

ÜLDINE TÖÖSTUS- TEHNOLOOGIA III

Tehnoloogiliste protsesside
tuleohutus

VAINO PEDOSK

Õppematerjal tutvustab tööstusliku tehnoloogia teket ja arengut, tööstuse kujunemist ning enam levinud tööstusharude tehnoloogilisi protsesse ja nende tuleohtlikkust. Samuti selgitab õppematerjal süttimisvõimelise keskkonna moodustumist tööstusseadmestikus ja selle väljumist ümbritsevasse keskkonda ning tutvustab tehnoloogilistes protsessides ilmnevaid süttimisallikaid ning tulekahjude ennetamiseks ja nende tagajärgede leevendamiseks võetavaid tehnilisi meetmeid. Õpevahend on abiks päästeteenistuse eriala üliõpilastele tööstusharude tehnoloogia ja tuleohutuse põhiteadmiste omandamisel.

Kasutatud joonised 1-15 (v.a skeemid 1 ja 2) pärinevad M. Alekseje vi raamatust “Predupreždenie požarov ot tehnologitšeskih pritšin” (“Tulekahjude vältimine tehnoloogilistest põhjustest” vastavalt joonised 1, 2a, 4, 7, 11, 24, 42, 45a, 62, 66, 74, 77, 81, 85, 87), Moskva 1963, 194 lk.

ISBN 9985-67-113-9

© Sisekaitseakadeemia, 2004

Sisekaitseakadeemia
Kase 61 12012 Tallinn
november 2004

SISUKORD

1. TÖÖSTUSTEHNOLÓGIA JA SELLE ARENG EESTI ALAL.....	5
2. TÖÖSTUSE TOORAINED, ENERGIARESSURSID NING TEHNOLOOGILISED PROTSESSID JA NENDE TULEOHTLIKKUS.....	5
3. TAHKED KÜTUSED, NAFTA JA GAAS NING NENDE KOOSTIST JA TULEOHTLIKKUST ISELOOMUSTAVAD OMADUSED	7
4. SÜTTIVATE AINETE TULEOHTLIKE KONTSENTRATSIOONIDE TEKKIMINE TEHNOLOOGILISES SEADMESTIKUS	9
4.1. Süttivate kontsentratsioonide tekkimine aparaatides	9
4.1.1. Tuleohtlike vedelikega aparaadid	9
4.1.2. Süttivate gaasidega täidetud aparaadid	10
4.1.3. Süttivate tolmudega aparaadid	11
4.1.4. Hõrenduse all töötavad aparaadid	12
4.1.5. Süttivate kontsentratsioonide tekkimine aparaatide seiskamisel ja käivitamisel.....	12
4.2. Aurude ja gaaside väljumine aparaatide ja torustike normaalseisundi korral.....	12
4.2.1. Vedelike aurustumine lahtistes aparaatides ja vedeliku kallamisel.....	12
4.2.2. Vedeliku aurude väljumine aparaadist hingamistoru kaudu	13
4.2.3. Aurude ja gaaside väljumine hermeetilistest rõhu all töötavatest aparaatidest ja torustikest	13
4.2.4. Ruumi eralduvate aurude ja gaaside hulga vähendamine ja ruumi õhu seisukorra kontrollimine	13
4.3. Tuleohtlike ainete väljumine aparaatide vigastamisel ja aparaatide vigastamise põhjused	14
4.3.1. Mehaanilisel toime tagajärjel tekkinud mõjurid	14
4.3.2. Dünaamilise iseloomuga koormuste toime	15
4.3.3. Metallide omaduste muutumine temperatuuri toimele.....	16
4.3.4. Aparaatide materjali keemilisest kulumisest põhjustatud mõjurid	17
5. TÖÖSTUSLIKUS TOOTMISES SISALDUVAD SÜTTIMISALLIKAD JA NENDE TEKKE VÄLTIMINE	18
5.1. Keemiliste reaktsioonide soojuslik toime	18
5.1.1. Lahtine tuli	18
5.1.2. Gaasikujulised põlemissaadused.....	18
5.1.3. Küttekolletest ja mootoritest lendunud sädemed.....	18
5.1.4. Keemiliste ainete eksotermilised reaktsioonid	19
5.2. Mehaanilise energia soojuslik toime	20
5.2.1. Kõvade kehade löögist põhjustatud sädemed.....	20
5.2.2. Kehade kuumenemine hõõrdumise tagajärjel.....	21
5.2.3. Ainete kuumenemine adiabaatilisel kokku surumisel.....	21

6. SÜTTIVATE AINETE JA MATERJALIDE HULGA VÄHENDAMINE TOOTMISRUUMIDES.....	21
7. TULEKAHJUL SÜTTIVATE AINETE JA MATERJALIDE EVAKUEERIMISEKS VAJALIKE TINGIMUSTE LOOMINE.....	22
7.1. Ohu tsoonist tuleohtlike vedelike avariiline väljajuhtimine	22
7.2. Aparaatidest gaaside avariiline väljajuhtimine	23
7.3. Tahkete materjalide ja seadmestiku evakueerimine	23
8. TULE LEVIKU TÕKESTAMINE TEHNOLOOGILISTES KOMMUNIKATSIOONIDES.....	23
8.1. Tuletõkestid	23
8.2. Hüdraulilised lukud.....	24
8.3. Tahkete peenestatud materjalide tigulukud.....	24
8.4. Automaatselt tegutsevad siibrid.....	25
8.5. Õhutorustike kaitsmine süttivate materjalide kihiga saastumise eest.....	25
8.6. Vedeliku maha valgumise eest kaitsmine	25
9. SÜTTIVATE KIUDAINETE TEHNOLOOGIA JA SELLE TULEOHTLIKKUS.....	25
9.1. Puuvilla töötlemise ettevõtted	25
10. TOLMU ERALDAVATE SÜTTIVATE TAHKETE AINETE TEHNOLOOGIA JA SELLE TULEOHTLIKKUS.....	28
10.1. Puidutöötlemisettevõtted.....	28
KASUTATUD KIRJANDUS.....	30

1. TÖÖSTUSTEHNOLOOGIA JA SELLE ARENG EESTI ALAL

Tehnoloogiat kui mõistet on määratletud mitmes võõrsõnade leksikonis, sealhulgas R. Kleisi, J. Silveti ja E. Väari raamatus “Võõrsõnade leksikon”, Tallinn “Valgus” 1983, kus see on näiteks sõnastatud järgmiselt:

Tehnoloogia – õpetus toorainete saamisest ja nende töötlemisest tooraineiks ja esemeiks mehaanilisel (sepistamise, valtsimise, valamise, treimise jne) teel või keemiliste protsesside abil; töötlemisviisid tootmisprotsessis.

Mõnevõrra keerulisem on olukord tuleohutuse mõistega, mida seni ei ole sätestatud üheski õigusaktis, kuid mille üks võimalik määratlus võiks olla järgmine:

Tuleohutus – inimese töökeskkonna ja/või olme selline seisund, milles korralduslike ja tehniliste meetmete võtmise teel on asja omaniku või valdaja või muu füüsilise isiku poolt optimaalsel tasemel kõrvaldatud tulekahju tekkimist soodustavad tegurid (miinimumini viidud tulekahju tekkimise tõenäosus) ning tulekahju tekkimisel tagatud selle võimalikult varajane avastamine ja sellest häirekeskusele teatamine, tule ja suitsu leviku tõkestamine, ohus olevate inimest ja vara evakueerimine või päästmine ning tulekahju kiire ja efektiivne kustutamine ehk lokaliseerimine ja likvideerimine.

Tehnoloogiat, kui töötlemisviise ehk kui tooraine saamist ja nende töötlemist tooraineiks ja esemeteks mehaanilisel teel või keemiliste protsesside abil, on Eesti alal tuntud juba sajandeid tagasi. Suhteliselt suure arengu tegi tööstustehnoloogia läbi 19. ja 20. sajandil, mil Eestis hakkas arenema eeskätt mehaaniline tehnoloogia, mille objektiks on ainete või materjalide välise kuju või vormi ja füüsiliste omaduste muutmisega seotud protsessid. Tuntumad tööstusharud Eestis olid ja on mõningal määral ka praegu: ehitusmaterjalide tööstus (tsement, lubi, savi, silikaat- ja savitellised, keraamika, raudbetoon, liimtarindid) ja ehitamine (sh ehituskonstruksioonide moodustamine, tuletööd jms), puidu- ja paberitööstus (saematerjal, paber, mööbli- ja suuskade tootmine), kergetööstus (ketramine, kudumine, tekstiilmaterjali tootmine, rõivaste õmblemine) ja linatööstus, metalli- ja masinatööstus (metallivalu, elektrimootorite tootmine, metallide külm- ja kuumtöötlemine), põllumajandussaaduste töötlemine ehk toiduainete tööstus (liha- ja piimasaaduste valmistamine, toidurasvade tootmine), farmaatsia- ehk ravimitööstus. Väljaspool Eestit arenesid sel perioodil jõudsalt metalli-, masina- ja aparaaditööstus, mis löid soodsa aluse keemilise tehnoloogia arenguks, sh ka Eestis paiknevates põlevkivitöötlemise ja muudes ettevõtetes.

Keemiline tehnoloogia on teadus tooraine keemilisest töötlemisest tarbeaineiks ja tootmisvahenditeks, selle meetoditest ja protsessidest. Keemilise tehnoloogia aineks on eelkõige tööstuslikud tehnoloogilised protsessid, vähemal määral laboratoorne-preparatiivne keemiasaaduste valmistamine. Tööstuslik protsess nõuab spetsiaalset aparatuuri, operatsioonide mehaniseerimist ja automatiseerimist, ökonoomsust ja muid eritingimusi, mis pole olulised aine valmistamisel väikestes kogustes laboratooriumis või pisiettevõttes. Pöördelise tähtsusega sündmuseks keemiatööstuse arengus 20. sajandil võib lugeda ammoniaagi sünteesi (1913), sünteetilise kautšuki tootmise alustamist, eriti aga suurtööstusliku nafta- ja gaasikeemia, orgaanilise sünteesi ning polümeeride tootmise alustamist. Ka aatomi- ja raketitehnika areng on seatud keemia-tööstusega.

2. TÖÖSTUSE TOORAINED, ENERGIARESSURSID NING TEHNoloogILISED PROTSESSID JA NENDE TULEOHTLIKKUS

Keemiatööstuses on lähteaineiks tooraine, mis on keemilis-tehnoloogilises protsessis üks tähtsamaid elemente. Tooraine võib oma päritolult olla mineraalne, taimne ja loomne. Tähtsaimat toorainet – mineraalset ainet – ammutatakse maapõuest, veest või atmosfäärist, koostiselt jaguneb see anorgaaniliseks ja orgaaniliseks. Mineraalne tooraine erineb taimsest ja loomsest selle poolest, et praktiliselt ei uuendu ja on äärmiselt ebahühtlaselt jaotunud üle maakera pinna, moodustades maavarade leiukohti ja maardlaid. Taimne

ja loomne tooraine on lähteaineks loomaasöötade ja toiduainete tootmisel ning nende kasutamist keemiatööstuses toorainena ei saa pidada otstarbekaks. Tooraine peab enne keemilis-tehnoloogilisi protsesse läbima rea ettevalmistavaid staadiume (sorteerimine, purustamine ja peenestamine, tükistamine ehk granuleerimine, aglomeerimine ehk paakumine, briketeerimine, veetustamine jm operatsioonid, eelkõige rikastamine). Rikastamise eesmärgiks on kasuliku komponendi sisalduse tõstmine, lisandite sisalduse vähendamine ja ühtlasema koostisega produkti saamine. Kasulikust aineist saadud rikkamat ainet nimetatakse kontsentraadiks. Rikastamise meetodid (hüdrauliline klassifitseerimine, elektromagnetiline ja elektrostaatiline rikastamine, flotatsioon jm) on üksikasjaliselt kirjeldatud kasutatud kirjanduse hulgas loetletud A. Talvari õppevahendis “Üldine tööstustehnoloogia II. Keemiline tehnoloogia” (*edaspidi* õppevahend) lk 10-13.

Suur tähtsus keemiatööstuses on elektri- ja soojusenergial, milline samal ajal on ka energia tootjaks. Elektrienergia läheb peamiselt järgmiseks otstarbeks:

- elektrokeemilisteks ja elektrotermilisteks protsessideks (lahustite ja sulatiste elektrolüüs, kõrgetemperatuurilised protsessid, sulatamine, kuumutamine jne) - üle 25% keemiatööstuses kasutatavast elektrienergiast;
- mehaanilisteks ja füüsikalisteks operatsioonideks (purustamine, peenestamine, segamine, tsentrifuugimine; tahkete materjalide, vedelike ja gaaside transport jne) – 60-70%;
- valgustuseks – umbes 6%.

Tähtsamad soojusenergia tarbijad on:

- soojust tarbivad tehnoloogilised aparaadid (soojusvahetid, aurutid, destillatsioonikolonnid, kuivatid, kontaktaparaadid, ahjud endotermilisteks protsessideks jne);
- aurujamiga aparaadid;
- ruumide küte ja ventilatsioon.

Eesti toorained ja ressursid. Seotud lämmastiku tööstus on tähtsamaid keemiatööstusharusid (arenenud ka Eesti alal), mis valmistab majandusele ammoniaaki, lämmastikhapet ja selle sooli, karbamiidi jm. Lämmastikühendeid kasutatakse peamiselt lämmastikväetistena põllumajanduses, lõhkeainete tootmisel, samuti mitmes muus tööstusharus. Elementaarse lämmastiku allikaks on maakera atmosfäär. Õhulämmastiku sidumise meetodite (elektrikaarmetod, tsüaanamiidi-meetod ja ammoniaagi süntees) kirjeldus on toodud A. Talvari õppevahendis (lk 24-27).

Lämmastikhappe tootmine. Lämmastikhape on tähtsamaid mineraalhappeid, mille tootmine mahu poolest on maailmas teisel kohal. Lämmastikhapet kasutatakse soolade (nitraatide) saamiseks, liitväetiste tootmiseks looduslike fosfaatide lagundamise teel, nitreerimiseks orgaanilises sünteesis, väävelhappe tootmiseks nitroosimeetodil, metallurgias, raketitehnikas jm. Protsessi üksikasjaline kirjeldus on toodud A. Talvari õppevahendis (lk 27-28).

Mineraaloolad ja -väetised. Tuntumad mineraaloolad on naatriumkloriid, kaltsineeritud sooda, söögisooda, kaustiline sooda, naatriumsulfaat, naatriumfluoriid, naatriumfosfaat. Mineraalooli toodetakse kahel põhimeetodil:

1. loodusliku tooraine kaevandamisel ja töötlemisel (saadakse ilma keemiliste reaktsioonideta) või;
2. sünteetiliselt (põhineb neutralisatsioonireaktsioonidel, milliste abil saadakse hapetest ja leelistest lämmastikväetisi – ammooniumnitraati ja –sulfaati), lähtudes teiste keemiatööstuse saadustest.

Mineraalväetiste (sh liht-, kompleks- ja segaväetised) tähtsust, liigitust ja tootmist käsitletakse üksikasjaliselt A. Talvari õppevahendis (lk 29).

Lämmastikväetised. Tähtsamad lämmastikväetised on ammooniumnitraat, ammooniumsulfaat, naartiumnitraat, kaltsiumnitraat jt. Levinuim neist lämmastikväetistest on ammooniumnitraat (ammooniumsalpeeter), mida kasutatakse lõhkeainete – ammoniitide ja ammonaalide valmistamiseks. Lämmastikväetiste tehnoloogia täpne kirjeldus on toodud A. Talvari õppevahendis (lk 30-32).

Fosforväetiste tehnoloogia. Fosforväetisi saadakse looduslike fosfaatide töötlemisel. Tootmismeetodite järgi liigitatakse fosforväetised kolme rühma:

- mehhaaniline töötlemise (jahvatamise) saadused (fosforiidijahu);
- happelise lagundamise saadused (superfosfaadid, pretsipitaat);
- termilise töötlemise saadused (termilised fosfaadid, fosfaadid). Keemiliselt koostiselt on need enamikus mitmesugused kaltsiumfosfaadid.

Fosforvætiste tehnoloogia kirjeldus on toodud A. Talvari õppevahendis (lk 33-34)

Tehnoloogiliste protsesside tuleohtlikkus, sõltuvalt selles kasutatavate, osalevate ja saadavate ainete ja materjalide tuleohtlikest omadusest, võib olla väga erinev. Nimetatud protsessides osalevate ainete ja materjalide tuleohtlikkuse põhinäitajad on: süttiva aine või materjali leektäpp ehk leekpunkt, süttimistemperatuur, isesüttimistemperatuur, süttimise kontsentratsioon- ja temperatuuripiirid ning piirkonnad.

Leekpunkt (°C) (kasutusel ka mõiste “leektäpp”) on süttiva aine või materjali madalaim temperatuur, mille juures tema pinna kohal tekkinud aurud (gaasid) on segus õhuga võimelised süttima kõrvalise süttimisallika toimet. Selle juures peale süttiva segu osalist või täielikku ära põlemist aine või materjali edasist põlemist ei toimu (põlemine katkeb). Tuntumatest on leekpunkt atsetoonil -18°C, bensiinil -39°C, petrooleumil +4°C, etüülpiiritusel +13°C, masuudil +128°C.

Süttimistemperatuur (°C) on süttiva aine või materjali madalaim temperatuur, mille juures kõrvalise süttimisallika toimet tekib selle stabiilne leegiga põlemine. Süttimistemperatuur iseloomustab aine või materjali iseseisvat põlemise võimet. Tuntumatest on süttimistemperatuur männipuidul 236°C, kuusepuidul 241°C, tammepuidul 238°C.

Isesüttimistemperatuur (°C) on süttiva aine või materjali madalaim temperatuur, mille juures toimub nendes eksotermiliste reaktsioonide kiiruse järsk suurenemine, mis lõpeb eneseliku leegilise põlemise tekkimisega. Tuntumatest on isesüttimistemperatuur männipuidul 405°C, kuusepuidul 397°C, tammepuidul 375°C, etüülpiiritusel 404°C, propanil 466°C.

Süttimispiirkond on süttivate gaaside, aurude ja tolmu kontsentratsioonide (kontsentratsiooni väljendatakse mahuprotsentides või kaaluühikutes, reeglina g/m³) vahemik, mille juures nende õhusegud kõrvalise süttimisallika toimet süttivad ja leek levib kogu segu ulatuses. Eristatakse süttimise alumist ja ülemist kontsentratsioonipiiri. Kuna kinnises anumas toimunud segu süttimisel on plahvatuslik iseloom, nimetatakse neid kontsentratsioonipiire ka plahvatuspiirideks ja nende vahemikku plahvatuspiirkonnaks. Tuntumatest on süttimispiirkond atsetüleenil 2,0-81,0% ehk 21-860g/m³, metaanil 5-15% ehk 33-100g/m³, propanil 2,1-9,5% ehk 38-170 g/m³, etüülpiiritusel 3,6-19% ehk 68-340 g/m³.

Süttimise temperatuuripiirid on temperatuuride piirkond, mille juures süttiva vedeliku küllastunud aurude ja õhu segu kinnises anumas on võimeline süttima kõrvalise süttimisallika toimet ja leek levib kogu segu ulatuses. Eristatakse süttimise alumist ja ülemist temperatuuripiiri. Temperatuuripiirid on võimalik matemaatiliselt (küllastunud auru rõhu järgi) ümber arvutada kontsentratsioonipiirideks. Tuntumatest on temperatuuripiirid bensiinil -36° kuni -4°C, naftal -21° kuni +56°C, etüülpiiritusel +11° kuni +41°C.

Tehnoloogilised protsessid võib ehitiste tuleohutusnõuetest lähtudes jagada kolme tuleohuklassi:

- 1. klass (tuleohuta):** sellesse kuuluvad tootmine ja ladustamine, kus tuleoht praktiliselt puudub või on vähese tõenäosusega;
- 2. klass (tuleohtlik):** sellesse kuuluvad tootmine ja ladustamine, kus tuleoht ja tule leviku võimalus on suure tõenäosusega;
- 3. klass (tule- ja plahvatusohtlik):** sellesse kuuluvad tootmine ja ladustamine, kus peale suure tuleohtu on veel plahvatusoht. Plahvatusoht võib esineda ka ilma tulekahjufaasita.

3. TAHKED KÜTUSED, NAFTA JA GAAS NING NENDE KOOSTIST JA TULEOHTLIKKUST ISELOOMUSTAVAD OMADUSED

Soojusenergia peamiseks allikaks on orgaanilise päritoluga põlevained, mida nimetatakse kütusteks. Orgaaniliste ainete peamiseks koostisosaks on süsinik, mida tahkekütustes leidub ligi 98%. Nendeks on kivi- ja pruunsüsi, põlevkivi, turvas, puit jne. Umbes 75% toodetavast tahkekütusest põletatakse soojusenergia saamiseks töötlemata kujul. Ülejäänud 25% töödeldakse mitmesugustel keemilistel või termilis-keemilistel meetoditel väärtuslikumateks produktideks. Tahkekütuse tugeval kuumutamisel eralduvad nendest termilise lagunemise tagajärjel gaaside ja aurudena lendained. Lendumata jääb kujutab endast kuiva söestunud ainet – koksi. Tarbimiskütust võib matemaatiliselt väljendada järgmiselt: tarbimiskütus = tahke jääk + lendained + niiskus. Kütuse kasutamisel soojusenergia saamiseks on kõige tähtsam eripõlemissoojus (kütteväärtus) ehk soojushulk, mis eraldub ühe kaaluühiku kütuse täielikul põlemisel.

Kütteväärtus sõltub ka põlevaine elementaarkoostisest: 1 kg kütuses sisalduva süsiniku põlemisel eraldub 34 070 kJ soojust, vesiniku puhul 143 110 kJ ja väävli puhul 9210 kJ. Tahkekütuse töötlemise põhilisi meetodeid on üksikasjalikult kirjeldatud A. Talvari õpopevahendis (lk 38-43).

Eesti põlevkivi omadused ja koostis. Kaevandamiseks kõlbulikumad põlevkivi lademed paiknevad Kirde-Eestis Kadrina ja Narva vahel, samuti Leningradi oblastis. Põlevkivi kihid vahelduvad õhemate ja jämdamate lubjakivi kihtidega. Kahte ülemist põlevkivi kihti kaevandatakse ainult lahtistes karjäärides. Põlevkivi tekkis umbes 400 miljoni aasta eest merepõhjas. Värvuselt on põlevkivi kollakaspruun, murdekohal on näha kihulist ehitust. Keemiline koostis on tal muutlik: tumedad sordid sisaldavad rohkem orgaanilist ainet ehk kerogeeni 43%, mineraalaineid 45% ja vett 12%. Põlevkivi kütteväärtus on väiksem nafta ja kivisöe kütteväärtusest – keskmiselt 14 200 kJ/kg. Põlevkivi tunti juba varem, kuid alles esimese maailmasõja ajal, kui Petrograd oli ära lõigatud küttebaasist, tekkis huvi Eesti põlevkivi vastu: võeti proove ja katsetati õli tootmist. Need katsed andsid positiivseid tulemusi, mille tõttu hakati vedurite ja tehaste kütmiseks kasutama järjest rohkem põlevkivi. 1921. aastal ehitati Kohtla-Järvele katsetehas põlevkivi keemiliseks töötlemiseks ja mõni aasta hiljem õlivabrik. Et valitsusel endal puudusid majanduslikud vahendid põlevkivitööstuse intensiivseks arendamiseks, siis tekkis riikliku ettevõtte kõrvale ka rida välismaa kapitaliga asutatud ettevõtteid. 1940. aastaks ulatus põlevkivi toodang 1,9 miljoni tonnini aastas, millest ligi kaks kolmandikku kasutati töötlemiseks, üks kolmandik suunati otseseks põletamiseks. Põlevkivi töötlemise põhisaadusteks olid kütteõlid, liimid, bensiin, immutusõlid (tuntumatest “Ligno”) ja bituumen teedeehituse tarvis.

Nafta koostis, omadused ja tehnoloogia. Nafta koosneb peamiselt parafiinsetest, nafteensetest ja aromaatsetest süsivesinikest, kuid sisaldab lisanditena ka orgaanilisi happeid, tõrvataolisi ühendeid ning väävli- ja lämmastikühendeid. Hapnikku on naftas tavaliselt 0,1 % piires ja lämmastikku on harva üle 0,1%. Peale selle sisaldab maapõuest saadav nafta alati vett, mineraalsooli, tahkeid lisandeid ja lahustunud gaase. Kõik need nafta töötlemisel sellest eraldatakse. Nafta tehnoloogiliste omaduste hindamiseks on tähtis tema koosseisu kuuluvate süsivesinike jaotumine keemistemperatuuri järgi (fraktsioonikoostis). Nafta hangumistemperatuur iseloomustab piiri, mille juures nafta kaotab volatilsuse (kõigub tavaliselt -80°C kuni $+20^{\circ}\text{C}$). Leekpunkt (-35 kuni $+34^{\circ}\text{C}$) ja isesüttimistemperatuur (260 kuni 375°C) on nafta tuleohtlikkuse tähtsaimad näitajad. Kerged naftad, millistel on madalam keemistemperatuur, süttivad ka madalamal temperatuuril.

Enim kasutatavad naftasaadused on:

- kütused (bensiin, ligroiin, raketikütus, traktoripetrooleum, diislikütus, kütteõlid);
- määride- ja eriotstarbelised õlid (industriaal-, auto-, avio-, diisli-, silindri-, kompressori- ja transformatoriõlid);
- valgustuspetrooleum;
- bituumenid (oksideeritud või jääkgudroonid);
- lahustid ja kõrgeoktaansed lisandid (tehniline isooktaan, ekstraktsioonibensiin);
- parafiin ja konsistentsed määrded (vaseliin);
- naftenhapped ja nende soolad;
- naftakeemia tooraine, mida kasutatakse tööstuslikul orgaanilisel sünteesil.

Naftasaaduste kasutamise viise, nafta eeltöötlemist, destilleerimist, rafineerimist ja muid protsesse on kirjeldatud A. Talvari õpopevahendis (lk 45-55).

Süsivesinikgaaside töötlemine. Looduslik ehk maagaas on maapinnast ammutatav põlevgaas, mis koosneb peamiselt metaanist ja mida kasutatakse kas gaaskütusena või keemiatööstuses toorainena. Peale loodusliku gaasi saadakse kõrgekalorisi süsivesinikgaase samuti nafta tootmise ja töötlemise kõrvalproduktidena. Nendest nafta kõrvalgaas, mis väljub nafta puuraugust koos naftaga, sisaldab peale metaani märgatavas koguses ka teisi küllastunud süsivesinikke (etaan, propaan). Looduslikku gaasi, nafta kõrvalgaasi ja nafta töötlemistehase gaasi nimetatakse naftagaasideks. Märgatavat osa looduslikust gaasist kasutatakse pärast tolmust puhastamist tahma tootmiseks. Viimane on asendamatu materjal kummitööstuses ning trükivärvide, elektriisolatsioonmaterjalide jm saamisel. Kui naftagaasi kasutatakse kütusena, seisneb nende töötlemine peamiselt ebasoojutavatest lisanditest (tolm, vesiniksulfiid, niiskus) puhastamises ja gaasis aurudena sisalduvate kergesti lenduvate vedelate süsivesinike (gaasbensiini) püüdmisses. Gaaside kuivatamist, puhastamist ja muid protsesse on kirjeldatud A. Talvari õpopevahendis (lk 56-59).

4. SÜTTIVATE AINETE TULEOHTLIKE KONTSESTRATSIOONIDE TEKKIMINE TEHNOLOOGILISES SEADMESTIKUS

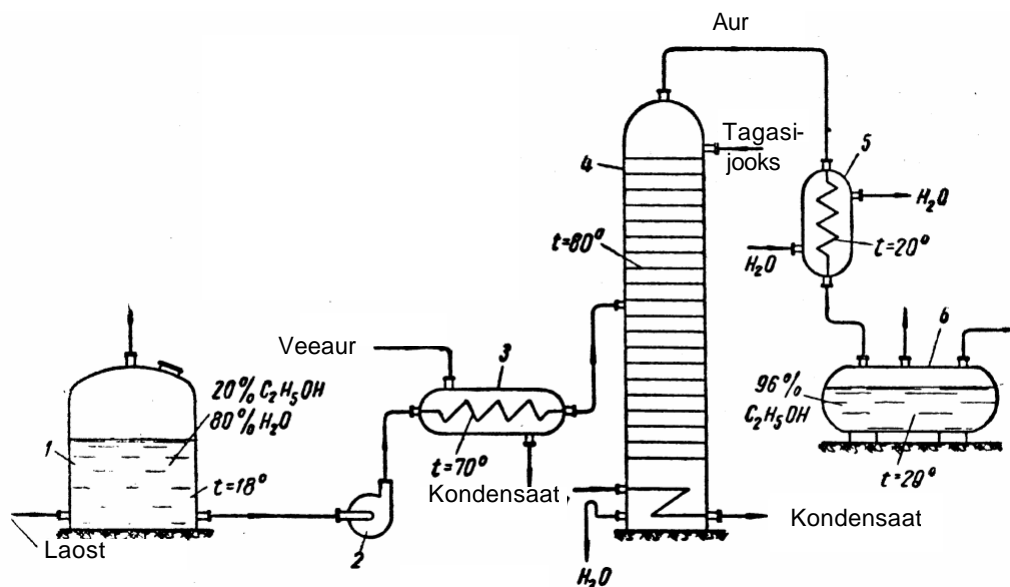
4.1. Süttivate kontsentratsioonide tekkimine aparaatides

Kergsüttivate ja põlevvedelike ning muude tuleohtlike (*edaspidi* tuleohtlik) vedelike aurude, süttivate gaaside ja tolmu süttivad (süttimisvõimelised, plahvatusohtlikud jms) kontsentratsioonid võivad tekkida aparaatides ja torustikes, mis töötavad atmosfääri- ehk normaalrõhul, kõrgendatud rõhkude ja ka alarõhu ehk hõrenduse tingimustes, samuti nende töö seiskamisel remondi tõttu või muul põhjusel.

4.1.1. Tuleohtlike vedelikega aparaadid

Kõik tehnoloogilistes protsessides osalevad vedelikud (lahustid, toornafta ja naftasaadused, aromaatsed süsivesinikud, piiritused, eetrid, aldehüüdid, ketoonid, taimsed õlid, orgaanilised happed jm) on mistahes temperatuuri juures aurustuvad ja neil on sellele vastav küllastunud auru rõhk. Kuid mitte igasuguse temperatuuri juures ei moodusta nad süttimisvõimelist kontsentratsiooni. Mõningal juhul on vedeliku temperatuur liiga madal, et moodustuks põlemiseks piisav hulk vedeliku auru ning teisel juhul võib temperatuur osutada nii suureks, mille tõttu vedeliku auru on sedavõrd palju, et ei jätku õhku põlemiseks kõlbuliku aurude ja õhu segu süttimiseks. Järelikult tekib aurude ja õhu süttimisvõimeline segu vaid vedeliku teatud temperatuurivahemikus, mida nimetatakse süttimise temperatuuripiirideks (süttimispiirkond). Seega on aurude kontsentratsioon süttimispiirkonnas selline, mis võimaldab aurude ja õhu segul süttida plahvatuslikult (süttimisel on plahvatuslik iseloom). Seega on kohustuslikeks tingimusteks süttimisvõimelise kontsentratsiooni tekkimiseks aparaatides ja torustikes: auru ruumi olemasolu aparaadis või torustikus ja vedeliku olemasolu, mille töötemperatuur on kõrgem alumisest temperatuuripiirist ja madalam ülemisest temperatuuripiirist. Enamiku nendest piirväärtusest leiab teatmikirjandust ja kui neid sealt ei leia, on võimalik neid määrata laboratoorsel teel või mõningatel juhtudel ka analüütiliselt.

Kuna vedeliku temperatuur mis tahes aparaadis muutub, tuleb tootjal kindlaks määrata, millistel ajavahemikel võivad aparaadis tekkida süttimisvõimelised kontsentratsioonid. Väidet võimaldab illustreerida joonisel 1 olev skeem, kus anum 1 olev piirituse 20% vesilahus, mille temperatuur on 18°C, pumbatakse pumba 2 abil soojendamiseks kuni 70°C eelsoojendisse 3, mille järel teda kõvendatakse (rektifitseeritakse) kolonnis 4, mille minimaalne töötemperatuur on 80°C. Kolonni ülemises osast väljuvad piirituse aurud, mis seejärel kondensaatoris 5 jahutatakse kuni 20°C. Saadud piirituse rektifikaat kallatakse mahutisse 6.



Joonis 1. Piirituse vesilahuse kõvendamise (rektifikatsiooni) seadme skeem.

1 – vahemahuti; 2 – pump; 3 – eelsoojendi (soojusvaheti); 4 – rektifikatsiooni kolonn, 5 – kondensaator (külmuti); 6 – rektifikaadi mahuti.

Järgnevalt määrame kindlaks, missugused piirituse aurude kontsentratsioonid nendes aparaatides praktiliselt tekkisid:

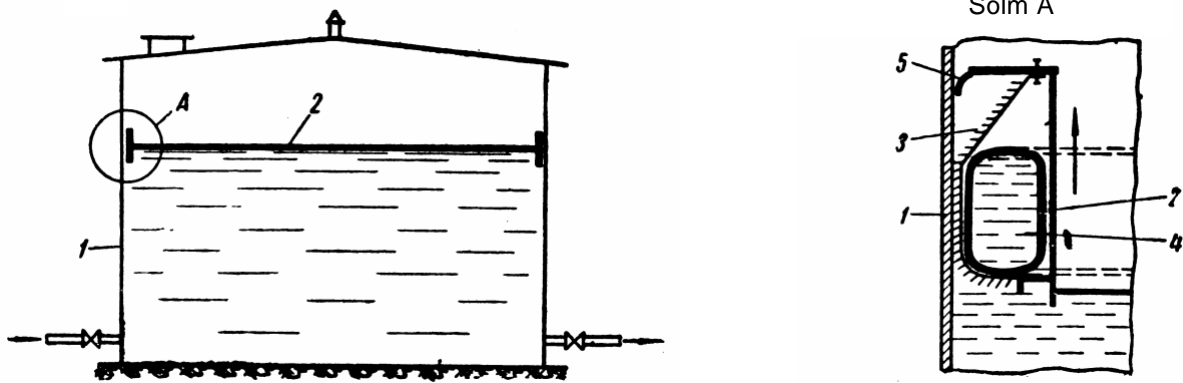
Jrk nr	Aparaadi nimetus ja otstarve	Auru-ruumi olemasolu	Töötemperatuur °C	Piirituse aurude plahvatus temperatuuri-piirid °C alumine/ülemine	Märkused
1.	Reservuaar 20% piirituse vesilahuse jaoks	on	18	+33 / +54	Piirituse aurude kontsentratsioon on madalam alumisest plahvatus temperatuuripiirist
2.	Pump 20% piirituse vesilahuse teisaldamiseks	ei ole	18	+33 / +54	Süttimisvõimeline kontsentratsioon puudub, sest puudub aururuum ning lahuse töötemperatuur on madalam alumisest plahvatuspiirist
3.	Soojendi 20% piirituse vesilahuse temperatuuri tõstmiseks	ei ole	70	+33 / +54	Süttimisvõimeline kontsentratsioon puudub, sest puudub aururuum
4.	Rektifikatsiooni kolonn etüülpriirituse kõvendamiseks (kuni 96°C)	on	80	+11 / +40	Piirituse aurude kontsentratsioon on kõrgem ülemisest plahvatus temperatuuripiirist
5.	Külmuti-kondensaator piirituse-rektifikaadi jahutamiseks	ei ole	20	- / -	Puudub aururuum
6.	Piirituse-rektifikaadi vastuvõtu anum	on	20	+11 / +40	Piirituse aurude kontsentratsioon on plahvatusohtlik, sest on olemas aururuum ning piirituse töötemperatuur on alumise ja ülemise plahvatus temperatuuripiiri vahemikus

Vedeliku aurude süttivate kontsentratsioonide tekkimist tulehtlike vedelikega aparaatides ja torustikes saab ära hoida:

- aururuumi likvideerimise teel, mis on saavutatav alalise nivoo tasemega aparaatides, kus vedeliku nivoo viiakse maksimaalsele tasemele aparaati peale antava ja sealt ära juhitava vedeliku koguste võrdsustamisega (pumpade sisse- ja väljalülitamine automatiseeritakse). Muutuva nivoo tasemega aparaatides on see saavutatav vedeliku pinna aururuumist isoleerimise teel nt ujuvate kaante, püsiva vahu kihi abil jms (vt joonis 2);
- selliste temperatuuritingimuste loomisega, mille puhul süttimisvõimelise kontsentratsiooni tekkimine ei ole võimalik ehk aparaadis oleva vedeliku temperatuur hoitakse madalamal süttimise alumisest temperatuuripiirist (jahutamine, soojendumise piiramine) või kõrgemal ülemisest temperatuuripiirist (vedelike soojendamine). Sel juhul tuleb tingimata kontrollida temperatuuri režiimi, selleks automaatseid kontrolli või reguleerimise seadmeid kasutades;
- mittesüttivate gaaside (süsihappegaas, lämmastik ning heitgaasid või suitsugaasid hapniku sisaldusega 8-10%) viimisega aparaatidesse, mille abil vähendatakse vedeliku aurude ja hapniku kontsentratsiooni vedeliku aururuumis, mille tagajärjel tekib mittesüttiv auru ja õhu segu;
- vedelikesse ainete lisamise teel, mis vähendavad aurustumise intensiivsust, vähendades sel teel aurustuva vedeliku kontsentratsiooni aururuumis (vedelikus lahustuvad ained, nt vesi piiritustes jne).

4.1.2. Süttivate gaasidega täidetud aparaadid

Tehnoloogilistes protsessides osalevad mitmesugused süttivad gaasid (naftagaas, etüleen, atsetüleen, ammoniaak, vesinik, jne) erinevatel temperatuuridel ja rõhkudel. Enamikel juhtudel on aparaadid ja torustikud täidetud puhta gaasiga, vaid erandjuhtudel (tehnoloogilistel kaalutlusel) võivad nad olla segus õhu või hapnikuga. Gaasid segus õhuga võivad süttimisvõimelisi kontsentratsioone moodustada ainult süttimise alumise ja ülemise kontsentratsiooni piiride vahemikus. Kõige sagedamini töötavad gaasidega täidetud aparaadid ja torustikud kõrgemal normaaltemperatuurist, mille puhul õhk gaasidesse tungida ei saa. Selle tõttu võivad süttimisvõimelised kontsentratsioonid tekkida valdavalt aparaatide töö seiskamisel või tööle rakendamisel, samuti gaaside hõrendatud tingimustes töötamisel.

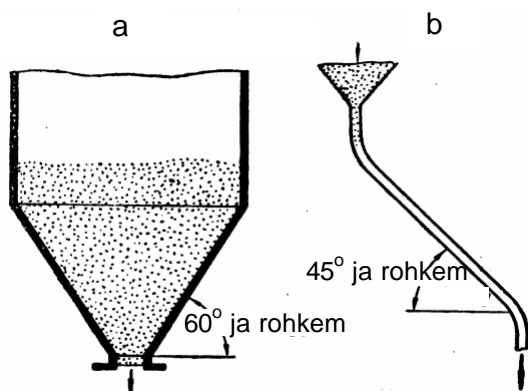


Joonis 2. Ujuva kaanega reservuaar. 1 – reservuaari kere; 2 – ujuv kaan; 3 – ribikujuline painduv lint; 4 – vedelikuga täidetud ringikujuline voolik; 5 – ujuva kaane karkassi suunaja.

4.1.3. Süttivate tolmudega aparaadid

Tootmises võivad tolmud esineda lõppsaadustena (tolmukujuline kütus, puujahu, alumiiniumpuuder jm), lisasaadustena (jahu-, tubaka-, puutolm jm) või tootmisjäätmelena (spooni töötlemise jäätmepuidutöötuses). Sõltuvalt tolmuosakeste suurusest ja liikumise kiirusest võib tolm esineda hõljuvas või ladestunud olekus. Tolmu kiiruse suurenemisel võib ladestunud tolm (aerogeel) uuesti muutuda hõljuvaiks (aerosool). Paljud tolmud on hõljuvas olekus võimelised moodustama süttimisvõimelisi kontsentratsioone. Süttimisvõimelise tolmu kontsentratsiooni piirid, lisaks aine enda keemilise koostisele, sõltuvad suurel määral ka aine peenestusastmest, niiskuse ja tuha ehk põlemisjäägi sisaldusest. Tähtsamaks näitajaks on süttimise alumine kontsentratsiooni piir (puutolmul $30,2 \text{ g/m}^3$, pirnipuu tolmul 100 g/m^3 , kuusepuu tolmul $27,0 \text{ g/m}^3$, männipuu tolmul $34,0 \text{ g/m}^3$ jne), kuna ülemine piir on küllalt kõrge ja selle tõttu harva saavutatav. Seega on tolm õhus süttimisvõimeline ainult juhul, kui tema sisaldus nimetatud segus on üle alumise kontsentratsiooni piiri. Suurt tuleohtu kujutab endast ka ladestunud tolm, mis hõljuvasse olekusse üle minnes võib moodustada süttimisvõimelisi kontsentratsioone, samuti isesüttimisele kalduvate ainete tolmude puhul esile kutsude isesüttimise koldeid. Süttivate tolmudega täidetud aparaatides ja torustikes on tuleohtu võimalik vähendada:

- vähem tolmu tekitavate peenestamisviiside valiku või tolmude niisutamise teel (kiudainete purustamise märjad protsessid);
- mittepõlevate gaaside aparaatidesse ja torustikesse viimise teel (sh seiskamise ja käivitamise ajal) või tolmudele mineraalsete ainete lisamine (nt kriidijahu);
- tolmu äratõmbe seadmete kasutusele võtmine (nt mööblitööstuses jm);
- konstruktiivsete lahenduste rakendamine, millega viiakse miinimumini tingimused tolmu sadestamiseks ehitustarinditel, aparaatides, torustikes, kogumispunkrites jm. Viimastes soovitatakse koonilise põhja kaldenurgaks vähemalt 60° ja isevoolu torustikel vähemalt 45° (vt joonis 3);
- vibraatorite kasutusele võtmine tolmu “korkide” vältimiseks ladestamiskohtades (jäätmepunker);
- aparaatide ja torustike seinte niiskumise vältimine (paigaldamine köetud ruumidesse, nende isolatsioonimaterjaliga katmine).



Joonis 3. Tolmukujuliste saadustega aparaatide ja torustike seinte soovituslikud kalded. a – aparaatide ja punkrite koonuselistel osadel; b – isevoolu torustikel.

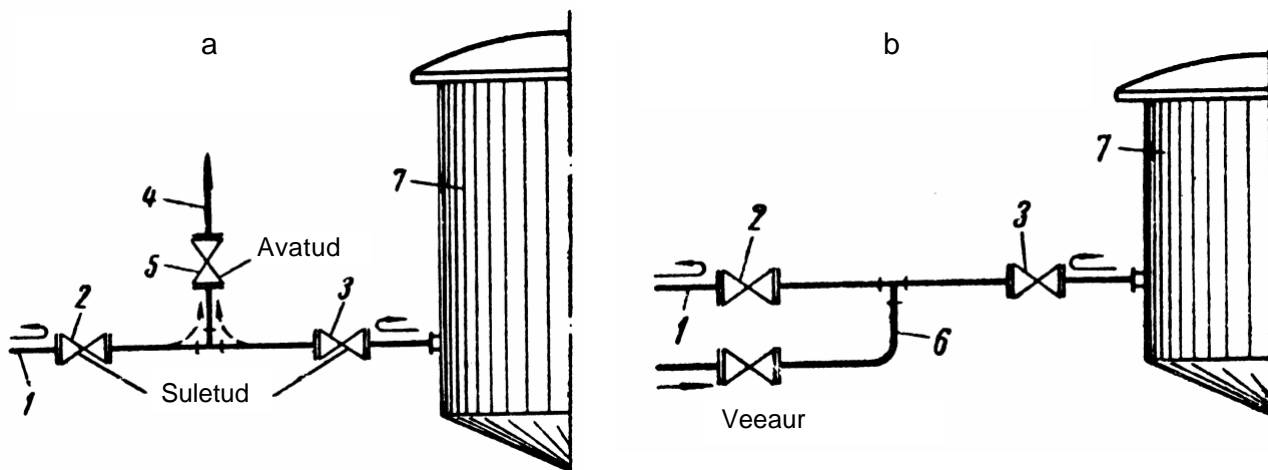
4.1.4. Hõrenduse all töötavad aparaadid

Alarõhk ehk hõrendus luuakse aparaatides temperatuuri režiimi alandamiseks ja selleks, et aurud ja gaasid ei pääseks tootmisruumides sisalduvasse õhku. Sellel eesmärgil paigaldatakse tootmistsükli lõppu vaakumpump või muu alarõhku tekitav ejektor (ejektor- ehk imev jugapump, kasutatakse nt laevadel). Kui alarõhul töötavas aparaadis või torustikus on ebatihedused, tungib ruumi õhk neisse, moodustades seal süttimisvõimelisi kontsentratsioone. Aparaatides ja torustikes oleva õhu kontsentratsiooni üle peab sisse seadma alalise kontrolli statsionaarsete gaasianalüsaatorite või perioodiliselt võetavate segu proovide abil. Segudes hapniku sisalduse suurenemine protsessi käigus viitab aparaatide või torustike ebatihedusele.

4.1.5. Süttivate kontsentratsioonide tekkimine aparaatide seiskamisel ja käivitamisel

Plahvatused ja tulekahjud tehnoloogilistes aparaatides võivad tekkida samuti kindlaks määramata töörežiimide korral (aparaatide seiskamisel ennetusvaatluse tegemiseks või taaskäivitamisel). Süttimisvõimeliste kontsentratsioonide tekkimise vahetuteks põhjusteks on:

- tuleohtlike vedelikega aparaatide mittetäielik tühjendamine (jäädid põhjal, seintel, muul siseseadmestikul);
- tühjendatud aparaatide puudulik ventileerimine, läbi puhumata jätmine veeauru, mittesüttiva gaasi vms;
- puudulik või mittetäielik aparaadi torustike lahutamine vedeliku või gaasi toitetorustikest. Kraanide sulgemine ei pruugi alati asja lahendada (vt joonis 4).



Joonis 4. Aparaatidest torustike lahutamine. *a* – kahe ventiiliga atmosfääri avatud torustikuga; *b* – kahe ventiiliga veeauru andmise torustikuga; 1 – tuleohtliku saadusega torustik; 2, 3 ja 5 – ventiilid (siibrid); 4 – ära juhitud torustik; 6 – veeauru torustik; 7 – aparaat.

4.2. Aurude ja gaaside väljumine aparaatide ja torustike normaalseisundi korral

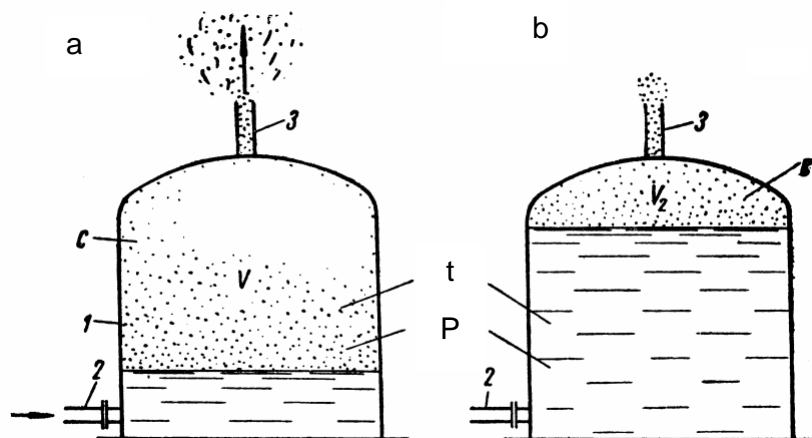
Süttimisvõimelised kontsentratsioonid võivad tootmisruumides või välisseadmete asukohas tekkida sel juhul, kui aparaatidest või torustikest väljuva aurud, gaasid või vedelikud nende normaalseisundis oleku ajal. Need võivad tekkida mitte ainult aparaatide purunemisel, vaid ka korras olevate avatud pinnaga aparaatide (lahtised reservuaarid, anumad, vannid jne), luukidega anumate ja muutuva nivooga (ruumis oleva hingamistoruga) reservuaaride kasutamisel. Reeglina kasutatakse tööstuses siiski hermeetiliselt suletud aparaate, ehkki ka neis võivad olla ebatihedused kere õmbluskohtades, flanšühendustes (äärrik, torude otsketas torude ühendamiseks poltide abil, flanš- ehk äärrikliide), laagrites jm.

4.2.1. Vedelike aurustumine lahtistes aparaatides ja vedeliku kallamisel

Aurustuva vedeliku hulk vabalt pinnalt sõltub tema füüsikalistest omadustest, temperatuuri tingimustest, nn peegelpinna suuruselt, aurustumise ajast ja selle kohal oleva õhu liikumise kiirusest. Praktikas esineb taolist aurustumist vedeliku maha voolamisel või kallamisel, lahtises reservuaaris või anumal hoidmisel, värvimisel, detailide lahustites pesemisel jm. Lihtsamaiks viisiks on vedeliku vabalt pinnalt toimuv aurustumine, mille puhul küllastunud auru kontsentratsiooni tekkimine terves tootmisruumis on vähe tõenäoline. Seepärast toimub aurustumine pidevalt ja pikka aega. Matemaatiliselt on võimalik kindlaks teha, millise aja jooksul võib nt ruumis tekkida süttimisvõimeline kontsentratsioon.

4.2.2. Vedeliku aurude väljumine aparaadist hingamistoru kaudu

Ruumi väljuvate aurude hulk aparaatidest, mis on varustatud hingamistorudega, sõltub mitte ainult aine füüsilikest omadustest, vaid ka “suurte” või “väikeste” hingamiste arvust. Suureks hingamiseks (joonis 5) loetakse aurude välja surumist aparaadist või õhu sisse imemist aparaati vedeliku taseme muutumisel aparaadis. Väikeseks hingamiseks loetakse aga aurude välja surumist aparaadist või õhu sisse imemist aparaati aururuumi temperatuuri muutumise korral väliskeskkonna temperatuurist tingitult. Matemaatiliselt on välja arvatav, kui suur on hingamistoru kaudu aurustunud vedeliku hulk suure või väikese hingamise (kg/tsükli kohta) korral.



Joonis 5. Tuleohtliku vedelikuga reservuaari “suur hingamine”. *a* – hingamise algus; *b* – hingamise lõpp; *1* – reservuaari kere; *2* – täitetorustik; *3* – hingamistorustik.

4.2.3. Aurude ja gaaside väljumine hermeetilistest rõhu all töötavatest aparaatidest ja torustikest

Isegi töökorras olevate hermeetilistest aparaatidest ja torustikest eraldub kere õmbluste, flanšühenduste, laagrite või muu ebatiheduse tõttu neis sisalduvaid aineid (aure või gaase) ümbritsevasse keskkonda, mis oleneb valdavalt aparaatide seisukorrast ja töörežiimist. Ainete kaod on matemaatiliselt arvatavad. Aurud ja gaasid võivad hermeetilistest aparaatidest väljuda samuti siis, kui nendest tuleb aeg-ajalt võtta analüüsiks vajalikke proove või neid iseloomustab perioodiline tegevus (tühjendamine, täitmine, luukide avamine muul otsarobel), mille puhul on võimalik kohaliku iseloomuga süttimisvõimelise kontsentratsioonide tekkimine.

4.2.4. Ruumi eralduvate aurude ja gaaside hulga vähendamine ja ruumi õhu seisukorra kontrollimine

Tootmisruumides on vedeliku aurude ja gaasi kontsentratsioon alati alla alumist süttimispiiri, sest vastasel korral ei oleks inimeste viibimine neis ainuüksi tervislikel põhjustel võimalik. Kuid süttimisvõimelise kontsentratsiooni tekkimine ruumides on siiski võimalik (lahtiste aparaatide, vannide, hingamistorude juures). Ruumi väljuvate aurude või gaaside keskmine kontsentratsioon on matemaatiliselt määratav suurus. Põhiliseks töökeskkonna seisundi kontrollimise meetodiks on ruumis õhust analüüsiks vajaliku proovi võtmine (erakorraline või ühekordne, perioodiline, alaline). Tööohutuse valdkonnas on taoliste proovide võtmine tavaline nähtus, sest tervisekaitseinspeksioonidel on kasutada nn sanitaarnormid (piirnormid), millistes on sätestatud maksimaalselt õhus lubatud ainete kontsentratsioonide piirnormid töökohtades ehk seal, kus viibivad alaliselt või ajutiselt töötajad. Mõõtmiseks on kasutatavad kantavad gaasianalüsaatorid. Nii oli näiteks ammoniaagi inimese tervisele lubatud maksimaalne kontsentratsioon õhus kuni $0,02 \text{ g/m}^3$, ammoniaagi alumine süttimispiir on aga 112 g/m^3 , atsetoonil vastavalt $0,2$ ja $38,6 \text{ g/m}^3$. Põhilised meetmed aurude ja gaaside ruumi õhku tungimise ära hoidmiseks on:

- lahtiste ja luukidega anumate arvu miinimumini viimine;
- üheliigilise vedeliku anumate (tuletõkestiga varustatud) hingamistorudega omavaheline ühendamine ja põhihingamistoru ruumidest välja juhtimine.

Tähtsal kohal on samuti ruumidesse efektiivse sisse- ja väljatõmbeventilatsiooni projekteerimine ja paigaldamine. Rume, kus alaliselt ei viibi inimesi, on kombeks ventileerida loomulikul teel ja näha ette kohtaratõmbeseadmed.

4.3. Tuleohtlike ainete väljumine aparaatide vigastamisel ja aparaatide vigastamise põhjused

Vedeliku ja gaasi väljumine aparaadi vigastamisel. Suurimat ohtu kujutab aparaatidest vedeliku, selle aurude või gaasi väljumine, mis koguneb tootmisruumis või välisseadme platsil. Suures osas toimub see nimetatud ainete niredena, mis võimaldab ava suurust teades välja arvutada väljunud aine koguse. Kui vedelik voolab maha ja on teada vedelikuga kaetud ala pindala ning koristamata aja kestvus, on võimalik samuti matemaatiliselt kindlaks määrata aurustunud vedeliku hulk. Aparaadi purunemisel on reaalne kogu vedeliku, selle aurude või gaaside väljumine tootmisruumi, millega tõenäoliselt kaasneb üleruumilise süttimisvõimelise kontsentratsiooni tekkimine. Tehnoloogiline seadmestik tervikuna peab vastu pidama sellele ettenähtud rõhule, temperatuurile ja muudele välismõjudele. Tootmisseadmestiku vigastusi põhjustavad:

- mehaanilise toime tagajärjel tekkinud mõjurid;
- keemilise kulumise toimele tekkinud mõjurid.

4.3.1. Mehaanilisel toime tagajärjel tekkinud mõjurid

Mehaanilisel toime tagajärjel tekkinud mõjurid võivad põhjustada aparaatidele sedavõrd suuri sisepingeid, mille tagajärjel võivad tekkida avad nt kere õmblustes või detailide ühenduskohtades, aga samuti aparaatide kere või torustike purunemine selle ristlõike ulatuses. Suurte sisepingete põhjusteks on:

- aparaadile ettenähtud rõhu ületamine tootmisprotsessides;
- aparaadile mitte ettenähtud dünaamilise iseloomuga koormuse avaldamine;
- temperatuuripinged, millele pole aparaadi kere materjal arvestatud või materjali omaduste muutumine temperatuuri toimele.

Aparaadis normatiivse rõhu ületamine. Iga aparaat ja torustik on arvestatud teatud töö rõhule. Sellest tulenevalt määratakse seinte materjal ja paksus, kere õmbluse ja komplekteeritavate osade kinnitustetailide tugevus. Mida suurem on aparaadis olev rõhk, seda suuremad on aparaadi sisepinged. Rõhk aparaadis suureneb samuti siis, kui sellesse antava materjali hulk ajaühikus ületab sellest ära juhitava materjali hulga ajaühikus või tõuseb aparaadis oleva materjali paisumine temperatuuri tõusu toimele või tekivad keemiliste reaktsioonide tagajärjel aurud ja gaasid.

Materiaalse bilanssi rikkumine. Pideva töörežiimiga aparaatides peab igas ajaühikus sellesse antava materjali hulk olema võrdne sellest väljuva materjali hulga ajaühikus. Kui aga aparaati antava materjali hulk suureneb (sellest väljuva materjali hulk samal ajal ei muutu), või suureneb aparaadist väljuva materjali hulk (aparaati antava materjali hulk seejuures ei muutu), võib surve aparaadile suurenedada või aparaadis võib selles tekkida ohtlik alarõhk ehk vaakum. Reeglina tekivad sellised nähtused pumpade ebaõige töö tõttu, torustikes liikuva materjali takistuse suurenemisel, hingamisavade ummistumise või reduktsioonklappide rikke korral. Materiaalse bilanssi säilitamiseks on tarvis:

- valida pumbad ja kompressorid selliselt, et igas aparaadis tekiks kindel rõhk, mille muutumisel peab sellega kaasnema paratamatu pumba tootlikkuse muutumine, milleks pumpade järele paigaldatakse automaatsed rõhu regulaatorid. Selleks on kasutusel samuti vedeliku tase, gaasikoguse või rõhu mõõturid, reservuaarides ülevoolu torustikud jms;
- vältida rõhu suurenemist pumba või aparaadi järel oleva takistuse tõttu (siibrite mittetäielik avamine, torustiku ristlõike vähenemine jms);
- vältida rõhu kõrgenemist gaasitorustikes, mis võivad põhjustada kondensaatide olulist kogunemist ehk moodustada "korke" torustiku põlvedes, painutuskohtades või gaasitorustike madalamates lõikudes;
- ära hoida rõhu tõus anumates ja reservuaarides, mis võib tekkida vedeliku poolt välja tõrjutud õhu väljumise või värse õhu sisenemise võimatuse tõttu (hingamistoru on ummistunud, et töötada hingamisklapid, hingamistoru diameeter ei võimalda aurude väljumist reservuaari täitmisel, mille tagajärjeks võib olla näiteks reservuaari täielik deformeerumine selles tekkinud üle- või alarõhu tõttu).

Gaaside ja vedelike soojuslik paisumine. Eriti on ohtlik aparaatides ja torustikes olevate gaaside ja aurude rõhu suurenemine nende soojenemise tõttu üle ettenähtud temperatuuri piiri, mille võivad põhjustada kontroll- ja mõõteriistade puudumine või nende rike, personali hooletus järelevalve pidamisel, naaberaparaatide kiirusenergia toime või temperatuuri tõus ümbritsevas keskkonnas. Seejuures on otstarbekas teha vahet kahte erinevat liiki aparaatide vahel (ühed on isoleeritud, teised on omavahel torustikega ühendatud). Ohtlikum on rõhu tõus isoleeritud aparaatides, mis selgub järgmisest:

- gaaside ja ülekuumendatud aurudega täidetud aparaatides suureneb rõhk proportsionaalselt (võrdeliselt) temperatuuri tõusuga ehk mida suurem on temperatuur, seda kõrgem on ka rõhk. Näiteks on teada, et temperatuuri tõusmisel 273°C võrra suureneb neis rõhk esialgse rõhuga võrreldes kolm korda;
- eriti ohtlik on mahutite, torustike või taara kuumenemine, mis on täielikult täidetud vedelikega. Teatavasti vedelik kuuenedes paisub, millele seisavad vastu anuma seinad. Kuna vedelikud reeglina kokku surutavad ei ole, suureneb nende kuumenemisel järsult seest poolt seintele avaldatav surve, mille tagajärjel need võivad puruneda. Selle tõttu anumaid ja balloone (nt vedelgaasiga) täies ulatuses ei täideta, mille tõttu täidab aururuum siin rõhu tasakaalustaja ehk kompensatori rolli;
- kui aparaadid või anumad on ühendatud teiste aparaatide või anumatega ja toimub nende kuumenemine üle ettenähtud temperatuuri piiri, siis rõhk küll tõuseb, kuid järsku rõhu tõusu ei toimu. Nii näiteks toob temperatuuri tõus rektifikatsiooni kolonnis kaasa vaid aurustumise suurenemise aja ühikus.

Aurufaasi kondenseerumise katkestamine. Rõhu kõrgenemine aparaatides võib toimuda aurufaasi normaalse kondenseerumise režiimi rikkumise tõttu. Aurutitest, rektifikatsiooni kolonnidest jm väljuv aur kondenseeritakse vee või veeldatud gaasidega. Kui nende temperatuur peaks mingil põhjusel tõusma, siis soojuse täielikku neeldumist ehk auru täielikku kondenseerumist toimu. Aurude mittetäielik kondenseerumine kondensaatoris (seade auru veeldamiseks) sama suures mahus auru tootmise jätkudes toob kaasa auru väljumise läbi auru-õhu kaitseklapi või aururõhu kasvu aparaadis. Selle peamiseks põhjuseks on auru kondenseerimiseks vajaliku jahutusvedeliku etteandmise osaline või täie lik katkemine, samuti võib seda põhjustada kondensaatoris soojusvaheti seintele kogunenud mustus ehk saast, mille tagajärjel väheneb seinaga või selle osa soojusülekanne koefitsient. Nende nähtuste vältimiseks tuleb pidevalt kontrollida aururõhku ja temperatuuri kondensaatoris, puhastada perioodiliselt mustusest soojusvaheti pindasid, kontrollida kaitseklappide töökorras olekut jne. Soovitav on samuti aparaatide ja torustike isoleerimine (sh tulekahju- või päiksekiirguse toime eest).

Kergesti keeva vedeliku sattumine kõrge temperatuuriga aparaati. Rõhu tõus teatud aparaatides võib toimuda kergesti keeva vedeliku sattumise tagajärjel kõrge temperatuuriga aparaati (nt 250-350°C ja üle selle veeldatud saaduse või auru kondensaadi sattumisel). Selle vältimiseks on tarvis aparaadiga ühendatud aurutorustikud varustada kondensaadi välja laskmise seadeldisega ja kõrgesti kuumutatud aparaatidesse veeldatud auru mitte juhtida.

Aurude ja gaaside moodustumine keemiliste reaktsioonide tagajärjel. Rõhu tõus aparaatides võib toimuda täielikult keemilistel põhjustel ehk intensiivse gaasistumise või suure hulga soojuse eraldumise korral ainete omavahelise toime tagajärjel. Näiteks toimub see kaltsiumkarbiidi ja vee omavahelisel toimel, metallide ja hapete vahel, samuti enamike eksotermiliste reaktsioonide tagajärjel. Reeglina kaasneb eksotermiliste reaktsioonidega alati intensiivne kõrge temperatuuriga auru- või gaasikujuliste saaduste tekkimine. Kõik see oleneb reaktsiooni iseloomust, rõhk aparaadis aga oleneb omakorda aparaadis tekkiva soojuse ärajuhtimise intensiivsusest ehk jahutamise kvaliteedist. Seega peavad korras olema nii aparaadi jahutussüsteem, seadmestik reaktsiooni tagajärjel tekkiva liigse gaasi välja laskmiseks vastava klapi või lahjendustorustiku kaudu, kui ka seadmed aparaadis oleva temperatuuri ja rõhu mõõtmiseks.

4.3.2. Dünaamilise iseloomuga koormuste toime

Dünaamiliste koormuste puhul on sisepinge seadmestikule alati suurem sisepingest, mis tekib samade koormuste staatilisel toimel. Nende omavahelist suhet nimetatakse dünaamiliseks koefitsiendiks, mille väärtus võib olla 1,5 kuni 15. Tootmisprotsessis võivad need pinged esineda järskude rõhu suurenemiste, hüdrauliliste löökide, aparaatide ja torustike vibreerimise või juhuslikku laadi löökide näol.

Järsud siserõhu muudatused aparaatides ja torustikes. Aparaatides, mis on arvestatud suhteliselt püsivate töörežiimide jaoks, võivad esineda järsud lühiajalise rõhu muutused ajahükkudeks. Taolised nähtused esinevad aparaatide tugevuskatsetustel, aparaatide eksploatatsiooni võtmisel, nende seiskamise ajal, samuti ettenähtud auru- ja temperatuuri režiimi jämeda rikkumise tõttu. Rõhu muudatused toimivad materjalile dünaamiliste koormustena, mis võivad põhjustada ohtlikke pingeid aparaatide seintes. Kõigi nende nähtuste vältimiseks tuleb tagada rõhu sujuv muutumine aja ühikus.

Hüdraulilised löögid. Suured sisepinged aparaatide ja torustike seintele tekivad liikuva vedeliku või gaasi voo järsul pidurdamisel ehk nn hüdraulilise löögi tagajärjel. Kõige sagedamini kannatavad selle all torustikud ja pumbad. Tavaliselt juhtuvad need torustikel olevate ventiilide sulgemise või avamise tagajärjel,

pumpade poolt antavate vedelike suure pulseerimise tõttu, rõhu järsu suurenemise või vähenemise tõttu mõnes torustiku lõigus. Torustikus toimuvat rõhu tõusu hüdraulilise löögi tagajärjel on võimalik matemaatiliselt määrata (kg/sm^2), samuti on võimalik määrata lööklaine levimise kiirust (m/sek). Hüdraulilise löögi korral on rõhk ventiili sulgemise ajast ja torustiku pikkusest. Mida pikem on torustik ja lühem selle sulgemiseks (ventiili, siibri, klapi vms abil) kulunud aeg, seda suurem on hüdrauliline löök. Selle kahjuliku mõju ära hoidmiseks kasutatakse tagasilöögi klappe (kui alaneb toititorusse antava aine hulk ajahikus). Protsessis osalevate pumpade tootlikkuse muutumine peab toimuma sujuvalt.

Aparaatide ja torustike vibratsioon. Ebatiheduste tekkimine aparaatide ja torustike flanšühendustes, kere õmblustes või tervikkere purunemine sisepinge süstemaatilise muutumise tagajärjel võib leida aset välisjõudude mõjul. Vibreerimine toimub halvasti kinnitatud surve all olevates torustikes, mis on ühendatud kolbpumpadega ja kompressoritega, samuti aparaatides ja torustikes, mis paiknevad töötavate diiselmootorite, võimsate kompressorite, haamrite, presside ja teiste agregaatide läheduses. Samuti on esinenud seda halvasti kinnitatud välisseadmetes tugeva tuule tõttu. Suurimat ohtu kujutab olukord, kui välismõjude tõttu esinev vibratsioon ehk võngete sagedus läheneb aparaadi või torustiku omavõnkesagedusele, mis võib lõppeda neis resonantsi tekkimisega. Lihtsaimaks vahendiks on pulseerivate (vibratsiooni tekitavate) välisjõudude mõju vähendamine või likvideerimine (kolbpumpade tsentrifugaalpumpadega asendamine, aparaatidele massiivsemate vundamentide ehitamine, elastsete tihendite ja vetrude kasutamine, aparaatide ja torustike kvaliteetne kinnitamine, torustike kaitsmine seintest läbi mineku kohtades jne). Dünaamilise koormuse võivad põhjustada samuti tsehi sisetranspordiks kasutatavad sõidukid või töövahendid (löögid, kokkupõrked aparaatide ja torustikega jne).

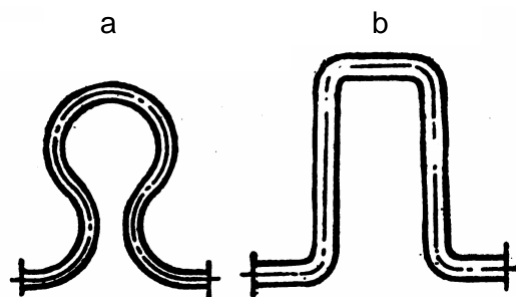
4.3.3. Metallide omaduste muutumine temperatuuri toimel

Aparaatide ja torustike ebatihedused ja vigastused võivad tekkida nende projekteerimisel arvestamata jäetud töötemperatuuride muutuste tõttu seinte materjalile (sh nende mehaaniliste omaduste alanemine temperatuuri toimel). Need nähtused esinevad:

- aparaatidel ja torustikel temperatuuri tõusust tingitud mõõtmete muutumiseks (paisumiseks) vajalike tingimuste puudumise korral;
- aparaatide seintele avaldatava kõrge temperatuuri toime tagajärjel, milline märgatavalt ületab selleks ettenähtud temperatuuri piiri;
- aparaatide seintele avaldatava madala temperatuuri toime tagajärjel, mille väärtus on alla nulli.

Temperatuuripinged. Mis tahes keha temperatuuri muutmine kutsub teatavasti esile selle mõõtmete muutumise. Kui aparaadi konstruktsioon kuumenemisel või jahtumisel võimaldab vabalt muutuda selle mõõtmetel, siis täiendavaid pingeid nende materjalile ei teki. Temperatuuripinged praktikas siiski tekivad, kui ebaõigesti on valitud nende konstruktsioon (puudub võimalus joon- või ruumpaisumiseks) või aparaatide ja torustike materjal, esinevad temperatuuride erinevused ühes ja samas aparaadis või torustikus. Nende nähtuste vältimiseks kasutatakse spetsiaalseid temperatuuri tasakaalustajaid, millistest lihtsamateks on lüüra- ehk harfi- või silmusekujulised kompensatorid ehk torustiku jätkud (joonis 6).

Tasakaalustav rolli täidavad samuti mis tahes toru põlved ja muud kõverused. Torustike materjalide valikul tuleb jälgida, et neis kasutataks valdavalt ühesuguse joonpaisumise koefitsiendiga materjale.



Joonis 6. Painutatud kompensatorid. *a* – lüüra- ehk harfikujulised; *b* – silmusekujulised.

Kõrgete temperatuuride toime aparaatide materjalile. Kõrgete temperatuuride mõjul aparaatidele ja torustikele muutub nende materjali tugevus. Näiteks säilitab sageli kasutatav süsinikusisaldusega teras CT 600°C temperatuuri juures ligikaudu 30% oma esialgsest tugevusest, kusjuures neil temperatuuridel suurenevad metalli plastilisus, tema voolavus ja metall ei suuda vastu pidada talle avaldatud koormustele, mille tagajärjel tekib kere deformeerumine või purunemine. Teatud tingimustel on vajalik aparaatide valmistamiseks materjal, mis peab vastu 800-1000°C temperatuurile.

Madalate temperatuuride toime aparaatidele. Rida aparaate ja hooneid eksploateeritakse tingimustes, kus töö- või ümbritseva keskkonna temperatuur on alla nulli. Sellisteks on külmutusseadmed (nt ammoniaagi puhul), vedela õhu, hapniku ja lämmastiku tootmisaparaatid (temperatuur -180°C ja alla selle), samuti reservuaarid, anumad ja balloonid, millised talvisel ajal asuvad hoiuplatsidel. Madalad temperatuurid halvendavad metallide plastilisi omadusi, vähendavad vastupanu löökidele (löögitugevust), muudavad neid habrasteks (reservuaaride pragunemine ja nende korpuse purunemine nt Kaug-Põhjas ja Siberis -43°C juures). Seega on otsustavaks teguriks tuleohutuse tagamisel sobiva materjali valik ja selle kaitsmine soojusisolatsiooni materjaliga.

4.3.4. Aparaatide materjali keemilisest kulumisest põhjustatud mõjurid

Korrosiooni liigid ja korrusioonist tekkinud purunemise iseloom. Keemilise kulumise all mõistetakse aparaatide seina paksuse või tugevuse vähenemist nende seinte materjali ja töödeldava keemilise materjali vastastikusel toime tagajärjel või väliskeskkonna mõjul. Enamik metalle ja mitmete aparaatide voodrimaterjalid murenevad või purunevad suhteliselt kergesti kokkupuutel hapete, leeliste ja soolade lahustega, samuti vee, hapniku, õhu ja muude keemiliste ainetega. Seda nähtust tehnikas nimetatakse korrosiooniks (rahva keeles roostetamiseks). Korrosioonist nakatuvad kergemini kere õmblused, lahtivõetavad ühendused, tihendid, torustike põlved ja muud kõverused. Korrosiooni põhjustavad tootmises töödeldavad materjalid ja neid sisaldavad segud, samuti õhk ja vesi ning neis olevad lisandid. Korrosioon põhjustab suurt majanduslikku kahju ja selle tagajärjel võivad aparaatides ja torustikes tekkida lekked, vigastused ja avariid. Iseloomult võib korrosioon olla keemiline (seisneb metallide otseses reageerimises ümbritsevas keskkonnas oleva ainega, nt hapnikuga) või elektrokeemiline (toimub metalli pinnal olevas elektrilüüdi lahuses).

Keemiline korrosioon esineb sagedamini kõrge temperatuuriga aparaatides, samuti dieletriliste veetastatud materjalide töötlemisel. Reeglina on tegemist "gaasilise" korrosiooniga (toimub tavaliselt kuivades gaasides), mis kulgeb hapniku, väävli, vesiniku ja teiste ainete keskkonnas. Metallile gaasikujulise hapnikuga toimides saadakse metallide hapendid (nt rauahapend). Tekkinud hapendil mehaanilist tugevust sisuliselt ei ole, mille tõttu ta tema kiht metallist kergesti eraldub. Tuntumaks viisiks keemilise korrosiooni vastu võitlemisel on töödeldavate materjalide puhastamine väävlist ja selle lisanditest.

Elektrokeemiline korrosioon kujutab endast metallide purunemist elektrolüütides, mida massiliselt esineb aparaatide ja torustike eksploateerimisel. Elektrolüüdi lahuse moodustavad samuti õhus oleva veeauru kondenseerumisel tekkinud õhuke veekiht ja selles lahustunud gaasid. Elektrokeemilise korrosiooni hulka kuuluvad:

- atmosfäärne korrosioon ehk korrosioon, mis toimub teatud niiskuse sisaldusega ning agressiivsete aurude ja gaaside lisanditega täidetud õhus;
- veekorrosioon ehk korrosioon, mis toimub mitmesugustes vesilahustes;
- korrosioon kontsentreeritud lahustes ehk korrosioon, mis kulgeb keemiliste reagentide (happed, leelised, soolad) lahustes;
- pinnase korrosioon ehk mitmesugustel pinnastel paiknevate aparaatide korrosioon.

Enam tuntud korrosiooni kaitsmise viisid on:

- korrosioonikindlate materjalide põhjalik valimine (tähtsamate aparaatide valmistamine legeritud terasest ehk metallide sulatisest, aparaatide materjali valik sõltuvalt töödeldavate materjalide ja ümbritseva keskkonna keemilisest aktiivsusest).
- keemiliselt püsivate mittemetalliliste materjalide kasutamine (mittemetallilised materjalid omavad suurt korrosioonikindlust, ületades metallide enda korrosioonikindluse, mittemetallidest kasutatakse aparaadiehituses fosforit, klaasi, keraamikat, tsementi, plaste jm);
- kaitsekihtidega katmine (õli-, nitro- ja muude värvide ja lakkidega pinna katmist kasutatakse atmosfääri, samuti naftasaaduste, leeliste, orgaaniliste lahustite, gaaside mõju eest kaitsmiseks);
- pinnase korrosiooni eest kaitsmine (pinnasele toetuvaid aparaate ja torustikke kaetakse 3-4 mm paksuse bituumeni või muu mastiksiga, kroomi või muu peene metallikihi materjalile kandmine, aparaatide vooderdamine keraamiliste plaatidega jne);
- keskkonna korrosiooni aktiivsuse vähendamine (toimub töödeldavate materjalide puhastamine keemilisel teel korrodeerivatest lisanditest, samuti elektrolüütidesse korrosiooni aeglustavate lisandite viimise teel);
- metalli katoodkaitsmine (alalise vooluallika abil muudetakse nt kogu torustiku pind elektrivoolu ahelas katoodiks ja spetsiaalne maanduskontuur anoodiks).

5. TÖÖSTUSLIKUS TOOTMISES SISALDUVAD SÜTTIMISALLIKAD JA NENDE TEKKE VÄLTIMINE

Oma päritolult on tööstuslikus tootmises sisalduvad süttimisallikad:

- keemiliste reaktsioonide soojusliku toime tagajärjel avalduvad;
- mehaanilise energia soojusliku toime tagajärjel avalduvad;
- elektrienergia soojusliku toime tagajärjel avalduvad (käsitletakse elektrotehnika või elektriohutuse aines).

5.1. Keemiliste reaktsioonide soojuslik toime

Sellesse gruppi kuuluvad kõik keemilised reaktsioonid, milliste kulgemisega kaasneb soojuse eraldumine koguses, mis on küllaldane selles osalevate ainete või nendega kokku puutuvate süttivate ainete ja materjalide temperatuuri tõstmiseks kuni nende isesüttimistemperatuurini. Enam iseloomulikemateks süttimisallikateks selles grupis on lahtine tuli (tuleleek), kõrge temperatuuriga (kuumutatud) gaasitaolised põlemissaadused, sädemed ja eksotermilised keemiliste reaktsioonid.

5.1.1. Lahtine tuli

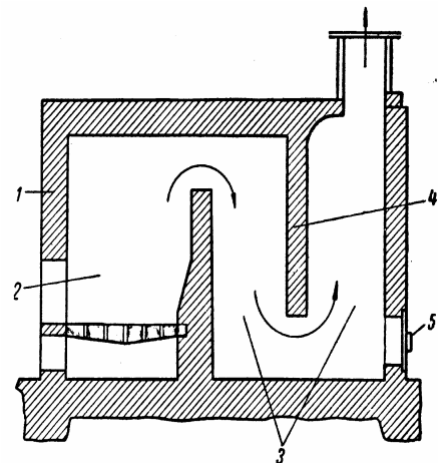
Tulekahjud lahtise tule toimel tekivad suhteliselt tihti, kuna lahtise tule allikal on reeglina piisav soojusenergia varu enamiku süttivate ainete ja materjalide isesüttimise esile kutsumiseks. Lahtine tuli on kasutusel mitmete tööstusseadmete põletites, samuti põletite tööle rakendamisel (kui puudub elektriline tulesüütaja), tootmisjäätmete ja prahi põletamisel selleks ettenähtud põletusahjudes või territooriumil seadistatud platsidel, remonttööde ajal gaaskeevitusseadmeid kasutades, lõkete tegemisel olmes ja suitsetamisel. Kõikide nimetatud tuleohtu kätkevate tööde tegemist reguleeritakse üleriigiliste tuleohutusnõuetega või nähakse need nõuded ette objektide üldistes või taoliste tootmisüksuste tuleohutusjuhendites. Sellesse gruppi kuuluvaiks võib lugeda samuti need süttimisallikad, mida üksikutel juhtudel püüavad kasutada kuriteo toime paneku kavatsusega füüsilised isikud (tule lont, tõrvik, kustutamata tuletikk või suitsukoni, valgumihkel jne);

5.1.2. Gaasikujulised põlemissaadused

Kütuse põlemisel kolletes ja sisepõlemismootorites moodustuvad gaasikujulised põlemissaadused, milliste temperatuur on suhteliselt kõrge (600-1100°C). Taoline temperatuur on samuti piisav süttivate ainete ja materjalide isesüttimise esile kutsumiseks. Küttekolletes olevate pragude või heitgaaside torustikes olevate ebatiheduste või aukude kaudu väljudes võivad need mis tahes süttivate ainete või materjalidega kokku puutudes esile kutsuda ka viimaste isesüttimise. Üksikutel juhtudel võidakse kuumutatud küttegaase soojuskandjana kasutada kiuliste materjalide (puuvill, lina, teravili, muud teraviljakultuurid, plastid, puidujäätmel vms) kuivatamisel, mida reeglina enne kasutusele võtmist külma õhuga vajaliku temperatuurini jahutatakse. Sel eesmärgil kontrollitakse näiteks mehaniseeritud kuivatites automaatikaseadmete abil soojuskandja temperatuuri, mille suurenemisel üle lubatud piiri teenindavat personali varakult sellest alarmeeritakse.

5.1.3. Küttekolletest ja mootoritest lendunud sädemed

Nimetatud sädemed kujutavad endast põlemissaadustes sisalduvaid kuumutatud kütuse osakesi, mis tekivad mitte täieliku põlemisprotsessi tagajärjel või süttinud kütuse osakeste mehaanilise kandumise tõttu küttekolletest või sisepõlemismootoritest. Säde süütamisvõime oleneb tema temperatuurist, soojussisaldusest ja toimimise ajast. Sädemete temperatuur võib ulatuda 600-700°C, mis on piisav enamike süttivate materjalide isesüttimise esilekutsumiseks.



Joonis 7. Waheseinaga sädemete maandamise kamber. 1 – ahju kere; 2 – kolderuum; 3 – sädemete maandamise kamber; 4 – vahesein; 5 – kambri puhastusava.

Kuna aga sädemete soojusenergia varu on väike ja reeglina on ka nende mõõtmed pisikesed, oleneb nendega kokku puutunud süttivate ainete ja materjalide süttimise tõenäosus suuresti ajast, mille jooksul toimub sädeme temperatuuri vähenemine kuni selle materjali isesüttimistemperatuurini. Reeglina on see aeg üsna lühike, sest säde kas põleb lõplikult või jahtub alla vastava aine või materjali isesüttimistemperatuuri.

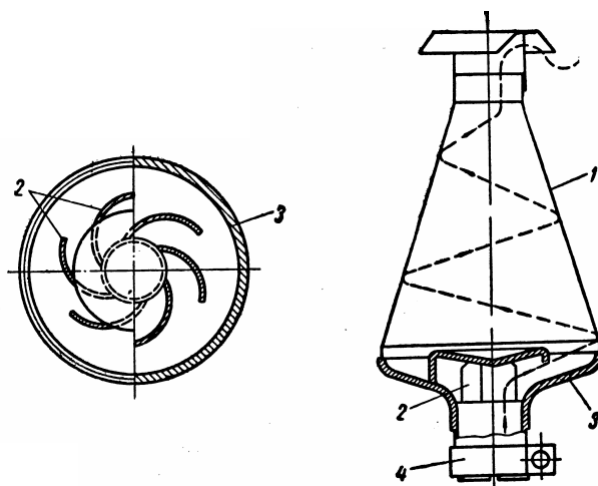
Küttekolletes sädemete tekkimise peamised põhjused on:

- liigne sädemete leandumine küttekolde konstruktsiooniliste puuduste tõttu;
- kütmiseks mitte ettenähtud kütuse kasutamine või kolde liigne ventileerimine;
- kütuse mittetäielik põlemine küttekoldesse antava õhu puudulikkuse tõttu, kütuse liigne küttekoldesse lisamine või vedelkütuse ebapiisav piserdamine;
- küttekolde ja suitsukorstnate tahmast puhastamise tähtaegadest mitte kinnipidamine.

Heitgaaside torustikes sädemete ja tahma korra tekkimise peamised põhjused on:

- kütuse ette andmise- ja karburaatormootoritel süütesüsteemi ebaõige reguleerimine;
- kütusesse määrdeõli või mineraalsete lisandite sattumine;
- pikka aega kestnud mootori liigkoormusega töötamine;
- heitgaaside torustiku tähtaegselt puhastamata jätmine.

Sädemete püüdmine või kustutamine toimub suitsukorstnatele ja heitgaasi torustikele spetsiaalsete sädemetekustutite või -püüdjate paigaldamise teel (joonis 8). Nende seadmete töö aluseks on mehaaniliste jõudude kasutamine, põlemissaaduste mittesüttivate gaasidega lahjendamine ja jahutamine või elektrilise külgetõmbejõu kasutamine elektrifiltrites. Enamik tööstuses kasutatavatest on sädemetekustutid või -püüdjad, mis töötavad mehaaniliste jõudude (raskus-, inerts- või tsentrifugaaljõud) kasutamise põhimõttel.



Joonis 8. Turbiini tüüpi sädemetekustuti (sädemepüüdja).

1 – kere; 2 – liikumatu turbiini labadega ketas; 3 – sädemetekustuti toruotsik; 4 – kinnitusvits.

5.1.4. Keemiliste ainete eksotermilised reaktsioonid

Kõik keemilised reaktsioonid, milliste kulgemisel toimub soojuse eraldumine, kätkevad endas potentsiaalset võimalust tulekahju või plahvatuse tekkimiseks nende soojusefektist sõltuvalt. Keemiliste ainete töötlemise ja hoidmise tingimustes võib neid reaktsioone jagada järgmisteks gruppideks, mille tagajärjel need:

- isesüttivad õhuga kokku puutudes (valge fosfor, taimeõlid ja -rasvad, väävelmetallid, metalliline tsingi ja alumiiniumi puuder, aktiveeritud süsi, tahm, leelismetallide karbiidid, fosforvesinik jne);
- süttivad või kutsuvad esile süttimise veega kokku puutudes (naatrium, kaalium, kaltsiumkarbiid, leelismetallid, leelismetallide hüdraadid, kustutamata lubi, rubiidium, fosforkaalium jne);
- põhjustavad orgaaniliste ainete süttimise hapendajatega kokku puutumisel (tahked, vedelad ja gaasikujulised hapendajad: kloor, broom, fluor, lämmastikhapendid, lämmastikhape, naatriumi ja baariumi ülihapendid, salpeetrid, vedel ja kokku surutud hapnik, klooraadid, permanganaadid, kroomhappe soolad jne);

- temperatuuri, rõhu või löögi toimele lagunevad (soojuse neeldumisega kaasnevate keemiliste endotermiliste reaktsioonide tulemusel saadavad: vase, hõbeda ja elavhõbeda karbiidid, atsetüleen, lõhkeained jne).

5.2. Mehaanilise energia soojuslik toime

Mehaaniline energia läheb teatavasti kergesti üle soojusenergiaks. Mehhaanilise energia toimele puhkenud tulekahjud võivad tekkida löögist põhjustatud sädemete moodustumisest või hõõrdumisest või mõõtmete muutumisest põhjustatud kuumenemise tagajärjel.

5.2.1. Kõvade kehade löögist põhjustatud sädemed

Kõvade kehade piisavalt tugeva löögi korral üks teise vastu lenduvad neist sädemed (hõõrdesädemed), mis kujutavad endast helendumiseni kuunenud metalli osakesi. Nende sädemete kõrge temperatuur on tingitud nende kuumenemisest hõõrdumise tagajärjel ja õhuhapniku toimele tekkiva metalli pinna hapendumisega. Hõõrdesädemete mõõtmed olenevad tahkete kehade kõvadusest ja on tavaliselt alla 0,1-0,3 mm. Vaadeldes taolise hõõrdesäde ohtlikkust süttiva keskkonna suhtes tuleb silmas pidada asjaolu, et ehkki nende temperatuur on suhteliselt kõrge (1200-1600°C), on nende soojusvaru väga väike ja säde kestvus on vaid sekundi murdosa pikkune.

Sellest tõsiasiast tuleneb, et:

- mehaanilised hõõrdesädemed ei ole võimelised esile kutsuma nende auru- ja õhu või gaasi- ja õhu segude süttimist, millel on suur induktsiooniperiood ja kõrge isesüttimistemperatuur (metaan, ammoniaak, generaatorgaas ning enamik süttivate vedelike aurude ja õhu segudest);
- mehaanilised sädemed ei ole võimelised süütama tahkete süttivate materjalide tolmu hõljuvas olekus;
- enam ohtlikud ei ole mitte lenduvad vaid liikumatud sädemed, millised pärast nende lendumist satuvad mingitele süttivatele materjalidele. Selle juures need jahtuvad aeglasemini ja on võimelised soojuse edasi anda samale süttivale keskkonnale, millistele nad sattusid. Lenduvad sädemed reeglina ei suuda põhjustada tolmu- ja õhu segude või kiuliste materjalide süttimist, liikumatud sädemed aga võivad neile ja ladestunud tolmule sattudes põhjustada hõõgumise koldeid.

Hõõrdesädemete tekke põhjused võivad olla erinevad. Tihti tekivad hõõrdesädemed metallist tööriistadega töötades tekkinud löögist, nende juhuslikust kukkumisest, pöörlevate mehhanismide kokkupuutest liikumatute masinaosadega, metalliosakeste või kivide sattumisest taolistesse masinatesse, samuti avariide korral pöörlevate mehhanismides või aparaatide kere lõhkemisest.

Teatud liigi hõõrdesädemetest moodustavad need sädemed, mis on tekkinud metallist tööriistadega töötades. On teada juhtumeid, kus sel põhjusel on aset leidnud tuleohtlike vedelike aurude süttimisi ja gaasiplahvatusi (kaltsiumkarbiidi tünni avamisel metallinstrumendiga, kompressorjaamade pumbamajades jm). Iseloomulikud on samuti masinatesse sattunud metallitükikestest ja kividest põhjustatud sädemed. Kui masinal on terasest korpus ja kiiresti pöörlevad mehhanismid trumlite, nugade, rataste, ketaste jms näol, ei ole metalliosakeste või kivide sattumisel neisse tulekahju tekkimine sugugi välistatud. Sellisteks masinateks ja aparaatideks on tavaliselt:

- segistid või segistiga varustatud aparaadid, mis on ettenähtud kergsüttivates lahustites olevate tahkete materjalide töötlemiseks;
- tsentrifugaaljõudude põhjustatud löökide põhimõttel töötavad aparaadid süttivmaterjalide peenestamiseks (teraviljaveskid, söödapurustid jne);
- tsentrifugaaljõudude põhjustatud löökide põhimõttel töötavad aparaadid kiuliste põlevmaterjalide kobestamiseks, puhastamiseks ja segamiseks (puuvilla puhastusmasinad, rabamismasinad linatööstuses jm)
- aparaadid-segistid pulbrite segamiseks, pulbriliste kompositsioonide valmistamiseks;
- tsentrifugaaljõududel töötavad aparaadid gaaside, aurude ja peenestatud tahkete ainete edastamiseks (ventilaatorid, tsentrifugaalkompressorid jm).

Tuleohtu kujutavad samuti sädemed, mis tekivad liikuvate (pöörlevate) mehhanismide löökidest vastu masina liikumatuid detaile (tsentrifugaalventilaatori tiivik, kiudainete purustid, puuvilla kobestid, pöörlevate osade kaitsekraanid jm). Põhilisteks meetmeteks, milliste võtmisel on võimalik taolist olukorda (sh pöörlevate osade purunemist) vältida, on reeglina võllide, rihma- või hammasrataste põhjalik reguleerimine ja

balansseerimine, laagrite õige valik ja nende kvaliteetne hooldamine, liikuvate ja liikumatute osade vahelise kauguse perioodiline mõõtmine ja kaitseekraanide kasutamine, masinaosade piisav kinnitamine kere külge ja masinate töö pidev jälgimine liigkoormuste vältimiseks.

5.2.2. Kehade kuumenemine hõõrdumise tagajärjel

Igasugune liikumine, mille puhul on tegemist ühe keha hõõrdumisega vastu teist keha, nõuab teatud energiat hõõrdejõudude ületamiseks. Energia, mis kulub hõõrdumisjõudude ületamiseks, muutub kergesti soojusenergiaks. Eralduv soojushulk sõltub hõõrdumise liigist. Suurim on soojushulk, mis eraldub kuival või poolkuival hõõrdumisel. Seda soojusenergiat peetaksegi kõige tuleohtlikumaks. Nende asjaolude tõttu leiavad tööstusettevõtetes sageli aset õigeaegselt määrimata laagrite süttimised, veorihmade süttimised rihmülekannetes, pöörlevate mehhanismide võllidele mähkunud kiudainete süttimised, samuti kõvade kehade mehaanilisel töötlemise tagajärjel muude materjalide süttimised. Eraldi käsitlemist väärib laagrite kuumenemine üle süttivate materjalide isesüttimistemperatuuri. Õigesti valitud ja normaalselt ekspluateeritavad laagrid reeglina kuunenevad kuni 35°C ning ainult erandjuhtudel on nende kuumenemine talutav kuni 75°C. Hõõrdejõudude ehk eralduva soojushulga suurenemist võivad põhjustada tööpindade määrimise tingimuste halvenemine, neisse mustuse sattumine, laagrite kõverdumine, masina töötamine liigkoormuse tingimustes ja laagrikorpuse kaane liigne pingutamine. Mõningat ohtu tulekahju tekkimise seisukohast vaadatuna võib esile kutsuda samuti transportlintide ja veorihmade kuumenemine. Selle peamiseks põhjusteks on kauaaegne transportlindi või veorihma libisemine vastu veoratast, mis tekib tavaliselt transportlindi või veorihma pinge mittevastavusest veoratta poolt arendatava veojõuga (ülekoormusega töötamise või rihma ebapiisava pingutuse tõttu). Tuntakse rihmade kampoliga (männivaigu destilleerimisel saadav kollakaspunane kõva vaik, kasutatakse vibupilli poogna jõhvi vaigutamiseks) katmise meetodit, mis praktikas ennast ei õigusta (tekitab hoopis staatilist elektrit). Parimat efekti annab praktikas reeglina lamerihmade kiilrihmadega asendamine ja transportlintide töö üle järelevalve sisse seadmine personali poolt.

Teatud tuleohtu kujutab endast ka kiudainete ja -materjalide mähkumine pöörlevate mehhanismide võllidele. Kiudmaterjalid ja kõrrelised tooted mähkuvad tihti mitmesugustele võllidele laagrite vahetus läheduses, kusjuures mähkuv materjal järjest tiheneb ja see järjest rohkem kuuneneb, mis võib lõppeda mähkunud materjali või selle vahetus läheduses oleva muu süttiva aine või -materjali süttimisega. Taolised tulekahjud on sagedased linatööstuses, ketrus- ja kudumisvabrikutes, kiudainete kuivatites, kombainides teravilja koristamisel jm. Kiudainete mähkumist soodustavad ülemäärane lõtk võlli ja laagi vahel, võllil või pöörlevatel mehhanismidel kaitseekraanide puudumine, masinatesse suurema niiskuse või mustuse sisaldusega materjalide ette andmine vms. Meetmed taoliste nähtuste ärahoidmiseks on lihtsad: võllidele ja muudele pöörlevatele mehhanismidele kiudainete juurdepääsu vältimine mitmesuguste ekraanide paigaldamise teel, võllide ja laagrite vaheliste avade kaitsmine kiudainete sattumise eest, järelevalve võllide töö üle taolistes kohtades ja vajadusel võlli ümber mähkuvate materjalide löikamiseks ettenähtud lisaseadmete kasutamine.

5.2.3. Ainete kuumenemine adiabaatilisel kokku surumisel

Adiabaatiline protsess on keha oleku muutus, mis toimub ilma soojusvahetuseta ümbritseva keskkonnaga. Gaasiliste ainete kokku surumine ja plastiliste materjalide vormi vähendamine nõuavad teatavasti mehaanilist energiat, millega kaasneb nende ainete ja materjalide kuumenemine. Tuleohtlikkuse poolest on kõige iseloomulikumaks nähtuseks see, et süttivate gaaside adabaatilise kokku surumise tagajärjel eraldub suurel hulga soojust, mis läheb täielikult selle aine temperatuuri tõstmiseks. Selle nähtuse vältimiseks surutakse gaasi kokku (tõstetakse gaasi rõhku) astmeliselt, kusjuures kokku surutud gaasi iga kompressiooni astme järel jahutatakse.

6. SÜTTIVATE AINETE JA MATERJALIDE HULGA VÄHENDAMINE TOOTMISRUUMIDES

Süttivate ainete ja materjalide koguse vähendamine tootmis- ja laoruumides mitte ainult ei vähenda tule levikut tulekahju korral, vaid vähendab ka selle tekkimise tõenäosust. Seega on järgnevalt võetavate meetmete eesmärgiks eelkõige tehnoloogilise protsessi tuleohtlikkuse vähendamine.

Süttivate ainete ja materjalide kogust tootmis- ja laoruumides on võimalik vähendada:

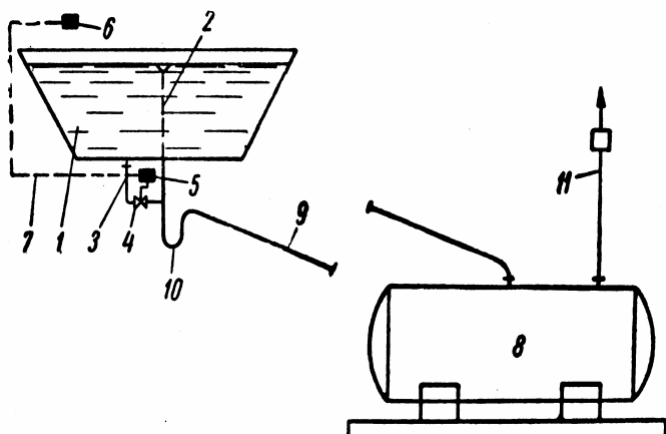
- tootmis- ja laoruumide pindala piiramise teel (lahendatakse nende objektide projekteerimise ja/või tuleohutusülevaatuste läbiviimise käigus ehitiste projekteerimise tuleohutusnõuetest lähtudes);
- ehitustarindites oleva süttivmaterjali hulga vähendamise teel (taoliste materjalide minimaalne kasutamine, nendest materjalidest tarindite kaitsmine süttimise eest voorderdamise, krohvimise või tulekaitse värviga katmise teel või nende materjalide mittesüttivatega asendamine);
- töödeldavate ainete ja materjalide hulga piiramise teel (tootmisruumis toormaterja li ja vahesaaduste koguse hoidmise piiramine, sisetranspordi sujuva töö tagamine);
- tootmises osalevate ainete ja materjalide tuleohtlikkuse alandamise teel (eeldab teadlaste, ettevõtte insener-tehniliste töötajate, ratsionalisaatorite ja leiutajate koostööd, süttiva toormaterjali vähemsüttivama või mittesüttiva materjaliga asendamine, süttimisvõimeliste lahustite mittesüttivatega asendamine; tehnoloogia muutmine, mille tagajärjel kaob vajadus mis tahes süttiva aine kasutamise järele);
- süttivate tootmisjäätmete hulga vähendamise teel (tahkete ainete töötlemisel ratsionaalsete töömeetodite kasutamine, süttivjäätmete eemaldamine vahetult nende tekkimise kohtades, töökohtadest süttivjäätmete perioodiline eemaldamine ja töökoha puhtana hoidmine);
- masinate ja seadmetiku konstruktsioonides süttivmaterjalide hulga vähendamise teel (valdavalt aktuaalne teraviljaveskites ja -kuivatites, vähesemal määral puidutöötlemisettevõtetes).

7. TULEKAHJUL SÜTTIVATE AINETE JA MATERJALIDE EVAKUEERIMISEKS VAJALIKE TINGIMUSTE LOOMINE

Tulekahju korral tuleb tihti võtta meetmeid tuleohtlike vedelike, süttivate gaaside ja tahkete ainete tootmishoonest või -ruumist eemaldamiseks ehk evakueerimiseks. Selles valdkonnas on võimalik eristada alljärgnevat viise.

7.1. Ohu tsoonist tuleohtlike vedelike avariiline väljajuhtimine

Sel eesmärgil nähakse ettevõtete ehitusprojektides ette spetsiaalsete avariimahutite ehitamine ja kasutamine. Tootmisruumides olevatest aparaatidest ja torustikust juhitakse tuleohtlik vedelik reeglina väljaspool hoonet asuvasse maa-alusesse mahutisse (joonis 9). Avariimahutid võib rajada ka välisseadmetele, kuid ka siin peab olema tagatud ohutu vahekaugus neist tootmisest, kust vedelik vajadusel välja juhitakse.



Joonis 9. Värvivanni avariilise tühjendamise skeem. 1 – vann; 2 – ülevoolu toru; 3 – avariitorustik; 4 – avariiventil; 5 – ventiili käivitusseade; 6 – andur; 7 – anduri sideahel ventiili käivitiga; 8 – avariimahuti; 9 – äravoolu torustik; 10 – hüdrolokk; 11 – hingamistorustik.

Tuntakse samuti tuleohtlike vedelike ümberpumpamist ohtlikust tsoonist vähem ohtlikku tsooni, kui spetsiaalsete avariimahutite rajamine ei ole otstarbekas. Seda võtet isegi üksikjuhtudel praktiseeritakse, kui on näiteks vaja teostada mõne aparaadi ülevaatus, remonti vms.

7.2. Aparaatidest gaaside avariiline väljajuhtimine

Gaaside avariilist väljajuhtimist aparaatidest teostatakse spetsiaalsete tühjendustorustiku või kaitseklappide abil. Toiming ise ei ole ohutu, sest nende torustike suudme ümbruses võib tekkida gaasi ja õhu segu süttimisvõimeline kontsentratsioon, mis võib üksikute juhtudel laskuda maapinnani ehk levida tootmis- hoone ümbruses. Taoline tühjendustoru võib igal aparaadil olla eraldi kui ka ühine mitme aparaadi kohta. Naftatöötlemise tehastes ulatuvad need torustikud kuni 30 m kõrgusele, milles väljuv gaas jäätmena süüdatakse ja ära põletatakse (analoog olümpia- või igavesele tulele).

7.3. Tahkete materjalide ja seadmestiku evakueerimine

Tootmis- või laohoonest asutakse esmajärjekorras evakueerima ehk eemaldama kõige tuleohtlikumat materjali või hinnalist seadmestikku. Seda teostavad objekti personal ja tulekahju kustutamisest osa võtvad isikud. Nimetatud tegevus peaks toimuma ettevõtte või tsehi tuleohutusjuhendis ettenähtud korras (evakueerijate isikud, vara evakueerimise järjekord, evakueeritud vara hoiukohad, puutumatus eest vastutavad isikud jne).

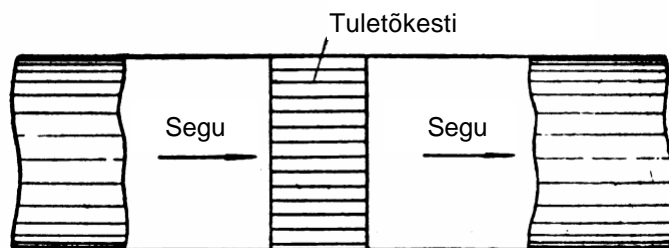
8. TULE LEVIKU TÕKESTAMINE TEHNOLOOGILISTES KOMMUNIKATSIOONIDES

Tekkinud tulekahju levib tavaliselt aparaate ühendava torustiku ja muude kommunikatsioonide kaudu. Nendeks tule leviku teedeks on reeglina vedelikke ja gaase teisaldavad torustikud, pneumotranspordi torustik, isevoolorustik, transportõõrlindid, tootiskanalisatsiooni torustik või -rennid vms. Leek levib loetletud kommunikatsioone mööda ainult järgmiste tingimuste täitmise korral:

- tehnoloogilistes- ja õhutorustikes, kraavides, tunnelites jm on olemas tuleohtliku vedeliku aurude, süttiva gaasi või tolmu ja õhu segu süttimisvõimeline kontsentratsioon;
- tehnoloogiliste- ja õhutorustike, kraavide, tunnelite jm sisepinnad, millised on tuleohtliku vedelikuga täidetud vaid osaliselt, on kaetud nimetatud vedeliku kihiga;
- õhutorustike sisepindadel on moodustunud tuleohtlike tahkete või vedelike jäätmete tahkunud koorik ehk saast;
- torustik on täidetud gaasiga, mis lagunemisel võib kõrge temperatuuri või rõhu tagajärjel plahvatada.

8.1. Tuletõkestid

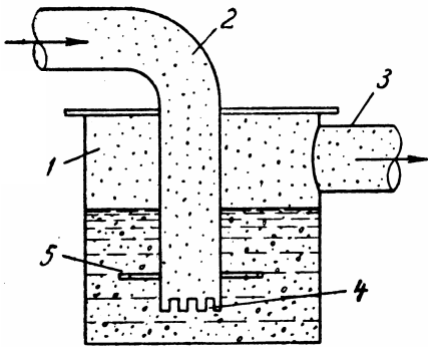
Tuletõkesti on kaitseseade, mis laseb takistamatult läbi torustikus oleva tuleohtliku auru ja õhu või gaasi ja õhu segu, kuid ei lase läbi tuleleeki (joonis 10). On teada, et gaasi ja õhu või auru ja õhu segu põlemise kiirusele torustikus avaldab mõju torustiku läbimõõt, mida mööda vastav segu kulgeb. Kui näiteks vähendada nimetatud toru läbimõõtu 1 cm, siis väheneb leegi leviku kiirus, lakkab stabiilne põlemine, mis lõpuks hoopis katkeb. See on seletatav suurte soojuskadudega süttiva segu ühe mahuühiku kohta. Tuntakse sõelte-, kruusa-, klaasvati ja muude täidistega tuletõkesteid.



Joonis 10. Torukassetiga varustatud tuldtõkestav toruosa.

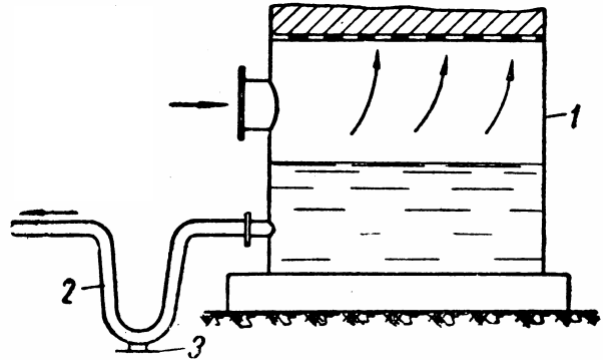
8.2. Hüdraulised lukud

Hüdrauliliseks lukuks (joonis 11) nimetatakse sellist torustikule paigaldatavat kaitseseadet, millises süttinud gaasikujulise segu leegiga põlemine (tule leek) katkeb hetkel, mil see on läbimas vedeliku kihti. Tihti selleks vedelikuks on vesi. Hüdrauliline lukk paigaldatakse näiteks ka vedeliku torustikule, kui see võib töös toimuva vaheaja tõttu osaliselt tühjeneda. Kasutusel on samuti lihtsad U-kujulise põlvega hüdraulilised lukud, milles on kasutusel sama vedelik, mida mööda torustikku teisaldatakse (joonis 12).



Joonis 11. Hüdraulilise luku skeem.

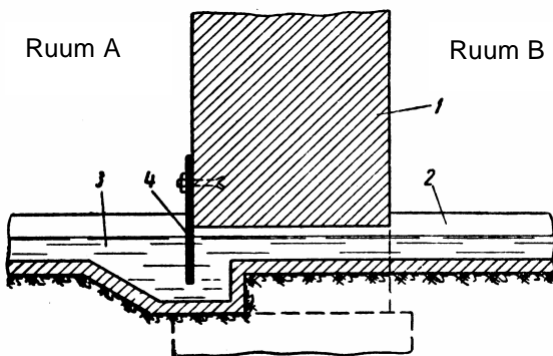
1 – kere; 2 – sissejuhitav torustik; 3 – ärajuhitav torustik; 4 – toruotsiku sisselõiked; 5 – leeki hajutav ketas.



Joonis 12. U-kujulise torustiku põlvega hüdrauliline lukk.

1 – aparaat; 2 – hüdrauliline lukk torustikul; 3 – hüdrauliku puhastusava.

Lihtne hüdrauliline lukk tehnoloogilise kanalisatsiooni äravoolu rennis on näha joonisel 13.

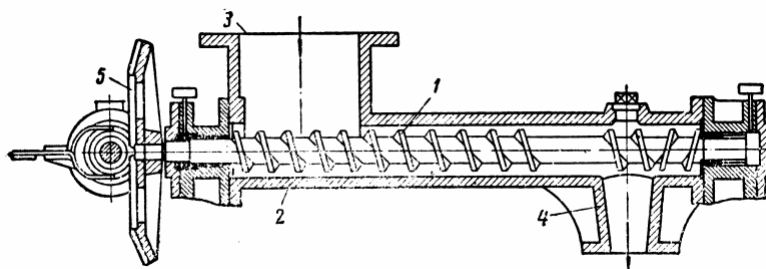


Joonis 13. Heitvete rennis kasutatav hüdraulilise lukk.

1 – vahe- või välissein; 2 – põranda renn; 3 – heitvesi; 4 – hüdrauliku moodustanud plaat (kilp).

8.3. Tahkete peenestatud materjalide tigulukud

Tule leek võib levida ka torustikke mööda, millistes transportitakse tahkeid peenestatud süttivaid materjale või jäätmeid. Taoliste nähtuste ära hoidmiseks paigaldatakse torustikele seadmed, mis tekitavad tihedaid "korke" (ummistusi) ehk nn "kuivi" lukke. Neid luuakse kõige sagedamini tiguülekannete abil (nt puidujäätmete katlatesse põletamiseks suunamisel, mis on nähtav joonisel 14).



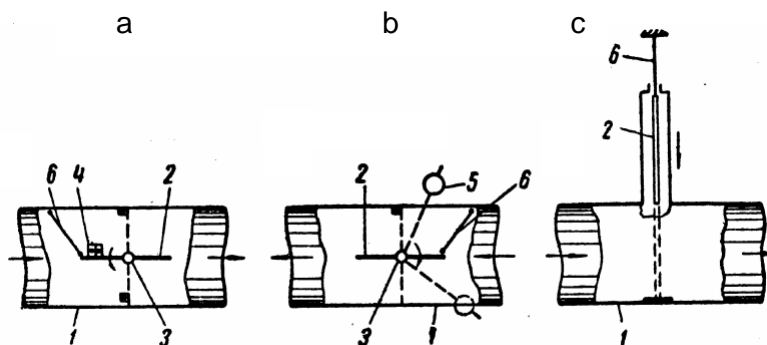
Joonis 14. Peenestatud tahkete materjalide transportimisel kasutatav "tigulukk".

1 – lõputu keere; 2 – kere; 3 – laadimisava; 4 – tühjendustoru otsik; 5 – hammasülekanne.

8.4. Automaatselt tegutsevad siibrid

Taolised kaitseseadmed on iseloomulikud selle poolest, et torustikus transporditava segu liikumine leegi kustutamise ajal üldjuhul ei katke (joonis 15). Kõrvuti nendega kasutatakse mitmesuguseid siibreid (pöörlevad ja raskuse mõjul sulguvad), mis leegi tekkimisel katkestavad transporditava segu ja leegi leviku täielikult.

Nende siibrite funktsioneerimiseks varustatakse nad temperatuuri anduri ja täideviiva organiga, mis suleb täielikult torustiku kogu selle ristlõike ulatuses.



Joonis 15. Automaatselt rakenduvate klappide (siibrite) skeem.

a – pöörlevale klapile kinnitatud raskus; b – pöörlevale klapile kinnitatud vasturaskus; c – alla kukkuva siibriga; 1 – torustik; 2 – klapp (siiber) 3 – klapi telg; 4 – raskused; 5 – vasturaskused; 6 – klapi käiviti (kergest sulamist lukuga tross vms).

8.5. Õhutorustike kaitsmine süttivate materjalide kihiga saastumise eest

Tihti torustiku sisepind kattub mitmesuguste ainete jääkidega, nagu sadestunud värvi- või lakiosakesed, kristallilised vaigujäätmel, kiulise materjali jäätmel sade vms. Kui töökohas või torustikus olev süttimisvõimeline segu süttib, on leegi levik õhu liikumise suunas tõenäoline. Taoliste nähtuste vältimiseks kasutatakse seadmeid (tsüklonid, filtrid vms) torustikku sattunud kõvade tahkete ja vedelate ainete osakeste ning kondensaadi püüdmiseks, samuti puhastatakse regulaarselt taoliste torustike sisepindu neisse kogunenud saastast.

8.6. Vedeliku maha valgumise eest kaitsmine

Avariide, aparaatide või torustike vigastuste korral tehnoloogilistes protsessides võib tuleohtlik vedelik voolata maha tootmishoone ruumi põrandale, antresoolile ehk vahekorrusele, korruselt korrusele või välisseadme platsile, mis võib tulekahju korral kaasa tuua tule kiire leviku. Taolise olukorra vältimise eesmärgil kasutatakse panduseid, valle (sh pinnase valle), renne, ääriseid, vaheseinu-diafragmasid jms, milliste abil hoitakse ära seadmestikust välja voolanud vedeliku pindala suurenemine ehk võimaliku tulekahju suur ulatus ja rasked tagajärjed.

9. SÜTTIVATE KIUDAINETE TEHNOLOOGIA JA SELLE TULEOHTLIKKUS

9.1. Puuvilla töötlemise ettevõtted

Sissejuhatus. Tüüpiliseks töötleva tööstuse ettevõtteks Eestis on AS Baltex 2000, milline paikneb Tallinnas Kopli tn 35 ja baseerub endisele tootmiskoondisele “Balti Manufaktuur” kuulunud hoonetes ning kasutab valdavalt neis paiknenud ja osaliselt amortiseerunud tehnoloogilist seadmestikku. AS Baltex 2000, mis praegu baseerub täielikult väliskapitalil ja töötab nelja vahetusega töörežiimis, kasutab toorainena mitut

erinevat sorti puuvilla ja valmistab sellest puuvillast lõnga ja kangaid, milline valdavalt eksportkaubana välisriikidele realiseeritakse.

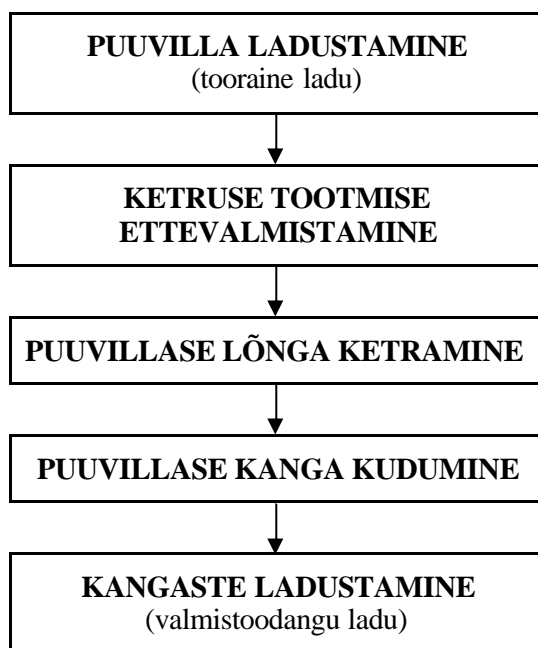
Ettevõtte tehnoloogilise protsessi tuleohtlikkuse määravad puuvilla tuleohtlikud omadused. Puuvill on kiuline süttiv aine, mis kergesti sütib mis tahes lahtise tule allikast või mis tahes aine põlemisel tekkinud sädemest, tehnoloogilistes aparaatides või torustikes leiduvate metallist osakeste hõõrdumisest põhjustatud kuumenemisest või tekkinud sädemetest või ümber völliide mähkunud kiudude hõõrdumisel tekkivast materjali kuumenemiskoldest või muust samalaadsest süttimisallikast. Teatmekirjanduse andmeil on puuvilla süttimistemperatuur 210°C ja isesüttimistemperatuur 407°C. Puuvilla kuumenemisel üle 120°C on see võimeline eneselikult süttima ehk isesüttima, puuvilla hõõgumistemperatuur on 205°C. Lämmastikhappe või väävelhappe mõjul näiteks võib ta ka keemiliselt (ilma kõrvalise süttimisallika juuresolekuta) süttida. Puuvillas võivad kergesti hapenduda ka sellesse sattunud taimsed õlid, mis samuti võivad süttimisallika juuresolekuta põhjustada puuvilla isesüttimise. Praktikute andmetel on puuvill võimeline süttima ka segus õhuga (sh aerosoolina pneumotranspordi torustikes). Teatmekirjanduse andmetel on puuvilla tolmu isesüttimistemperatuur 844°C ja süttimise alumine kontsentratsiooni piir 20,2 g/m³.

AS Baltex 2000 toimuva puuvilla töötlemise tehnoloogilise protsessi (skeem nr 1) võib tinglikult jagada järgmisteks tootmisloikudeks (*edaspidi* loik), millisteks on:

- 1) **Puuvilla ladustamine.** Välis- ja kodumaistelt klientidelt sisse ostetud puuvill saabub tooraine lattu ettevõttele kuuluva autotranspordi abil pallitatult ehk puuvilla pallide kujul, kusjuures üksikpalli maht on tavaliselt alla 1 m³ ja selle kaal pressituna ca 250 kg (puuvilla puistekaal on 80 kg/m³). Saabuv puuvilla pall on riidega pakendatud ja see puuvilla tihendamise eesmärgil traadi või plekist lintide abil tihedalt kokku pressitud. Transporttöölisel puuvilla laos alalisi töökohti ei ole, mille tõttu nende seal viibimine kannab episoodilist iseloomu. Puuvilla ladu kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik) ning see eeldab nimetatud lao tulekahju-signalisatsioonisüsteemiga varustamist.
- 2) **Ketruse tootmise ettevalmistamine.** Selles lõigus toimub pakendist vabastatud puuvilla sorteerimiseks ette valmistamine ja sorteerimine, puuvilla pallide kobestamiseks ette valmistamine ja kobestamine, puuvilla rabamine, segamine, edasiseks töötlemiseks kõlbmatutest jäätmetest puhastamine (sh metalliosakestest, kividest ja muudest võõrkehade), puuvilla lintide formeerimine ja nende omavaheline liitmine ehk dubleeritud koondlindi formeerimine ning vastavasse taarasse panek. Samas tootmisloigus toimub samuti puuvillase koondlindi kammimine, venitamine jm toimingud. Ketruse tootmise ettevalmistamise protsess kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).
- 3) **Puuvillase lõnga ketramine.** Selles tootmisloigus toimub puuvilla koondlintide lõngadeks ketramine (sh korrutamine) vastavatel ketrusmasinatel. Ketruse kui protsessi lõppsaaduseks on edasiseks kasutamiseks kõlbulik mitut erinevat sorti puuvillane lõng, mis poolidele kerituna suunatakse kasutamiseks ettevõtte kudumisjaoskonnas või vahelattu, kust see poolfabrikaadina järgnevas kasutamiseks välis- või kodumaistele klientidele realiseeritakse. Puuvillase lõnga ketramine tehnoloogilise protsessina kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik). Samasse tuleohuklassi kuulub ka ettevõtte vaheladu.
- 4) **Puuvillase kanga kudumine.** Puuvillase kanga kudumine toimub vastavalt nn kangastelgi kasutades. Valminud puuvillane kangas keritakse vastavatele poolidele, kontrollitakse nende kvaliteeti prakeerijate poolt, millised seejärel paigaldatakse kaubaalustele ja suunatakse riidega pakendatult valmistoodangu lattu. Kanga kudumise protsess kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).
- 5) **Kangaste ladustamine.** Kangaste transporttöölisel valmistoodangu laos alalisi töökohti ei ole, nende seal viibimine kannab episoodilist iseloomu. Kangaste ladustamine kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik) ning see eeldab kangalao tulekahju-signalisatsioonisüsteemiga varustamist.

Puuvilla tuleohtlikest omadustest lähtudes ning tema sõrendatud kujul ja jäätmetena esinemist ning viimaste aparaatidest või nende ümbrusest mehaanilist eemaldamist (spetsiaalsete filtrite ja tolmuimejate abil) arvestades võib tulekahju ettevõttes tõenäoliselt aset leida eelkõige sädemete tekkimisest tehnoloogilises seadmestikus, metalliosakeste või muude kõvade kehade kuumenemisest hõõrdumise tagajärjel pneumitorustikus, puuvilla mähkumisest ümber masinavölliide põhjustatud hõõrdumisest või lahtise tule kasutamisest tootmisruumides.

TEHNOLOOGILISE PROTSESSI SKEEM nr 1



Potentsiaalseteks süttimisallikateks käsitletavas tehnoloogilise protsessis võivad olla:

- hõõrdesädemed aparaatide pöörlevate mehhanismide kokkupõrkest puuvillas leiduvate metallist osakeste, kivide ja muude kõvade kehade või aparaadi liikumatute osadega;
- hõõrdesädemed metalli osakeste ja muude kõvade kehade pörkumisest vastu pneumotranspordi torustikke nende põlvede ja muude kõveruste piirkonnas;
- pöörlevate mehhanismide võllide või muude pöörlevate masinaosade ümber mähkunud puuvill või puuvillajäätmed, mis mehaanilise energia soojusenergiaks üle mineku tõttu põhjustavad puuvilla kuumenemise üle puuvilla hõõgumis-, süttimis- või isesüttimistemperatuuri;
- tuletööde teostamise käigus ilmnenud ja puuvilla või selle jäätmetega kontakteerunud lahtise tule leek, sädemed ja sulatatud metalli osakesed;
- lahtise tule allika (süttimisallika) kasutamisel tehnoloogilise protsessi läbi viimisega seotud ruumides (suitsetamine, leeklambi või muu süttimisallika kasutamine);
- puuvilla või selle jäätmete isesüttimine.

Mõningaid ettepanekuid tuleohutuse tõhustamiseks puuvilla töötlemisel:

Võttes arvesse, et ettevõtte personal on tööle võtmisel ja töökohas ning töötamise ajal perioodiliselt juhendatud tuleohutusnõuete täitmise vajadusest ning esmaste tulekustutusvahendite kasutamise korrast ja tsehhi tööruumid on varustatud või varustatakse lähiajal piisava arvu tuleohutusnõuetes ettenähtud hulga esmaste tulekustutusvahenditega, oleks otstarbekohane tootmishoonete renoveerimise või tehnilise ümber seadistamise käigus (ehitusprojekti alusel):

1. läbi viia tootmisruumidesse puuvilla jäätmete intensiivse eraldumisega seotud töökohtade töökeskkonna (õhu) kontsentratsiooni kontrollmõõdistamine, mille alusel vajaduse korral projekteerida täiendavalt kohtäratõmbeid või viia läbi tootmisruumide sisse- ja väljatõmbeventilatsiooni süsteemi rekonstrueerimine;
2. ette näha tuletõkkeseptsioonide vaheliste avade kaitsmine kaasaegsete tuldtõkestavate ustega;
3. tõhustada puuvilla või nende jäätmeid edastatava torustiku puhastamise ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteemist jäätmete eemaldamise korraldust hermeetiliselt suletavate puhastus- või tulekustutusluukide teostamise teel ning administratsiooni poolset järelevalvet tuletööde tegemise üle väljaspool spetsiaalset töökoda;
4. Vähemalt üks kord aastas läbi vaadata ettevõtte üldine tuleohutusjuhend siseministri 8. septembri 2000. a määruse nr 55 "Tuleohutuse üldnõuded" (RTL 2000, 99, 1559; 2004, 100, 1599) §§-de 4-10 nõuetest lähtudes, mida vajaduse korral muuta või täiendada.

10. TOLMU ERALDAVATE SÜTTIVATE TAHKETE AINETE TEHNOLOOGIA JA SELLE TULEOHTLIKKUS

10.1. Puidutöötlemisettevõtted

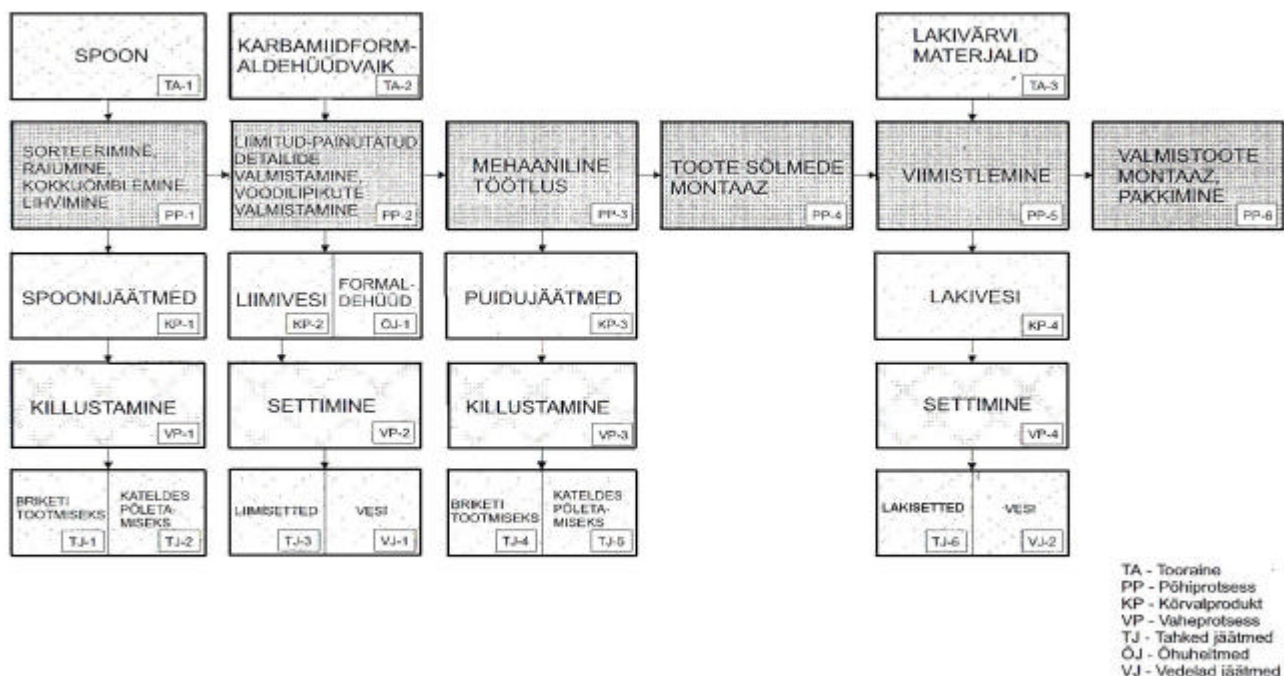
Sissejuhatus. Tüüpiliseks puidutöötlemisettevõtteks vabariigi töötlevas tööstuses on Tallinnas Pärnu mnt 69 ja Vana-Lõuna tn 19 vahelises kvartalis paiknev AS TVMK, milline baseerub endisele Tallinna Vineeri- ja Mööblikombinaadile kuulunud hoonetes ja kasutab neis paiknenud amortiseerunud tehnoloogilist seadmestikku. Näitena käsitletakse alljärgnevalt AS TVMK toolitsehi tehnoloogiat ja tema üksikutes lõikudes sisalduvaid tule- ja plahvatusohte, samuti osutatakse kasutamata võimalustele nimetatud tehnoloogilise protsessi tule- ja plahvatusohtu vähendamiseks korralduslike, tehniliste ja ehituslike meetmete abil.

Puidu tuleohtlikkust iseloomustavad valdavalt selle süttimistemperatuur ja isesüttimistemperatuur, aga samuti isekuumenemis- ja hõõgumistemperatuur. Teatmekirjanduse andmeil on männipuidu süttimistemperatuur 255°C ja isesüttimistemperatuur 399°C, kusjuures ta on võimeline 80°C juures eneselikult kuumenema ja 255°C juures hõõguma. Kuusepuidul on süttimistemperatuur 241°C ja isesüttimistemperatuur 397°C, kusjuures ta on võimeline 120°C juures eneselikult kuumenema ja 305°C juures hõõguma. Tammepuidul on vastavad näitajad 238°C, 375°C ning 120°C ja 298°C. Puujahu (tolmu) ja õhu segu on võimeline süttima plahvatuslikult, mille alumine süttimise kontsentratsiooni piir on ligikaudu 12,6-25 g/m³. Sadestunud puutolm on tuleohtlik, selle isesüttimistemperatuur on ligikaudu 255°C.

Toolitsehi poolt valmistatava toodangu tooraineteks on sama ettevõtte vineeritsehhist saadav lehtpuu propsidest lõigatud ja 280°C juures kuivatatud spoon spoonitahvlite näol (niiskuse sisaldusega ca 6-10%) ning karbamiid-formaldehüüdvaik ja lakimaterjalid.

Toolitsehi tehnoloogilist põhiprotsessi (skeem nr 2) võib tinglikult jagada kuueks erinevaks lõiguks, milliseid on kirjeldatud allpool.

TEHNOLOOGILISE PROTSESSI SKEEM nr 2



- 1) **Spoon toolitsehis kasutamiseks ettevalmistamine.** Siin toimub spooni sorteerimine detailide valmistamiseks vajalike mõõtmete järgi, spooni lõikamine ehk "raiumine", üksikute lehtede ühendamine ehk "kokkuõmblemine" ehk vajaliku suurusega spoonilehtede omavaheline ühendamine termoplastilise nõõri abil pressil, millise töötemperatuur on ca 220°C, ning töövalmis spoonilehtede lihvimine. Kõige ohtlikumaks tuleohtuse seisukohalt on ca 1,4 mm paksuse spooni lihvimine, mille juures eraldub inten-

siivselt tolmu, mille kontsentratsioon käisfiltrisse suubumise kohas on 5,55 mg/m³ (sellest atmosfääri väljumise kohas 0,13 mg/m³). See põhiprotsessi lõik kuulub tuleohtlikkuse järgi tõenäoliselt 3. tuleohuklassi (tule- ja plahvatusohtlik). Selles lõigus on kõrvalproduktiks spoonijäätmed, millised samas tsehhis olevasse killustamisseadmesse suunatakse ning sealt kas puubriketi tootmiseks briketitsehhi või kateldesse põletamiseks suunatakse. Spoonijäätmete killustamise lõik kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).

- 2) **Liimitud- ja painutatud toolidetailide ja vetruvate voodilipikute valmistamine.** Selles lõigus toimub põhiliselt karbamiid-formaldehüüdvaigu kandmine spoonilehtede külgedele, mida teostatakse liimivaltside abil. Liimvaltsides kasutatav liim kujutab endast pulbrilise ammooniumkloriidi ja karbamiid-formaldehüüdvaigu (vedel kõvendaja) segu, mille näol on ettevõtte tööohutuse osakonna andmeil tegemist mittepõleva vedelikuga. Liimiga kaetud ja vastavate mõõtmetega järgi komplekteeritud detailid asetatakse seejärel kõrgsagedusvoolu abil kuumutatud liimipressidesse, kus toimub 100°-150° temperatuuril detaili mõneminutine pressimine ettenähtud töösurvel. Selles lõigus on kõrvalproduktideks formaldehüüdi aurud, mis tsehhi väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi kaudu atmosfääri suunatakse, ja liimivesi, mis tekib liimivaltside pesemise tagajärjel ning milline seejärel settevanni settima suunatakse. Kuivad mittepõlevad liimisetted kasutamist ei leia, mille tõttu need toimetatakse prügilasse. See lõik kuulub tuleohtlikkuse järgi 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).
- 3) **Liimitud-painutatud detailide mehaaniline töötlemine.** Selles lõigus toimub nimetatud detailide mehaaniline töötlemine ehk kõigi detailide lahti- ja ristisaagimine, puurimine ja lihvimine selleks ettenähtud seadmetel. Töötlemise tagajärjel tekkinud suuremate mõõtmetega puidujäätmed (kõrvalprodukt) laaditakse teisaldatavatesse konteineritesse ja toimetatakse killustamisele ning järgnevalt kas puubriketi tootmiseks briketitsehhi või kateldes põletamiseks. Lihvimise tagajärjel tekkinud puutolm eemaldatakse väljatõmbeventilatsioonisüsteemi abil torujuhtmete kaudu hoone katusel olevatesse jäätmepunkritesse. See lõik kuulub tuleohtlikkuse järgi tõenäoliselt 3. tuleohuklassi (tule- ja plahvatusohtlik).
- 4) **Toote sõlmede montaaž.** Selles lõigus toimub tooli üksikute detailide monteerimine terviktooteks metallist furnituuri abil. Ehkki nimetatud protsessi lõigus toimuv töö tervikuna ei ole tuleohtlik, kuulub see lõik siin monteeritavate detailide toormaterjali omadusi arvestades 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).
- 5) **Liimitud-painutatud toodete viimistlemine.** Toodete viimistlemine selles lõigus tähendab eelkõige valminud toodete lakkidega katmist ehk lakkimist. Lakkide näol on tegemist peamiselt tuleohtlike lahustite baasil valmistatud lakkidega, mille tootmiseks ettevalmistamine (kuni kolme vahetuse vajaduses) toimub eraldi ruumis ja kust tööks vajalikud kogused toimetatakse töökohtadesse hermeetiliselt suletavates metallnõudes.

Ettevõttes enim kasutatavateks lakimaterjalideks on:

- Nitrolakk Primacel 011, mille komponendid on: toluool (10-30%), ksülool (10-20%), isopropanool (10-20%), etanool (5-10%), butüülatsetaat (10-30%), butanool (5-10%), atsetoon (5-10%) ja etüülatsetaat (15-25%). Laki leekpunkt on 10°C ja isesüttimistemperatuur 383°C. Andmed laki plahvatuse kontsentratsioonipiiride kohta ettevõttes puuduvad.
- Happelakk, mille komponendid on: ksüleen (25-50%), isobutanool (5-10 %) ja etanool (1-5%). Laki leekpunkt on 25°C, isesüttimistemperatuur 500°C ja plahvatuse kontsentratsioonipiirid 1,1-7,0%. Tuld kustutatakse pulbri, vahu või süsihappegaasiga (tulekustutite või automaatsete tulekustutusüsteemide abil).
- Nitrolahusti, mille komponendid on: toluen (45-50%), etüütsellosool (5-10%), isopropanool (5-10%), butüülatsetaat (5-10%), atsetoon (5-10%), butanool (5-10%) ja etanool (5-10%). Lahusti leekpunkt on üle 21°C ja isesüttimistemperatuur alla 150°C. Plahvatuse kontsentratsioonipiirid on 1,6-9,0%. Tuld kustutatakse alkoholikindla vahuga või pulbriga. Nitrolahusteid kasutatakse valdavalt lakkide ehk nn töösegude valmistamiseks ettevalmistusruumis.

Liikuvale konveierile asetatud detailide lakkimine toimub kohtkindlas lakkimiskabiinis, kus lakk statsionaarsete pihustite abil detailidele kantakse. Samasuguselt kantakse lakk tootele või selle detailidele ka robotpihustitega ja individuaalse püstolpihustiga varustatud värvikabiinis. Seejuures püütakse ülejäänud lakiaurud kambri pihusti vastasseinas oleva hüdrofiltri abil, mis hiljem lakiveena (kõrvalprodukt) setteanumasse settimiseks suunatakse ning kambri ülemisest ja alumisest tsoonist väljatõmbeventilaatori abil aktiveeritud söega täidetud söefiltrisse suunatakse. Tahked lakisetted settevannist eemaldatakse ja utiliseeritakse. Sellesse lõiku kuulub samuti lakiga kaetud toodete ja

detailide kuuma õhuga kuivatamine, mille järel kuivatamise käigus eraldunud aurud söefiltrisse suunatakse, kus ligi 45% aurudest nimetatud filtri abil kinni püütakse. Kasutatud süsi spetsialiseeritud asutuse poolt hiljem utiliseeritakse. See lõik kuulub tuleohtlikkuse järgi 3. tuleohuklassi (tule- ja plahvatusohtlik).

6. **Valmistoodete montaaž ja pakkimine.** Selles lõigus toimub valminud toodetele tekstiilmaterjalide mehaaniline kinnitamine ja nende pakkimine ning väljastatava toodangu transportimiseks ettevalmistamine. See lõik tuleohtlikkuse järgi kuulub 2. tuleohuklassi (tuleohtlik).

Mõningaid ettepanekuid tuleohutuse tõhustamiseks toolitsehhis:

Võttes arvesse, et tsehhi tööruumid on varustatud või varustatakse lähiajal piisava hulga tuleohutusnõuetes ettenähtud esmaste tulekustutusvahenditega ja tsehhi personal on tööle võtmisel ja töötamise ajal perioodiliselt juhendatud tuleohutusnõuete täitmise vajadusest ning esmaste tulekustutusvahendite kasutamise korrast, oleks otstarbekohane tootmishoonete renoveerimise või tehnilise ümberseadistamise käigus (ehitusprojekti alusel):

1. läbi viia toolitsehhis puutolmu ja lakiaurude eraldumisega seotud töökohtade töökeskkonna õhu kontsentratsiooni kontrollimõõdistamine, mille alusel vajaduse korral projekteerida ja viia läbi sisse- ja väljatõmbe ventilatsioonisüsteemi rekonstrueerimine. Kuni rekonstrueerimiseni ette näha lahtistest lakianumatest lakkide kallamise kohtadesse kohtventilatsiooniseadmete paigaldamine ja tööle rakendamine;
2. ette näha tuletõkkesektsioonide vaheliste avade kaitsmine kaasaegsete tuldtõkestavate ustega;
3. ette näha 3.tuleohuklassi kuuluvate tootmisruumide varustamine automaatse pulber- või süsihappegaas-tulekustutusüsteemiga;
4. kaaluda laki ettevalmistusruumis lakimaterjalide hoidmise piiramist (kuni ühe ööpäeva vajaduse ulatuses), nimetatud ettevalmistusruumi eraldiasuvasse hoonesse (tuletõkkesektsiooni) ümber paigutamist ja/või lakkide töökohale torustiku kaudu andmise tsentraliseerimist;
5. projekteerida ja teostada puidujäätmete pneumotranspordi torustikes hermeetiliselt suletavad puhastus- ja tulekustutusluugid (-avad).

KASUTATUD KIRJANDUS

1. A. Talvari “Üldine tööstustehnoloogia II. Keemiline tehnoloogia”, SKA, Tallinn, 2002, 59 lk.
2. M. Aleksejev “Predupreždenie požarov ot tehnolo gitšeskih pritšin” (“Tulekahjude vältimine tehnoloogilistest põhjustest”), Vene NSFV Kommunaalmajanduse Kirjastus, Moskva, 1964, 194 lk.
3. M. Aleksejev, O. Volkov, A. Ispravnikova, V. Kluban, A. Savuškina “Požarnaja profilaktika v tehnolo gitšeskih protsessah proizvodstv” (“Tuletõrje profülaktika tootmise tehnoloogilistes protsessides”), NSVL Siseministeriumi Kõrgema Tuletõrjetehniline Insenerikool, Moskva, 1976, 292 lk.
4. Üleliidulise Tuletõrje Teadusliku Keskuurimise Instituudi teatmik “Požarnaja opasnost veštšestv i materialov” (“Ainete ja materjalide tuleohtlikkus”) I. Rjabovi juhendamisel, Moskva, Ehituskirjastus, I osa –1966, 239 lk, II osa – 1970, 335 lk.