

Kontroliuojame kietąsias daleles

Ūkinė žmogaus veikla susijusi su aplinkos tarša. Deja, iki šiol nesukurta idealių, aplinkos visiškai neveikiančių technologijų. Vienas iš tokių taršos elementų yra kietosios dalelės. Prieš kelis dešimtmečius apie jas buvo mažai kalbama. Šiuo metu pasikeitus industrializavimo lygiui, pramoninių objektų koncentracijai, aplinkos tarša įgavo pavojingus mastus.

Taršos objektai, išskiriantys kietąsias dalelės, yra labai įvairūs: transporto priemonės, energetikos objektai, gamyklos, buitinis sektorius. Žemės ūkis nėra išimtis. Tai malūnai ir pašarų ruošimo cechai, grūdų sandėliai ir medienos perdirbimo įmonės. Na, ir komunalinis bei individualus sektorius, kuris nors ir mažiau nei miestai, bet irgi teršia aplinką.

Matavimo būdai

Kaip matuojama kietųjų dalelių koncentracija ir jų emisija į aplinką? Seniausias ir iki šiol taikomas bei laikomas referenciniu metodu normatyviniuose dokumentuose yra **gravimetrinis metodas**. Matuojama dviem būdais. Suminė koncentracija nustatoma, imant mėginį aspiratoriumi filtravimo būdu iš dujų transportavimo kanalo arba aplinkos taip, kad būtų išlaikytas izokinetiškumo reikalavimas. Pagal filtro svorio pasikeitimą ir aspiruoto oro kiekį apskaičiuojama kietųjų dalelių koncentracija.

Koncentracijos pasiskirstymas pagal frakcijas nustatomas analogiškai, bet vietoje filtro naudojamas dviejų (PM 2,5 ir PM 10) ir daugiau pakopų impaktorius. Jame dalelės atskiriamos pagal geometrinius matmenis ir aerodinamines savybes ir surenkamos impaktoriaus pakopų nusodinimo elementuose. Pastarasis būdas naudojamas stacionariuose taršos kontrolės įrenginiuose. Jo panaudojimas energetiniuose objektuose ribotas, nes, aspiruojant mėginius kanaluose, ne visada įmanoma impaktorių patalpinti optimaliai vertikalyje. Esant mažoms taršos koncentracijoms, mėginio paėmimo trukmė turi būti ilga, o aspiravimo srauto debitas yra ribojamas labai siaurame

diapazone. Kad izokinetiškumas atitiktų reikalavimus ir būtų išlaikoma impaktoriui nustatyta srauto vertė, reikia turėti nuo 6 iki 20 mm ilgio antgalių komplektą (15 vnt.). Bet ir tokiu atveju ne visuomet pavyks atitikti izokinetiškumo reikalavimą. Dar vienas impaktorių trūkumas – dideli mėginio nuostoliai, kurie gali siekti net 50 procentų.

Energetiniuose objektuose dažniausiai naudojama vidinė arba kanalinė aspiracija, laikantis izokinetiškumo, t. y. kanalo aspiravimo taške siurbiamas oro srautas turi judėti tokiu pat greičiu, kaip ir dujų srautas taško aplinkoje. Didelio skersmens kanaluose oro srauto greitis tolstant nuo centro mažėja. Juo didesnis srauto greitis kanale, tuo didesnis skirtumas tarp srauto greičio centre ir prie kanalo sienelių. Iki 250 mm skersmens kanaluose pakanka atlikti aspiravimą kanalo centre (vieno taško matavimas). Didesnio skersmens kanaluose aspiravimo taškų skaičius yra 5 ir daugiau. Horizontaliuose kanaluose aspiravimas atliekamas vertikaloje ir horizontalioje ašyje. Kitas apribojimas – aspiravimo negalima atlikti arti srauto krypties pasikeitimo alkūnių ir atsišakojimų, srauto įtekėjimo ir ištekėjimo angų. Nuo šių vietų matavimo taškas turi būti nutolęs per atstumą, kurį sudaro 5 ortakio skersmenys.

Kadangi dujų srautas kanale nėra pastovus ir laiko prasme, ir matavimo taškuose, aspiravimą būtina automatiškai reguliuoti. Tam matavimo zonduose numatytas integruotas srauto greičio matavimo elementas (*Pito* vamzdelis). Aspiruojamo srauto greitis, kuris taip pat keičiasi dėl užsiteršusio filtro elemento, netolygaus siurblio darbo, matuojamas

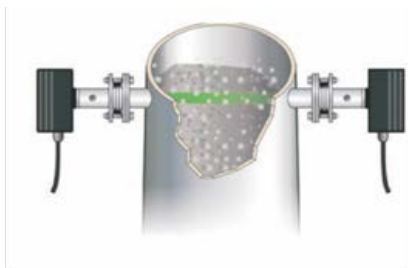
pačiame dulkiamatyje. Šie du parametrai naudojami prietaisui reguliuoti. Be to, pagal juos apskaičiuojamas debitas ir aspiruoto oro kiekis.

Drėgmės įtaka

Šis procesas nėra toks paprastas, o paimti mėginį gali užtrukti 30 ir daugiau minučių. Kita problema, su kuria susiduriama matuojant, yra kondensacija. Ypač tai aktualu energetiniuose objektuose, kai proceso dujų temperatūra aukšta, o drėgmės kiekis dujose didelis. Kol filtruojantis elementas yra karštų dujų kanale, kondensacija jame nevyksta ir filtruojama be jokių nesklandumų. Patalpinus filtrą žemos temperatūros aplinkoje, drėgmė kondensuojasi ir filtras bei aspiratoriaus matavimo kanalas „užpildomas“ kondensatu.

Tokiais atvejais naudojami šildomi filtrai, palaikantys filtruojančio elemento temperatūrą aukščiau virš rasos taško. Abiem atvejais prieš aspiratorių būtinas drėgmės separatorius, siekiant apsaugoti prietaisą nuo kondensato, susidarančio aspiravimo žarnoje nuo filtro iki prietaiso.

Norint suskaičiuoti taršos emisiją, reikia registruoti aspiruojamų dujų temperatūrą, drėgmę ir aplinkos parametrus. Tokią matavimų tvarką, reglamentuotą standartu, taiko objektus kontroliuojančios organizacijos ir operatoriai, naudojantys matavimų duomenis taršos mokesčiams apskaičiuoti. Reikia įsidėmėti, kad dulkiamačiai skirti ventiliavimo sistemų kontrolei visiškai netinka darbui energetiniuose objektuose, kur proceso dujose didelis drėgmės kiekis, aukšta jų tempe-



Optinio dulkiamačio veikimo principas

ratūra, didesni srautų greičiai, agresyvi aplinka ir kita.

Supaprastintos kontrolės taršos matuokliai

Operatyviai emisijų ir valymo filtrų darbo kontrolei gravimetrinis metodas netinka. Tam naudojami optiniu ir elektriniu principu veikiantys taršos matuokliai ir indikatoriai. Supaprastintai operatyviai kontrolei, kai reikia tik žinoti, kiek kartų padidėjo kietųjų dalelių koncentracija dujų kanale arba aplinkoje, palyginti su leistina ar nurodyta normatyviniuose dokumentuose, jie tinkamiausi.

Optiniai dulkiamačiai skirti operatyviai dulkių kontrolei dujų transportavimo kanaluose veikia dvejopu principu – pagal šviesos srauto atspindį arba šviesos srauto pralaidumą. Skirtingose dujų kanalo pusėse išdėstomi šviesos šaltiniai ir šviesos srauto imtuvai. Padidėjus dulkių koncentracijai, proporcingai sumažėja šviesos srautas, patenkantis į imtuvo jutiklį. Sumontavus tokį dulkiamatį, būtina jį kalibruoti.

Geras prietaisas gali būti gravimetrinis dulkiamatis *Emiotest 2598* arba optinis dalelių skaitiklis *DustTrak*. Šviesos srauto sumažėjimas priklauso ne tik nuo dalelių kiekio ir matmenų, bet ir nuo jų optinių savybių, o signalo dydis – nuo optinės sistemos užteršimo, jutiklių susidėvėjimo ir kitų veiksnių.

Norint sumažinti pašalinių veiksnių įtaką, optiniuose dulkiamačiuose įdiegiama speciali srauto monitoringo programinė įranga: apskaičiuojamas dinaminis srauto pasikeitimo lygis, palyginti su maksimaliu arba minimaliu (visai užtemdytas jutiklis). Moduluoto šviesos srauto bangos ilgis parenkamas pagal pritaikymo sritį ir toks, kad būtų eliminuojama aplinkos apšvietimo įtaka matavimams. Be to, siūstovo ir imtuvo optinės sistemos apipučiamos švarių oru,



KAMIKA optinio dulkiamačio aspiracinė galvutė su zondų ir elektronikos bloku

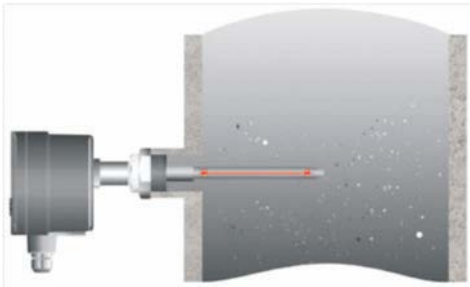
analizuojami praėję ir grįžę atspindėję šviesos srautai. Kitas optinio dulkiamačio konstrukcijos variantas – srauto detekcija pagal atspindėjusį šviesos srautą 90° kampu – taikomas rečiau.

Operatyviai taršos kontrolei naudojami ir kietųjų dalelių skaitikliai. Žinant jų skaičių, lyginamąjį svorį ir vidutinius matmenis, galima apskaičiuoti ir koncentraciją mg/m^3 . Siekiant sumažinti informacijos kiekį ir supaprastinti signalo apdorojimą, analizuojamas ne visas srautas, bet maža, iš kanalo aspiruojama jo dalis, išlaikant izokinetiškumo reikalavimą. Panašiu principu veikia firmų „Kamika“ ir TSI optiniai dulkiamačiai ir kietųjų dalelių skaitikliai. Aspiravimo galvutėje sumontuota optinė matavi-

mo kamera, pro kurią prateka aspiruoto srauto dalis.

Kad optinės sistemos neužsiterštų, kameroje suformuojamas švaraus oro koridorius, kuriame juda kontroliuojamų dujų srautas. Joje taip pat įtaisytas mikrokompresorius ir srauto matavimo elementai, palaikantys izokinetiškumo reikalavimą. Galutinai signalas apdorojamas išoriniame elektronikos bloke. Šie dulkiamačiai taip pat naudojami aplinkos taršos monitoringo sistemose.

Dar vienas būdas matuoti kietųjų dalelių emisiją – išnaudoti matavimo zondo elektrinio potencialo pasikeitimą, veikiant poliarizuotoms arba įsielektrinusiomis dalelėms. Toks matavimo principas taikomas *Sintrol* ir *PCME* dulkiama-



Elektrinio dulkiamačio veikimo principas

čiuose bei signalizatoriuose. Elektrinio potencialo pasikeitimas proporcingas kietųjų dalelių koncentracijai dujų sraute. Prietaiso konstrukcija daug paprastesnė, o jo patikimumas didesnis. Tokia įranga pritaikyta dirbti uždaruose dujų transportavimo kanaluose ir naudojama aplinkos taršos kontrolei. Deja, yra ir nemažai reikalavimų, ribojančių jų panaudojimą. Pirmiausia, tai aplinkos ir transportuojamų dujų drėgmė – leistinoji maksimali vertė iki 95 proc. be kondensacijos. Antra, signalo dydis labai priklauso nuo dalelių medžiagos elektrinių savybių ir jų priklausomybės nuo temperatūros ir nuo drėgmės. Pasikeitus dulkių medžiagai ir dujų parametrams, prietaisus reikia kalibruoti. Pagrindinė jų paskirtis – pranešti apie emisijų padidėjimą iki nustatytų ribinių verčių. Šie prietaisai naudojami taršos monitoringo sistemose.

Kad būtų lengviau juos eksploatuoti, prietaisuose integruojama automatinio kalibravimo funkcija. Dirbant technologinei įrangai normaliu režimu ir naudojant pavyzdinį prietaisą, nustatomas emisijų dydis. Paskui, nekeičiant įrangos darbo režimo, aktyvuojamas dulkiamačio automatinis kalibravimo režimas. Priklausomai nuo prietaiso modelio, jo trukmė nuo 5 iki 20 minučių. Kalibravimo procese įvertinami koncentracijos švytimai kontroliuojamame kanale. Esama koncentracija priimama kaip leistinoji vertė ir minimali riba tiesinei charakteristikai $0,2\text{--}0,3\text{ mg/m}^3$, o pavojingi lygiai yra 5 ir $10\text{--}20$ kartų didesni. Sukeliantis pavojų signalo lygį ir analoginio signalo, naudojamo technologiniams įrenginiams valdyti (filtrams perjungti, ventiliatoriams reguliuoti), dydį galima koreguoti.

Aplinkos taršos vertinimas

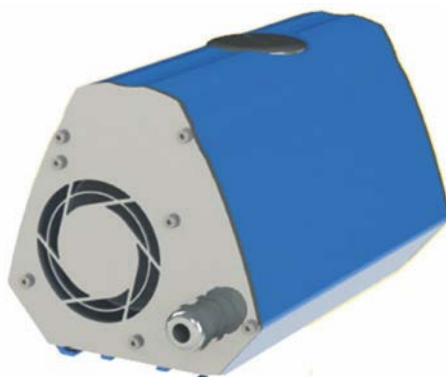
Yra tam tikrų taršos matavimų aplinkoje (gamybinėse patalpose, įmonių teritorijose) ypatumų. Pirmiausia, taršos lygiui atviroje erdvėje turi įtakos vėjas. Todėl mėginys turi būti paimtas, įvertinant vėjo kryptį, vėjo greitį ir išlaikant izokinetiškumo reikalavimą. Tam skirta kietųjų dalelių taršos matavimo sistema *IPS-P*.



IPS-P matavimo modulis aplinkos taršai kontroliuoti

Aspiratorius su optiniu dalelių matavimo mechanizmu įtaisomas ant stiebo pagal vėjo kryptį. Izokinetiškumo sąlyga išpildoma diapazone iki 20 m/s . Kietųjų dalelių skersmens dydis nuo $0,3$ iki $300\text{ }\mu\text{m}$. Signalų apdorojimo blokas statomas patalpoje ir gali būti nutolęs iki 30 metrų. Didelis tokios sistemos privalumas tas, kad galima pasirinkti diapazono atkarpą pagal dalelių dydį, stebėti fracinę sudėtį realiuoju laiku ir atskirų frakcijų kitimo dinamiką.

Paprastesnis ir pigesnis dulkiamačio variantas *Sintrol Dumo*. Tai elektrinio kanalinio dulkiamačio modifikacija. Juo galime nustatyti suminę kietųjų dalelių koncentraciją. Mažų dalelių masės dalis suminėje koncentracijoje nedidelė, nors skaičius ir labai didelis, o didelių – atvirkščiai. Šį prietaisą sudaro nedidelis aerolio transportavimo kanalas su potencialiu zonu ir ventiliatoriumi bei integruotu signalo apdorojimo moduliui. Naudojant *RS-485* priedą, prietaisai gali būti sujungti į sistemą, o jų darbo kontrolė ir programavimas bei duomenų surinkimas atliekamas nuotoliniu būdu iš pagrindinio kompiuterio.



Dumo („Sintrol“) dulkiamatis patalpų taršai kontroliuoti

Svarbu prietaiso montavimo vieta. Jei norime kontroliuoti vidutinę aplinkos taršą, jį montuojame toliau nuo emisijų šaltinių, o jei konkretų taršos šaltinį ar jo emisijas (malūną, smulkintuvą) – kuo arčiau jo. Kontroliuojant gamybinių patalpų užterštumą, reikia įvertinti ventiliacijos sistemos sukuriamus oro srautus ir švaraus oro tiekimo vietas. Ypač tai svarbu pavojingose ir sprogiose zonose, kuriose galima didelė degių kietųjų dalelių koncentracija (medienos, grūdų, miltų ir kombinuotųjų pašarų dulkės). Kilogramas degių dulkių gali sukelti sprogimą kaip granatą, pasekmės bus sunkios. Susidaranti slėgio banga siekia $8\text{--}10\text{ bar}$, o ją lydinti vakuumo banga sprogo zonoje – $60\text{--}70\text{ proc.}$ nuo sprogo bangos. Minimali sprogimui įvykti koncentracija, priklausomai nuo produkto, yra nuo 25 iki 60 g/m^3 . Esant didesnei kaip 1 000 g/m^3 koncentracijai, sprogimas neišvengiamas.

Sprogo sukelėjai įvairūs – įkaitusios apšvietimo lempos ir mechanizmų darbinės dalys (temperatūra $280\text{--}480\text{ }^{\circ}\text{C}$), elektrostatinės iškrovos, kibirkštys. Darbui šiose zonose galima naudoti tik specialius (Ex) prietaisus ir įrangą, besąlygiškai laikytis visų eksploatacijos ir saugos reikalavimų (naudoti žemą maitinimo įtampą, perduoti signalus į saugią zoną per galvaninius separatorius ir kita).

Prietaisai kalibruojami tik po faktinio taršos nustatymo patalpose ir arti emisijos šaltinių. Taip turime informacijos, kokia yra foninė tarša, įrangai dirbant normaliu režimu, ar arti esame sprogimą sukeliančios koncentracijos, kokius turime nustatyti pavojų skelbiančius signalus ir kaip reguliuoti ventiliavimo sistemos darbo režimą. Jei faktinė koncentracija sudaro apie 15 g/m^3 , automatinis aliarimų nustatymas 5 arba 20 kartų didesnei vertei tolygus nusikaltimui. Beje, sprogo pavojus priklauso ir nuo kietųjų dalelių granuliacijos, o žmonėms pavojingiausios smulkiosios dalelės, kurios per kvėpavimo takus patenkanka į vidaus organus. Kai blogai veikia ventiliacijos sistema, dulkės nepašalinamos iš patalpos, kaupiasi ant mechanizmų darinių dalių ir atsiranda gaisro pavojus. Tokiose zonose kontroliuojame ne tik oro taršą, bet ir nuosėdų susidarymo intensyvumą. Dažni įvykiai medienos perdirbimo įmonėse rodo, jog saugai ne visada skiriamas deramas dėmesys.



Dr. Rimvydas AMBRULEVIČIUS

AUREGIS UAB