei dūmų šalinimo įrenginiai bandomi pagal LST EN 1363-1:2002 standartą, kuris nustato bendruosius reikalavimus atsparumo ugniai bandymams. Bendruoju atveju atsparumui ugniai įvertinti naudojama krosnis (žr. 2.10 pav.), kurioje sukuriamas standartinio gaisro režimas pagal LST EN 1363-1:2002 standarto reikalavimus. Papildomai konkrečiam produktui taikomas parengtas specializuotas atsparumo ugniai bandymų standartas.

Išsamesnė informacija apie bandymo įrangą, jo atlikimo procedūrą, nustatomų statybos produktų ir konstrukcinių elementų, inžinerinių tinklų bei dūmų šalinimo įrenginių bandymus pateikiama LST EN 1363-1:2002 standarte bei konkrečiuose produktų atsparumo ugniai bandymų standartuose, o gauti bandymų rezultatai įvertinami pagal LST EN 13501-2:2004, LST EN 13501-3:2006 ir LST EN 13501-4:2007 standartus.

3. Toksinių medžiagų pavojingumas gaisro metu

Vykstant techniniam progresui, vis sunkiau vykdyti priešgaisrinės apsaugos uždavinius pramoninės ir gyvenamosios statybos objektuose. Gaisrai vienam milijonui Lietuvos gyventojų kelis kartus viršija Europos šalių vidurkį. Gaisrų nuostoliai nustatomi ne tik pagal didelius materialinius nuostolius, bet pirmiausia pagal žmonių patirtas traumas bei aukas. Žmonės žūsta per gaisrus dažniausiai apsinuodiję lakiosiomis medžiagomis, kurios išsiskiria degimo metu. Remiantis statistikos duomenimis nustatyta, kad gaisruose dėl nudegimų žūsta 18 % žmonių, apsinuodija anglies monoksidu – 48 %, anglies monoksidu ir cianidais bei dėl širdies ligų – 16 %, dėl bendro šilumos, anglies monoksido ir kitų veiksnių poveikio – 18 %. Taigi apie 82 % mirčių lemia išsiskyrusiuose degimo produktuose esančios toksinės medžiagos. Šios mokomosios knygos 2 skyriuje pateiktos statybos produktų ir konstrukcinių elementų klasifikavimo sistemos neapima toksiškumą įvertinančių



2.10 pav. Atsparumo ugniai bandymų įranga pagal LST EN 1363-1:2002

charakteristikų, todėl svarbu žinoti, kokį papildomą pavojų gali kelti degančios statybinės medžiagos (ypač polimerinės) gaisro metu.

Intensyvus toksinių medžiagų (dujų ir garų) susidarymas ir greitas sklidimas patalpa bei evakuaciniais keliais vyksta jau pradinėje gaisro stadijoje. Šios dujos gali kelti didelį pavojų gyvybei netgi trumpai jų įkvėpus. Yra žinoma nemažai tokių mirtimi pasibaigusių atvejų.

Ypatingas dėmesys dėl apsinuodijimo toksiniais degimo produktais turi būti skiriamas ugniagesiams, tiek pradinio ugniagesių parengimo, tiek tolesnių mokymų metu, atliekant gaisrų gesinimo darbus.

Tarp ugniagesių dažniausiai pasitaikančios ligos yra susijusios su širdimi, plaučiais, dažni piktybiniai augliai. Didelį poveikį sveikatai turi iš degančiųjų medžiagų išsiskiriantys aštrūs toksiniai lakieji produktai (toliau nuodingieji degimo produktai) ir jų pasikartojantis poveikis. Rizika apsinuodyti gaisro metu ypač padidėjo ėmus plačiai naudoti sintetines polimerines medžiagas, pavyzdžiui, pasaulinėje pramonės rinkoje vien tik polistireno parduodama apie 8,5 mln. t per metus. Išsiskiriančių degiųjų produktų sudėtis labai sudėtinga ir į ją įeina daug komponentų. Lakuosiuose degimo produktuose yra cheminių junginių, kurių biologinis aktyvumas skiriasi, jie ypač toksiški.

Kai kurie bandymai vertinti degimo produktų toksiškumą buvo pradėti praeito šimtmečio 6-ajame dešimtmetyje. 8-ojo dešimtmečio pradžioje 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:

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

Pirmuoju atveju bandymai atliekami siekiant nustatyti dūmų tankį ir su juo susijusias charakteristikas.

Antruoju atveju bandymai plėtojami dviem kryptimis:

1. Degimo produktų biologinis įvertinimas taikomas kiekybiškai labiausiai pavojingoms dujoms ir garams nustatyti ir įvertinti. Jis remiasi degimo produktų poveikio rezultatais, gautais tiriant laboratorinius gyvūnus, analize. Remiantis šiais bandymais, paprastai nustatoma me-

džiagos masė, kuriai esant degimo produktai sukelia bandomųjų gyvūnų mirtį arba registruojamas kitas apsinuodijimo atvejis. Metodu privalumas – palyginti didelis tikslumas vertinant ir tam tikrų komponentų nuodingumą, ir kompleksišką poveikį gyvam organizmui.

2. Cheminės analizės duomenimis paremtas toksiškumo įvertinimas skirtas skaičiuojamajam numatomam toksiškumo efektui nustatyti pagal dujų degimo produktų pagrindinių komponentų išsiskyrimo lygius. Ši kryptis prieinamesnė tyrimų laboratorijoms ir leidžia riboti arba visiškai nenaudoti gyvūnų laboratoriniams tyrimams, taupyti laiką ir darbo sąnaudas. Tačiau šiam įvertinimui plėtoti reikia tam tikrų sąlygų: duomenų bazės apie degimo produktų toksiškumą; būdingųjų toksinių efektų ryšių su dujų koncentracijomis ir ekspozicijos trukme. Iš duomenų, gautų atliekant medžiagų degimo produktų toksiškumo eksperimentus ir analitinius tyrimus, padarytos išvados apie polimerinių medžiagų pavojingumą. Pastebėta, kad esant tam tikriems metodikų skirtumams gaunami skirtingi tiriamųjų medžiagų įvertinimai. Todėl kartais abejojama tokių laboratorinių bandymų metu gautų praktinių rezultatų verte, o tai verčia riboti šių rezultatų panaudojimą. Tam, kad būtų galima toliau tęsti tyrimus tam tikrose toksiškumo srityse, svarbu perprasti ir perimti įgytą patirtį, gerai suprasti išsiskiriančių toksiškųjų degimo produktų pavojingumo įvertinimo problemas.

3.1. Lakiosios toksiškosios dalelės, išsiskiriančios degant polimerinėms medžiagoms

Žodis *toksiškas* yra suprantamas kaip nuodingosios cheminės medžiagos poveikis, turintis įtakos gyvajam organizmui. Apibūdinant toksiškumo poveikį degant polimerinėms medžiagoms, kurios išsiskiria dujų ir garų pavidalu, reikia įsidėmėti, kad šiuolaikiniais tyrimų metodais galima nustatyti išsiskiriančiuose degimo produktuose dešimtis cheminių junginių.

Pavyzdžiui, iš polivinilchlorido išsiskyrusių degiųjų medžiagų tūryje rasti 75 įvairios sudėties komponentai, medienos degimo produktuose – daugiau kaip 200 komponentų.

Atliekant daugiakomponenčių mišinių toksikologinį (nuodingumo)

įvertinimą, svarbu nustatyti ypač pavojingus komponentus, t. y. junginius, kurių susidaro daugiausia ir kurie biologiškai labai aktyvūs. Prie tokių junginių, 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 lakiosios medžiagos.

Anglies oksidas (CO) – žinomas nuodas, nes daug žmonių apsinuodija gamyboje ir buityje. Tai bespalvės, bekvapės dujos, kurių tankis, – 1,25, blogai tirpsta vandenyje (23,2 cm³/l¹), geriau tirpsta organiniuose skiedikliuose, lengvai skverbiasi per poringas medžiagas. Gerai žinomas biologinio veikimo mechanizmas: patekdamas su oru į plaučius, CO patenka į kraują, kur susijungia su hemoglobinu. Atsirandant neaktyviam karboksihemoglobino (HbCO) kompleksui, pasireiškia deguonies trūkumas organizme, kuris ypač pavojingas nervų bei širdies sistemoms. Anglies oksido cheminis aktyvumas hemoglobinui yra 200–300 kartų didesnis nei deguonies.

Specifinis efektas, susidarant karboksihemoglobinui, pastebimas jau 60-tą minutę esant žmogui atmosferoje, kurioje yra 117 mg/m³ CO.

Nustatytas tam tikras ryšys tarp intoksacijos sunkumo ir karboksihemoglobino kiekio kraujyje. Pirmieji apsinuodijimo požymiai (galvos skausmas, kraujagyslių išsiplėtimas odoje) pastebimi, kai karboksihemoglobino yra 10–20 %. HbCO padidėjus iki 40 %, atsiranda regėjimo sutrikimų, svaigsta galva, pykina, vemiami, kai kuriais atvejais nualpstama. Mirtinas HbCO poveikis dažniausiai būna, kai jo susidaro daugiau kaip 50 %.

Esant fiziniam krūviui apsinuodijama daug greičiau. CO koncentracija, sukelianti žmogaus mirtį, kai poveikio trukmė nuo 60 s iki 3 min, yra 0,2–1 % (2 300–11 500 mg/m³). Tyrimais nustatyta, kad didžiausia leidžiamoji CO koncentracija, mg/m³, kuriai esant pradeda mažėti žmogaus darbingumas (priklausomai nuo buvimo laiko pavojingoje zonoje), tačiau žmogus dar gali išeiti iš pavojingos zonos ir dalyvauti likviduojant avariją:

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

Šiuos duomenis galima panaudoti normatyvų reikalavimams kurti, žmonių saugumui gaisro metu užtikrinti, nes duomenys gauti Sovietų sąjungoje, atlikus eksperimentus su savanoriais. Dauguma eksperimentinių duomenų ir teismo bei medicinos ekspertizės rezultatų liudija, kad CO išsiskiria ir yra labai toksiškas degant polimerinėms medžiagoms. Jo išsiskyrimo laipsnis iš daugelio polimerinių medžiagų sudaro maždaug 40–200 mg/g¹, kai kurių medžiagų siekia iki 400–600 mg/g¹ ir daugiau. Nustatyta, kad visiškai sudegus 0,6 kg medienos arba vilnos uždaroje patalpoje, kurios plotas 15 m², susidaro pavojinga gyvybei CO koncentracija. Remiantis surinktais duomenimis, CO kiekis, išsiskiriantis aukšto slėgio polietileno terminio irimo metu, sudaro 8,9–12,12 %, polipropileno – 9,65–10,94 %, polistireno – 7,6–12 %, akrilonitrilio butadienistolio kopolimero – 10,46–12,05 %, polivinilhlorido – 12,56–18,91 %, kietojo putupoliuretano akrilato – 16,40–20,57 % irstančios medžiagos masės.

CO išsiskyrimo koncentracija priklauso ne tik nuo medžiagos prigimties (kompozicinės sudėties, terminio atsparumo, tankio), bet ir nuo degimo sąlygų. Be to, CO išsiskyrimui įtakos turi lėtas degimas ir deguonies trūkumas reakcijos zonoje.

Gana daug CO išsiskiria ir iš polimerinių medžiagų joms termiškai irstant bei degant. Japonijoje atlikti tyrimai parodė, kad gaisrų metu didžiausias CO kiekis dūmuose yra nuo 1,3 % iki 5,6 %. Šios koncentracijos daug didesnės už mirtinas.

Didžiojoje Britanijoje atlikti gaisrų aukų tyrimai parodė, 50 % žuvusiųjų kraujyje mirtiną anglies oksido koncentraciją. Kelios JAV organizacijos, dalyvaujant gaisrininkų komandai, atliko matavimus ir nustatė, kad per pirmąsias minutes nuodingųjų medžiagų koncentracija daug kartų viršija leidžiamąsias normas, o CO – net 12 kartų.

Atsižvelgiant į CO pavojingumo lygį pagal minėtuosius tyrimus, ugniagesiams būtina žinoti, kad yra pakartotina nuodingųjų medžiagų veikimo galimybė, netgi esant žemesnei CO koncentracijai. Tokiais atvejais deguonies trūkumas nepasiekia kritinio lygio, bet sudaro papildomą krūvį ugniagesio širdies sistemai. Be to, ugniagesys veikiamas fizinės ir psichinės įtamos, o tai irgi gali būti širdies smūgio priežastis.

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

Anglies dioksidas (CO₂) (anglies dvideginis) – bespalvės, rūgštaus kvapo ir skonio dujos, maždaug apie 1,5 karto sunkesnės už orą. Neigiamas CO₂ poveikis gaisro metu pasireiškia tuo, kad žmogus ima tankiai kvėpuoti, tuo metu į organizmą patenka daugiau toksinių medžiagų, kurių yra degančiuose produktuose. Tai sukelia centrinį ir vietinį kraujagyslių išsiplėtimą, taip pat kraujo pH pakitimus ir padidina adrenalino kiekį kraujyje.

CO₂ priklauso mažai nuodingų medžiagų klasei. Laboratorinių gyvūnų žūtis yra stebima esant 40–60 % koncentracijai, kai koncentracija 20–35 %, pasireiškia tik narkotinis efektas. Mirtinos CO₂ koncentracijos žmogui yra mažesnės nei gyvūnui ir sudaro 10–20 %. 3.1 lentelėje pateikti neigiamo CO₂ poveikio žmogui simptomai.

3.1 lentelė. Neigiamo CO₂ poveikio simptomai žmogui

| Koncentracija | | Simptomai |
|---------------|---------------------------|--|
| Tūrinė, % | Masinė, mg/m ³ | |
| 0,025–0,035* | 450–630* | Nėra |
| 0,05–0,2 | 900–3 600 | Be matomo efekto |
| 1,8 | 32 400 | Plaučių ventilacija didėja 50 % |
| 2,5 | 45 000 | Plaučių ventilacija didėja 100 % |
| 3–4 | 54 000–72 000 | Lengva narkotinė būseną, pulsas padažinėja, padidėja arterinis spaudimas, skauda galvą |
| 5 | 90 000 | Apsinuodijimo simptomai per 30 min, skauda, svaigsta galva |
| 8 | 144 000 | Svaigsta galva, silpna, nualpstama |
| 9 | 162 000 | Mirtis 4 h laikotarpiu |
| 10 | 180 000 | Mirtis 1 h laikotarpiu |
| 12 | 216 000 | Nualpimas ir mirtis kelių minučių laikotarpiu |
| 20 | 360 000 | Staigus nualpimas ir mirtis |

* Normalus kiekis ore

Esant ore 3 % CO₂ koncentracijai, kvėpavimas padažnėja 3 kartus. Koncentracijai padidėjus iki 5 %, greitėja kvėpavimas, bet žmones dar galima evakuoti. Remiantis turimais duomenimis, galima teigti, kad esant trumpalaikiam CO₂ (15 min) poveikiui, leidžiamoji koncentracija yra 1,5 %.

Vandenilio cianidas (HCN) – bespalvės dujos, aštraus migdolo kvapo, tankis – 0,688 g/cm³, gerai tirpsta vandenyje ir etanolyje. Į organizmą patenka per kvėpavimo organus, per neapsaugotas odos vietas ir sukelia kvėpavimo sutrikimus. Naikina geležį turinčius fermentus, kurie padeda pasisavinti deguonį. Centrinės nervų sistemos ląstelės labai jautrios deguonies trūkumui, todėl žmogų labai greitai ištinka nervinių centrų paralyžius.

Vandenilio cianidas yra ypač toksinis junginys. Mirtina CO koncentracija žmonėms per 30 min sudaro 0,4 %, o HCN – 0,0135 %. Duomenys apie HCN toksiškumą, esant trumpalaikiam poveikiui, pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. HCN toksinė koncentracija žmonėms

| Koncentracija, mg/m ³ | Toksinis efektas |
|----------------------------------|---|
| 24–48 | Lengvo apsinuodijimo simptomai (svaigsta, skauda galva, pykina, vemiami), kai kvėpuojama kelias minutes |
| 50–60 | Ištveriamas 30–60 min be pavojingų apsinuodijimo požymių |
| 120–150 | Pavojinga gyvybei, 30–60 min poveikis |
| 240–360 | Mirtis per 5–10 min |
| 420–500 | Staigi mirtis |

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

Esant dideliame HCN kiekiui ore, apsinuodyti galima 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 (vilną, poliakrilatnitrilą, poliamidą ir kt.). Ypač aukštu išsiskyrimo lygiu pasižymi vilna ir poliakrilatnitrilas. Manoma, jog esant 800 °C pakanka 1 kg poliakrilatnitrilo, kad 28 m³ tūrio kambaryje susidarytų mirtina HCN koncentracija.

Kiekybinis HCN išsiskyrimas iš esmės priklauso nuo polimerinių medžiagų terminio irimo sąlygų. Nustatyta, kad, kaitinant medžiagas inertinių dujų aplinkoje, HCN išsiskyrimas greičiausiai bus proporcingas azoto kiekiui bandiniuose. Vystant termooksidacinei polimerų destrukcijai, HCN išsiskyrimas didėja atitinkamai didėjant temperatūrai. HCN išsiskyrimą lemia ir maža deguonies koncentracija, t. y. į reakcijos zoną, vykstant termooksidacinei destrukcijai, patenka mažas oro kiekis. Kadangi aukšta temperatūra ir nedidelė deguonies koncentracija nebūdinga ankstyvajai gaisro stadijai, manoma, kad mirtinos HCN koncentracijos atsiradimas šioje stadijoje mažai tikėtinas. Kai degančią patalpą apima liepsna, HCN išsiskyrimas padidėja, ir žmonės, esantys degimo produktų poveikio zonoje, gali apsinuodyti HCN.

Tiriant HCN komponento pavojingumą degimo produktuose, surinkta nemažai duomenų vykstant realiems gaisrams. Pavyzdžiui, pagal 90 bandomųjų dujinių pavyzdžių tyrimų rezultatus, kurie buvo paimti per gaisrus Bostono mieste, vandenilio cianido rasta pakankamai dažnai, bet jo koncentracijos paprastai yra leistinos esant trumpalaikiai ekspozicijai. Tyrimai parodė, kad nukentėjusieji per gaisrą nepatyrė simptomų, panašių į apsinuodijimą cianidu. Remiantis statistiniais duomenimis, gautais Didžiojoje Britanijoje, 57 % gaisro aukų kraujyje buvo rasta padidėjusi HCN koncentracija, be to, 7 % atvejų ji viršijo toksinį lygį (apie 100 mmol/l⁻¹).

Įvertinant vandenilio cianido pavojingumą, esant realioms gaisrų aplinkybėms, svarbu žinoti, kad jį gerai absorbuoja poringosios medžiagos. Yra duomenų, kad vandenilio cianido garai išlieka nesudegusio putų poliuretano porose nuo kelių valandų iki kelių parų. Žinoma atvejų, kai darbininkai stipriai apsinuodydavo atlikdami nesudegusio putų polieretano ardymo darbus, praėjus 2 paroms po gaisro.

Svarbu išvada tiriant HCN išsiskyrimo iš putų polieuretano dinamiką, kurių terminis irimas vyko veikiat aukštoms temperatūroms. Da-

guma HCN adsorbavosi kietųjų ir skystųjų dervų dalelių paviršiuje, todėl akivaizdu, kad jas galima būti sulaukyti naudojant dūmų filtrą.

Vandenilio chloridas (druskos rūgštis) (HCl) – bespalvės, aštraus kvapo dujos, tankis, palyginti su oru – 1,218, gerai tirpsta vandenyje. Absorbuodamos drėgmę, sudaro rūką, susidedantį iš smulkučių druskos rūgšties lašelių. Vandenilio chloridui būdingas stiprus dirginantis efektas, kuris pasireiškia gerokai prieš susidarant pavojingoms koncentracijoms. Dėl HCl vietinio poveikio atsiranda kvėpavimo takų spazmų, prasideda uždegiminis procesas, vėliau sutrinka kvėpavimas. Vykstant gaisrui, vandenilio chloridas mažina žmogaus gebėjimą orientuotis: susilietęs su drėgnu akies obuoliu, jis virsta šios rūgšties druska, tai pasireiškia stipriu ašarojimu ir rėžiančiu akių skausmu. Kylanti panika apsunkina gelbėjimo darbus. Didelės HCl koncentracijos lemia drėgnų audinių (akių), odos ir plaučių cheminius nudegimus. 3.3 lentelėje pateiktos HCl mirtinų koncentracijų vertės, tačiau daugelis mokslininkų jas dar tikslina atlikdami tyrimus.

Vandenilio chloridas išsiskiria degant polimerams, kurie turi chloro. Ypač daug jo išsiskiria vykstant terminiai polivinilchlorido destrukcijai ir jam degant. HCl išsiskyrimas prasideda palyginti žemoje temperatūroje (200–250 °C). Didėjant temperatūrai, procesas greitėja.

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

10 min – 30 (45); 30 min – 20 (30); 60 min – 10 (15).

Degančiųjų produktų sudėtyje HCl yra dujų, aerozolio pavidalo, jo gali būti ir ant dūmų dalelių paviršiaus.

Apsinuodijimo pavojus HCl per realius gaisrus yra patvirtintas ištyrus 300 gaisrų. Bostono mieste nustatyta 37 % apsinuodijimo atvejų HCl. 87 % iš jų buvo viršyta trumpalaikė HCL poveikio koncentracija. Pavyzdžiui, atlikus 176 ugniagesių, dirbusių be dujų kaukių, klinikinį tyrimą, nustatyta, kad po gaisro gesinimo (gesintos buvo medžiagos, turinčios polivinilchlorido – PVC), ugniagesiai pajuto apie parą trukusius krūtinės ir gerklės deginimą, galvos skausmus, kvėpavimo sutrikimus.

3.3 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 dirginimas, esant trumpalaikiam poveikiui |
| 50–100 | 75–150 | Sunkiai pakenčiama** |
| 1000 | 500 | Pavojus plaučių funkcijai 30–60 min laikotarpiu |
| 1 300–2 000*** | 2 000–3 200*** | ---- |

* – didžiausia vienkartinė koncentracija.

** – vandenilio chloridas nepakenčiamas esant tokiai jo koncentracijai.

*** – mirtina koncentracija kelių minučių laikotarpiu.

Analizuojant šiuos duomenis, negalima vertinti vien tik HCl, išsiskiriančio iš PVC, nes iš pastarojo taip pat skiriasi nemažai CO, CO₂, benzolo, kitų komponentų. Kadangi HCl labai pavojingas gaisro metu, reikia atlikti papildomus tyrimus, nes šio reagento didelis reakcinis aktyvumas ir tirpumas vandenyje, taip pat dešimtis kartų besiskiriančios koncentracijos, kurios sukelia dirginimą ir mirtiną apsinuodijimą.

Vandenilio fluoridas (HF) – bespalvės, aštraus kvapo dujos, jų tankis 0,98 g/cm³, maišosi su vandeniu bet koku santykiu, sudaro vandenilio fluorida rūgštį. Į organizmą patenka per kvėpavimo takus, gali patekti ir per odą. Sukelia stiprią dirginančią odos reakciją, ypač prakaitavimą. Gali atsirasti opos akių srityse ir viršutiniuose kvėpavimo takuose, nosies kraujavimas. Dirginamasis efektas pasireiškia esant 8 mg/m³ koncentracijai. Kai yra didelės koncentracijos, atsiranda pastebimų gerklės ir bronchų spazmų, nervų sistemos pažeidimų, kepenų ir širdies nepakankamumo simptomų. Esant stipriam poveikiui, ištinka mirtis, nes nustoja funkcionuoti plaučiai, pasireiškia kraujavimas.

Duomenys apie mirtinas vandenilio fluorida koncentracijas žmogui yra skirtingi. Remiantis kai kuriais duomenimis, HF 100 kartų nuo-

dingesnis nei HCl. Remiantis kitais tyrimais, HF pavojingas gyvybei po kelių minučių veikimo, esant 45–135 mg/m³ koncentracijai. Pateikiamos ribinės koncentracijos mg/m³ avarinių situacijų metu, esant skirtingam poveikio laikui:

10 min – 17;

30 min – 8,5;

60 min – 7.

Vandenilio fluoridas išsiskiria degant ar termiškai irstant polimerinėms medžiagoms, turinčioms vandenilio fluorida. Fluoroplastų irimas prasideda esant aukštesnei nei 300 °C temperatūrai ir staigiai suaktyvėja, kai temperatūra pakyla daugiau kaip 500 °C. Dūmai, atsirandantys degant fluoroplastams, kelia didelį pavojų, nes juose, be HF, yra kitų aukštą toksinį lygį turinčių fluoro junginių, pavyzdžiui, karbonilfluorido (COF₂) ir kt.

Azoto oksidai – (nitrodujos N_xO_y). Iš šios junginių grupės, atliekant degimo produktų sudėties analizę, dažniausiai nustatomas NO₂, išsiskiriantis degant polimerinėms azoto turinčioms medžiagoms (nitroceliuliozė, poliamidai ir kt.). NO₂ yra rusvos spalvos, troškinančio kvapo dujos. Su vandeniu ar oro drėgme jos sudaro azoto rūgštį. Priklauso aukštai toksinių junginių grupei, kurie sudirgina kvėpavimo takus. NO₂ dirginimo riba yra 4 min poveikis –150 mg/m³, 15 min – 90 mg/m³. Esant didelei koncentracijai, atsiranda sunkūs apsinuodijimai, kurie gali baigtis mirtimi. Esant 510–760 mg/m³ NO₂ koncentracijai ore, kvėpuojant 5 min, vystosi bronchopneumonija, o 950 mg/m³ koncentracija sukelia plaučių funkcijos sutrikimą.

Azoto oksidams patekus į kraują, susidaro nitritai ir nitratai. Pastarieji paverčia oksihemoglobina į methemoglobina, ir organizmas patiria deguonies trūkumą.

JAV ribinės azoto dioksido koncentracijos (mg/m³) avarinėse situacijose yra tokios:

10 min – 60;

30 min – 40;

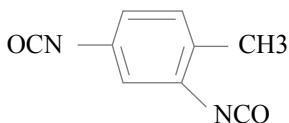
60 min – 20.

Realių gaisrų tyrimai parodė, kad susidaro nepavojingos NO_2 koncentracijos gyvybei. Manoma, kad vykstant gaisrams gyvenamuosiuose namuose, nėra sąlygų intensyviai susidaryti azoto oksidams.

Amoniakas (NH_3) – bespalvės, troškaus, aštraus kvapo dujos, gerai tirpsta vandenyje ir organiniuose skiedikliuose. Sukelia dirginimą ir deginimą, ašarojimą ir skausmą akyse, dusimą, stiprius kosulio priepuolius, galvos svaigimą, vėmimą. Įmanomas balso stygų bei plaučių veiklos nepakankamumas. Ribinis dirginimo poveikis sukiamas per 15 min esant 20 mg/m^3 koncentracijai.

Nustatyta, kad esant ore $70\text{--}140 \text{ mg/m}^3 \text{ NH}_3$, dirbti dar įmanoma; kai jo yra $140\text{--}210 \text{ mg/m}^3$ – dirbti sunkiau, kai $350\text{--}700 \text{ mg/m}^3$ – dirbti neįmanoma. Ši koncentracija pavojinga gyvybei. Remiantis kitais duomenis, esant trumpalaikiam poveikiui, mirtina koncentracija yra $1\,400 \text{ mg/m}^3$, o leistinoji avarinėse situacijose – 375 (10 min) ir 225 mg/m^3 (30 min). Gaisro sąlygomis NH_3 gali išsiskirti su degimo produktais, degant vilnai, šilkui, poliamidams ir kt.

Toluolendiizocianatai – degant putų poliuretanams, išsiskiria laikeji junginiai su laisvomis izocianatinėmis grupėmis, kartais 2,4-toluolendiizocianatas.



Šie junginiai turi aštrų nemalonų kvapą, kuris jaučiamas, kai jų koncentracija ore $0,2\text{--}3 \text{ mg/m}^3$, ir priskiriami prie stiprių dirgiklių. $3,5\text{--}7,0 \text{ mg/m}^3$ koncentracija sukelia akių, nosies bei burnos dirginimą. Esant tam tikroms didelėms koncentracijoms, vystosi apsinuodijimas su kosulio priepuoliais, bronchų spazmais. Kartais pastebimas plaučių nepakankamumas. Yra duomenų, kad izocianatai – tai junginiai, sukiantys alergines reakcijas. Avarinėse situacijose leidžiama 2,4-toluolendiizocianato koncentracija trumpalaikio poveikio metu yra $0,02 \text{ ppm}$, arba $0,14 \text{ mg/m}^3$.

Fosgenas (karbonilchloridas)(COCl₂) – bespalvės dujos, turinčios supuvusių vaisių bei šieno kvapą, 3,5 karto sunkesnės už orą, joms būdingas aukštas reakcinis aktyvumas. Šios dujos priklauso labai nuodingiems junginiams. Nedidelės koncentracijos sudirgina kvėpavimo takus bei akis, sukelia ašarojimą, kosulį, pykinimą. COCl₂ nuodingosios koncentracijos sukelia plaučių nepakankamumą po tam tikro laiko, kuris tęsiasi nuo 1 h iki 23 h, ir rodo apsinuodijimo sunkumą. Esant COCl₂ iki 10 mg/m³, galima būti aplinkoje 1 h, esant 22 mg/m³ koncentracijai, mirtis ištinka po 30 min.

Remiantis kitais duomenimis, mirtinos fosgeno koncentracijos (mg/m³), esant skirtingai laiko trukmei:

5 min – 100;

15 min – 400;

60 min – 100.

Fosgenas gali susidaryti degant ar termiškai irstant chloro turinčioms polimerinėms medžiagoms. COCl₂ randami kiekiai lakiųjų produktų sudėtyje yra nereikšmingi ir nesukelia didelio pavojaus.

Akroleinas (CH₂ = CH-CHO) – bespalvis lakusis skystis. Akroleino garai sukelia stiprų dirginimą, akių graužimą, ašarojimą, kosulį. Esant labai didelėms koncentracijoms CH₂ = CH-CHO sukelia lengvą galvos svaigimą, kraujo plūdimą galvos link, pilvo skausmus, pykinimą, vėmimą, lūpų mėlynąvimą, pulso sulėtėjimą, alpimą. Taip pat gali sutrikti plaučių funkcija. Nustatyta, kad žmogus ištvėria ne ilgiau kaip 1 min, esant akroleino koncentracijai 13 mg/m³. Esant 2 mg/m³ koncentracijai, po 2–3 min jaučiamas akių bei nosies dirginimas, po 5 min dirginimas tampa nepakenčiamas. Mirtiną koncentraciją, kai poveikio trukmė 10 min, sudaro 75–350 mg/m³. JAV nustatyta didžiausia koncentracija yra 0,7 mg/m³.

Akroleino garų išskyrimo šaltiniai yra polietilenas, polipropilenas, mediena, polimetilmetakrilatas, popierius, naftos produktai. Nustatyta, kad esant tam tikroms kai kurių medžiagų degimo sąlygoms (pvz., degimas be ugnies, esant žemesnei nei 650 °C temperatūrai) akroleinas gali sukelti didesnį pavojų negu anglies oksidas. Realiuose gaisruose atlikti tyrimai leido nustatyti, kad daugiausia išsiskyrė akroleino garų. Be to, koncentracijos buvo pakankamos, kad sukeltų dirginimus ir bendrusius apsinuodijimo reiškinius, o kai kuriais atvejais – netgi mirtį.

Kartu su akroleinu degančiuose polimerinių medžiagų degimo produktuose neretai aptinkama ir kitų aldehydų, dažniausiai – **formaldehido ir acetaldehido** (HCHO, CH₃CHO). Šios medžiagos sukelia stiprų dirginimą, uždegimo procesus, kvėpavimo takų audinių pokyčius, veikia akis ir centrinę nervų sistemą, o kai kuriais stipraus apsinuodijimo atvejais sutrinka kepenų, inkstų ir plaučių funkcijos. Be to, formaldehidui būdingas mutacinis genetinis poveikis.

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

Aromatiniai angliavandeniliai (benzolas, toluolas, etilbenzolas, stirolas) – tai organiniai junginiai, susidedantys iš anglies bei vandenilio ir turintys benzolo žiedą. Daugelis iš jų, esant normalioms sąlygoms, yra skysčiai, turintys būdingą kvapą. Aromatinių angliavandenių garai patenka į organizmą per kvėpavimo organus, tačiau gali prasiskverbti ir per odą. Jie daro neigiamą įtaką kraujotakai. Mažos koncentracijos sukelia drėgnųjų audinių dirginimą, o didelės – narkotinį efektą. Remiantis tam tikrais duomenis, benzolo bei kitų aromatinių angliavandenių narkotinis efektas galimas esant ore didesnei nei 3 500 mg/m³ koncentracijai. JAV uždaroje patalpoje leistinosios kitokios koncentracijos, kai poveikio trukmė iki 60 min (mg/m³): benzolo – 320, etilobenzolo – 860, toluolo – 760, stirola – 215, ksilolo – 430.

Realiuose gaisruose ištyrus dujų pavyzdžius nustatyta, kad 92 % atvejų jų buvo rasta, o 18 % – 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 tiek gamtinių, tiek sintetinių organinių medžiagų degimo produktuose. Didelės jų koncentracijos sukelia narkotinį poveikį. Palyginti su kitais dūmų komponentais, jie kelia daug mažesnę pavojų.

Sieros dioksidas (sieros dujos) (SO₂) – aštraus kvapo, sunkesnės už orą bespalvės dujos. 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 organuose. Akių ir gerklės erzinimas pastebimas esant ore 50 mg/m^3 SO_2 koncentracijai. $250\text{--}500 \text{ mg/m}^3$ koncentracijos yra pavojingos, o $1\ 500\text{--}2\ 000 \text{ mg/m}^3$ – mirtinos po kelių minučių poveikio. JAV Nacionalinės akademijos komiteto nustatytos leidžiamos koncentracijos esant avarinėms situacijoms yra tokios (mg/m^3):

10 min – 30;

30 min – 20;

60 min – 10.

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

Sieros vandenilis (H_2S) – bespalvės dujos, sunkesnės už orą, sklaidžiančios supuvusių kiaušinių kvapą. Susidaro degant sieros turinčioms medžiagoms. Į organizmą patenka inhaliaciniu būdu, taip pat gali patekti ir per odą. Sukelia ir vietinį, ir bendrąjį toksinį poveikį. Esant žemoms koncentracijoms, atsiranda nervinės sistemos sutrikimų, audiniuose sukeliami rūgštiniai procesai.

Sunkaus apsinuodijimo požymiai registruojami, esant ore 700 mg/m^3 H_2S koncentracijai ir būnant tokioje aplinkoje $15\text{--}30$ min. Įkvėpus H_2S , kai koncentracija yra $1\ 000 \text{ mg/m}^3$ ir daugiau, sukeliamas staigus apsinuodijimas, kuriam būdinga traukulių atsiradimas, alpimas ir per kelias minutes išstinkanti mirtis. Jeigu nualpusį nukentėjusįjį iškart išvedame į gryną orą, dar galime staigiai atgaivinti. Ribotos koncentracijos (mg/m^3), neturinčios įtakos darbingumui, yra tokios:

10 min – 280;

30 min – 140;

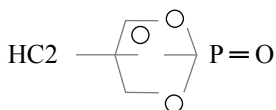
60 min – 70.

Acto rūgštis (CH_3COOH) išsiskiria garų pavidalu, degant medienai, PVC ir kitoms polimerinėms medžiagoms. Sukelia dirginimą. Acto garų rūgštis $2\ 000\text{--}3\ 000 \text{ mg/m}^3$ koncentracijos yra pakenčiamos daugiau nei 3 min. JAV leidžiamoji koncentracija yra 37 mg/m^3 esant 15 min poveikiui.

Be nurodytųjų medžiagų, dūmų sudėtyje randama ir daugelis kitų dujinės būsenos komponentų, kurių pavojus gaisrų metu lieka nepakan-

kamai ištirtas. Identifikuotus junginius lyginant pagal toksinio pobūdžio parametrus, iškyla daug skirtumų – nuo biologiškai diferencijuotų (kaip azotas) iki labai nuodingų (kaip vandenilio cianidas, akroleinas, nitrilo akrilinės rūgštys ir kiti junginiai).

Polimerinių medžiagų pirolizės metu ir joms degant gali išsiskirti labai nuodingi junginiai, kuriuos sunku nustatyti remiantis klasikinės chemijos žiniomis, jie ne visada randami ir šiuolaikiniais techniniais prietaisais. Vertėtų aptarti ir biciklininį organinį fosfatą, kurio struktūrinė formulė:



Šis junginys buvo pastebėtas 1977 m. J. Petajano ir kitų tyrinėtojų, vykstant nuo ugnies apsaugoto putų poliuretano pirolizei. Junginys susidaro reaguojant fosforui, esančiam nuo ugnies apsaugančioje medžiagoje, su trimetilolpropanu, kuris yra vienas iš putų poliuretano komponentų. Pradžioje biciklinis organinis fosfatas nepastebimai veikė bandymams naudojamus gyvūnus ir laboratorijos darbuotojus (psichomotorinės reakcijos) ir tik vėliau buvo įsitikinta, kad to priežastis – šis junginys.

Pagal dūmų ir dujų turinčių degimo produktų tyrimus, kurių mėginiai buvo paimti iš 100 gaisrų, pavyko nustatyti ir laisvųjų radikalų buvimą, apsunkinanti deguonies patekimą į kraują. Jeigu apsinuodijimas įvyksta veikiant laisviesiems radikalams ir anglies oksidui, tai atvejais, kai aukos kraujyje karboksihemoglobino koncentracija nėra mirtina, žmogaus mirtis daugiausia priklauso nuo laisvųjų radikalų. Didelę įtaką žmogaus žūčiai daro laisvėji radikalai. Jų įkvėpimas gali padidinti širdies priepolių tikimybę.

Nustatyta, kad laisvieji radikalai gali susidaryti netgi esant 100 °C. Per pirmąsias žemos temperatūros gaisro 5 min laisvųjų radikalų koncentracija gali tris kartus viršyti anglies oksido dujų koncentraciją ore. Todėl ugniagesiai gaisro metu turi būti su kvėpavimo aparatais netgi tada, kai jų darbo zonoje nedaug dūmų.

Mirtinų atvejų lėktuvų gaisruose analizė parodė, kad plaučiuose ir kraujyje yra specifinė medžiaga. Elektronine mikroskopija ir kitais tyrimais nustatyta, kad ji sudaryta iš daugybės cheminių elementų ir turi didelį toksinį poveikį.

Šie pavyzdžiai turi dvejopą prasmę. Jie atspindi progresą, pasiektą atliekant lakiųjų degimo produktų, išsiskiriančių degant medžiagoms, sudėties ir toksinio poveikio tyrimus. Tačiau kartu tai liudija, kad turimos žinios apie komponentus, esančius garuose ir dujose, vadinamuose dūmais, yra gana ribotos.

Apibūdinant aerolinio komponento toksikologinę įtaką, reikia įvertinti cheminių reakcijų galimybę tarp dujų ir dalelių, kai susidaro medžiagos, kurių toksiškumo laipsnis skiriasi nuo buvusių pradinių komponentų. Didelę reikšmę gali turėti ir ryšiai, būdingi fizinei dalelių bei dujų sąveikai.

Žinoma, kad ant dalelių, susidarančių degant polimerinėms medžiagoms, paviršiaus susirenka vandenilio chloridas ir vandenilio cianidas (galima adsorbcija ir kitų toksinių junginių). Dūmų dalelių paviršius surenka deguonį, taip mažindamas jo kiekį dujinėje fazėje.

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

Kvėpavimo takuose susikaupusios dūmų dalelės gali sukelti kvėpavimo sutrikimus ir pabloginti savijautą per kelias valandas saugiai išėjus iš zonos, kur gaisro metu išsiskyrė degimo produktai. Taip gali atsitikti dėl ant dalelių esančių dujų desorbcijos, jų sąveikos su drėgme bei atsiradus rūgštims, kurios sukelia vietinius uždegimus, audinių pokyčius ir bendrąjį organizmo apnuodijimą. Patekus dideliame dalelių kiekiui į kvėpavimo takus, galimas ir mechaninis jų užsikimšimas.

Galima numanyti, kada dalelytės gali turėti įtakos apsinuodijimo eigai. Pavyzdžiui, esant politetrafluoretileno terminei destrukcijai, išskiriamos kietosios 1–3 mkm dalelytės, kurios skiriasi pagal sudėtį nuo polimero grandinės fragmentų ir kitų identifiкуotų fluoro junginių. Šios dalelės sukeldavo žmonėms vadinamąją karštligę, kuri būdavo stebima ir atliekant bandymus su laboratoriniais gyvūnais.

Degimo produktų dispersinės fazės įtaka toksiškumo efektui kiekybiniu

požiūriu nėra iširta, tačiau įvertinus aptartus eksperimentinius duomenis ji gali būti reikšminga. Lakiųjų degimo produktų praleidimas per priešdūminį filtrą staigiai sumažina jų bendrąjį toksiinį efektą.

Remiantis aptartais duomenimis, galima teigti, kad apibūdinant polimerinių medžiagų degimo produktus toksiškumo požiūriu būtina visuomet prisiminti, kad vienu metu organizmą veikia daug skirtingų pagal veikimo mechanizmą ir biologinį aktyvumą junginių.

3.2. Degimo produktų ir kitų pavojingų gaisro veiksnių mišrusis poveikis

Kai vienu metu į organizmą patenka daug cheminių medžiagų, esančių polimerinių medžiagų degimo produktuose, pastebimas nevienareikšmis mišrusis poveikis. Dažniausiai mišrusis poveikis yra sumavimas, potencionavimas ir antagonizmas.

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

Potencionavimas (sinergizmas), arba didesnis nei suminis nuodų poveikis, apibūdinamas taip: bendrasis nuodingųjų medžiagų poveikis yra didesnis nei atskirų nuodingųjų medžiagų suminis poveikis. Analizuojami toksiinių medžiagų potencionavimo poveikio pavyzdžius, daugelis darbų autorių išskiria tokius medžiagų mišinius: angliavandenilio oksidas + benzolas, angliavandenilio oksidas + azoto oksidas ir t. t.

Antagonizmas – tai bendrojo nuodų poveikio sumažėjimas, palyginti su numanomu atskirų medžiagų poveikiu. Šis reiškinys pastebėtas tokiuose junginiuose, kaip angliavandenilis ir toluolenas, angliavandenilio oksidas ir metanas, stirenas ir formaldehidas, vandenilio fluoridas ir amoniakas, akrilas ir formaldehidas.

Kai kuriems toksiiniams deriniams būdingas vadinamasis nepriklausomas veikimas, kai bendrasis toksiinis efektas mažesnis nei suminis, bet ne mažesnis kaip vieno iš komponentų efektas.

Gaisro metu patenkantys toksiiniai produktai žmogaus organizmą labiausiai veikia esant aukštai aplinkos temperatūrai ir sumažėjusiam

daliniam slėgiui. Remiantis turimais duomenimis, šitie veiksniai turi įtakos apsinuodijimo sunkumui ir pasekmėms.

Degimo produktai sukelia įvairius organizmo klinikinius pokyčius (nepakankamą organų ir audinių aprūpinimą deguonimi), esant padidintai aplinkos temperatūrai ir sumažėjusiai deguonies koncentracijai. Žmogus ramybės būsenoje sunaudoja apie 250 ml/min deguonies, įtemptai dirbdamas – iki 3 000–4 000 ml/min.

Pablogėjusi savijauta atsiranda esant nepakankamam audinių ir organų aprūpinimui deguonimi. Ši savijauta vadinama hipoksija. Išskiriami 5 hipoksijos tipai:

- Hipoksinė – atsiranda kai dėl dalinio deguonies slėgio kitimo ore O_2 per kvėpavimo takus sunkiau patenka į kraują ir atsiranda kvėpavimo sutrikimų;
- Hematinė – apibūdinama kaip sumažėjęs kraujo gebėjimas pasisavinti deguonį;
- Cirkuliacinė – apibūdinama kaip deguonies apykaitos pažeidimas dėl kraujotakos sutrikimo;
- Audinių – kai sutrinka deguonies pasisavinimas medžiagų apykaitos procese;
- Mišrioji – nurodytų hipoksijos tipų derinys.

Deguonies trūkumas atmosferoje netoli gaisro židinio atsiranda dėl deguonies pašalinimo medžiagų degimo procese ir degimo produktų pasiskirstymo ore. Pirmieji deguonies trūkumo simptomai (padažnėjęs kvėpavimas, sumažėjęs dėmesys, koordinacijos sutrikimai) atsiranda, kai deguonies kiekis įkvėpiamame dujų mišinyje yra 16–17 %. O_2 koncentracijos sumažėjimas iki 12–15 % sukelia dusimą, sumažėja pulsas, sutrinka protinė veikla, svaigsta galva, atsiranda nuovargis. Kai O_2 koncentracija sumažėja iki 10–12 %, sąmonė neprarandama, bet jaučiamas tvankumas, stiprus nuovargis, trūkinėja kvėpavimas. Koncentracijai pasiekus 8 %, greitai prarandama sąmonė, o žemiau kaip 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 svarbi yra O_2 ir CO abipusio poveikio analizė. Deguonies ir anglies oksido su hemoglobinu susidarymo reakcija yra grįžtamoji (3.0):



Hemoglobino asociacija su CO vyksta dešimt kartų lėčiau nei su O₂. Tačiau ir disociacija vyksta kur kas lėčiau (kai kurių tyrimų duomenimis, iki 3 600 kartų). Tai lemia 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 pagal dezaktyvuoto hemoglobino kiekį. HbCO sulėtina HbO₂ disociaciją, o tai sukelia audiniuose deguonies nepakankamumą.

Hipoksijos lygis priklauso nuo įtakos turinčių veiksnių. Pirmasis hipoksijos lygis pasireiškia sumažėjus arterinio kraujo aprūpinimui deguonimi 10–15 %; padidėjus deguonies deficitui iki 25 %, atsiranda neįsivartojamų ir sąmonės praradimo pavojus. Esant mirtinam apsinuodijimui CO, kai HbCO kiekis pasiekia 50 %, audinių aprūpinimas deguonimi sumažėja iki trijų ir daugiau kartų.

Be CO, degimo produktuose gali būti ir kitų junginių, dezaktyvuojančių kraujo hemoglobina ir sutrikdančių deguonies patekimą į audinius. Prie jų priskiriami azoto oksidai, amino- ir nitro- junginiai formaldehidai ir kiti junginiai, dėl kurių poveikio hemoglobinas pavirsta methemoglobinu. Dėl to atsiradusi hipoksija turi daug požymių, kurie būdingi ir hipoksijai, atsirandančiai apsinuodijus CO. Sumažėjus daliniam deguonies slėgiui supančioje aplinkoje sumažėja jo pasisavinimas kraujo plazmoje ir susidaro mažiau hemoglobino oksido, t. y. mažėja kraujo aprūpinimas deguonimi. CO₂ buvimas dar labiau sustiprina šį efektą. Tačiau neigiamą CO₂ poveikį sumažina padažnėjęs kvėpavimas.

Sustiprėjęs plaučių ventiliavimas ir padidėjusi CO₂ koncentracija, esant hipoksinei hipoksijai, yra didelio nuodų kiekio, esančio įkvėpiamuose dujų mišiniuose, patekimo į organizmą priežastis. Taigi, netgi esant mažoms nuodingųjų priemaišų koncentracijoms, jų susikaupimas organizme gali pasiekti kritinį lygį. Vandenilio cianidas – tipinis nuodas. Šie nuodai organizme sutrikdo gyvybiškai svarbių fermentų, atsakingų už deguonies utilizaciją, veiklą. CO ir HCN mišinių įkvėpimas sukelia hematogeninės ir audinių hipoksijos vystymąsi.

Specifinė daugelio junginių savybė – pakenkiamas nervas, esantis viršutiniuose kvėpavimo takuose, dėl to sulėtėja kvėpavimas. Sulėtėjimo stiprumas priklauso nuo veikiančios medžiagos koncentracijos. Minėtieji refleksai iš kvėpavimo takų persikelia į širdies kraujagyslių sistemą. Kraujagyslės susitraukia, sumažėja kraujo spaudimas. Svarbu atsižvelgti ir į tai, kad dirginančios medžiagos sukelia kosulį ir kartu sumažina oro patekimą į plaučius. Galima sakyti, kad hipoksija, sukelta apsinuodijimo degimo produktais, turinčiais daug dirginančių medžiagų, yra mišrioji.

Patologinio proceso vystymasis esant mišriajai hipoksijai (kai į organizmą vienu metu patenka CO ir kitos nuodingosios medžiagos) ne visada pasireiškia nuodingųjų medžiagų suminiu poveikiu.

Kartais vienų medžiagų poveikis trukdo kitoms medžiagoms paveikti organizmą (pvz., viena medžiaga sulėtina kvėpavimą ir sumažina kitų medžiagų patekimą į plaučius).

Taigi toksikantų tarpusavio poveikis labai priklauso nuo jų poveikio intensyvumo, trukmės ir kitų aplinkybių.

Nagrinėta ir temperatūros įtaka toksiniam cheminių medžiagų, taip pat ir esančių degimo produktuose, poveikiui. Nustatyta, kad aukštesnė temperatūra pagreitina intoksikaciją ir apsinuodijimo požymių atsiradimą. Esant aukštai temperatūrai, organizmas tampa jautresnis toksiniam poveikiui.

CO ir kitų nuodų toksinio poveikio sustiprėjimą dėl aplinkos temperatūros pakilimo dauguma mokslininkų pagrindžia visu kompleksu organizmo reakcijų, susijusių su organizmo termoreguliacija. Pakilus temperatūrai, savaime sutankėja kvėpavimo dažnumas ir širdies ritmas, todėl padidėja į kraują per kvėpavimo takus patenkančių nuodų kiekis. Išsiplečia paviršinių audinių kraujagyslės, į organizmą per odą patenka daugiau nuodingųjų medžiagų, tokių kaip vandenilio cianidas, benzolo, aromatinių amino ir nitro junginių.

Nustatyta, kad arterinių kraujagyslių aprūpinimo deguonimi trūkumas, pakilus temperatūrai, dar labiau padidėja. Esant 35 °C, arterinio kraujo aprūpinimas deguonimi per 1 h sumažėja 6 %, o esant 40 °C – 10–12 %. Kaip jau buvo nurodyta anksčiau, toks deguonies trūkumas arteriniame kraujyje jau pats savaime yra pirmojo lygio hipoksija, taigi hipotermija sukelia mišriąją hipoksiją.

Kita nuodų ir temperatūros poveikio organizmui savybė yra ta, kad nuodų poveikis sumažina organizmo savaiminį apsaugojimą nuo perkaitimo. Dėl to atsiranda organizmo perkaitimo simptomų, kurie savo ruožtu dar labiau sustiprina poveikį. Tokio tipo duomenys buvo gauti atlikus tyrimus su anglies oksidu, azoto oksidu, nitrobenzolu ir kitomis medžiagomis.

Taigi temperatūros ir nuodų poveikis organizmui sustiprina atskirų veiksmų įtaką, t. y. 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, t. y. labai padidėjus temperatūrai, tai gali sumažinti organizmo jautrumą nuodams, ir atvirkščiai. Taigi hipoksiją galima vertinti kaip bendrąją turinčių įtakos veiksmų visumą, mišrųjį temperatūros, nuodingąjį degimo produktų ir sumažėjusio dalinio deguonies slėgio poveikį.

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

Atliekant tyrimus su baltosiomis pelėmis, pirmiausia buvo tiriamas bendrojo poveikio efektas, apimantis CO ir CO₂ poveikį, temperatūros padidėjimą ir deguonies koncentracijos sumažėjimą per 4 h. Tiriamųjų veiksmų diapazoniniai pokyčiai buvo tokie: CO 0–0,31 %; CO₂ 0–40 %; O₂ 6–21 %; esant 24–40,5 °C temperatūrai. Tyrimai parodė, kad bendrasis atskirų veiksmų poveikis buvo mirtinas, nors atskirai paėmus jų 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.

Atliekant tolesnius tyrimus nustatyta, kad su minėtomis medžiagomis naudojant tokias dujas, kaip HCN, SO₂ ir NO₂, pasireiškė neproporcingas toksinio efekto sustiprėjimas (3.4 lentelė). Pvz., prie anksčiau minėtųjų nuodingųjų medžiagų pridėjus tik 10 000 000⁻¹ NO₂ (1/10 mirtino kiekio, esant atskiram poveikiui) dujų, baltoji pelė numirdavo per 4 h, kai tuo tarpu nesant NO₂ dujų, pelė išgyvendavo net

iki 24 h. Netgi tais atvejais, kai papildomai būdavo naudojamos medžio degimo procese susidariusios dujos, suminis nuodingųjų medžiagų poveikis gerokai padidėdavo.

Pateikti duomenys kėlė abejonių, nes nebuvo statistiškai patikrinti. Atlikus statistinę analizę paaiškėjo, kad vis tik CO, CO₂, temperatūros ir sumažėjusios deguonies koncentracijos poveikis iš esmės lygus suminiam šių veiksnių poveikiui. Be to, reikia atsižvelgti ir į tai, kad tyrimai buvo atliekami 4 h, o tai šiandieninėje gaisrų gesinimo praktikoje retai pasitaikanti aplinkybė. Buvo nustatyti HCl, HF, HCN, NO₂ toksiškumo parametrai atskirai ir kartu su CO. Ekspozicijos trukmė – 5 min. Kaip matyti iš 3.5 lentelės, CO nedaro didelio poveikio HF, HCl, HCN ir NO₂ toksiškumui, nors kai kuriais atvejais ir pasireiškia toksiškumo didėjimo tendencija.

3.4 lentelė. Pavojingų gaisro veiksnių ir jų kombinacijų mirtini lygiai, esant 4 h poveikiui

| Veiksniai | Mirtinos koncentracijos | |
|---|---|--|
| | Baltosioms pelėms | Žmogui |
| T | 48,9 °C | 54,4 °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 °C + 10 000 000 ⁻¹ | 17 % + 0,01 % + 10 % + 43,3 °C + 10 000 000 ⁻¹ |
| O ₂ + CO + CO ₂ + T + SO ₂ | 16 % + 0,07 % + 30 % + 37,8 °C + 25 000 000 ⁻¹ | 17 % + 0,01 % + 10 % + 43,3 °C + 5 000 000 ⁻¹ |
| O ₂ + CO + CO ₂ + T + NO ₂ | 16 % + 0,075 % + 30 % + 37,8 °C + 10 000 000 ⁻¹ | 17% + 0,01% + 10% + 43,3°C + 10 000 000 ⁻¹ |

3.5 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 | 18 200 | 6 247 |
| HF + CO | 18 208 | 6 670 |
| HCl | 40 980 | 13 745 |
| HCl + CO | 39 101 | 10 663 |
| NO ₂ | 831 | 1 880 |
| NO ₂ + CO | 1 140 | 1 644 |
| HCN | 503 | 323 |
| HCN + CO | 467 | 289 |

Analizuojant duomenis reikėtų atsižvelgti į tai, jog didelę įtaką toksikantų tarpusavio poveikiui turi jų koncentracija. Tiriamuose mišiniuose CO kiekis buvo lengvo apnuodijimo lygio, kai tuo tarpu kitų medžiagų koncentracija buvo mirtino lygio. Tačiau gaisre CO komponentas yra pagrindinis arba vienas iš pagrindinių, susidarant nuodingosioms dujoms. Dėl to 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 nuodingųjų medžiagų atskiras ir mišrusis poveikis. Toksinės medžiagų savybės buvo tiriamos keičiant poveikio ekspoziciją, nustatant pelių judėjimo funkcijų sutrikimus ir kitus požymius. Baltųjų pelių apnuodijimas vyko naudojant įvairias dujų koncentracijas, laiko ekspozicijas (5–30 min), temperatūrą ir deguonies koncentraciją. Darbo rezultatai pateikti 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. Baltųjų pelių nejaunos laiko pokytis esant mišriajam dujų poveikiui

| Eil. Nr. | Mišinio sudėtis | Toksiškumo pokytis laiko atžvilgiu |
|----------|--|--|
| 1 | CO + O ₂ trūkumas 15 % | Be pakitimų, palyginti 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, palyginti su mišiniu Nr. 3 |
| 5 | CO + CO ₂ + O ₂ trūkumas 10 % | Sumažėjo, palyginti su mišiniu Nr. 3 |
| 6 | CO + HCl | Padidėjo, palyginti su grynu CO |
| 7 | CO + HCl + CO ₂ | Sumažėjo, palyginti 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, palyginti su CO ir NH ₃ |
| 11 | CO + NH ₃ + CO ₂ | Sumažėjo, palyginti su mišiniu Nr. 10 |

CO + deguonies trūkumas – dviejų skirtingų hipoksinių veiksnių poveikis. Nustatyta, kad esant deguonies koncentracijai dujose 15 % CO stebimas toksinis efektas nepadidėjo. 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 – mišinys, kuris susidaro degant visoms organinėms medžiagoms. Kaip jau minėta, CO₂ kenksmingas poveikis pasireiškia tuo, kad sutankėja žmogaus ar gyvūno kvėpavimas ir todėl per kvėpavimo takus į organizmą patenka daugiau nuodingųjų medžiagų. Taigi 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 – remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, O₂ trūkumas sumažina CO₂ poveikį CO toksiškumui. Ši įtaka yra nedidelė, kai mišinyje O₂ yra ne mažiau kaip 15 %, tačiau labai aiškiai pasireiškia, kai koncentracijos lygis 10 %.

CO + HCl – mišinys būdingas PVC medžiagų degimo produktams. CO pasižymi poveikiu kraujo hemoglobininui, o HCl – ryškiu dirginančiu poveikiu. Remiantis atliktų tyrimų duomenimis, galima teigti,

kad mišrusis CO ir HCl poveikis iš esmės priklauso nuo minėtųjų medžiagų koncentracijos. Jeigu abiejų mišinių koncentracijos yra artimos mirtinoms, tai didesnę reikšmę organizmo toksiškumui turi CO. Esant tokioms sąlygoms, tik HCl sustiprina CO intoksikaciją ir sukelia dar sunkesnes pasekmes (suminis efektas). Koncentracijoms sumažėjus iki mažiausio lygio, didesnę poveikį turi HCl dirginantis poveikis. Tais atvejais, kai HCl kiekis mišinyje yra pakankamai mažas, kad dirgintų organizmą, jo poveikis pasireiškia tuo, kad sulėtėja kvėpavimas ir CO negali per kvėpavimo takus patekti į organizmą.

CO + HCl + CO₂ – remiantis mokslininkų atliktais tyrimais, CO₂ ir HCl sumažina CO toksiškumą, tačiau, jeigu šie komponentai į mišinį patenka vienu metu, jie sustiprina CO poveikį.

CO + HCN – paprastai šių komponentų yra azoto turinčių medžiagų degimo produktuose. Kadangi HCN yra labai toksiška medžiaga, tai, tiriant CO ir HCN mišrųjį poveikį, daug dėmesio buvo skirta HCN tyrimams. Esant didelei CO ir mažai HCN koncentracijai, mišinio toksiškumas padidėja pagal atskirų mišinių toksiškumo sumavimo principą. Visi kiti šių degių medžiagų mišiniai sukelia tokį patį efektą, koks būdingas kiekvienoms iš šių dujų atskirai, tai yra nepriklausomas komponentų poveikis. Taip pat buvo atlikti tyrimai, sumaišius CO ir HCN binarinį mišinį su medžio ir azoto turinčių degimo produktais bei sukėlus deguonies trūkumą. Remiantis tyrimų duomenimis, CO ir HCN bendrasis poveikis buvo suminis. Esant deguonies trūkumui (11–19 %), toksinis CO poveikis beveik nepakito, tačiau gerokai padidėjo HCN toksiškumas.

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

CO + NH₃ + CO₂ – remiantis mokslininkų tyrimais, CO ir NH₃ mišinio poveikis tolygus atskiram šių mišinių poveikiui. Į mišinį papildomai pridėjus CO₂ mišinio, toksinis poveikis padidėdavo.

Kitas šio mišinio vertinimo kriterijus yra laikas, per kurį gyvūnas sugeba savarankiškai palikti dujomis pripildytą erdvę. Atliekant šiuos tyrimus, buvo naudojamos didesnės koncentracijos CO, CO₂ ir NH₃ du-

jos, o poveikio laikas sutrumpintas iki 3 min. Paaikškėjo, kad savigalbos laikas, veikiant $\text{CO} + \text{CO}_2$, yra ilgesnis nei veikiant šioms dujoms atskirai. Tačiau šis laikas ypač padidėdavo, jei į jį įmaišydavome NH_3 . Padaryta prielaida, kad dirginantis amoniako poveikis sukelia nuodingųjų medžiagų susikaupimą kvėpavimo takų audiniuose.

$\text{CO} + \text{NO}_2 + \text{SO}_2$. Buvo atliekami bandymai su baltosiomis pelėmis, naudojant anglies oksidą, azoto dioksido ir sieros dioksidą tiek kartu, tiek ir atskirai. Binariniuose mišiniuose dujų koncentracija sumažėdavo pusiau, palyginti su mirtina, esant izoliuotam veikimui, trijų komponentų junginiuose – dviem trečiosiomis. Pagrindinis vertinimo kriterijus buvo vidutinė pelių gyvenimo trukmė. Remiantis tyrimų duomenimis, azoto dioksido ir sieros dioksido dalyvavimas binariniuose junginiuose ypač sustiprina anglies oksido toksiškumą.

Ypatingas dėmesys skirtas anglies oksido ir anglies dioksido junginiams. Turimais duomenimis, toksiniam komponentų junginių veikimui būdingas potencionavimo efektas.

$\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{HCl} + \text{suodžiai}$. Dujų aerosolinių kompleksų komponentai labai sudėtingi. Jų sudėtyje esantys aerosoliai gali sustiprinti arba sumažinti dujų toksinį poveikį, o dujos savo ruožtu gali modifikuoti biologinį aerosolių poveikį. Dujų toksinis kryptingumas ir pokyčiai, veikiant aerosoliams, priklauso nuo gamtinės molekulių sandaros, dispersiškumo ir kitų fizikinių ir cheminių savybių.

Minėtojo dujų aerosolinio komplekso toksinis poveikis išsamiai išnagrinėtas autorių darbuose. Atliekant tyrimus su baltosiomis pelėmis, buvo modeliuojamas įvairių lygių toksinių PVC medžiagų degimo produktų poveikis. Surinkti duomenys buvo statistiškai apdoroti daugkartinės regresinės analizės metodu.

Nustatyta, kad pagrindinis vaidmuo, formuojant mirtiną mišinio toksinį efektą, priklauso anglies oksidui. Svarbus CO vaidmuo pasitvirtino ir tuo atveju, kai jo koncentracija buvo artima mirtinai, o HbCO koncentracija kraujyje – 35 %. Tačiau mišinyje, esant daug mažesnei CO koncentracijai, labai pasikeitė organizmo būklės rodikliai, būdingi apsinuodijus HCl. Galima daryti išvadą, kad abu komponentus reikėtų laikyti pagrindiniais vertinant PVC produktų medžiagų degimo toksiškumą. Vertinant aerosolinio komponento įtaką nustatyta, kad jo masės sudėtyje esant nuo 2 iki

5 µm suodžių sluoksniui toksinis poveikis stiprėja, o esant daugiau kaip 5 µm suodžių storiui, bendrasis toksinis efektas silpnėja.

Analizuojant toksinius mišinius, buvo nustatyti elementai, kurių mišrusis poveikis polimerinių medžiagų degimo produktuose yra pavojingiausias. Šių medžiagų poveikio efektas labai priklauso nuo dujų koncentracijos ir mišinių priedų.

Sankt Peterburge tirtas mišrusis gamtinių medžiagų degimo produktų poveikis. Taikyti įvairūs tyrimo metodai. Daugeliu atvejų suminei mišriojo degimo medžiagų poveikio išraiškai įvertinti buvo pasiūlyta nustatyti sąlyginį koeficientą (rt) (žr. 3.1 formulę), kuris rodytų, kiek kartų CO toksiškumas degimo medžiagoje ($T_{CO_{dm}}$) padidėja ar atvirkščiai – sumažėja, palyginti su izoliuoto CO toksiškumu ($T_{CO_{iz}}$):

$$rt = \frac{(T_{CO_{dm}})}{(T_{CO_{iz}})} = \frac{1/Cl_{50}CO_{dm}}{1/Cl_{50}CO_{iz}} = \frac{Cl_{50}CO_{iz}}{Cl_{50}CO_{dm}}. \quad (3.1)$$

Šį metodą rekomenduojama taikyti atliekant mišrųjų medžiagų degimo produktų vertinimą. Tam nereikia sudėtingų tyrimų, užtenka turėti standartinius toksinių medžiagų tyrimų duomenis.

Tiriant atskirų komponentų mišriojo poveikio reikšmę, taip pat buvo taikomas statistinis analizės metodas. Matuotas atskirų medžiagų išsiskyrimas vykstant degimo procesui. Nustatytas CO, CO₂, HCN, N_xO_y išsiskyrimas ir jų tarpusavio poveikis. H_{Cl₅₀} mirtino poveikio kiekis buvo laikomas funkcija.

Atlikus bandymų rezultatų regresinę analizę matyti, kad 20 skirtingų ugniai atsparių impregnuotos medienos pavyzdžių tyrimai labiausiai atitiko šį modelį (3.2):

$$H_{Cl_{50}} = 49,6 - 0,13 \text{ g CO} - 0,23 \text{ g HCN} - 0,25 \text{ g N}_x\text{O}_y. \quad (3.2)$$

Remiantis gautais duomenimis, patvirtinta lemiamą CO toksinio poveikio įtaka ugniai atsparios impregnuotos medienos degimo produktuose. Sprendžiant pagal CO determinacijos koeficientą, nuo CO priklauso apie 70 % viso degimo medžiagos toksiškumo. Tačiau likusių 30 % toksiškumo negalima buvo paaiškinti vien tik likusiųjų me-

džiagų (CO_2 , HCN, N_xO_y) poveikiu, nes statistiškai nustatyta jų įtaka toksiškumo lygiui buvo daug mažesnė. Todėl prieita prie išvados, jog likusiems 30 % didesnę įtaką turi kiti neatpažinti elementai.

Atliekant kitus tyrimus su baltosiomis pelėmis ir baltosiomis žiurkėmis, buvo nustatomas mišrusis degimo produktų, aukštos temperatūros ir deguonies trūkumo poveikis. Nustatyta, kad toksinis degimo produktų poveikis labai padidėja, kai aplinkos temperatūra būna 32–35 °C, o deguonies koncentracija žemesnė nei 16 %. Toliau keičiant minėtųsius veiksnius iki 45 °C ir 11 %, jų poveikis kinta linijiniu būdu. Šiomis sąlygomis gyvūnų išgyvenimo trukmė sutrumpėja 2,5–3 kartus.

Taip pat atlikta daug tyrimų su kitomis medžiagomis ir padaryta išvada, jog mišrusis poveikis yra daug didesnis nei suminis tų medžiagų poveikis. Nustatyta, kad garuojančių polimerinių medžiagų degimo produktų mišrusis poveikis yra nevienareikšmis. Poveikio reikšmė ir kryptingumas priklauso nuo kokybinių ir kiekybinių mišinio savybių, mišinio dispersinės būklės, aplinkos temperatūros, deguonies koncentracijos ir kitų sąlygų.

Galimybė potenciuoti toksinių medžiagų poveikį, esant trumpalaikiam degimo produktuose esančių garuojančių medžiagų poveikiui, iki šiol dar nėra ištirta. Jokių patvirtinančių duomenų kol kas dar nėra. Tokių duomenų neturi ir JAV gaisrinių tyrimų centras, kuris, atlikdamas tyrimus su baltosiomis žiurkėmis, nustatė, jog CO_2 sustiprino toksinį CO, HCN ir deguonies trūkumo poveikį. Tačiau šių išvadų patikimumas kelia abejonių, nes jos nebuvo publikuotos ir patvirtintos atliekant daugkartinius tyrimus.

Iš gautų tyrimų duomenų matyti, jog labai svarbu tirti eksperimentinius mišinius, nes tik taip atsiskleidžia medžiagų tarpusavio poveikis priklausomai nuo koncentracijos ir kiekio, taip nustatoma kiekvienos medžiagos įtaka bendrajam mišinio toksiškumui. Tačiau tokių tyrimų rezultatyvumas ir teisingumas kelia abejonių, nes duomenys apie iš degančių polimerinių medžiagų išsiskiriančias sudėtingų mišinių lakiąsias medžiagas buvo gauti juos ekstrapolijuojant. Medžiagų degimo produktuose yra dešimtys, o kartais net ir šimtai įvairiausių junginių, kurių poveikis mišriajam toksiškumui dar neištirtas. Žinoma, šių junginių kiekis dažniausiai labai mažas, tačiau bendrasis jų visų povei-

kis gali turėti įtakos junginio toksiškumui. Eksperimentinių bandymų duomenys ne visada sutampa su tikrovėje vykstančiais ir dėl to, kad, pavyzdžiui, kai kurių medžiagų garai nusėda ant kabančių daiktų ir jų toksinis poveikis sumažėja, o į tai, atliekant eksperimentus, niekas neatsižvelgia.

3.3. Degimo produktų toksiškumo įvertinimo principai pagal cheminės analizės duomenis

Šios srities darbų įvairovė atskleidžia įvairiausius metodinius sprendimus ir būdus polimerinių medžiagų degimo produktų toksiškumui nustatyti be bandymų su gyvūnais. Įvertinant polimerinių medžiagų toksiškumą, siūloma jį pateikti kaip funkciją nuo medžiagos svorio praradimo degimo metu. Tai argumentuojama tuo, kad pagrindinį kenksmingąjį poveikį degimo metu turi CO kiekis, kuris tiesiog proporcingas sudegusios medžiagos masei. Taigi išsiskiriančios medžiagos pavojingumo lygis yra tiesiogiai susijęs su organinio junginio masės rodikliu medžiagoje.

Šveicarijos priešgaisrinės apsaugos normos nurodo, kad, vertinant medžiagos toksiškumą gaisro sąlygomis, reikia atsižvelgti į numatomą nuodingųjų, troškinančių ir dirginančių dujų išsiskyrimą. Dujų išsiskyrimo galimybė nustatoma tiriant medžiagų cheminį pradą. Medžiagų paskirstymas į klases pagal toksiškumą pavaizduotas 3.7 lentelėje.

Nėra abejonių, jog polimerinių medžiagų sudėtis ir masės praradimas degant turi svarbią reikšmę vertinant toksinių dujų išsiskyrimą gaisro metu. Tačiau šie rodikliai negali būti kritiniai, nes neįvertintas mišrusis poveikis, priklausantis ne tik nuo sudėties, bet ir nuo tam tikrų koncentracijų, kitų svarbių cheminių ir toksinių savybių.

Daugelis analitinių toksiškumo vertinimo metodų atsižvelgia į degimo metu (aukštos temperatūros aplinkoje) susidarancius junginius.

Sudėtinga tiksliai nustatyti, kokie junginiai susidarys gaisro metu, todėl dažniausiai nustatoma, kuris iš junginių bus pats toksiškiausias.

3.7 lentelė. Degant išsiskiriančių dujų toksiškumo vertinimas

| Dujos, išsiskiriančios degant kartu su CO | Degimo produktų toksiškumo lygis | Medžiagų pavyzdžiai |
|--|----------------------------------|----------------------|
| Nuodai: nitro dujos, fosgenai | 1 | Celiulioidai |
| Stiprūs dirgikliai: stiprios rūgštys, formaldehidai ir kt. | 2 | Polivinilchloridas |
| Silpni dirgikliai: silpnos rūgštys arba junginiai | 3 | Sausa ažuolo mediena |
| Kiti (be nuodų ir stiprių rūgščių) | 4 | Polietilenas |

Labiausiai paplitęs toksiškumo analitinio vertinimo būdas yra degimo metu išsiskiriančių dujų koncentracijos nustatymas ir lyginimas su literatūroje pateiktais toksiškumo lygiais. Taip nustatomi vadina-
mieji konkrečių medžiagų *toksiškumo indeksai TI*. Nustatant bendrąjį poveikį žmogaus ar gyvūno organizmui, indeksai sumuojami. Šis me-
todas pritaikytas toksiškumo veiksniai nustatyti (3.3):

$$\sum T = \sum (C_i / C_f)(V / W); \quad (3.3)$$

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

Tyrėjų nuomone, toksiškumo veiksmų nustatymas leidžia nustatyti atskirų komponentų įtaką bendrajam mišinio toksiškumui ir medžiagų pajėgumą degant išskirti toksines medžiagas. Prie šio metodo trūku-
mų priskiriama tai, kad neatsižvelgiama į mišrųjų poveikį, uždūminimo dispersinę fazę ir nuodingųjų dujų išsiskyrimo greitį gaisro metu.

Tyrėjai išskėlė reikalavimą, pagal kurį dūmus, atsirandančius degant elektros kabeliams, būtina tirti cheminės analizės būdu siekiant nusta-
tyti juose atsirandančius komponentus ir toksiškumo indeksą (3.4):

$$TI = \sum (C_i / C_{f(i)}); \quad (3.4)$$

čia C_f – i -ojo komponento koncentracija sudegus jo 100 g viename kubiniame metre; C_f – i -ojo komponento mirtina koncentracija, veikiant 30 min.

Darbuose pateiktos C_f reikšmės:

| CO_2 | 100 000 | Akrilonitrilas | 400 |
|----------------------|---------|----------------------|-----|
| CO | 4 000 | Sieros dioksidas | 400 |
| Sieros vandenilis | 750 | Azoto oksidas | 250 |
| Amoniakas | 750 | Cinko vandenilis | 150 |
| Formaldehidas | 500 | Vandenilio bromidas | 150 |
| Vandenilio chloridas | 500 | Vandenilio fluoridas | 100 |

Toksiškumo indeksas atitinka toksinį poveikį, jei buvo atsižvelgiama į visus svarbius komponentus ir įgyvendintos šios prielaidos:

1. Atskirų komponentų toksinis poveikis sumuojamas, t. y. pvz.: jei penkių veikiančių komponentų dozės yra 20 % nuo mirtinosios, tai visų jų poveikis lygus bet kurios iš jų 100 % dozei.
2. Dūmų sudėtis, atliekant tyrimus su medžiagomis, atitinka dūmų, susidarantį gaisro metu degant tai medžiagai, sudėtį.

Tokiu pat būdu skaičiuojamas kompleksinis gaisro pavojingumo rodiklis P_k (3.5):

$$P_k = [\sum(G_i / C_i) + (G_{02} / C_{02}) + (G / C_3)]mQ. \quad (3.5)$$

Pirmasis lygties komponentas yra bendrasis toksiškumo indeksas; antrasis – pavojaus dėl deguonies trūkumo indeksas (dujinės aplinkos tūris, kai tūrinė deguonies koncentracija 15 %, arba 200 g/m³); trečiasis – polimerinės medžiagos dūminių savybių indeksas. Kompleksinis rodiklis įvertina ne tik toksiškumą, bet ir pavojų, susijusį su deguonies trūkumu dujinėje aplinkoje, į dūmines savybes bei medžiagos skilimo charakteristiką. Todėl jį galima taikyti sisteminant ir klasifikuojant polimerines medžiagas pagal degumo pavojų, taip pat apskaičiuojant trukmę, kada gaisro atveju patalpoje susidaro žmogaus gyvybei pavojinga situacija.

Mokslo ir technikos centre Prancūzijoje egzistuoja šiek tiek kitoks požiūris į medžiagų vertinimą pagal fizikinių ir cheminių tyrimų rezul-

tatus. Tyrimai buvo atlikti pirolizės arba pavyzdžių deginimo ugnyje metu, naudojant laboratorinę įrangą. Siekta nustatyti medžiagos kritinį kiekį (QSM , g/m^3 , m^2/m^3 , m/m^3), kurios $1 m^3$ visiškai sudegus, susidaro kritinė koncentracija (CTC , mg/m^3). Ja laikoma koncentracija, kuri per 15 min sukelia grįžtamuosius organizmo pažeidimus, vėliau neturinčius įtakos sveikatai. Paaiškėjo, kad CTC reikšmės, esant 15 min poveikiui, artimos pavojingoms sveikatai ir gyvybei, jei ekspozicija trunka 30 min ($IDLH$).

Kritinis medžiagos kiekis nustatomas taip: iš pradžių pagal dujų išsiskyrimo analizės rezultatus sužinomas kiekvieno toksinio komponento dalinis kritinis kiekis (3.6):

$$Q_{cl} = CTC_i / q_i, \quad \text{arba} \quad Q_{cl} = IDLH_i / q_i; \quad (3.6)$$

čia Q_{cl} – toksinio komponento dalinis kritinis kiekis, m^2/m^3 arba g/m^3 ; q_i – produkto, išsiskiriančio degant medžiagai, apskaičiuotai paviršiaus arba masės vienetai, kiekis, mg/m^2 , mg/g .

Vertinant bendrąjį dujų, kurios išsiskiria degant medžiagai, toksiškumą, nėra teisinga sumuoti visus efektus, nes produktų degimo komponentai turi skirtingą poveikį gyvam organizmui. Leidžiama sumuoti tik atskirų grupių junginių individualių medžiagų efektus: asfiksantų (CO , HCN , nitrilų), iritantų (HCl , HF , NH_3 , SO_2 , $HCHO$, $HCOOH$, N_xO_y ir kt.) ir narkotinių (angliavandenilių). Turint tai omenyje, apskaičiuojamas kiekvienos junginių grupės medžiagos kritinis kiekis (3.7):

$$1/Q_{cf} = 1/Q_{ci} = q_a / CTC_a + q_b / CTC_b + \dots + q_l / CTC_l + \dots + q_n / CTC_n. \quad (3.7)$$

Mažesnė kritinio medžiagos kiekio reikšmė atitinka tą junginių grupę, kuri turi didesnę įtaką bendrajam toksiškumui. Ji ir yra pagrindinis kriterijus nustatyti medžiagos panaudojimo apribojimą. Pagal kritinę koncentracijos reikšmę visos medžiagos skirstomos į 6 klases: nuo mažesnio toksiškumo ($QSM > 1\,000 g/m^3$) iki didesnio toksiškumo ($QSM > 0,1 g/m^3$).

Kai kurie autoriai mano, kad pasiūlytas metodas leidžia įvertinti potencialų medžiagos toksiškumą, nors ir turi daug kitiems analitinio vertinimo metodams būdingų apribojimų. Taikant šį metodą galima tiesiogiai palyginti 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 pasirenkant priemones užterštai oro erdvei išvalyti. Norint taikyti metodą, reikia nustatyti tarpusavio ryšį tarp biologinio ir analitinio toksiškumo vertinimo rezultatų. Kita būtina sąlyga – tai laboratorijų aprūpinimas pakankamai tikslia ir patikima analitine aparatūra.

Paryžiaus nacionalinė geležinkelių bendrovė (SNCF) ir miesto požeminio transporto valdyba (RATR), nustatydamą kabelių degimo produktų toksiškumą, vadovaujasi FDX 70100 metodu. Taikant šį metodą, kabelio apvalkalo medžiaga kaitinama krosnyje iki 800 °C ir nustatoma kiekybinė pagrindinių toksinių dujų išėiga: CO, CO₂, HCl, HCN, HBr, HF, SO₂ ir NO. Remiantis nustatytais rezultatais, apskaičiuojamas sąlyginis kenksmingumo rodiklis (*Indice de nuisante conventionell – INC*) ir sąlyginis toksiškumo rodiklis (*Indice de toxicite conventionell – ITC*). Pirmojo rodiklio reikšmė randama pagal (3.8) formulę:

$$INC = (100 / m)(\sum m_z / VLE_z); \quad (3.8)$$

čia m – medžiagos pavyzdžio masė, g; m_z – išsiskyrusių z -ųjų dujų masė, mg; VLE_z – leidžiama z -ųjų dujų koncentracija ore darbo zonoje (8 h/para), mg/m³.

Antrasis rodiklis nustatomas pagal (3.9) formulę:

$$ITC = (100 / m)(\sum m_z / C_{zc}); \quad (3.9)$$

čia C_{zc} – z -ųjų dujų kritinė koncentracija (mg/m³), kurioje personalui leidžiama būti 30 min.

Ilgiau toleruojamų dujų ir jų kritinių koncentracijų reikšmės pateiktos 3.8 lentelėje:

3.8 lentelė. Ilgiau toleruojamų dujų ir jų kritinių koncentracijų reikšmės

| Koncentracijos, mg/m ³ | CO | CO ₂ | HCl | HBr | HF | SO ₂ | NO _x | HCN |
|-----------------------------------|-------|-----------------|-----|-----|----|-----------------|-----------------|-----|
| ilgiau toleruojamos | 95 | 9 000 | 7 | 10 | 2 | 13 | 9 | 11 |
| kritinės | 1 750 | 90 000 | 150 | 170 | 17 | 260 | 90 | 55 |

Renkantis medžiagas izoliacijai ir kabelių apvaskalams, skirtiems eksploatuoti patalpose, kur nuolat būna daug žmonių (pvz., metropolite), siekiama, kad medžiagos atitiktų šiuos reikalavimus:

$$INC < 100;$$

$$ITC < 5.$$

Bendrasis rodiklis, apibūdinantis medžiagą pagal dujų ir dūmų išskyrimą (*IF*), apskaičiuojamas pagal (3.10) formulę:

$$IF = 0,01D_{\max} + 0,33 VOF_4 + 0,5 ITC. \quad (3.10)$$

Kaip matyti iš pateiktos formulės, toksiškumo koeficientui *ITC* suteikiama didžiausia reikšmė (jo koeficientas lygus 0,5), kiek mažesnė – uždūminimo *VOF₄* (0,33) ir optinio dūmo tankio (0,01) rodikliams.

Daktaras G. Hartcelas ir bendraautoriai JAV Pietvakarių mokslinių tyrimų institute sukūrė matematinio modeliavimo koncepciją ir metodologiją degimo produktų toksiškumui vertinti. Toksiškumo apskaičiavimas, remiantis analitiniais duomenimis, leis atliekant įprastinius polimerinių medžiagų bandymus naudoti gerokai mažiau bandomųjų gyvūnų. Be to, turint omenyje kokybinius ir kiekybinius toksinių efektų, pasireiškiančių žmogui ir laboratoriniams gyvūnams, skirtumus, toks modeliavimas gali būti panaudotas toksinio pavojaus atsiradimo laikui nustatyti, esant realioms ir imituotoms gaisro situacijoms.

Argumentuojant degimo produktų toksinių efektų modeliavimo metodologiją, svarbi reikšmė suteikiama ekspozicijos dozei, kaip toksino poveikio laiko ir koncentracijos funkcijos sąvokai, nustatyti. Kiekybiškai ją išreiškia koncentracijos susidarymas per tam tikrą laiką. Pasikeitus toksino koncentracijai, ekspozicijos dozė faktiškai lygi grafiko plotui,

esančiam po koncentracijos ir laiko priklausomybės kreive. Kai toksinų degimo produktuose turinys nežinomas, daroma prielaida, kad dūmų koncentracija yra proporcinga prarastai degiosios medžiagos masei. Taigi plotas po kreive, apibūdinančia masės praradimo priklausomybę (tūrio vienetui) nuo laiko, tampa ekspozicijos dozės matu. Modeliuojant toksinius efektus svarbu nustatyti, kokie produktų degimo komponentai juos sukelia. Taip pat tikslinga ištirti, kaip efektyvi kiekvieno toksino dozė priklauso nuo koncentracijos, kadangi dažnai toksikologijoje taikoma Chaberio taisyklė ($Ct = \text{const}$) gali būti neteisinga visam tiriamųjų koncentracijų diapazonui. Toks nustatymas įmanomas esant pakankamai duomenų bazei, leidžiančiai kiekybiškai apibūdinti priklausomybę „koncentracija–laikas–reakcija (efektas)“.

Tiesioginis paprasčiausio santykio taikymas „koncentracija–laikas“ (esant fiksuotiesiems efektams) tinka tik modeliuojant toksino poveikį esant pastoviai koncentracijai, t. y. sąlygoms, kuriomis gauti duomenys atliekant eksperimentus. Gaisrams būdingos besikeičiančios (dažniausiai padidėjusios) koncentracijos. Matematinis modelis, tinkamas gaisro metu išsiskiriančių toksinų veikimui prognozuoti, turi numatyti kintančias koncentracijas ir su jomis susijusias efektyvias dozes.

Remiantis duomenimis, kiekybiškai apibūdinančiais koncentraciją kaip laiko funkciją, apskaičiuojamos inkrementinės ekspozicijos dozės (Cdt), kurios lyginamos su specifine ekspozicijos doze (Ct), reikalinga nurodytam toksiniam efektui gauti, esant padidėjusiai koncentracijai. Specifinė ekspozicijos dozė randama pagal (3.11) lygtį:

$$Ct = K(C/(C - b)); \quad (3.11)$$

čia K – koncentracijos linijinio priklausymo nuo dydžio, atvirkščio ekspozicijos laikui ($1/t$), statuma, esanti kaip mažiausia ekspozicijos dozė, sukelianti 50 % gyvūnų toksinį efektą esant pakankamai aukštai koncentracijai, kai narys $C/(C - b)$ artėja prie vieneto; b – dydis, atitinkantis grafiko plotą nuo koordinatų pradžios iki susikirtimo taško su ordinatės ašimi, ant kurios žymimos koncentracijų reikšmės (ji išreiškia nutolimo laipsnį nuo Chaberio taisyklės, esant sąlyginai mažai toksinų koncentracijai).

Padidėjusios ir specifinės ekspozicijos dozės sąsaja vadinama frakcine efektyviaja doze (FED). Esant kintančiai toksino koncentracijai, FED apskaičiuojama kiekvienam mažam laiko intervalui (dt). Laikas, kai FED suma pasiekia vienetą, yra laukiamas toksinio efekto pasireiškimo laikas (pvz., 50 % gyvūnų žūsta, 50 % gyvūnų netenka sugebėjimo judėti, žmogaus praranda sąmonę ir kt).

Išreikštas kiekvieno toksino matematinis FED modelis atrodo taip (3.12):

$$\int_{t_0}^t (C_i C_i t c_i ;) dt. \quad (3.12)$$

Sudėtingesniame FED modelio variante atsižvelgiama į nuokrypį nuo Chaberio taisyklės (3.13):

$$\int_{t_0}^t (C_i - b_i) / K_i dt. \quad (3.13)$$

Dar šiek tiek pakeitus išraišką, FED koncepcija tampa tokia (3.14):

$$a \int_{t_0}^t [C(t - t_0) - C_0] dt; \quad (3.14)$$

čia C_0 – ribinė toksinio komponento (toksino) koncentracija; t_0 – mažiausias toksinio efekto pasireiškimo laikas; a – kiekvieno toksino konstanta, pat nustatoma iš duomenų bazės „koncentracija–laikas–efektas“.

FED modelio kūrėjai daro prielaidą, kad degimo produktuose esantys ir skirtingą poveikį turintys cheminiai junginiai gyvam organizmui tikimybinu požūriu sukelia efektą, kuris maždaug atitinka komponentų sumuojamų poveikių efektą.

Kaip atskiras toksinas gali būti tiriami atskiroms medžiagoms degant išsiskiriantys dūmai. N toksinų (N medžiagu) FED modelis atitinka (3.15):

$$\sum_{i=1}^N \int_{t_0}^t (C_i - b_i) / K_i dt; \quad (3.15)$$

čia C_i – toksino arba dūmų koncentracija.

Dūmų koncentracija, kaip laiko funkcija, apskaičiuojama pagal lygtį (3.16):

$$C_i = \int_{t_0}^t (m/V) dt; \quad (3.16)$$

čia m – masinis išdegimo greitis (masės netekimo greitis); V – patalpos, į kurią patenka dūmai, tūris.

JAV nacionalinio standartų biuro gaisrų tyrimo centras FED apskaičiuoti, kurdamas modelį „Hazard-1“, panaudojo mirtinos dūmų koncentracijos vidurkį 30 mg/l. Nurodyta dūmų koncentracija imta visoms medžiagoms, kai ekspozicija trunka 30 min, o tolesnis gyvūnų stebėjimas – 14 parų. Mirtiną efektą sukelianti ekspozicijos dozė sudaro 900 mg/l. Tačiau FED dūmų koncentracijos nustatymo galimybės yra ribotos dėl duomenų bazės su CL_{50} reikšmėmis trūkumo, o CE_{50} reikšmių nėra esant kitoms ekspozicijoms (išskyrus 30 min).

FED modelis išbandytas atliekant tyrimus su grynomis dujomis, tokiomis kaip CO ir HCN, bei su jų mišiniu. Skaičiavimų ir eksperimentų duomenys apie šių dujų toksinį poveikį žiurkėms sutapo. Tam, kad išsiaiškintume šių duomenų taikymą ekstrapoliacijos būdu žmogui, buvo atlikti bandymai su beždžionėmis. Parodyta, kad baltosios žiurkės gali būti tinkamu biologiniu žmogaus modeliu, nustatant nurodytų toksinų koncentracijos ir laiko poveikio parametrus, kuriems esant organizmą ištinka šokas arba mirtis.

Liko galutinai neišspręstas sudėtingesnis klausimas apie duomenų ekstrapoliavimą, tiriant degimo produktų, turinčių vandenilio chlorido ir kitų iritantų, toksinius efektus.

FED modeliui būdingas glaudesnis dujų su toksiniais efektais matavimų rezultatų ryšys, nes remiasi pagrindine toksikometrijos priklausomybe „koncentracija–laikas–reakcija“. Be to, FED modelis turi laiko funkcijos toksinio efekto prognozavimo galimybę, nors ji ribota, nes nėra būtinos duomenų bazės. Taip pat duomenų, apibūdinančių priklausomybę „koncentracija–laikas–reakcija“, trūkumas pastebimas ir apskaičiuojant FED daugeliui kitų degimo produktų komponentų.

Pažymėtini ir kiti JAV sukurti modeliai. Iš dalies užsiminta apie narkotinių dujų (N-dujų) modelį, sukurtą remiantis keturių dujų po-

veikio organizmui tyrimo rezultatais. Numatant 50 % gyvūnų žūti per 30 min ekspoziciją arba periodą, į kurį įeina apnuodijimo laikas ir 24 h po jo, buvo išvesta empirinė lygtis (3.17):

$$m[\text{CO}]/([\text{CO}_2] - b) + \text{HCN}/CL_{50\text{HCN}} + (21 - [\text{O}_2])/(21 - 5,4) \approx 1; \quad (3.17)$$

čia skliaustuose turi būti nurodytos faktinės dujų koncentracijos (su sąlyga, kad $CL_{50\text{CO}}$ žiurkėms atitinka 6 600 mln⁻¹), $CL_{50\text{HCN}} - 110$ mln⁻¹, esant 30 min ekspozicijai ir 20 h stebėjimui ir 160 mln⁻¹ – tik apnuodijimo metu; 50 % gyvūnų žūsta per 30 min, esant 5,4 % [O₂]; m ir b atitinkamai lygios 18 ir 122 000, jei [CO₂] lygi arba mažesnė kaip 5 %, bei 23 ir 39 000, jei [CO₂] didesnė kaip 5 %.

Kadangi esant mirtinam lygiui degimo produktų koncentracijos efekto poveikis staigiai didėja, 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, esant 0,10 standartinei paklaidai. *N*-dujų modelis skirtas keturių dujų degimo produktų toksiniam efektui įvertinti ir kai kuriais atvejais leidžia sumažinti eksperimentų su gyvūnais skaičių, tačiau jis nenumato iritantų įtakos ir, kitaip nei FED modelis, negali būti panaudotas toksinio efekto pasireiškimo laikui prognozuoti.

Šoko būsenai, t. y. žmogaus judėjimo funkcijos paralyžiui prognozuoti ekstremaliomis gaisro sąlygomis, D. A. Purseris ir kiti pasiūlė fiziologinį modelį. Jį naudojant būtina turėti pradinis duomenis apie žmogaus organizmo fiziologines reakcijas į CO, CO₂, HCN, iritantų, deguonies trūkumo, aukštos temperatūros poveikį. Tai numatant, dujų, turinčių narkotinį poveikį, mišriojo poveikio efektai apskaičiuojami pagal šiuos principus:

- efektai, atsirandantys dėl bendrojo anglies oksido, vandenilio cianido ir hipoksinės hipoksijos (deguonies trūkumo) poveikio, vertinami tiesioginio sumavimo būdu;

- CO₂ pagreitina CO ir HCN kaupimąsi organizme proporcingai paveikdamas kvėpavimo tūrį per minutę;
- narkotinis CO₂ efektas nepriklauso nuo kitų dujų efekto.

Remiantis šiais principais, išvesta narkotinių dujų frakcinė dozė (3.18):

$$F_{in} = \left[(F_{iCO} + F_i H_{CN}) V_{CO_2} + F_{iO_2} \right] \quad \text{arba} \quad F_{iCO_2} \quad (3.18)$$

čia F_{in} – visų narkotinių dujų frakcinė šoko dozė; F_{iCO} – CO šoko dozės frakcija; F_{iHCN} – HCN šoko dozės frakcija; – hiperventiliacijos, sukeltos CO₂, koeficientas; F_{iO_2} – šoko dozės frakcija, susijusi su deguonies trūkumu; F_{iCO_2} – anglies dioksido šoko dozės frakcija.

Minutės ekspozicijai šoko dozės atitinka (3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23):

$$F_{iCO} = 8,2925 * 10^{-4} [\text{CO}]^{1,036} / 30; \quad (3.19)$$

$$F_{iHCN} = 1 / (5,396 - 0,020 [\text{HCN}]); \quad (3.20)$$

$$V_{CO_2} = \left[\exp(0,2496 [\text{CO}_2]) + 1,9086 \right] / 6,8; \quad (3.21)$$

$$F_{iCO} = 1 / \exp(8,13 - 0,56(20,9 - [\text{O}_2])); \quad (3.22)$$

$$F_{iCO_2} = 1 / \exp(6,1623 - 0,5189 [\text{CO}_2]); \quad (3.23)$$

čia [CO] ir [HCN] – mln⁻¹; [CO₂] ir [O₂] – %.

Narkotinių dujų efektų skaičiavimai savo vertėmis papildoma spindulinio ir konvekcinio šiluminio poveikio, matomumo sumažėjimo uždūmintoje aplinkoje, degimo produktų dirginančio poveikio viršutiniams kvėpavimo takams ir plaučiams įtaką. Be to, spinduliniam šiluminiam poveikiui, matomumo sumažėjimui ir degimo produktų dirginančiam poveikiui rastos ribinės reikšmės, kurias viršijus susidaro pavojinga situacija. Konvekcinio šiluminio poveikio efektas nagrinėjamas kaip akumuliuotas frakcinių dozių efektas.

Fiziologinis modelis yra pranašesnis, palyginti su FED ir N-dujų modeliais. Jo realizacija neatsiejama nuo duomenų, gautų atliekant bandymus su gyvūnais, taikymo žmogui. Tačiau akivaizdu, kad taikant šį modelį remiamasi platesniais pradiniais duomenimis, apibūdinančiais aplinką, esančią arti gaisro židinio, ir jos kenksmingo poveikio organizmui efektus. Kai pradiniai duomenys netikslūs ir jų trūksta, sunku šį fiziologinį modelį taikyti prognozavimo tikslais.

Kanados mokslinės tyrimų tarybos matematinis modelis apima lygčių sistemą, sudarytą remiantis priklausomybe „koncentracija–laikas“ individualioms dujoms ir dvi- bei trikomponenčiams mišiniams. Nuo kitų modelių jis skiriasi sudedamosiomis lygčių dalimis, išreiškiančiomis efektyvią koncentraciją, kurią pasiekus įmanomas laukiamas toksinis efektas ir komponentų sąveika, patenkant dujoms į organizmą mišinių pavidalu. Lygčių sprendimas remiasi duomenimis, gautais atlikus bandymus su 20 dienų amžiaus baltosiomis pelėmis. Bandymais buvo nustatomas sugebėjimo judėti praradimo ir gyvūnų žūties laikas esant izoliuotajam dujų (CO , NH_3 , NO_2 , HCl , HCN , CO_2), 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.

Pagal atliktus skaičiavimus nustatytos kiekybinės konstantų reikšmės, apibūdinančios priklausomybę „koncentracija–laikas“ individualioms dujoms ir jų mišiniams. Parodyta, kad mišinių toksinis efektas nustatomas sumuojant individualius toksinų poveikius ir nepriklauso nuo jų tarpusavio sąveikos. Autoriai mano, kad modelis tinka apskaičiuojant galimą žmonių evakuacijos laiką gaisro atveju, kai žinomi pagrindiniai dujų aplinkos komponentai ir jų toksikologinės charakteristikos.

Taigi apibendrinant galima teigti, kad, vertinant degimo produktų toksiškumą pagal cheminius analitinius matavimus, požiūriai skiriasi. Keli požiūriai remiasi pagrindinių degimo produktų sudėties komponentų koncentracijų sumavimu. Kitų požiūriams įgyvendinti būtinos išsamesnės toksikologinių dėsningumų žinios, o visų pirma – apie pagrindines toksi-kometrijos priklausomybes „koncentracija–efektas, koncentracija–laikas, koncentracija–laikas–efektas“.

Pagal pateiktus duomenis galima daryti išvadą, kad, analitiškai verti-

nant toksiškumą, vyrauja matematinis modeliavimas. Pasiūlyti modeliai skiriasi pagal paskirtį ir panaudojimo sritį, sudėtingumo laipsnį ir turimus pradinis duomenis, tačiau visuose modeliuose galima išvelgti bendrą jų sukūrimo principą: prognozuojamas toksinis lakiųjų medžiagų, išsiskiriančių degant polimerinėms medžiagoms, efektas yra pagrindinių toksinų efektų sumavimas. Autorių nuomone, šis vienareikšmis toksinų, patenkančių į organizmą įkvėpus, tarpusavio sąveikos vertinimas yra leistinas.

3.4. Degimo produktų toksiškumo biologinio įvertinimo kriterijai

3.4.1. Mažo mastelio medžiagų bandymai ir bendrieji reikalavimai

Degimo produktų toksiškumas tyrinėjamas atliekant didelio, vidutinio ir mažo mastelio bandymus. Nuo modeliavimo mastelio priklauso, kiek bandymų sąlygos bus panašios į dujines aplinkos susiformavimo ir toksinio poveikio sąlygas esant gaisrui. Suprantama, kad didelio, o ypač normalaus mastelio modelis gali geriausiai imituoti gaisro scenarijų. Tačiau jis daugiau tinka tirti medžiagų veikimui sąlygomis, panašiomis į realių gaisrų, ir toksinio pavojaus prognozuojamam įvertinimui patvirtinti negu apibrėžti toksiškumui, kuriam esant pirmiausia būtina nustatyti bandymų serijos priklausomybę „koncentracija efektas“ arba „dozė–efektas“.

Šiuolaikiniai moksliniai degimo produktų toksikologijos tyrimai dažniausiai atliekami mažo mastelio medžiagų bandymais. Jie ne tik ekonomiškai pranašesni, bet ir suteikia daugiau bandymų sąlygų kontrolės ir reguliavimo galimybių. Tačiau mažo mastelio bandymai turi esminį trūkumą – sunku ekstrapoliuoti gautus duomenis didelio mastelio eksperimentų ir realių gaisrų situacijų sąlygomis.

Mažo mastelio medžiagų bandymams atlikti ir degimo produktų biologiniams efektams nustatyti siūloma per 20 metodinių darbų. Pagrindinių charakteristikų skirtumai darbuose yra esminė priežastis, dėl kurios gaunami nekoreliuojantys palyginamųjų tyrimų rezultatai, taip pat klaidingas medžiagų potencialaus pavojaus įvertinimas.

Metodų įvairovė susijusi su tuo, kad jie buvo kuriami įvairiais tikslais, būtent: tyrimams, keitimuisi informacija, tinkamų medžiagų atrankai, jų klasifikacijai ir lyginamajam įvertinimui, galutiniam matematiniam modeliavimui reikalingiems duomenims gauti, toksiniam pavojui gaisro metu įvertinti, standartams, specifikacijoms, taisyklėms kurti ir t. t. Dėl to pasirenkant ar kuriant metodą pirmiausia turi būti nustatomas tikslas, kam jis skirtas. Pagrindinis mažo mastelio medžiagų bandymų tikslas – gauti kiekybinius degimo medžiagų toksiškumo duomenis, kuriuos kartu su kitais duomenimis apie pavojingas medžiagų savybes reikia panaudoti įvertinant medžiagos arba gaminio panaudojimo pagal paskirtį galimybes, atsižvelgoant į jų saugumą gaisro atveju.

Kai kurie autoriai teigia, kad esant šiuolaikiniam metodinių darbų lygiui mažo mastelio bandymų tikslai turi būti ribojami ir gali būti tokie: medžiagų atranka pagal degimo produktų toksinio poveikio lyginamojo įvertinimo rezultatus; medžiagų identifikavimas, kurioms degant išsiskiria ypač toksiškų lakiųjų medžiagų mišiniai; tyrinėjimai, plečiant žinias degimo produktų toksikologijos srityje.

Įvairių tikslų išskėlimas, atliekant mažo mastelio tyrimus, nesusijęs su bendrųjų principų pakeitimu, kuriant laboratorines bandymų sistemas. Tokios sistemos turi užtikrinti: medžiagų bandinių sudegimą (pirolizę, termooksidacinį skilimą), kad galima būtų generuoti degimo produktus; gyvūnų apnuodijimą, būtiną toksiškumo rodikliams nustatyti; degimo produktų cheminę analizę pavojingesniems komponentams identifikuoti ir jų išsiskyrimo lygiui bei (arba) greičiui nustatyti.

Vertinant degimo produktų toksiškumą sudėtinga sukurti gaisro modelį mažo mastelio įrenginyje. Nuo to priklauso, kaip degimo produktai, išsiskiriantys bandant medžiagas, atitinka pagal sudėtį ir toksiškumą dūmus, susidarančius degant medžiagoms gaisro sąlygomis. Atitikimo kriterijumi gali būti CO_2/CO santykio lygybė, kuri, kaip ir degimo produktų sudėtis, yra glaudžiai susijusi su degimo sąlygomis arba bandymo režimu įrenginyje. Svarbiausi veiksniai, lemiantys CO_2/CO santykį, yra šiluminio poveikio medžiagai parametrai (šilumos srauto tankis, aplinkos temperatūra) ir deguonies koncentracija jo skilimo arba degimo reakcijų zonoje.

Tarptautinės standartizacijos organizacijos (ISO) techninis komitetas 92/3 medžiagų degimo produktų toksiškumui tirti atliekant laboratorinius bandymus rekomenduoja modeliuoti tipines gaisrų sąlygas (3.9 lentelė).

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

| Proceso pobūdis | Dujinės oro aplinkos parametrai | | Šilumos srauto tankis, kW/m ² | CO ₂ /CO |
|---|--|-----------------|--|---------------------|
| | tūrinė O ₂ koncentracija, % | Temperatūra, °C | | |
| Smilkimas | 21 | < 100 | – | Mažas kiekis |
| Oksidacinis beliepsnis termoskilimas | 5–21 | < 500 | iki 25 | Mažas kiekis |
| Bliepsnė pirolizė | < 5 | iki 1000 | – | Nedidelis kiekis |
| Besiplečiantis liepsninis degimas | 10–15 | 400–600 | 20–40 | 100–200 |
| Visiškai išsiplėtęs liepsninis degimas, esant mažam dujų apykaitos greičiui | 1–5 | 600–800 | > 40 | < 10 |
| Visiškai išsiplėtęs liepsninis degimas, esant dideliame dujų apykaitos greičiui | 5–10 | 600–1 200 | 50–150 | < 10 |

3.9 lentelėje pateikti parametrai visiškai atspindi medžiagų degimo gaisruose sąlygų kitimo diapazoną, kurį rekomenduojama išanalizuoti atliekant degimo produktų toksikologinius tyrimus. Į juos reikėtų orientotis, reglamentuojant medžiagų bandinių eksponavimo sąlygas atliekant mažo mastelio bandymams.

Renkantis tipinį gaisro modelį, svarbu atsižvelgti į bandymų tikslą (lyginamasis vertinimas, moksliniai tyrimai), medžiagų panaudojimo objektuose ypatybes (vietovė, ventiliacijos sąlygos ir t. t.), įtikinamesnį gaisro scenarijų. Naudinga informacija gali būti taip pat statistiniai duomenys apie aplinkybes, lėmusias žmonių žūtį gaisruose. Remiantis šiais duome-

nimis, daroma išvada, kad svarbiausią reikšmę turi smilkstantis degimas, laisvasis degimas ir gaisrai, priklausantys nuo ventilacijos sąlygų.

Nustatyti reikalavimai keliami bandymų sistemoms, priklausančioms tai bandymų sistemos daliai, kuri skirta gaisro sąlygoms imituoti ir degimo produktams generuoti:

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

2. Viso bandymo metu degantis bandinys turi gauti pakankamai oro.

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

4. Degimo ir apnuodijimo kameroje būtina užtikrinti mažiausius dujų ir dalelių nuostolius dėl degimo produktų reakcijos su sienelių medžiaga ir suodžių nusėdimo.

5. Reikia atkreipti dėmesį į svarbų, tačiau mažai ištirtą kintamąjį – irimo produktų buvimo laiką padidintos temperatūros zonoje. Ilginant šį laiką, sudėtiniai produktai vis daugiau irs ir išsiskirs CO₂, CO, H₂O, HCN ir HCl.

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

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

8. Eksponuojant pavyzdžius, matuojamas deguonies bei anglies dioksido išsiskyrimas ir deguonies sunaudojimas. Šie parametrai taip pat susiję su gaisrų dydžiais. Bandant azoto turinčias medžiagas, gali kontrolės prireikti susidarant vandenilio cianidui. Testuojant halogenų 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 vieno bandymo prie kito bandymo koncentracijos reikšmė galima dviem būdais: a) tiriamųjų pavyzdžių dydžių didinimas arba mažinimas, esant pastoviam atskiedžiamojam

oro tūriui; b) degimo produktų atskiedimo laipsnio pakeitimas, esant vienodiems bandinių dydžiams.

10. Gali būti du bandymo sistemos variantai priklausomai nuo šiluminio poveikio režimo pritaikymo, pavyzdžiui: pirmasis – sistema, užtikrinanti pavyzdžio skilimą esant fiksuotai bandymo temperatūros reikšmei; antrasis – sistema, kurioje temperatūra pakyla nurodytu liniiniu greičiu. Abu variantai yra tinkami, nors kiekvienas iš jų turi tam tikrų apribojimų.

Darbuose, kurie akcentuoja biologinio modelio kriterijus, yra pateikti bendrieji 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 inertiškesnės, nelinkusios absorbuoti ir netrukdančios stebėti gyvūnus ekspozicijos metu. Kuriant sistemą reikia numatyti greitą kameros tūrio užsipildymą degimo produktais ir efektyvų homogeninį jų susimaišymą su oru.

Žinomi du gyvūnų apnuodijimo būdai: statinis ir dinaminis. Taisant statinį būdą, bandymai atliekami uždaroje sistemoje ir degimo produktų koncentracijos profilis yra nestabilus. Dinaminis būdas skiriasi tuo, kad sistema atvira, ir degimo produktai patenka į apnuodijimo kamerą su priverstinai judančiu atskiesto oro srautu. Šiuo atveju teoriškai pasiekama, kad degimo produktų koncentracijos lygis taptų stabilus gyvūnų kvėpavimo zonoje, tačiau su sąlyga, kad ekspozicijos metu užtikrinamas nenutrūkstamas ir tolygus medžiagos pavyzdžio deginimas.

Apnuodijimo procedūros gali skirtis ir kitomis charakteristikomis, pavyzdžiui, pagal gyvūnų ekspozicijos trukmę. Tam, kad būtų nustatyta degimo produktų efektyvios koncentracijos priklausomybė nuo ekspozicijos laiko, tyrimą reikia atlikti esant mažiausiai dviem laiko veiksnio reikšmėms: 5 min ir 30 min. Iš esmės bandymų rezultatai priklauso ir nuo to, ar degimo produktai veikia visą gyvūno kūną, ar tik nosies sritį.

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

- ekspozicija turi užtikrinti gerai reprodukuojamų bandymų rezultatų gavimą;

- ekspozicijos metu neleidžiami dideli šilumos krūviai, gyvūnai turi netrūkti deguonies;
- bandymų sistema turi tiktai priklausomybei „koncentracija–reakcija“ arba „koncentracija–laikas“ tirti;
- degimo produktų koncentraciją bandymų metu reikia keisti atskiedžiant orą, kad santykis tarp komponentų liktų pastovus;
- ekspozicijos metu būtina matuoti toksinų (CO, CO₂, HCl, HCN) ir deguonies koncentraciją, pageidautina nuolatinės kontrolės metodais.

Bandymams paprastai naudojamos baltosios žiurkės ir baltosios pelės, apie kurias yra daug duomenų, kiekybiškai apibūdinančių degimo produktų ir jų komponentų toksiškumą. Be to, šios laboratorinių gyvūnų rūšys gali būti tinkamas žmogui modelis, tiriant tokius gaisro dujų efektus, kaip sąmonės praradimas ir mirtis.

Bandomieji gyvūnai turi būti tiekiami iš prestižinės veislyklos, priklausyti vienai žinomai veislei ir būti sveiki. Bandymams atrenkami vienodi kiekiai lytiškai subrendusių patinų ir patelių. Jei nėra skirtumo, kokia bus gyvūno lytis, bandymai atliekami su patiniais. Pageidautina, kad gyvūnų atrinkimas būtų reprezentatyvus, tai svarbu statistiškai apdorojant eksperimentinius duomenis.

Ekspozicijos metu vizualiai registruojami gyvūnų elgesio pokyčiai ir kiti intoksikacijos požymiai. Objektyviai organizmui arba atskiroms jo sistemoms įvertinti taikomi instrumentiniai metodai. Iškart po ekspozicijos atliekama klinikinė apžiūra, nustatomas karboksihemoglobino kiekis kraujyje, o kai kuriems požymiams ir kiti tyrimai, (pvz., cianidų kiekis kraujyje ir t. t.).

Poekspozicinis išgyvenusių gyvūnų periodas trunka 14 parų. Pažymimas per šį periodą letalinių baigčių skaičius ir jų pradžios terminai, kūno masės pokyčiai, kitos intoksikacijos pasekmės. Pagal galimybes tiriama pažeistų funkcijų atkūrimo dinamika. Paprastai įprastiniai bandymai baigiami konstatavus gyvūnų žūtį. Norint stebėti kritusius gyvūnus ir gyvūnus, numarintus pasibaigus 14 parų stebėjimui, siūloma nusiųsti vidaus organus patomorfologiniams tyrimams atlikti.

Atliekant specialius bandymus, skirtus bendriesiems gaisro dujų toksinio poveikio dėsningumams nustatyti ir jų specifiniams efektams iš-

tirti, kartais kaip bandomieji gyvūnai vietoj pelių ir žiurkių naudojamos beždžionės, triušiai, jūrų kiaulytės, muselės drozofilos ir kt.

Laboratorinių bandymų metu reikalingi medžiagų cheminiai tyrimai. Jie turi svarbią reikšmę degant medžiagoms išskiriant svarbiausius sudėtinių lakiųjų medžiagų mišinių, komponentus. Aptikus labai toksiškus mišinius, taikant analitinius metodus galima identifikuoti junginį, lemiantį mišinio toksiškumą. Kitu atveju išaiškėja, kad degimo produktų sudėtyje yra žinomo toksiškumo lakiųjų medžiagų, tačiau ypač didelis kiekis (pavyzdžiui, CO, bandant fenoplastus smilkimo režimu). Atliekant analitinius matavimus tampa akivaizdu, kad degimo produktų toksiškumas priklauso nuo pagrindinio polimero struktūros, taip pat nuo degimo inhibitorių ir kitų kompozicinės medžiagos priedų. Pagal tyrimų rezultatus ir pirmiausia CO₂/CO santykį yra vertinamas degimo proceso atkuriamumas bandymo metodo tinkamumas. Tyrimai taip pat reikalingi patvirtinti, kad gyvūnų apnuodijimo metu deguonies lygis kvėpavimo zonoje nenukrinta iki lygio, kuriam esant reikia tikėtis degimo produktų ir hipoksinės hipoksijos poveikio efekto organizmui.

Cheminiai tyrimai dažniausiai apsiriboja degimo produktų sudėtyje esančių dujų, kurios kelia didžiausią pavojų, koncentracijos nustatymu. Būtinai reikia ištirti CO, CO₂, O₂, kurių koncentracijos turi būti matuojamos nuolatinės kontrolės metodais. Be to, priklausomai nuo pavyzdžių cheminės medžiagos kilmės (elementų sudėties) nustatoma: bandant azotą – HCN, N_xO_y; bandant chlorą – HCl; bandant bromą – HBr; bandant fluorą – HF; bandant sierą – SO₂. Tiriant organinių junginių klases lakiąsias toksines medžiagas, tikslingi yra akroleino, formaldehido, benzolo, fluoro organinių junginių, o beliepsnio termoskilimo sąlygomis ir kai kurių polimerinių medžiagų – monomerų (stireno, metilmetakrilo ir kt.) išsiskyrimo lygių matavimai. Dauguma išvardytų junginių dar neturi pramoninių automatinų analizatorių. Todėl jiems nustatyti taikomi kolorimetriniai, titrometriniai, linijiniai ir koloristiniai metodai, infraraudonoji spektroskopija, dujinė chromatografija, potenciometrija panaudojant selektyviųjų jonų elektrodus. Tais atvejais, kai būtina nustatyti platesnį organinių junginių spektrą ir (arba) identifikuoti supertoksišką, naudojamas didelę skiriamąją gebą turintis dujinis chromatografas.

Identifikacijos rezultatams patvirtinti reikia atlikti masės spektrometrinį tyrimą, ištirti naudojant chromatografą išskirtus produktus.

Pakankamai sudėtinga yra dujų ėmimo tyrimams technologija. Tai paaiškinama tuo, kad daug junginių, tokių kaip vandenilio chloridas, vandenilio fluoridas, sieros dioksidas, vandenilio cianidas, azoto oksidai, gali būti absorbuojami kondensuotųjų vandens garų, absorbuotis ant kietųjų dūmų dalelių, dalyvauti cheminėse reakcijose su ant ėmimo vamzdelio sienelių esančiomis medžiagomis.

Kad būtų gautas kokybinis ir kiekybinis degimo produktų toksinis įvertinimas, informacija, gauta atliekant mažo mastelio medžiagų bandymus, apibendrinama ir susisteminama.

3.4.2. Degimo produktų nuodingojo poveikio rodikliai

Toksiškumo tyrimų specifika susijusi 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 daug komponentų su nežinomomis toksiškumo charakteristikomis toksiškumą;
- mišinio, pasižyminčio sinergetišku, antagonistiniu ir suminiu toksinio poveikio savybėmis, toksiškumą.

Be to, toksiškumo poveikį gaisro metu reikia vertinti kaip staigų ir labai intensyvų. Toks poveikis gyvo organizmo sveikatai yra pavojingesnis, nes sutrumpėja organizmo kompensacinių mechanizmu aktyvavimosi laikas.

Taigi galima suformuluoti kai kurias pradines prielaidas toksiškumui apibūdinti. Pirma, būtina įvertinti, ar medžiagų bandymų sąlygos atitinka realių gaisrų sąlygas. Tačiau esant nedideliems bandymų pavymzdžiams mažo mastelio įrangoje neįmanoma reprodukuoti veiksmų komplekso, lemiančio visą gaisro procesą. Todėl toksiškumą siūloma apibrėžti būdingomis gaisro sąlygomis, kurios labiau nei kitos tipinės sąlygos padeda išsiskirti lakiosioms tipinėms medžiagoms, ir sukuria- mas potencialus bandomosios medžiagos pavojus.

Antra, sudėtinga degimo produktų sudėtis biologiškai juos vertinant iš anksto nustato prioritetinę suminių rodiklių reikšmę, kurie kiekybiškai išreiškia bendrąją organizmo reakciją į viso mišinio lakiųjų medžiagų poveikį, įvertinant mišriojo poveikio efektą.

Trečia, turint omenyje ekstremalų būdingąjį toksinį poveikį gaisro atveju, biologinių gaisro dujų bandymų metu pirmiausia reikėtų įvertinti gyvojo organizmo ištvėrmės ribas, t. y. mirtiną (letalinį) ir nemirtiną (subletalinį) toksiškumo lygį.

Techninio komiteto rekomendacijose 92/3 ISO nurodyta dar viena svarbi metodologinė toksinio produkto degumo apibūdinimo prielaida. Aišku, kad lakiųjų medžiagų intoksikacija, degant polimerinėms medžiagoms, dažniausiai pasireiškia dviem klinikiniais simptomais. Vienas iš jų apibūdina narkotinių dujų veikimą (CO, HCN), kai žmogus netenka sąmonės ir miršta. Kitas atspindi dirginančiųjų dujų ir garų įtaką (HCl, HF, azoto oksidas, aldehydai), kurie riboja nukentėjusiojo galimybę palikti pavojingą zoną, nes pažeidžia akis ir viršutinius kvėpavimo takus. Todėl iritantiems dėl jų aštraus poveikio pažeidus plaučių audinius, mirtis gali būti registruojama praėjus skirtingam laikui. Pripažįstama, kad, atliekant eksperimentus galima skirtingai įvertinti tiek narkotinio, tiek ir dirginančio degimo produktų poveikio efektą. Įrodyta, kad nustatant žmogaus sąmonės pažeidimus, sukeliančius negalėjimą judėti, galima taikyti duomenis, gautus atliekant tyrimus su laboratoriniais gyvūnais. Iritantų efektus įvertinti sunkiau. Jie nesukelia gyvūnams judėjimo funkcijų pažeidimų, kai yra mirtinas koncentracijos kiekis. Nėra duomenų, patvirtinančių, kad sudirginimo simptomai, stebimi atliekant bandymus su gyvūnais, kokybės atžvilgiu gali būti lyginami su žmogaus organizmo reakcijomis veikiant iritantiems. Tik duomenys, gauti atliekant bandymus su baltosiomis žiurkėmis ir primatais, pagal mirties ištikimo kriterijų tarpusavyje pakankamai gerai atitiko.

Kiti degimo produktų biologiniai efektai mažiau ištyrinėti. Jie gali būti aptikti klinikiniais tyrimais tiriant gyvūnus, jų vidinių organų patologinio-histologinio įvertinimo būseną arba taikant specialius tyrimų metodus. Originalūs bandymai buvo atlikti Bratislavos universitete, jų metu tirtas putų poliuretano degimo produktų toksinis ir mutageni-

nis poveikis musėms drozofiloms. Nustatyta, kad tik 30 % iš likusiųjų gyvų musių išsaugojo genetines savybes. Taigi tiriant degimo produktų toksiškumą reikia numatyti kokybinį ir kiekybinį jų neigiamo poveikio įvertinimą.

Kiekybiškai toksiškumą apibūdinantys rodikliai dažniausiai nustatomi atliekant seriją bandymų, kurių metu nustatomos priklausomybės „koncentracija–efektas“ skaitinės vertės, todėl registruojama gyvūnų reakcija esant įvairiems degimo produktų koncentracijos lygiams. Toksinis efektas išreiškiamas logaritmine koncentracijos funkcija, o nurodyta priklausomybė apibrėžtame diapazone beveik panaši į tiesią liniją. Interpoliacijos randama koncentracija, sukianti registruojamą reakciją 50 % tiriamųjų gyvūnų. Beveik ta pati koncentracijos reikšmė gali būti nustatyta apdorojus eksperimentinius duomenis statistiniais metodais.

Iš integralinių toksikometrinių charakteristikų dažniausiai nustato masinį letalinio lygio poveikio rodiklį, t. y. medžiagos masę, lemiančią oro vienetą susidarantią vidutinę mirtiną degimo produktų koncentraciją. Šitas rodiklis literatūroje reiškiamas skirtingais simboliais: LC_{50} , WCL_{50} , PSL_{50} , HCL_{50} ir t. Iš pateikto toksinio rodiklių apibūdinimo matyti, kad jie turi būti išreikšti g/m^3 arba mg/l . Galimi ir kiti matavimo vienetai, pavyzdžiui, esant mažos apimties medžiagoms, t. y. atliekant klijuotų, kompozicinių ar lakuotų paviršių medžiagų bandymus.

Šitose situacijose medžiagų kiekį, lemiantį gyvūnų žūtį atliekant bandymus, gali rodyti jų apimties santykis arba oro apimties paviršius, kuriame pasiskirsto degimo produktai.

Apibūdinant mirtinas koncentracijas, nurodomas kiekvienos tiriamosios grupės žūties nuo degimo produktų laikas. Dėl matomumo sumažėjimo uždūmintoje patalpoje ir būtino operatoriaus saugumo (išlieka toksinių degių produktų išsiveržimo ir išmetimo į darbo zoną galimybė) vizuali registracija ne visada galima, todėl taikomi instrumentiniai būdai. Matavimo rezultatas yra vidutinis mirties laikas ir 50 % gyvūnų mirties laikas.

Kai kuriuose darbuose siūloma taikyti parametrų įvertinimą, nustatant degimo produktų koncentracijas per tam tikrą laiką. Šis parametras vadinamas įvairiai priklausomai nuo taikomos įvertinimo modifikacijos: „ekspozicijos dozė“, „užnuodijanti dozė“, „procedūrinė

dozė“ (jeigu kiekybine charakteristika yra nuodijimo laikas) ir „efektyvi dozė“ (matuojant laiką iki atsirandančios registruojamos gyvūnų reakcijos). Motyvuojant jo panaudojimo logiškumą paaiškėja, kad organizmo reakcija priklauso nuo „biologinės dozės“, t. y. prasiskverbusių toksinų kiekio. Neįmanoma praktiškai apskaičiuoti nuodingųjų degimo produktų biologinės dozės, nes tiek patekimo procesas, tiek daugelio junginių rezorbcija ir pasišalinimas iš organizmo vyksta skirtingai. Tačiau bet kuriuo atveju organizmo gauta dozė iki tam tikro lygio atitiks ekspozicijos dozę, o šia galima remtis atliekant toksinio poveikio intensyvumo matavimus.

Jeigu bandymuose taip pat nustatoma ir bandinio masės netektis, ji gali būti palyginimo rezultatų kriterijus medžiagoms, kurios skiriasi pagal nuodijimobūdą ir toksinę ekspoziciją gyvūnams toksinėje aplinkoje. Tiriamos ir masės netekties taikymo galimybės integruotame modelyje gaisro metu.

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

$$TI = K_i m_i / K_i; \quad (3.24)$$

čia K_i – mastelio koeficientas, kai $TI = 0$, jeigu per 30 min nežuvo nė vienas gyvūnas ir $TI = 100$, jeigu per 6 min žuvo visi gyvūnai; m_i – mirusiųjų gyvūnų skaičius per 1 min, $i = 6; 12; 18; 24; 30$ min.

Taigi rodiklis įskaito ir žuvusiųjų gyvūnų kiekį, ir jų žuvimo laiką. Esant vienodam gyvūnų kiekiui, toksiškesnės yra degančios medžiagos, kurios sutrumpina gyvūnų išgyvenimo laiką.

Charakteristikų paprastumas ir patikimumas, mirtino lygio vertės informatyvumas gaisrų metu lemia šių charakteristikų platų naudojamą potencialiam medžiagos pavojui įvertinti. Be to, būtina turėti omenyje, kad parametras CL_{50} kiekybinėje toksikologijoje visuotinai priimtas. Taigi mažo mastelio bandymais tirtų medžiagų gautų rezultatų analizei galima naudoti cheminio poveikio biologinio ekvivalentiškumo principą.

Tačiau mirtingumo kriterijus negali būti pagrindinis užtikrinant žmonių saugą gaisro atveju. Tam labiau tinka rodikliai, apibūdinantys nemirtiną degumo produktų poveikį. Toks poveikis gali sudaryti

skirtingus pavojaus lygius: viršutinė riba yra nemirtinas (subletalinis) lygis, žemesnė – leistina esant avarinėms sąlygoms.

Rodikliai, skirti nemirtinam toksiškumo pavojui įvertinti, apima koncentracijos ir laiko charakteristikas, kurioms esant atsiranda elgesio pakitimų, mažėja fizinės galimybės palikti pavojingą zoną, jautresnėms sistemoms. Todėl biologiniai efektai gali pasireikšti alternatyvia arba laipsnine forma.

Lyginamoji vertinamųjų rodiklių nemirtino poveikio analizė leidžia teigti, kad jie atspindi įvairaus sunkumo apsinuodijimus. Daugelis rodiklių parodo subletalinį poveikį, kai pavojaus atveju prarandama adekvati reakcija. Atliekant graužikų laboratorinius bandymus, ji pasireiškia tuo, jog gyvūnai negali judėti, dingsta reakcija, galūnės nereaguoja į elektrinį dirgiklį, jie negali išlaikyti pusiausvyros ant besisukančio strypo. Taikant šiuos testus parodyta, kad CO ir HCN subletalinė koncentracija, turinti narkotinį poveikį, baltosioms žiurkėms ir primatams turi panašią reikšmę.

Tarp rodiklių, apibūdinančių toksinio poveikio nemirtiną lygį, ypatingas dėmesys skiriamas judėjimo praradimui. Palyginti su mirtingumu, šis efektas rodo ekstremalų degimo produkto poveikį ankstesnėje jo stadijoje ir atspindi kritiškas išgyvenimo sąlygas. Kai kuriais atvejais jis gali pasireikšti daug anksčiau už mirtį. Tai įmanoma, pavyzdžiui, esant degimo produktams ir nervus paralyžiuojantiems nuodams. Toksiškumas pagal judėjimo praradimo kriterijų gali būti įvertintas atliekant bandymus su primatais, norint sumažinti žmonėms ekstrapoliacijos būdu taikomų rezultatų nepatikimumą.

Kriterijai, leidžiantys eksperimentiniuose tyrimuose apiboti toksinio poveikio lygį, dar nėra pakankamai apibrėžti. Toks poveikis neturi sukelti adekvačios saugumo reakcijos praradimo, mirties, negrįžtamųjų pokyčių organuose ir organų sistemose. Nustatant tokius kriterijus, gali būti naudinga informacija, gauta tiriant asmenų, apsinuodijusių gaisro metu, klinikinės analizės rezultatus.

Esant degimo produktų tam tikro lygio poveikiui avarinėmis sąlygomis, gali būti numatytas skirtingas saugumo laipsnis. Toks lygis išlaikomas, kol sudegusių medžiagų kiekis neviršija „avarijoje leidžiamos masės“ (ALM). Pagal šios masės reikšmę degimo produkto kenks-

mingasis poveikis ribojamas atliekant bandymus su gyvūnais pagal jų darbingumo sumažėjimą iki 50 % be negrįžtamųjų pokyčių gyvybiškai svarbiems organams ir organų sistemoms.

Kitas eksperimentais pagrįstas rodiklis yra PS_{extr} (*pondis saturatio extremus* – kritinė prisisotinimo masė). Rodiklis PS_{extr} išreiškia medžiagos masę, kuriai sudėgus tam tikrame tūryje susidaro degimo produktų koncentracija, sumažinanti tiriamųjų gyvūnų darbingumą ne daugiau kaip 30 % be negrįžtamųjų pakitimų organuose ir organizmo sistemose.

Darbingumui įvertinti taikomi elgesio testai, registruojamas judėjimo aktyvumas ir sąlyginis refleksinės reakcijos praradimas. Kartu būtina gauti duomenis apie širdies ir kraujagyslių būseną, nervus, kvėpavimo sistemą. Remiamasi cheminio kenksmingumo reglamentavimo principais avarinėmis sąlygomis. Pagal šiuos cheminio poveikio principus leistinojo lygio kriterijumi imama didžiausia leidžiamoji koncentracija (DLK). Ji apibrėžiama kaip medžiagos cheminė koncentracija, kuriai veikiant negresia pavojus gyvybei, žmonių sveikatai ir jų galimybės vykdyti gelbėjimo darbus avarijų metu. Leidžiama, kad darbingumas grįžtamai sumažėtų ne daugiau kaip 30 % nesant klinikinės intoksikacijos simptomų. Be to, galimi fiziologinių ir biologinių rodiklių pokyčiai, kurie normalizuojasi per 7 savaites po medžiagų poveikio.

DLK turi apimti platų laiko intervalą ir turi būti pateikta kaip funkcija, priklausanti nuo poveikio laiko. Siekiant nustatyti jos reikšmę, numatomi du etapai: eksperimentiniai bandymai su gyvūnais ir bandymai su savanoriškai sutikusiais dalyvauti žmonėmis. Šiam tikslui kruopščiai analizuojami duomenys apie sudėtingus įvykius buityje ir pramonėje.

Rodiklis PS_{extr} iš esmės yra DLK analogas, pritaikytas medžiagų degimo produktų toksinio poveikio tyrimams ir matavimams. Tačiau dėl daugelio priežasčių jį taikyti kaip leistinojo lygio kenksmingo poveikio kriterijų galima tik papildomai pagrindus. Kartais jo reikšmė negali būti patikrinta atliekant bandymus su savanoriais dėl to, kad trūksta duomenų apie degimo produktų sudėtį, arba dėl juose esančių pirmosios ir antrosios klasės pavojingumo medžiagų. Galimybės nu-

statyti PS_{extr} ir degimo produktų poveikio laiko funkciją plačiam polimerų spektrui yra sunkiai realizuojamos dėl ekonominių priežasčių.

Bandymai nustatyti kenksmingųjų toksinių komponentų leistinių jų koncentracijų reikšmes visai polimerų klasei taikant vieno klasės polimero bandymų rezultatus yra nepakankamai, nes mišinių toksinių koncentracijų santykis, išsiskiriantis iš skirtingų tos pačios klasės medžiagų, gali labai skirtis.

Taigi toksinių degimo produktų kiekybiniai rodikliai nurodo keturis jų poveikio lygius žmogaus organizmui: letalinį, subletalinį, ištvėriamą, leidžiamąjį, kuriuos atitinka mirtinas, sunkus (prarandama galimybė palikti pavojingą zoną), vidutinis pagal sunkumą ir lengvas apsinuodijimas. Toksikometrijos uždavinys yra atskirti tuos lygius, pagrindžiant jų įvertinimo rodiklius, ir įvertinus poveikio laiką nustatyti tarp lygių esantį santykį.

Atliekant toksikologinį degimo produktų vertinimą tikslinga iširti, nuo kokių komponentų labiausiai priklauso toksinis efektas. Tam atliekami analitiniai dujų koncentracijų matavimai nuodijimo kameroje, kurių rezultatai lyginami su tų pačių dujų efektyviosiomis koncentracijomis esant izoliuotam poveikiui. Daugeliu atvejų toks palyginimas pasirodo nepakankamas norint nustatyti pagrindinius komponentus, todėl taikomi kiti tyrimų būdai. Pirmiausia nustatomas karboksihemoglobino kiekis bandomųjų gyvūnų kraujyje. Cianidų reikšmei nustatyti degimo produktuose, išsiskiriančiuose iš azoto turinčių medžiagų, atliekamas jo koncentracijos matavimas ne tik gyvūnų kvėpavimo zonoje, bet ir kraujo mėginiuose ir t. t.

Nors yra daug tyrimo metodų ir degimo produktų toksiškumo įvertinimo kriterijų, atliekant mažo mastelio bandymus dažniausiai apsiribojama šiais: integralinio (suminio) toksiškumo rodiklio nustatymu (dažniausiai LC_{50} arba jo analogu), labiausiai tikėtinų toksikantų lygių išsiskyrimas, bandomųjų gyvūnų HbCO kiekio kraujyje nustatymas.

3.4.3. Medžiagų lyginamojo įvertinimo principai

JAV nacionalinės mokslo akademijos gairinės saugos komiteto išvados pabrėžia nevisišką laboratorinių bandymų metodų tinkamumą

prognozuojamam toksiškumo pavojui gaisro metu. Dujinės aplinkos toksiškumas degant vienoms degiosioms medžiagoms gali labai pasikeisti esant kitoms medžiagoms. Būtų klaidinga laikyti paprastus (nesudėtingus) bandymus pakankamais toksiniam pavojui nustatyti. Tokie bandymai suteikia galimybę logiškai įvertinti irimo, pirolizės ir degimo metu išsiskiriančių ypač nuodingų produktų toksiškumą.

Toksiškumas – tai tik vienas iš parametrų, apibūdinančių toksiškumo pavojų. Jo kompleksinis įvertinimas turi būti atliekamas atsižvelgiant į gaisro situacijos duomenis, medžiagos fizinę būklę ir sudėtį, jos aplinką, degimo produktų koncentracijas ir toksinio poveikio laiką. Dažniausiai toksinis pavojus nustatomas ne pagal lakiųjų degimo produktų prigimtį, o pagal jų sudarymo greitį, kuris savo ruožtu priklauso nuo tokių medžiagų charakteristikų, kaip užsiliepsnojimas, šilumos išskyrimo intensyvumas, greitas liepsnos išplitimas. Todėl toksiškumą galima vertinti kaip sudedamąją medžiagų gaisrinio pavojingumo dalį. Veiksnių, kurie gaisro metu lemia toksiškumo pavojų, žinojimas leidžia tyrėjams pasirinkti jo mokslinių tyrimų kryptį. Viena iš tokių kryptių orientuota į lyginamąjį medžiagų įvertinimą bei mažiausiai pavojingos medžiagos parinkimą.

Medžiagos lyginamajam įvertinimui naudojami letalinio, rečiau subletalinio toksinio poveikio lygio kriterijai. Lyginimui tinkamos vienodo tipo medžiagos, artimos pagal kompozicinę sudėtį ir kitas bendrąsias savybes. Kai bandomųjų medžiagų sąrašas pakankamai ilgas, siekiant palengvinti lyginimą jos surikiuojamos pagal toksiškumo didėjimą arba mažėjimą. Tačiau atlikti bandymai parodė, kad medžiagų išsidėstymas sąraše priklauso nuo bandymui taikomo metodo. Tiksliai polimerai, išsiskiriantys nepaprastai aukštu ir pačiu žemiausiu degimo produktų toksiškumo lygiu, užėmė sąraše vienodą vietą.

Praktinis įvertinimo būdas yra naujų kompozicinių ir kontrolinių polimerų parametrų sugretinimas. Kontrolinėmis pasirenkamos natūralios kilmės medžiagos (mediena, medvilnė, vilna, kamštis, celiuliozė). Iš sintetinių medžiagų kaip etalonai buvo išbandytos stiklo audinio ir polikarbonato medžiagos, tačiau plačiai nepaplito, nes manoma, kad naujos polimerinės medžiagos apsunkintų toksikologinį įvertinimą gaisro metu.

Tarp medžiagų, kurioms suteikiama etalono reikšmė įvertinant polimerinių kompozicinių degimo produktų toksiškumą ir jų pritaikymo galimybę, prioritetinę padėtį užima mediena. Įvairios jos rūšys (ąžuolas, pušis ir kt.) plačiai naudojamos atliekant serijinius bandymus ir tyrinėjimus.

Pavyzdžiui, Japonijos statybos ministerija standartizavo tokį polimerinių medžiagų laboratorinių bandymų metodą: degimo produktų toksiškumo laipsnis apibrėžiamas pagal baltųjų pelių negalėjimo pajudėti laiką per 15 min ekspozicijos. Etalonu imta raudonoji lauanos mediena.

Remiantis JAV „Vieningo statybos kodekso“ reikalavimu, plastikų degimo produktai neturi būti toksiškesni, palyginti su neapdirbtos medienos degimo produktais. Palyginti galima tik tas medžiagas, kurios išbandytos tomis pačiomis sąlygomis. „Toksiškumo pavojaus įvertinimo kilus gaisrui pastatuose ir transporte praktinis kodeksas“, parengtas pagal Britanijos instituto standartus, degimo produktų toksiškumą įvertina kaip normalų, jeigu nustatytas toksinis efektas atitinka medienos toksinį efektą, kai yra vienodos bandinių masės. Esant efektų skirtumui, toksiškumo potencialui įvertinti būtina įvesti toksiškumo potencijos koeficientą, kuris išreiškia medžiagos ir medienos toksiškumo santykį, esant identiškoms bandymo sąlygoms.

Visapusiškas medienos kaip etalono pripažinimas reikalauja įvertinti ir kai kurias negatyvias jos savybes. Pirma, mediena neturi aiškaus pranašumo prieš kitas medžiagas pagal tokią svarbiausią etalonams taikomą charakteristiką kaip atkartojamumas. Pavyzdžiui, pušies tyrinėjimai septyniose JAV nacionalinio biuro laboratorijose taikant standartinį metodą parodė, kad pradinis masinio toksimetrinio rodiklio LC_{50} 22,8 mg/l dydis, esant 95 % patikimumo intervalui, yra (13,4–32,2 mg/l), kai degimo režimas beliepsnis, ir atitinkamai 36,0 ir (21,1–50,8) mg/l, kai dega su liepsna. Taigi pagal tą pačią metodiką tos pačios rūšies medienos produktų toksikometriniai rezultatai, gauti skirtingose laboratorijose, skyrėsi daugiau nei du kartus. Antra, mediena, kaip ir kitos medžiagos, patvirtintos kontrolinėmis, negali būti universalus etalonas. Negalima medienos toksinių rodiklių lyginti su kitos paskirties medžiagų analogiškais rodikliais. Trečia, mediena ne-

gali būti vertinama kaip medžiaga su leidžiamais toksiškumo degimo produktais. Kokybinė ir kiekybinė sudėtis, taip pat medienos degimo produktų toksiškumas priklauso nuo bandomųjų pavyzdžių ypatybių (veislės, medžio struktūros, drėgnumo ir kt.), o daugiausia – nuo degimo sąlygų. Priklausomai nuo šių veiksnių medienos toksiškumo rodiklių kitimo ribos yra plačios ir gali pasiekti reikšmes, būdingas labai pavojingoms medžiagoms.

Greitas būdas degimo produktų toksiškumui įvertinti paremtas dujinių degimo produktų didžiausios koncentracijos nustatymu atliekant medžiagų bandymus ir suminiu toksiškumo koeficiento (R) apskaičiavimu:

$$R = n_i / f_i ; \quad (3.25)$$

čia n_i – didžiausia i dujų koncentracija; f_i – toksiškumo riba po 10 min ekspozicijos.

Priklausomybė nuo R reikšmės nustato 4 toksinių medžiagų kategorijas:

- 1 – abiau toksiški, palyginti su ažuolo mediena ($R > 100$);
- 2 – vienodo toksiškumo su ažuolo mediena (10,1–100,0);
- 3 – mažiau toksiški negu ažuolo mediena (1,1–10,0);
- 4 – netoksiški (0–1,0).

Ši klasifikacija pagrįsta realiu degimo produktų toksiškumu, kuris susidaro degant luboms iš medienos, kurių storis 20 mm, plotas 3x4 m ir aukštis 3 m.

Taip pat medžiagos į klases gali būti suskirstytos pagal masę, kuriai esant degimo produktai 50 % sumažina tiriamųjų gyvūnų kvėpavimo dažnumą, organizmo funkcinės stresinės būsenos pasireiškimą ir 50 % sukelia mirtiną efektą. Medžiagos etalonu pasirinkta pušies mediena. Išskirtos tokios medžiagų klasės: daug toksiškesnės; toksiškesnės; tiek pat toksiškos kaip ir mediena; mažiau toksiškos nei mediena.

Daugumoje polimerinėms medžiagoms parengtų metodinių klasifikacijų išvengiama būtinumo lyginti su mediena. Pavyzdžiui, medžiagas siūloma klasifikuoti pagal toksiškumo indeksą TI, t. y. naudojant degimo produkto mirtino efekto vidutinį laiką (3.10 lentelė).

3.10 lentelė. Polimerinių medžiagų klasifikacija pagal degumo produktų toksiškumo laipsnį

| Toksiškumo kategorija | HCL ₅₀ , g/m ³ | Medžiagų dalis iš išbandytų skaičiaus, % | |
|--------------------------|--------------------------------------|--|--------------|
| | | esant 600 °C | esant 850 °C |
| 1 – nepaprastai toksiški | Iki 10 | 0 | 85 |
| 2 – labai toksiški | 10–50 | 5,7 | 43,9 |
| 3 – ribotai toksiški | 51–150 | 37,7 | 28,1 |
| 4 – mažai toksiški | >150 | 56,6 | 19,5 |

Mažai pavojingų medžiagų TI diapazono reikšmės turi būti 0,00–6,66; gana pavojingų – 6,66–20,0; pavojingų – 20,0–40,0; labai pavojingų – 40,0–66,6; aukščiausio laipsnio pavojingumo – 66,6–100,00. Be to, čia mirtini atvejai, įvykę po ekspozicijos, neišskaitomi.

3.10 lentelėje pateikta klasifikacija, kur toksiškumo kriterijumi pasirinkta medžiagos masė, būtina vidutinei mirtinai degimo produktų koncentracijai 1 m³ tūryje sukurti. Ji ypatinga tuo, kad medžiagos grupuojamos pagal pasirinktą temperatūros bandymų režimą. Kadangi 600 °C temperatūroje per 5 min dauguma polimerinių medžiagų iki galo nesusiskaido, įvertinimas daugiausia atliekamas pagal duomenis, gautus degimo liepsninio režimo metu. Belpusių degimo produktų pavojus, esant tokiam trumpalaikiam bandymui, lieka beveik nusta-tytas.

Aptartuose pasiūlymuose nėra konkrečiai pagrįstų toksiškumo pa-rametrams leistinių kitimo ribų, nustatytų kiekvienai medžiagų klasei. Šis trūkumas labai akivaizdus ir dėl to, kad ribinių rodiklių reikšmės ne visada vienodos.

Šis trūkumas pašalintas taikant klasifikaciją, kuri remiasi biolo-ginio ekvivalentinio anglies oksido ir degimo produktų principu. Yra aiškios išankstinės nurodyto metodo prielaidos. Jos iš dalies susietos

su pasirinktu klasifikacijos įvertinimo kriterijumi, kuriuo dažniausiai yra letalinio arba subletalinio toksinio poveikio lygio integralinis rodiklis. Integralinio toksikometrinio rodiklio nustatymas leidžia įvertinti visą daugiakomponentį lakiųjų medžiagų mišinį, kurio veikimo stiprumą gali kiekybiškai išreikšti atskiras cheminio susijungimo efektas, kurio toksiškos charakteristika pakankamai gerai žinoma. Iš „gaisrų dujų“ komplekso tai pirmiausia taikoma anglies oksidui. Daugiausia susistemintos informacijos yra apie CO trumpalaikį poveikį ir toksiškus efektus žmogui bei laboratoriniams gyvūnams. Be to, patvirtintas pagrindinis CO toksinio poveikio vaidmuo polimerinių medžiagų degimo produktuose.

Toliau pateikiamas pavyzdys, kaip nustatyti klasifikacinius masinio toksiškumo rodiklio parametrus (HCL_{50} , g/m³), taikant toksiinių degimo produktų ekvivalentiškumo principą nustatytam anglies oksido efektui. Toksinis poveikis šiame pavyzdyje pasirenkamas 60 min. Atliekant priklausomybės „koncentracija–reakcija“ kiekybinių reikšmių analizę, gautą tiriant toksiškos CO poveikį, galima išskirti 4 koncentracijos diapazonus (3.11 lentelė). CO koncentracijos 400 mg/m³, 1 200 mg/m³ ir 3 600 mg/m³ Čia pateiktos remiantis literatūroje nurodytais eksperimentiniais duomenimis.

Ši nurodyta koncentracija beveik lygi vidutinei mirtinai CO koncentracijai baltosioms pelėms, kurios jautrumo požiūriu šiems nuodams yra artimiausios žmogui. Todėl eksperimentiniai tyrimai, skirti normavimui pagal aštrų CO poveikį patiemis jautriausiems žinduoliams – baltosioms pelėms ir baltosioms žiurkėms, gali būti taikomi siekiant apsaugoti žmones.

3.11 lentelė. CO pavojingumo skalė žmogui, esant 60 min poveikiui

| Koncentracijų diapazonas | Orientacinės koncentracijos ribos, mg/m ³ | Laukiamasis toksinis efektas |
|--------------------------|--|---|
| mažai pavojingos | iki 400 | HbCO 10–20 % darbingumo sumažėjimas, galvos skausmas |
| gana pavojingos | 400–1 200 | HbCO 20–40 % apsinuodijimo požymiai, bet galimybė savarankiškai judėti, mirties tikimybė labai maža |

| | | |
|------------------------|-------------|---|
| labai pavojingos | 1 200–3 600 | HbCO 40–90 % savarankiškai judėti neįmanoma, mirtis |
| nepaprastai pavojingos | > 3 600 | Mirtis per labai trumpą poveikio laiką |

Anglies oksido pavojaus skalės pritaikymas medžiagų klasifikacijai galimas taikant (hipotetinius) tarpinius etalonus. Tai medžiagos, kurių toksiškumą apibūdina skirtingas išsiskiriantis anglies oksido kiekis. Norint sukurti 1 m³ koncentraciją, pateiktą 3.11 lentelėje, anglies oksido lygio išsiskyrimas degant 10 g masės „etalonams“ turi atitikti: mažai pavojingus – iki 40 mg/g; vidutiniškai pavojingus – 40–120 mg/g; labai pavojingus – 120–360 mg/g; nepaprastai pavojingus – daugiau kaip 360 mg/g. $H_{CL_{50}}$ reikšmė tokioms medžiagoms skaičiuojama pagal formulę:

$$H_{CL_{20}} = CL_{50} / q; \quad (3.26)$$

čia CL_{50} – vidutinė mirtingumo CO koncentracija, fiksuota baltųjų pelių ekspozicijos laiku, mg/m³; q – CO išsiskyrimo lygis, degant etaloninei medžiagai, mg/m³.

Nurodyti „etaloninių“ medžiagų CO išsiskyrimo lygiai, naudojami numatomoms $H_{CL_{50}}$ reikšmėms apskaičiuoti tiek per 60 min, tiek ir per 30 min, atitinkamai yra 3 600 ir 4 800 mg/m³, o suskaičiuoti $H_{CL_{50}}$ „etaloninių“ medžiagų parametrai yra: daugiau kaip 90–120 mg/m³ (mažai pavojingiems), 30–90 mg/m³ ir 40–120 mg/m³ (vidutiniškai pavojingiems), 10–30 mg/m³ ir 13–40 mg/m³ (labai pavojingiems), iki 10 mg/m³ ir iki 13 mg/m³ (nepaprastai pavojingiems).

Kiekvienos bandomos medžiagos pavojaus klasė randama eksperimentinio lyginimo būdu ir apskaičiuojant rodiklių reikšmę $H_{CL_{50}}$. Abi charakteristikos išreikštos medžiagos masės santykiu (mg/m³) ir bendruoju rodikliu – pusiniu letaliniu efektu. Tai leidžia taikyti apskaičiuotus parametrus kaip reglamentuojamus rodiklius medžiagoms klasifikuoti.

Tais atvejais, kai $H_{CL_{50}}$ reikšmė su standartine apskaičiuota paklaida atitinka dviejų besiribojančių klasių ribines rodiklių vertes, įvertinant pavojingų medžiagų lygį, būtina atkreipti dėmesį į bandymų režimą, degimo produktų cheminę sudėtį, papildomus jų toksiškumo tyrimus.

Remiantis degimo produktų toksinių efektų ekvivalentiškumo an-glies oksidui principu, medžiagos skirstomos į 4 klases. Nustatytos ribinės reikšmės tarp klasių skiriasi maždaug tris kartus. Palyginti nedidelis lygių skirtumas rodo, kad degimo produktų polimeriniai toksiškumo medžiagų parametrai yra siauro diapazono.

Klasifikacinis medžiagos įvertinimas šiuo metu nėra visuotinai taikomas ir pripažintas. Tokio įvertinimo nauda literatūroje dažnai abejojama arba ji visiškai neigiama. Teigiama, kad neobjektyvi klasifikacija priklauso nuo bandymų metodų ir medžiagų bandymų sąlygų. Pabrėžiama, kad toksinis pavojus – tai dinamiško gaisro proceso, o ne medžiagų sudėties ir savybių rezultatas. Teigiama, kad nėra įtikinamų duomenų, kad žmonės gaisruose žūsta nuo „supertoksikantų“ poveikio.

Tokie argumentai nėra be pagrindimo, todėl kyla abejonų dėl labora-torinių medžiagų bandymų taikymo toksinių degimo produktų ir toksinio pavojaus problemoms spręsti gaisro metu. Kai kurie tyrėjai mano, kad mažo mastelio bandymų rezultatai gali būti panaudoti tik naujų medžiagų tyrimams. Daug svarbiau plėsti fundamentalius bandymus toksinių degimo produktų srityje. Remiantis kitomis nuomonėmis, bandymai būtini medžiagoms, kurių labai didelis degimo produktų toksiškumas, identifikuoti. Toks požiūris atsispindi ir Tarptautinės standartizacijos organizacijos (ISO) rekomendacijose.

Medžiagų pavojaus lygis degimo metu, kurį lemia nepaprastai toksiški lakieji produktai, pasitvirtina atliekant bandymus įvairiais metodais. Jų metu gali būti išskirtos ir medžiagos, turinčios nedidelį toksinį potencialą. Tokių medžiagų pavyzdžiai gali būti dangos iš mastikos, stiklo plastikai ir kiti polimeriniai kompozitai, kurių pagrindą sudaro neorganinės medžiagos. Hipotetinėje toksiškumo skalėje nurodytos medžiagos atsidurs apačioje. Tarp jų išsidėstys daugelis kitų medžiagų, kurioms būdingos toksinių degimo produktų savybės. Nustatant nepaprastai toksiškas medžiagas, galima išskirti dar 2 klases. Tačiau sudėtinga nustatyti, kokiais atvejais toksiškumo parametrai klasifikuojant yra reikšmingi, o kokiais jų galima nepaisyti ir priskirti medžiagas vienai klasei.

Rekomendacijos šiuo požiūriu yra nelygiareikšmės; vieniems tyri-nėtojams atrodo reikšmingi trikartiniai mirtinos letalinės toksikomet-rinės masės lygio rodiklių skirtumai, kitiems – penkiakartiniai, tre-

tiems – ne mažesni kaip dešimtkartiniai. Šį klausimą reikia nagrinėti toliau, nes didėjant ištirtų medžiagų skaičiui jis tampa vis aktualesnis.

Amerikiečių mokslininkai medžiagoms tyrinėti siūlo lyginamąjį įvertinimą, kuris gali būti taikomas supaprastintai medžiagų toksinio pavojaus analizei. Tokiai analizei būtini duomenys apie užsidegamumą, degumą, liepsnos išplitimo greitį, šilumos išsiskyrimo intensyvumą, dūmingumo galimybę ir degimo produktų medžiagos toksiškumą. Atliekant tyrimus svarbu nustatyti, ar toksiškos medžiagos reikšmė viršija iš anksto nustatytas dvi galutines PLC_{50} reikšmes, tarpusavyje besiskiriančias 10 kartų. Jeigu medžiagos toksiškumas yra tarp ribinių reikšmių arba mažesnis už jas $LC_{50} > PLC_{50}$, tai manoma, kad jis atitinka daugumos medžiagų toksiškumą arba yra mažesnis. Abiem atvejais tolesnis tyrimas yra nereikalingas. Jeigu LC_{50} dydis yra mažesnis negu $PLC_{50\text{min}}$, tai būtina tolesnė toksinio pavojaus analizė. Tam reikia parinkti standartinę homogeninę medžiagą pagal sudėtį ir savybes. Jos toksiškumas turi būti PLC_{50} reikšmės ribose, o masės netekimo greitis degant – „normaliame“ intervale.

Masės medžiagos praradimo greitis randamas esant nustatytoms bandymų sąlygoms pagal formulę:

$$MLRP = (MLR_{90\%} - MLR_{10\%} / (t_{90} - t_{10})) \cdot (1/t_{is}); \quad (3.27)$$

čia $MLRP$ – masės greičio praradimo parametras; $MLR_{90\%}$ ir $MLR_{10\%}$ – masės praradimo greitis laiko momentais, kada masės sumažėjimas sudaro 90 % ir 10 %; t_{90} ir t_{10} – atitinkami laiko periodai; t_{is} – užsidegimo laikas.

Įrodyta, kad užsidegimo laikas proporcingas liepsnos išplitimo greičiui. Taigi $MLRP$ parametras rodo pradinį masės praradimo greitį, normuotą pagal liepsnos išplitimo greitį. Jis yra tyrinėjamos medžiagos degimo produktų koncentracijos priežastis.

Jeigu medžiagos $MLRP$ ir LC_{50} santykis yra ne mažesnės kaip 0,1 standartinės medžiagos reikšmės, tai manoma, kad nėra ypatingo toksinio pavojaus ir tolesni tyrinėjimai neprivalomi. Medžiagos, neatitinkančios šio reikalavimo, tiriamos toliau arba apribojamas jų taikymas.

Šis būdas yra įdomus, nes numato perėjimo galimybę nuo lyginamojo medžiagos vertinimo pagal toksiškumo kriterijų prie lyginamojo

vertinimo pagal toksinio pavojaus kriterijų. Tokia vertinimo galimybė taikoma tik atliekant laboratorinius (mažo mastelio) medžiagų tyrimus, kai toksiškumo analizės duomenų bazė apima gaisrinių medžiagų pavojaus charakteristikų kompleksą.

Toliau apžvelgsime degimo produktų gaisrinio pavojingumo įvertinimo metodus.

3.5. Degimo produktų gaisrinio pavojingumo įvertinimo metodai

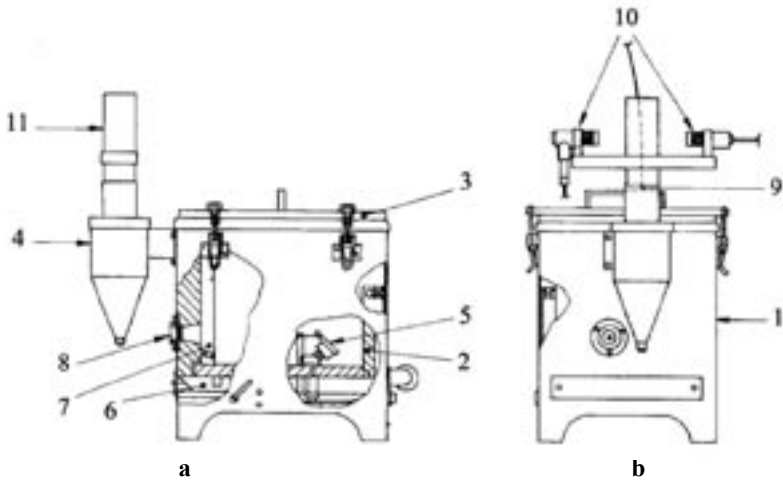
Šiandien dūmų pavojingumas dažniausiai vertinamas pagal jų optinį tankį, temperatūrą, pagrindinių toksiškų medžiagų (CO, CO₂, HCN, NO₂, HCl, SO₂) koncentracijos kieki, kombinuojant šiuos rodiklius arba remiantis anksčiau išvardytais rodikliais apskaičiuojant parametrus.

Danijoje, pirmaujančioje gaisrinių tyrimų srityje, taikomas bandymų metodas pavaizduotas 12 pav. Bandymo principas: 4 bandiniai (kvadrato formos, kraštinės ilgis 228 ± 4 mm, storis – 12 ± 3 mm) įstatomi į kamerą. Jie uždengia tris kameros sienas ir lubas (12 pav.). Kamera ventiliuojama, o bandinius veikia nuolatinis šilumos srautas, sklindantis nuo degiklio. Kartu liepsna veikia galinės sienelės dalį. Fiksuojama degimo produktų temperatūra, nustatoma šviesos intensyvumo sumažėjimo dėl dūmų ir laiko priklausomybė.

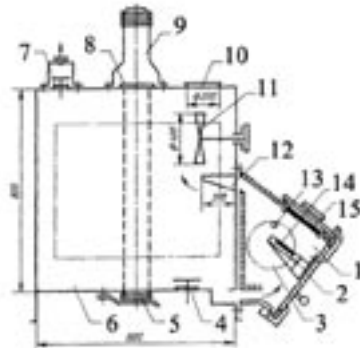
Panašus metodas taikomas Rusijoje. Bandymo principas: bandiniai (matmenys 40×40 mm, storis ≤ 10 mm) bandomi smilkimo ir degimo režimais, naudojant dujinį degiklį (13 pav.). Šilumos srauto tankis, patenkantis ant bandinio nuo elektrinio skydo, yra 35 kW/m^2 . Bandymas baigiamas pasiekus mažiausią šviesos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

$$D_m = V / (Lm) \ln(I_0 / I); \quad (3.28)$$

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, %.



12 pav. Bendrasis prietaiso vaizdas: **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 – termoelementas; 10 – fotoelementų sistema; 11 – išmetimo vamzdis



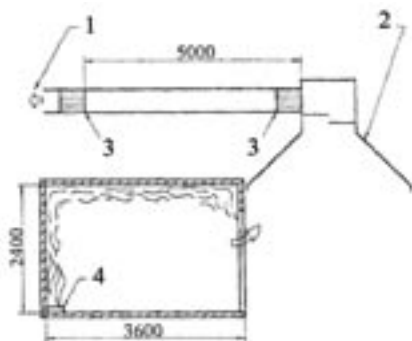
13 pav. Įranga dūmų susidarymo koeficientui nustatyti: 1 – degimo kamera; 2 – bandinio laikiklis; 3 – langas iš kvarcinio stiklo; 4 ir 7 – prapūtimo vožtuvai; 5 – šviesos imtuvas; 6 – matavimų kamera; 8 – kvarcinis stiklas; 9 – šviesos šaltinis; 10 – apsauginė membrana; 11 – ventiliatorius; 12 – nukreipiantysis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

Daug realiau degimo produktų pavojingumą leidžia įvertinti viso 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 įrengta lempų ir fotoelementų sistema šviesos užtamsinimui matuoti. Bendrasis bandymo įrangos vaizdas pateiktas 14 pav.

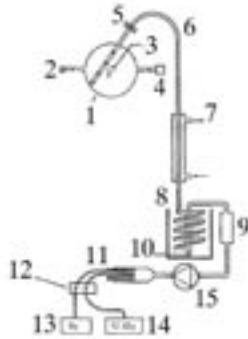
Bandinys šiuo atveju uždegamas dujiniu degikliu. Bandymo metu matuojamos anglies monoksido (CO), anglies dioksido (CO₂) ir deguonies (O₂) koncentracijos bei dūmų sukeltas šviesos sumažėjimas ir tūrinis komponentų tekėjimo greitis ištraukimo vamzdyje.

Pagal šiuos matavimus skaičiuojami: šilumos išsiskyrimo, dujų dalelių susidarymo ir šviesos sumažėjimo dėl dūmų išsiskyrimo greičiai. Dujų paėmimo linija, pro kurią dūmų dalelės patenka į zondą, ir dūmų analizės schema parodytos 15 pav.

Deguonies koncentracija nustatoma paramagnetinio tipo deguonies analizatoriumi. Nuolatinei CO ir CO₂ analizei naudojami IR spektrometrai. Siekiant papildomų tikslų, galima ir kitų degimo produktų analizė. Matomumo sumažėjimo pavojus įvertinamas matuojant šviesos intensyvumo sumažėjimą sistema, kuri sudaryta iš halogeninės lempos, linzių, angos ir fotoelemento.



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

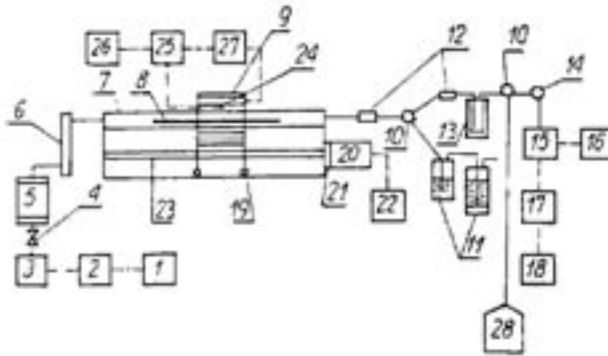


15 pav. Atrinkimo linijos su dujų analizės įrangos principinė schema: 1 – ištraukimo vamzdis; 2 – lempa; 3 – termoelementas; 4 – fotoelementas; 5 – 150–200 μm stiklo filtrai; 6 – nerūdijančio plieno atrinkimo linija; 7 – vandens aušintuvas; 8 – šaldymo dėžė; 9 – 3 μm membraninis filtras; 10 – vandens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

Remiantis čia pateiktu metodu, 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 , CO_2 , HCN , NO_2 , HCl ir SO_2) analizei gali būti panaudota chromatografinė įranga, kartu taikant kalorimetrinį tyrimų metodą. Tokia metodika pastaruoju metu taikoma Lenkijoje pagal standartą. Bandymo principas: 450 °C, 550 °C ir 750 °C temperatūrose išbandoma po 3 bandinius ($4 \pm 0,1$ g), papučiant orą 100 dm³/h intensyvumu. Krosnis slenka 20 mm/min greičiu ir kaitina kvarciniame vamzdelyje esančią bandomąją medžiagą. Bandymo įrangos principinė schema pavaizduota 16 pav.

Degimo produktai CO ir CO_2 analizei atrenkami iš eilės po 7,5, 15 ir 22,5 min nuo bandymo pradžios arba visiškai surinkus degimo produktus. Kai tikimasi, kad išsiskirs HCN , NO_2 , HCl ir SO_2 , degimo ar terminės destrukcijos produktai nukreipiami į skysčio surinktuvą. CO ir CO_2 analizė atliekama dujinės chromatografijos metodu, atitinkamai esant 3 μg/cm³ ir 10 μg/cm³ reikšmėms. HCN , NO_2 , HCl ir SO_2 nu-



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

statomi kalorimetriniu būdu. Kiekvienam iš minėtųjų komponentų paruošiamas tam tikros sudėties ir koncentracijos tirpiklis. Absorbcija matuojama esant nustatytam bangų ilgiui. Faktinis CO ir CO₂ išsiskyrimas E, g/g, iš bandymo metu degančios ar termiškai irstančios medžiagos nustatomas pagal formulę:

$$E = 0,25cV; \tag{3.29}$$

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

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

$$E = 2,5C_r V_3 \frac{V_1}{V_2}; \tag{3.30}$$

čia 2,5 – perskaičiavimo koeficientas, l/g; C_r – produkto koncentracija tirpale, g/ml; V_1 – tirpalo tūris bandymo inde; V_2 – tirti paimtas tirpalo tūris, ml; V_3 – paruošto tirpalo tūris (V_2 + tirpalui paruošti pagal standartą nustatytų priedų tūris + vanduo), ml.

Dūmų dujų analizė taikant Furjė atvaizdo infraraudonųjų spindulių spektrometrijos metodą (FTIR) kelia didelį gaisrinių tyrimų srities mokslininkų susidomėjimą. Dabar Tarptautinės standartų organizacijos (ISO). Standartizacijos komitete TC 92 (pakomitetas SC 3) rengiamas tokio standarto projektas. Bandymo principas: dūmų dujų mėginys paimamas iš gaisrinio bandymo metu išsiskiriančių degimo produktų ir per paėmimo liniją nukreipiamas į FTIR spektrometro infraraudonųjų spindulių absorbcijos talpą. IR spindulys praeina pro dūmais užpildytą FTIR talpą, 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 gali būti apskaičiuotos pagal absorbcijos plotus spektruose, kurie buvo gauti tiriant nežinomąjį 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 per tam tikrą laiką. Šiuo metodu spektras pateikiamas kaip absorbcijos ir spinduliuotės, išreikštos bangų skaičiumi, funkcija.

Taigi perspektyviausi yra didelio mastelio ir FTIR metodai. Akiivaizdu, kad pirmasis metodas leidžia kompleksiskai įvertinti statybinių medžiagų ar gaminių gaisrinį pavojingumą daugeliu aspektų, tačiau tai yra specifinis metodas analizuoti gaisriniam pavojingumui patalpoje pradinėje gaisro stadijoje. Antrasis metodas leidžia vertinti pagrindinių toksinių komponentų, esančių išsiskiriančiuose degimo produktuose, koncentracijų kaitą per visą degimo procesą. Be to, šią įrangą galima naudoti tyrimams kartu su gaisrinių bandymų metodais, skirtais tiek mažų, tiek didelių statybinių medžiagų arba gaminių bandymams.

Literatūra

1. C5he classification of the reaction to fire performance of construction products. Commission of the European Communities. Brussels, OJ L50/14, 23. 3. 2000. 5 p.
2. 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.
3. Commission Decision 2000/553/EC Implementing Council Directive 89/106/EEC as regards the external fire performance of roof coverings. Comm 2000. 4 p.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. DRAIZDEIL, D. *Introduction to Fire Dynamics*. 2nd ed. England, West Sussex, 1999. 451 p.
8. 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.
9. EN ISO 1182:2002 Reaction to fire tests for building products-Non-combustibility test (ISO/FDIS 1182:1998). CEN, 2002. 32 p.
10. 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.

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. ENV 1187: 2002 Test methods for external fire exposure to roofs. CEN, 2002. 43 p.
13. GAUSEPOHL, H; WARZELHAN, V. *Angew. Makrom. Chemie*, 1997, vol. 244, p. 17–41.
14. Interpretative document No 2: Safety in case of fire. Off. Jour. No. 040, 1994/02/28, 94/C62/01.
15. ISO 9705:1993 (E) Fire tests. Full-scale room test for surface products. Switzerland, ISO, 1993. 31 p.
16. KALLONEN, R. Smoke Gas Analysis by FTIR Method. Preliminary Investigation. *Fire Sciences*, 1990, Vol 8, p. 343–360.
17. KAPLAN, H. L; GRAND, A. F; HARTZELL, G. E. *Combustion Toxicology. Principles and Test Methods*. Lancaster, Pa: Technomic publishing CO. Inc., 1983. 46 p.
18. LST 1634-1:2000 Durų ir užtvarų rinkinių atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Priešgaisrinės durys ir užtvaros. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000. 67 p.
19. LST EN 1363-1:2000 Atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Bendrieji reikalavimai. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000. 49 p.
20. LST EN 1364-1:2002 Nelaikančiųjų elementų atsparumo ugniai bandymai. 1 dalis. Sienos. Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002. 32 p.
21. LST EN ISO 11925-2:2002 Degumo bandymai. Statybos gaminių užsidegumas nuo tiesioginio liepsnos poveikio. 2 dalis. Bandymas pavieniu liepsnos šaltiniu (ISO 11925-2:2002). Lietuvos standartizacijos departamentas, 2002. 28 p.
22. LST L ENV 1991-2-2 Eurokodas 1. Projektavimo pagrindai ir poveikiai konstrukcijoms. 2-2 dalis. 40 p.
23. NT FIRE 004 Nordtest method: Building Products: heat release and smoke generation. Finland, NORDTEST, 1985. 8 p.

24. PN-88 B-02855 Ochrona przeciwpozarowa budynkow. Metoda badania wydzielenia toksycznych produktow rozkladu i spalania materialow. Widawництва normalizacyjne „ALFA“, 1989. 6 p.
25. STR 2.01.01(2):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Gaisrinė sauga. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2000. 46 p.
26. STR 2.01.04:2002 Gaisrinė sauga. Pagrindiniai reikalavimai (*in.*, 2002, Nr. 113-5064). 60 p.
27. 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.
28. АБДУРАГИМОВ И., М.; АНДРОСОВ, А. С.; БЕГИШЕВ, И. Р.; ИСАЕВА, Л. К.; КРЫЛОВ, Е. В. *Лабораторные работы по процессам горения*. Москва: Типография им. В. Воровского, 1988. 101 с.
29. БАРАТОВ, А. Н; КОРОЛЬЧЕНКО, А. Я; КРАВЧУК, Г. Н. *Пожароопасность веществ и материалов и средства их тушения*: Справ. изд.: в 2-х книгах; кн. 2. Москва: Химия, 1990. 384 с.
30. БАТЧЕР, Е.; ПАРНЭЛЛ, А. *Опасность дыма и дымозащита*. Москва: Стройиздат, 1983. 152 с.
31. *Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей*. Изд. 7-е в 3-х т. Ленинград.: Химия. 1977; *Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I–IV групп*. Ленинград: Химия, 1988; *Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов*. Ленинград: Химия, 1990. 406 p.
32. ИВАНИНКОВ, В. П.; КЛЮС, П. П. *Справочник руководителя тушения пожара*. Москва: Стройиздат, 1987. 288 с.
33. ИЛИЧКИН, В. С. *Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения*. Санкт-Петербург: Химия, с. Пб. отд., 1993. 136 с.

Andrius Žukas, Romualdas Mačiulaitis, Ritoldas Šukys
Statybos produktų panaudojimo gaisrinė sauga
Mokomoji knyga

Redagavo Laima Kertenienė ir Aušra Kovalkovienė

2007-05-17. 7,00 sp. l. Tiražas 200 egz.
Vilniaus Gedimino technikos universiteto leidykla „Technika“,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius
Spausdino UAB „Biznio mašinų kompanija“,
Gedimino pr. 60, 01110 Vilnius