

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Efim OLARU

**FIABILITATEA SISTEMELOR TEHNICE
ȘI RISCUL TEHNOGENIC**

Ciclu de prelegeri

**Chișinău
2013**

UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Facultatea Cadastru, Geodezie și Construcții

Catedra Securitatea Activității Vitale

Efim OLARU

**FIABILITATEA SISTEMELOR TEHNICE
ȘI RISCUL TEHNOGENIC**

Ciclu de prelegeri

**Chișinău
U.T.M.
2013**

Ciclul de prelegeri **„Fiabilitatea sistemelor tehnice și riscul tehnogenic”** este destinat persoanelor care fac studiile de masterat (ciclul II) la specialitatea 582.5 „Inginerie antiincendii și protecție civilă”, precum și studenților de la toate specialitățile ciclului I. Lucrarea urmărește scopul de a facilita însușirea materialului legat de problemele securității și sănătății industriale, inclusiv problemele securității și sănătății în muncă și ale protecției mediului ambiant.

Sunt studiate caracteristicile pericolelor, problemele riscului tehnologiilor, cauzele refuzurilor sistemelor tehnice, metodele inginerice de cercetare a fiabilității sistemelor tehnice și asigurarea securității acestora.

Materialul va fi util profesorilor și studenților, personalului tehnic, altor persoane preocupate de problemele fiabilității (siguranței) și securității sistemelor tehnice.

Autor: conf. univ., dr. Efim Olaru

Recenzent: conf. univ., dr. I. Cobușcean

© U.T.M., 2013

Introducere

Securitatea și stabilitatea dezvoltării societății sunt două noțiuni interconexe care au o importanță determinantă la alegerea reperelor și a căilor pentru atingerea unui nivel înalt, material și spiritual, de viață pentru oameni.

Prin securitate se înțelege starea calitativă a societății și statului la care se asigură protecția fiecărui om ce locuiește pe teritoriul țării, drepturile și libertățile acestuia, precum și siguranța existenței și a dezvoltării țării, protecția bunurilor acesteia, a surselor materiale și spirituale ale vitalității, a regimului constituțional și a suveranității statale, independenței și integrității teritoriale față de vrăjmașii interni și externi.

Dacă de pe pozițiile acestei definiții ne-am referi la problema securității industriale devine evident acel fapt, că aceasta nu se limitează și nu finalizează cu problemele ce poartă doar caracter tehnico-științific – problema are o importanță colosală social-economică în domeniul asigurării securității naționale a statului (țării). Statul nu poate și nu trebuie să suporte anual pagube enorme sub formă de vieți umane, daune considerabile morale, materiale și ecologice. La etapa actuală a sporit considerabil numărul situațiilor excepționale (S.E.) însoțite de victime umane. În mod deosebit acest lucru este caracteristic incidentelor „minore” în activitatea de producție, care nu provoacă, s-ar părea, urmări grave și nu totdeauna atrag atenția cuvenită a opiniei publice și a specialiștilor. Însă care sunt urmările pentru familiile care și-au pierdut întreținătorul? Copiii rămân fără părinți, iar statul – fără cetățeni apti de muncă.

Trebuie menționat că starea nesatisfăcătoare în domeniul securității industriale și a condițiilor de muncă influențează negativ asupra duratei vieții oamenilor și asupra indicelui mortalității atât la noi în țară, cât și în lumea întreagă. În timpul de față cota persoanelor apte de muncă decedate din cauza accidentelor și îmbolnăvirilor profesionale constituie 20-25 % din numărul total al persoanelor decedate. Un număr considerabil de cetățeni devin

invalidi din cauza unor sau altor îmbolnăviri, așa ca: tuberculoza pulmonară, bolile cardiace, boli psihice etc. Conform datelor oficiale jumătate din tinerii care astăzi au împlinit vârsta de 16 ani nu vor ajunge la vârsta de 60 ani. Sistemul imunitar este slăbit, crește numărul bolilor infecțioase, se nasc tot mai mulți copii cu deficiențe. Urmările acestor modificări, chiar dacă se vor adopta cele mai serioase măsuri, se pot resimți într-un timp relativ scurt.

Situația care s-a creat exercită o anumită influență psihologico-morală nu numai asupra lucrătorilor, dar și asupra unui cerc tot mai larg din rândul populației, mai cu seamă în cazul avariilor de proporție însoțite de victime umane.

Creșterea numărului și a gravității urmărilor avariilor și catastrofelor tehnogenice este condiționată nu numai de complexitatea activității de producție, cu utilizarea noilor tehnologii, care necesită concentrații sporite de energie, de substanțe periculoase pentru viața omului și pentru mediul înconjurător, dar și de schimbările structurale majore în economia țării, de nivelul înalt al uzurii fondurilor fixe, scăderea disciplinei tehnologice și de producție și a calificării personalului, amânarea termenelor de reparație și schimbare a utilajului, simplificarea deservirii reglementare.

Asigurarea securității populației și a mediului ambiant nativ prezintă în sine o problemă tehnică complicată, soluționarea căreia este imposibilă fără modernizarea și aprofundarea pregătirii inginerice în domeniul cercetării siguranței (fiabilității), prognozării și asigurării securității sistemelor tehnice. Într-un șir de țări dezvoltate studierea securității sistemelor tehnice ca o activitate independentă a fost pusă în aplicare în anii '60 ai secolului trecut. Centrul atenției s-a deplasat de la analiza comportamentului unor elemente separate, de diverse tipuri (electrice, mecanice, hidraulice), la cauzele și urmările provocate de refuzul (ieșirea din funcție) acestor elemente în sistemul corespunzător. „Arborele defecțiunilor (refuzurilor)”, „Arborele urmărilor”, „Metoda expertizei succesive”, „Evaluări de expertiză” și alte metode de evidențiere a refuzurilor au fost luate spre utilizare de către

specialiștii din diverse ramuri industriale periculoase din domeniile militar și aerocosmic de cercetare. În anii '60 începe publicarea mai accentuată a lucrărilor științifice referitoare la fiabilitatea sistemelor tehnice și prevenirea riscurilor. Spre regret, în fosta Uniune Sovietică asemenea lucrări au fost foarte puține, deoarece la ordinea de zi se afla concepția „securității absolute” a tehnologiilor și a utilajului. Această concepție era fundamentul pe care se bazau toate normativele de securitate. Specificul dezvoltării politice, economice și sociale a fostei U.R.S.S. a condiționat o rămânere în urmă de cel puțin 20 de ani privind cercetările în domeniile securității industriale, securității vitalității, ecologiei. O asemenea atârnare față de problemele securității a reținut formarea la viitorii specialiști a concepțiilor referitor la principiile și metodele de asigurare a securității industriale și ecologice, fapt care a favorizat rămânerea în urmă în toate sferile activității tehnice și instructiv-educativă: proiectare, confecționare, exploatare, supraveghere asupra securității, pregătirea specialiștilor, acțiunilor în S.E. și s-a răsfrânt asupra creșterii numărului și amplitudinii situațiilor extremale și avariilor la întreprinderile industriale sistemele de transport etc. Cerința de „securitate absolută”, adică „risc nul” în final a condus la urmări costisitoare și tragice pentru populația și economia țării.

Specialiștii care exploatează sistemele tehnice și deservește procesele tehnologice periculoase în industria chimică, sistemele energetice și transportul prin conducte s-au pomenit nepregătiți, în plan metodic, pentru căutarea și analiza refuzurilor critice, care provoacă avarii și catastrofe. Nivelul cunoștințelor în problemele securității vitalității în tehnosferă a rămas în urmă față de nivelul complexității și ritmurile dezvoltării tehnicii, tehnologiilor, sistemelor tehnice.

Iată din ce cauză metodele de cercetare a posibilelor refuzuri trebuie să devină un suport favorabil, esențial pentru specialiștii în domeniul protecției inginerice a mediului înconjurător sau în domeniul securității vitalității, iar căutarea posibilelor refuzuri și analiza urmărilor trebuie să devină o procedură obișnuită și

răspândită la evaluarea întreprinderilor, tehnologiilor și instalațiilor costisitoare și cu risc sporit.

În condițiile actuale, care s-au schimbat radical, atitudinea față de soluționarea problemelor securității industriale, a problemelor ecologice bazate pe concepția „a reacționa și a corecta” trebuie să cedeze locul unei noi atitudini unde domină „se află în capul mesei” principiul „a prevedea și a preîntâmpina”.

1. Natura și caracteristica pericolelor în tehnosferă

1.1. Tehnosfera. Tehnica. Sistemul tehnic. Tehnologia

Tehnosfera este partea biosferei, direct sau indirect radical schimbată de către om în obiecte tehnice și tehnogene (mecanisme, clădiri, instalații, exploatare miniere, comunicații etc.) cu ajutorul mijloacelor tehnice în scopul celei mai favorabile corespunderi a acestora necesităților social-economice ale omului. Așadar, la această schimbare participă mijloacele tehnice, sistemele tehnice și tehnologiile utilizate.

Tehnica (din grecește *techne* - *meșteșug*.) ansamblul mijloacelor activității umane create pentru realizarea proceselor de producție și deservirea necesităților neproductive ale societății. În tehnică sunt materializate cunoștințele și experiența de producție, acumulate de omenire în procesul dezvoltării acestei activități. Tehnica facilitează eforturile de muncă ale omului și sporește eficacitatea acestora, permite schimbarea naturii în corespundere cu necesitățile societății. Pe măsura dezvoltării producției tehnica înlocuiește succesiv omul în realizarea funcțiilor tehnologice legate de munca fizică și intelectuală. Mijloacele tehnice sunt folosite pentru acțiunea asupra obiectelor muncii la crearea bunurilor materiale și culturale, pentru căpătarea, transmiterea și transformarea energiei, cercetarea legilor de dezvoltare a naturii și societății, pentru deplasare și comunicare, pentru colectarea, păstrarea, prelucrarea și transmiterea informației, dirijarea societății, deservirea comunală, purtarea războaielor și asigurarea apărării.

Conform destinației funcționale, mijloacele tehnice pot fi: de producție, militare, comunale, medicale, pentru cercetări științifice, educație, cultură etc.

Partea principală a mijloacelor tehnice o constituie tehnica de producție la care se referă mașinile și mecanismele, uneltele, aparatura de comandă cu mașinile și procesele tehnologice, precum și clădirile și instalațiile industriale, comunicațiile etc.

Tehnica, de regulă, se clasifică după structura ramurală a producției (industrie, transport etc.) sau referitor la anumite subdiviziuni structurale industriale (tehnica aviatică, meliorativă, energetică, chimică, minieră etc.).

Dezvoltarea tehnică se manifestă în crearea unor tipuri noi de mașini și perfecționarea celor existente, a utilajului, sporirea nivelului tehnic industrial, a proceselor tehnologice, mecanizarea și automatizarea acestora, crearea de noi materiale, combustibili și transformatoare de energie etc.

Istoric, tehnica a parcurs calea de la cele mai primitive mașini, care efectuau o singură operație, până la cele mai complicate mașini automate ale industriei contemporane, reunite într-un tot unitar – sistem tehnic (S.T.) cu o anumită structură și orientat pentru atingerea scopurilor bine determinate.

Prin sistem tehnic (obiect) se înțelege ansamblul organizat al unor elemente separate, legate funcțional între ele și care interacționează în așa mod, ca să asigure efectuarea unor funcții determinate (atingerea scopului) în diverse stări funcționale.

Obiecte pot fi diverse sisteme și elementele lor, în particular: edificii, instalații, articole tehnice, dispozitive, mașini, aparate și părțile acestora, agregate și piese separate.

Punerea în ordine (concordanța) înseamnă că față de mediul înconjurător sistemul se prezintă și corespunzător se acceptă ca ceva funcțional unitar.

Indicele sistemului este structurizarea, interconexiunea părților componente ale acestuia, subordonarea organizării întregului sistem unui anumit scop.

Un component obligatoriu al oricărui sistem sunt elementele componente (subsistemele), iar noțiunea de element este condițională și relativă, deoarece fiecare element, la rândul său, totdeauna poate fi considerat ca un ansamblu de alte elemente.

Deoarece toate subsistemele și elementele din care se compune sistemul sunt reciproc amplasate și interconexe într-un anumit mod formând sistemul dat, se poate vorbi despre structura sistemului. Structura sistemului este ceea ce rămâne neschimbat în

sistem în cazul schimbării stării acestuia, realizarea diverselor forme de comportament, realizarea de către sistem a anumitor operații etc.

Orice sistem are, de regulă, o structură ierarhică, adică poate fi prezentat sub forma unei totalități de subsisteme de nivel diferit, amplasate în ordine graduală. La analiza unor sau altor sisteme concrete este suficient să se evidențieze un număr anumit de trepte ierarhice.

Sistemele funcționează în spațiu și în timp. Procesul de funcționare al sistemelor prezintă în sine schimbarea stării sistemului, trecerea acestuia dintr-o stare în alta. În conformitate cu acest fapt, sistemele se divizează în statice și dinamice.

Sistemul static prezintă în sine sistemul cu o singură stare posibilă.

Sistemul dinamic este sistemul cu o multitudine de stări în care, cu trecerea timpului, are loc trecerea dintr-o stare în alta.

Din punct de vedere al securității problemele ce țin de studierea sistemelor tehnice constau în aceea, ca să se vadă în ce mod funcționează elementele sistemului în interacțiunea lor cu alte părți ale acestuia și din care cauze poate avea loc refuzul (oprirea, ieșirea din funcție) care amenință cu anumite urmări negative pentru mediul înconjurător.

1.2. Definirea pericolului

Pericolul este noțiunea centrală atât în domeniul securității activității vitale, cât și în domeniul securității industriale. Prin pericol se înțeleg fenomenele, procesele, obiectivele capabile, în anumite condiții, să provoace prejudicii sănătății omului, pagube mediului înconjurător nativ și infrastructurii social-economice, adică să provoace urmări nedorite direct sau indirect. Cu alte cuvinte, pericolul este rezultatul acțiunii unor factori negativi (nocivi și periculoși) asupra unui anumit obiectiv (obiect). În cazul necorespunderii caracteristicilor factorilor care acționează asupra unui obiectiv, asupra caracteristicilor acestuia, apare fenomenul de

pericol (de exemplu, unda de șoc, temperatura anormală, insuficiență de oxigen în aer, impurități toxice în aer etc.).

Pericolul este o proprietate interior-caracteristică sistemului tehnic complicat. Acesta se poate realiza sub forma unei pagube directe sau indirecte pentru obiectul asupra căruia acționează treptat sau prin surprindere și brusc – în rezultatul refuzului sistemului. Pericolul potențial (mascat) pentru om se realizează sub formă de traume, care se produc în cazul accidentelor, avariilor, incendiilor etc., pentru sistemele tehnice – sub formă de distrugeri, pierderea capacității de manevrare ș.a., iar pentru sistemele ecologice – sub formă de poluare, reducerea biodiversității etc.

Criteriile determinante ale pericolului – posibilitatea acțiunii negative directe asupra obiectivului expus influenței; posibilitatea dereglării stării normale a elementelor procesului de producție în rezultatul căreia se pot produce avarii, explozii, incendii, traume. Prezența măcar a unuia din criteriile menționate este suficientă pentru a atribui factorii la compartimentul celor periculoși sau nocivi.

Numărul criteriilor (semnelor) care caracterizează pericolul poate fi majorat sau redus în funcție de scopul analizei.

1.3. Axiomele privind pericolul potențial al S.T.

Analiza situațiilor reale de avarie, a evenimentelor și factorilor, precum și experiența umană permit la etapa actuală formularea unui șir de axiome referitoare la pericolul S.T.

Axioma 1. Orice S.T. este potențial periculos. Caracterul potențial al pericolului constă în caracterul mascat (ascuns), neclar și se manifestă în anumite condiții. Nici un tip de S.T., în cazul funcționării acestuia, nu asigură securitatea absolută.

Axioma 2. Pericolele tehnogenice există (persistă), dacă fluxurile zilnice de substanță, energie și informație în tehnosferă depășesc valorile limită. Valorile maxime admise ale pericolelor se stabilesc din condiția păstrării integrității funcționale și structurale ale omului și ale mediului nativ. Respectarea valorilor maxime

admise ale fluxurilor creează condiții nepericuloase de activitate vitală a omului în spațiul de trai și exclude influența negativă a tehnosferei asupra mediului nativ ambiant.

Axioma 3. Surse de pericole tehnogene sunt elementele tehnosferei. Pericolele apar la prezența defectelor și a altor deteriorări în S.T. la exploatarea sau utilizarea incorectă a acestora. Deteriorările tehnice și încălcarea regimurilor de folosire a S.T. conduc, de regulă, la apariția situațiilor cu pericol de accidentare, iar emisiile de deșeuri (emisii în atmosferă, deversări în hidrosferă, depunerea substanțelor solide pe suprafața pământului, radiațiile energetice și câmpurile) sunt însoțite de influențe negative asupra omului, mediului natural și a elementelor tehnosferei.

Axioma 4. Pericolele tehnogene acționează în spațiu și în timp. Influențele cu pericol de accidentare acționează, de regulă, momentan și spontan într-un spațiu limitat. Ele apar în cazul avariilor și catastrofelor, în cazul exploziilor și la distrugerea bruscă a clădirilor și edificiilor. Zonele de influență a factorilor negativi, de regulă, sunt limitate, cu toate că este posibilă propagarea acțiunii acestora și pe teritorii destul de vaste (de exemplu, în cazul avariei de la Cernobîl).

Pentru influențele nocive este caracteristică acțiunea negativă de lungă durată, sau periodică asupra omului, mediului natural și asupra elementelor tehnosferei. Zonele spațiale ale acțiunilor nocive variază în limite destul de largi, de la zonele de lucru și comunale până la dimensiuni globale. La ultimele se referă acțiunea emisiilor gazelor cu efect de seră și distrugătoare de ozon, nimerirea substanțelor radioactive în atmosferă ș.a.

Axioma 5. Pericolele tehnogene exercită acțiune negativă asupra omului, mediului natural și a elementelor tehnosferei concomitent. Omul și tehnosfera care îl înconjoară, aflându-se într-un schimb permanent material, energetic și informațional formează un sistem spațial cu acțiune permanentă „omul - tehnosfera”. Concomitent există și sistemul „tehnosfera – mediul natural”. Pericolele tehnogene nu acționează selectiv, ele influențează negativ

asupra tuturor componentelor sistemelor menționate concomitent, dacă acestea s-au pomenit în zona acțiunii pericolelor.

Axioma 6. Pericolele tehnogene înrăutățesc sănătatea oamenilor, conduc la traume, pagube materiale și degradarea mediului ambiant nativ.

1.4. Taxonomia pericolelor

Taxonomia (grec. taxis – plasare în ordine + nomos – lege) este definită ca „teoria clasificării și sistematizării domeniilor cu organizare complicată a activității care au, de regulă, structură ierarhică”. Așadar, taxonomia în domeniul științei este clasificarea și sistematizarea fenomenelor, noțiunilor și obiectivelor complicate. Deoarece pericolul este o noțiune complicată, ierarhică, cu multe însemne, taxonomarea lor are un rol important în organizarea unei viziuni științifice în domeniul securității activității vitale și permite cunoașterea naturii pericolelor, prezintă noi căi de descriere a acestora, de stabilire a caracteristicilor cantitative și dirijare a acestora. În continuare urmează un șir de exemple cunoscute de taxonomii ale pericolelor:

- *conform provenienței*: naturale, tehnogene, antropogene, ecologice, pericole combinate;
- *pericole de producție*: fizice, chimice, biologice, psihofiziologice, organizatorice;
- *conform timpului manifestării urmărilor negative*: impulsive (durată momentană, de exemplu, lovitura) și cumulative (acumularea în organismul viu și sumarea acțiunii unor substanțe și toxine);
- *conform localizării în mediul ambiant*: legate de atmosferă, hidrosferă, litosferă;
- *conform domeniului de activitate umană*: comunale, de producție, sportive, militare, circulație – transport etc;
- *conform pagubei provocate*: socială, tehnică, economică, ecologică etc.;

- *conform caracterului de influență asupra omului*: active (acțiune nemijlocită asupra omului din contul energiei acumulate în acestea); pasiv - active (se activează din contul energiei proprii a omului; neregularitățile suprafeței, pante, urcușuri, frecare redusă între suprafețele care contactează etc.); pasive – se manifestă indirect (la această grupă se referă proprietățile legate de coroziunea metalelor, de depuneri, de rezistența insuficientă a construcțiilor, de suprasolicitarea utilajului etc. Manifestarea sub formă de distrugeri, explozii ș.a.);

- *pericole benevole și forțate*: acțiunii pericolelor este posibil să te expui benevol, de exemplu, făcând ski-alpin, alpinism sau lucrând la o întreprindere industrială, precum și forțat, aflându-te în apropierea locului evenimentelor în momentul realizării pericolelor. O asemenea abordare permite a evidenția pericole de producere și în afara producției (risc pentru populație);

- *conform structurii*: simple (curentul electric, temperatura sporită) și pericole derivate – create de interacțiunea celor simple (incendiul, explozia ș.a.);

- *conform concentrării (plasării)*: concentrate (de exemplu, locul de îngropare a deșeurilor toxice) și dispersate (de exemplu, poluarea solului cu impuritățile stațiilor electrice termice depuse din atmosferă).

Această listă poate fi continuată. Taxonomia se efectuează în funcție de faptul, ce scop și-a pus cercetătorul, de exemplu, să aprecieze efectul schimbării stării mediului înconjurător asupra organismului uman.

O parte considerabilă din pericolele mai sus menționate nu totdeauna provoacă incidente, însă complică executarea lucrărilor în cazul tehnologiei reglementate. Taxonomia permite a evidenția pericolele principale.

1.4.1. Clasificarea pericolelor conform efectelor de modificare a condițiilor de mediu

Orice abatere evidentă a condițiilor de mediu, față de cele care s-au stabilit pe parcursul evoluției biologice a omului, de

regulă, provoacă traume sau îmbolnăviri. Cei mai importanți parametri ai mediului de trai al omului, semnificativi pentru activitatea vitală normală și în condiții de securitate sunt:

- a) temperatura;
- b) presiunea atmosferică a aerului;
- c) presiunea exterioară asupra anumitor sectoare ale corpului;
- d) concentrația oxigenului;
- e) concentrația substanțelor toxice;
- f) concentrația microorganismelor patogene;
- g) densitatea fluxului radiației electromagnetice;
- h) nivelul radiațiilor ionizante;
- i) diferența de potențial electric;
- j) solicitările sonore.

Influențele legate de ridicarea sau scăderea temperaturii corpului uman (cum din interior, așa și din exterior) pot conduce la traume sau deces. La aceste influențe se referă: radiația calorică, convecția și transmiterea directă a căldurii de pe învelișul pielar sau către acesta, inspirarea aerului prea rece sau prea fierbinte, consumul de lichide prea reci sau prea fierbinți.

Schimbările bruște ale aerului înconjurător, condiționate de acțiunea undei de șoc pot conduce la traume sau deces.

Traumele mecanice se produc din cauza aplicării presiunii considerabile asupra unor sectoare ale corpului. Traumele mecanice sunt: rănila tăiate sau rupte, fracturile, loviturile, zdrobiturile, desprinderea (ruperea) unor părți ale corpului, traumele care afectează organele vitale principale – creierul, inima, plămânii etc.

Scăderea concentrației oxigenului în aer conduce la traume și deces. Întreruperea respirației are loc când omul se îneacă sau este îngropat sub un strat de materiale solide. Pe de altă parte surplusul de oxigen este periculos, deoarece sporește pericolul de incendiu.

Este bine cunoscut faptul, că prezența unor anumite substanțe în mediul înconjurător în concentrații periculoase conduc

la îmbolnăvire sau deces (de exemplu, concentrația excesivă a monoxidului și a bioxidului de carbon).

De asemenea, este bine cunoscut că, concentrația excesivă a microorganismelor patogene în mediul înconjurător este nocivă și conduce la boli infecțioase.

Pentru toate lungimile de undă ale radiației electromagnetice există limite de intensitate în afara cărora acțiunea lor asupra organismului uman devine periculoasă pentru sănătate.

Organismul uman s-a adaptat la existență în condițiile fonului radioactiv natural, iar contribuția componentei tehnogene relativ nu prea mare (energetica atomică în condiții normale de exploatare, diagnostica medicală, metodele nedestructibile de control în tehnică etc.) poate fi considerată inofensivă. Nivelul sporit al radiațiilor ionizante provoacă boli cronice, iar dozele considerabile (mari) provoacă boala actinică și decesul.

Organismul uman este sensibil la diferența potențialelor de ordinea zecilor de volți. Diferența de potențiale de sute de volți (indiferent de genul curentului – continuu sau alternativ) poate conduce la deces.

Solicitările sonore și vibratorii (vibroacustice) pot provoca boli cronice și chiar invaliditate.

1.4.2. Taxonomia conform timpului de realizare

În medicină demult sunt utilizați termenii „acut” și „cronic” pentru descrierea caracterului bolii: boala care se dezvoltă rapid și vertiginos este numită „acută”, iar boala care se dezvoltă încet și are durată mare este numită „cronică”. În medicină niciodată nu s-a acordat o importanță corespunzătoare noțiunilor „repede” și „încet”. Din punct de vedere medical noțiunile „acut” sau „cronic” nici într-un mod nu se legau de gravitatea bolii, o astfel de înțelegere a acestor termeni este păstrată și la studierea pericolelor. Este ușor de observat că termenii „acut” și „cronic” corespund unor poli opuși ai unui oarecare diapazon de valori; a trasa o linie strictă separatoare între acestea nu este atât de simplu. Termenul „acut” se va referi la pericolele pentru care durata manifestării acțiunii nu depășește o

oră. Pericolul se va numi „cronic”, dacă realizarea acestuia va dura mai mult de o lună. Pericolele, durata de realizare a căror se află în interiorul acestui interval, vor fi cercetate ca ceva intermediar între pericolele acute și cele cronice. Tabelul 1.1 ilustrează utilizarea unei asemenea clasificări. Prin durata acțiunii pericolului se înțelege perioada, pe durata căreia germinează (iau naștere), se dezvoltă și acționează factorii afectivi.

Tabelul 1.1. Scara intervalelor de timp a evenimentelor periculoase

Durata acțiunii pericolului	Urmările evenimentului periculos
0,01 s	Deces din cauza exploziei substanței explozive
2 – 3 min	Deces provocat de curentul electric
5 – 7 min	Asfixie, înec
10 – 60 min	Intoxicare cu clor
24 ore	Afecțiune provocată de acțiunea dioxinei
Luni sau ani	Intoxicare cu plumb sau alte metale grele
Ani	Dezvoltarea tumorilor maligne, pneumoconioze

1.4.3. Taxonomia pericolelor conform numărului de persoane afectate

Ideea acestei clasificări constă în caracteristica calitativă a pericolelor individuale și în grup. Deosebiri semnificative calitative între aceste clase de pericole (necătând la existența unei asemănări cantitative) sunt prezentate în tabelul 1.2. Aceste deosebiri pot fi puse la baza reglementării și dezvoltării principalelor pericole – spre deosebire de celelalte.

Tabelul 1.2. Caracteristica pericolelor individuale și în grup

Pericole individuale	Pericole în grup
Schimbările mediului ambiant sunt neînsemnate	Urmări ecologice de mari proporții
Prevenirea necesită măsuri tactice	Prevenirea necesită măsuri strategice
Victimele, în majoritatea cazurilor, sunt din cauza accidentelor	Victimele, de regulă, nu s-au produs din cauza unei avarii
Aspectele ergonomice sunt considerabile	Ergonomia nu joacă un rol important
Prevenirea este posibilă din contul dirijării cu persoana	Este necesar controlul activității de producție pentru a preveni avaria
Pagubă neesențială	Pagubă enormă
În marea lor majoritate sunt ignorate de opinia publică și mijloacele de informare în masă	Sunt exagerate atât de populație, cât și de mijloacelor de informare în masă
Pot fi provocate de o singură eroare	Sunt condiționate, de regulă, de combinația câtorva circumstanțe
Sunt caracteristice ramurilor industriale cu volum mare de lucru	Sunt caracteristice ramurilor industriale cu investiții mari de capital (energointensive)
Cota-parte a accidentelor din numărul total de avarii: 1/1000	Cota-parte a accidentelor din numărul total de avarii: 1/1 – 1/10

1.4.4. Taxonomia conform tipului de agent energetic

Conform agentului energetic pericolele pot fi clasificate în modul următor:

a) mecanice – caracterizate de energia cinetică și potențială, de acțiunea mecanică asupra obiectelor. La acestea se referă: energia cinetică a elementelor în mișcare, energia potențială a

corpurilor (inclusiv a oamenilor aflați la înălțime), zgomotele (infrasunetele, ultrasunetele), vibrația, accelerațiile, forța gravitațională, solicitarea statică, fumul, ceața, unda de șoc, ș.a.

b) termice – caracterizate de energia termică și temperatura anormală. La ele se referă: temperatura suprafețelor încălzite sau răcite, temperatura focului deschis, incendiului, reacțiilor chimice și a altor surse; parametrii microclimatului care înrăutățesc termoreglarea organismului;

c) electrice – curentul electric, electricitatea statică, radiațiile ionizante, câmpul electric și electromagnetic, ionizarea anormală a aerului;

d) electromagnetice – iluminarea, radiația ultravioletă și infraroșie, radiațiile electromagnetice, câmpul magnetic;

e) chimice – substanțele caustice (corozive), toxice, cu pericol de explozie-incendiu, precum și dereglarea componenței naturale a aerului, prezența impurităților nocive în aer.

1.4.5. Taxonomia factorilor care condiționează posibilele refuzuri ale S.T.

Orice sistem este exploatat în anumite condiții ale mediului înconjurător. Acesta este expus acțiunii factorilor mediului înconjurător (climaterici, dinamici, biologici etc.), factorilor de solicitare (regimul de lucru și interacțiunea elementelor), precum și factorilor artificiali (acțiune intenționată din exterior).

Acești factori pot conduce la schimbarea parametrilor și a stării de funcționare a unor elemente, blocuri și a sistemului în integritate. Ei pot fi clasificați în modul următor:

1. Suprasolicitarea în rezultatul subestimării sarcinii active:

- zăpada și curățirea nehibzuită a acesteia, stratul de gheață;
- praful de producție;
- necorespunderea masei reale a elementelor de construcție celei stabilite de proiect;
- vântul;
- sarcina de la podurile rulante;
- acțiunile dinamice ale sarcinii;

- acțiunile termice.

2. Pierderea stabilității (generală și locală):

- erori în calcule, desene (crochiuri), încălcarea regulilor de executare a lucrărilor;
- prelucrarea experimentală slabă a soluțiilor de proiect;
- flexibilitatea mare a elementelor, aplicarea necentrală (cu excentricitate) a sarcinii;
- maleabilitatea nodurilor de montare, întărirea incorectă sau cu întârziere a sprijinelor;
- deformările termice cauzate de întărirea incorectă a elementelor de legătură;
- grosimea insuficientă a construcțiilor din foi laminate;
- deformarea configurației geometrice a construcțiilor (mai cu seamă a celor cu pereți subțiri);
- întărirea nereușită a cablurilor;
- deformări locale ale elementelor.

3. Soluții de proiect nesatisfăcătoare și abateri de la prevederile proiectului:

- alegerea nereușită a schemei de calcul (nu corespunde lucrului real al elementului);
- exactitatea joasă a calculelor;
- deficiențe (lacune) ale nodurilor de cuplare;
- diminuarea sarcinii de calcul față de sarcina reală;
- subestimarea rigidității nodurilor;
- rigiditate, rezistență, stabilitate insuficiente;
- schimbarea unui material cu altul;
- calificarea joasă a executanților;
- lipsa supravegherii tehnice și de autor;
- prezența punctelor de concentrare a tensiunilor.

4. Executarea și montarea necalitativă a construcțiilor:

- folosirea materialelor necalitative;
- calitatea joasă a executării elementului;
- alegerea incorectă a procedurii și a ordinei de montare;
- sudură necalitativă;
- montarea tardivă a legăturilor de rigiditate;

- încălcarea tehnologiei sudării pe timp de iarnă;
- punerea în funcție (exploatare) a edificiilor și instalațiilor cu deficiențe considerabile.

5. *Încălcarea regulilor de exploatare a construcțiilor și instalațiilor (edificiilor):*

- lipsa protecției construcțiilor care lucrează în medii agresive (variații bruște ale temperaturii și schimbări ale umidității);
- vibrații, lovituri, uzură prin roadere;
- lipsa controlului instrumental cuvenit;
- suprasolicitarea cu praf de producție;
- majorarea sarcinii fără consolidarea construcțiilor și ajustarea tensiunilor în acestea.

6. *Oboseala, vibrația, coroziunea și îmbătrânirea materialului:*

- distrugeri cauzate de oboseală;
- distrugeri cauzate de îmbătrânire;
- acțiunea vibrodinamică a macaralelor, a materialului rulant;
- poluarea mediului ambiant;
- prezența defectelor superficiale în construcții;
- variațiile bruște ale temperaturii;
- precipitațiile.

7. *Temelii (fundații) cu caracter defectuos, pe care sunt amplasate construcțiile:*

- așezarea neuniformă a edificiilor, coloanelor;
- defecte ale zidăriei din cărămidă;
- înghețarea neuniformă a solului;
- umflarea solului;
- umezirea solurilor din loess;
- curenți vagabonzi în sol;
- ape subterane agresive;
- soluri de sărătură;
- defecte (erori) ale prospecțiunilor geologico-inginerice.

8. Cauze imprevizibile (care nu pot fi prognozate):

- avarii cauzate de prăbușiri, alunecări, grohotiș, căderea construcțiilor de la nivelurile superioare;
- acțiuni seismice și erupții vulcanice;
- trăsnet, grindină, căderea meteoriților;
- avarii cauzate de dăunători biologici;
- uragane, inundații, țunamii, torente de noroi;
- incendii de landsaft;
- spălarea fundamentelor, supraumezirea temeliiilor.

Concluzie: Pericolele prezintă fenomene cu aspecte multiple și este dificil, iar în unele cazuri – imposibil, a studia unele părți componente ale pericolului izolat de celelalte. Sunt necesare cunoștințe temeinice despre faptul care pot fi urmările și cât este de mare pericolul pentru mediul ambiant și pentru societatea umană.

1.5. Algoritmul dezvoltării și realizării pericolului

Procesul propriu de dezvoltare al pericolului poate fi descris de următoarea succesiune logică: încălcarea procesului tehnologic, a limitelor admise de exploatare, a condițiilor de întreținere etc. → acumularea, formarea factorilor afectivi care conduc la avaria sistemelor tehnice → distrugerea construcției → emisia, formarea factorilor afectivi → acțiunea (interacțiunea) factorilor afectivi cu obiectul expus influenței (cu mediul înconjurător nativ, omul, obiectivele tehnosferei etc.) → reacția de răspuns la acțiunea afectivă.

În funcție de particularitățile S.T. anumite elemente ale lanțului menționat pot să lipsească. Fiecărui asemenea eveniment i se poate atribui un indice particular sub forma unei probabilități a evenimentului: probabilitatea refuzului S.T. → probabilitatea avariei → probabilitatea formării factorilor afectivi → probabilitatea afectării obiectelor expuse influenței → probabilitatea apariției factorilor afectivi secundari → probabilitatea influenței → probabilitatea afectării. Din succesiunea logică menționată reiese, că

prezența potențialului pericol în S.T. nu totdeauna este însoțită de acțiunea negativă a acestuia asupra obiectului. Orice excludere (eliminarea) din acest lanț conduce la nerealizarea pericolului.

Așadar, pentru realizarea pericolului este necesară îndeplinirea a cel puțin trei condiții: pericolul, în realitate, este prezent (acționează); obiectul se află în zona de acțiune a pericolului; obiectul nu are suficiente mijloace de protecție (colective și/sau individuale).

1.6. Sursele de pericol

Surse de pericol (purători materiali) sunt: omul; obiectele care formează procesul de muncă și sunt incluse în acesta; obiectele muncii, mijloacele de muncă (mașini, strunguri, unelte, scule, edificii, instalații, clădiri, pământul, drumurile, energia etc.); produsele muncii; tehnologia, operațiile, acțiunile; mediul natural-climatic (furtuni, inundații, activitatea solară etc.); flora, fauna. La analiza situației mediului de activitate a omului se conturează atât surse exterioare cât și interioare ale pericolului.

Sursele exterioare prezintă două varietăți de fenomene: starea mediului de activitate (sistemele tehnice) și acțiunile incorecte (neprevăzute) ale personalului care conduc la avarii și creează situații riscante pentru mediul înconjurător și pentru oameni. În același timp, diferiți factori ai mediului de trai influențează inegal (diferit): dacă mijloacele tehnice și tehnologiile prezintă un pericol iminent (nemijlocit), apoi mediul social-psihologic, cu excepția cazurilor de diversie directă, acționează asupra omului prin intermediul stării sale psihologice, prin dezorganizarea activității acestuia.

Sursele interioare de pericol sunt condiționate de victimitate – particularitățile personale ale lucrătorului, care sunt legate de trăsăturile psihologice și sociale ale acestuia și prezintă un aspect subiectiv al pericolului (acest aspect se studiază mai amănunțit de psihologia securității ocupaționale).

1.7. Concepția ergoentropică a pericolelor

Exploatarea S.T. este potențial periculoasă, deoarece este legată de diverse procese, iar acestea la rândul lor – cu utilizarea (producerea, transportarea, păstrarea și transformarea) energiei chimice, electrice sau de altă natură, acumulată în utilaje și materiale, nemijlocit în organismul uman și în mediul înconjurător.

Pericolul se manifestă în rezultatul emisiei necontrolate de energie. În anumite condiții emisia necontrolată de energie este însoțită de incidente. Această concepție este clar ilustrată de tabelul 1.3.

Tabelul 1.3. Evaluarea numărului de cazuri mortale, provocate de diverse surse de energie la un gigawatt al acesteia

Tipul de combustibil sau energie	Forma finală a energiei *	Numărul de victime la un GW		
		profesionale	populație	total
Metanol, produse biologice	m	110	0	110
Energia eoliană	e	20 - 30	2 - 40	22 - 70
Energia solară, fotoelectrică	e	16 - 21	1 - 40	17 - 61
Cărbunii	e	2 - 10	3 - 150	5 - 160
Solară, termică	e	7 - 10	1 - 40	8 - 50
Petrolul	e	0,2 - 2	1,4 - 140	1,6 - 142
Solară (încălzire)	t	9 - 10	0,4	9 - 10
Hidroelectrostații	e	2 - 4	1 - 2	3 - 6
Oceanul, termică	e	2 - 3	0,1	2 - 3
Atomică	e	0,2 - 1,3	0,04 - 0,24	0,25 - 1,5
Gazul natural	e	0,1 - 0,4	0	0,1 - 0,4
* Forma finală a energiei: e – electrică; m - mecanică; t – termică.				

1.8. Cuantificarea pericolelor

Cuantificarea (lat. *quantum* – cât, în ce măsură) – exprimarea cantitativă, măsurarea, inclusă pentru evaluarea noțiunilor complicate, calitativ determinate.

Pericolele sunt caracterizate de potențial, calitate, durata existenței sau influenței asupra omului, probabilitatea apariției, dimensiunile zonei de acțiune.

Potențialul se manifestă din punct de vedere cantitativ, de exemplu, nivelul zgomotului, poluarea aerului cu praf, tensiunea curentului electric etc.

Calitatea oglindește particularitățile specifice care influențează asupra organismului uman, de exemplu, componentele frecvențelor zgomotului, dispersitatea prafului, genul curentului electric. Sunt folosite procedee numerice, sub formă de baluri și altele asemenea de cuantificare.

Măsură a pericolului poate fi și numărul de sinistrați (victime). Este cunoscut faptul, că la fiecare milion de tone de cărbune extras își pierde viața 2 oameni.

Altă măsură a pericolului poate fi paguba adusă de realizarea acestuia mediului ambiant, care poate fi doar parțial măsurat din punct de vedere economic (în principal, prin cheltuielile pentru lichidarea urmărilor).

Cea mai răspândită metodă de evaluare a pericolului este riscul. Problemei riscului este dedicat un compartiment aparte.

1.9. Identificarea pericolelor, cauzele și urmările acestora

Pericolele poartă un caracter potențial, adică mascat (ascuns). Prin identificare se înțelege procesul de depistare și stabilire a caracteristicilor cantitative, de durată, spațiale și de altă natură, necesare și suficiente pentru elaborarea măsurilor profilactice și operative, orientate spre asigurarea funcționării normale a S.T. și a calității vieții.

În procesul identificării sunt dezvoltate nomenclatura pericolelor, probabilitatea apariției lor, localizarea spațială (coordonatele), paguba posibilă și alți parametri, necesari pentru soluționarea problemei concrete.

Metodele de depistare a pericolelor se împart în:

- *ingerice* – determină pericolele care au natură probabilă de apariție;

- *de expertiză* – metoda este orientată spre cercetarea (căutarea) refuzurilor și a cauzelor acestora. În acest caz se creează un grup special de experți, în componența căruia se includ specialiști din diferite domenii, care formulează concluzia (raportul de expertiză);

- *metoda sociologică* – se utilizează la determinarea pericolelor prin studierea părerii populației (grupe sociale) formată pe calea chestionării;

- *metoda înregistrării* – constă în folosirea informației privind calcularea numărului evenimentelor concrete, a consumului de anumite resurse, numărul de victime umane etc.;

- *organoleptică* – este folosită informația căpătată cu ajutorul organelor de simț ale omului (văzul, auzul, mirosul, gustul, pipăitul etc.). Exemple de utilizare curentă – controlul vizual exterior al mijloacelor tehnice, articolelor, determinarea la auz (conform monotoniei sunetului) a bunei funcționalități a motorului etc.

Condițiile la care se realizează pericolele potențiale sunt numite cauze. Acestea caracterizează totalitatea circumstanțelor datorită cărora pericolele se manifestă și provoacă anumite evenimente nedorite – urmările. Formele urmărilor nedorite sunt diverse: traume, pagubă materială, prejudiciu mediului înconjurător ș.a. „Pericolul – cauza – urmările nedorite” este procesul logic al dezvoltării care transformă pericolul potențial într-o urmare nedorită reală. De regulă, acest proces este condiționat de mai multe cauze (este multicausal).

1.10. Indicii de securitate ai S.T.

Indicii de securitate determină capacitatea S.T. de a condiționa (asigura), în timpul exploatării, securitatea personalului de deservire și a populației.

La grupul indicilor de securitate urmează a fi atribuiți următorii indici: probabilitatea lucrului nepericulos al omului în condiții concrete și o anumită durată de timp; durata de timp până la acționarea dispozitivelor de blocare și protecție; rezistența electrică a liniilor de transmisie ș.a.

Necătând la faptul că securitatea este examinată ca una din proprietățile fiabilității (siguranței), aceasta nu se înscrie în limitele siguranței, deoarece insuficiența (imperfecțiunea) securității se poate manifesta și în condiții normale de lucru a obiectivului. Drept exemplu poate servi funcționarea termoelectrocentralelor în baza combustibililor organice (cărbune, șist, păcură) cu regim normal de lucru, însă cu emisii nocive în atmosferă de produse ale arderii în cantități care depășesc limitele admise din cauza necorespunderii calității combustibilului regimului de ardere. Acest caz poate fi examinat, de asemenea, ca un refuz al sistemului, la care urmează să fie schimbate regimurile de ardere sau regimurile de lucru ale filtrelor și ale instalațiilor de captare.

Indicii fiabilității (siguranței). La indicii fiabilității se referă indicii funcționalității, longevității, posibilității de reparație și de conservare (aceștia sunt studiați de teoria fiabilității).

Indicii ergonomici. Acești indici determină sistemul interacțiunii „omul - mașina” și caracterizează complexul calităților igienice, antropometrice, fiziologice și psihologice, care se manifestă în procesele interacțiunii sistemului „omul - mașina” (sunt studiați de ergonomie și psihologia inginerică).

Indicii igienici. Sunt utilizați la stabilirea corespunderii sistemului condițiilor de vitalitate și capacității de muncă a omului la interacțiunea acestuia cu S.T. (iluminatul, temperatura, umiditatea, câmpurile electrice și magnetice, poluarea cu praf, radiațiile, toxicitatea, zgomotul, vibrațiile, suprasolicitățile etc.).

Indicii fiziologici și psihofiziologici. Sunt utilizați la stabilirea corespunderii S.T. calităților fiziologice ale omului și particularităților de funcționare ale organelor de simț ale acestuia.

Acești indici caracterizează corespunderea (S.T.) posibilităților omului de a recepționa și a prelucra informația, corespunderea S.T. deprinderilor formate și proaspăt câpătate.

Indicii ecologici. Aceștia determină nivelul acțiunilor nocive asupra mediului înconjurător la exploatarea, producerea, consumarea și transportarea producției.

La aceștia urmează să fie atribuiți: conținutul de componente nocive, emisie în mediul înconjurător; probabilitatea emisiilor de componente nocive (gaze, lichide, radiații etc.).

Indicii economici. Caracterizează volumul cheltuielilor pentru asigurarea nivelului admisibil de securitate.

2. Principiile fundamentale ale teoriei riscului

2.1. Noțiunea de risc

Specialiștii din diverse ramuri industriale, în rapoartele și comunicările lor, permanent operează nu doar cu noțiunea de „pericol” dar și cu un asemenea termen cum este „riscul”.

În publicațiile științifice este întâlnită o varietate de interpretări ale termenului „risc” în care uneori sunt incluse conținuturi cu totul deosebite. De exemplu, riscul în terminologia asigurării este utilizat pentru evidențierea obiectivului asigurat (întreprindere industrială sau firmă), a cazului asigurat (inundație, incendiu, explozie etc.), sumei de asigurare (pericolul exprimat în bani) sau ca un termen general pentru marcarea unor evenimente nedeterminate sau nedorite. Economiiștii și statisticienii, care se confruntă cu aceste probleme, înțeleg riscul ca măsură a posibilelor urmări care se vor manifesta într-un anumit moment în viitor. În dicționarul psihologic riscul este interpretat ca o acțiune orientată spre un scop atractiv, atingerea căruia are tangență cu elemente de pericol, pierdere, insucces sau ca o caracteristică situativă a activității care are un final nedeterminat și posibile urmări nefavorabile în caz de insucces, ori ca măsură a nereușitei în caz de insucces în activitate, determinat de combinația probabilității și valorii urmărilor nefavorabile ale evenimentului dat. Un șir de interpretări dezvăluie riscul ca probabilitate a producerii accidentului, pericolului, avariei sau catastrofei la anumite condiții (stări) a activității de producție sau a mediului ambiant al omului. Definițiile prezentate accentuează atât importanța acțiunii active a subiectului, cât și calitățile obiective ale mediului ambiant.

General în toate noțiunile menționate este faptul, că riscul include incertitudinea (neîncrederea), se va produce oare evenimentul nedorit și va apărea oare o situație nefavorabilă. De menționat că, în conformitate cu opiniile contemporane (actuale), riscul, de regulă, este interpretat ca măsură (mărimea) a probabilității producerii fenomenelor tehnogene sau naturale,

însoțite de apariția, formarea și acțiunea pericolelor și provocarea, în aceste cazuri, a pagubelor și prejudiciilor sociale, economice, ecologice sau de altă natură.

Prin noțiunea de „risc” trebuie să înțelegem frecvența sau probabilitatea așteptată a producerii pericolelor unei anumite clase sau dimensiunea pagubei posibile (pierderi, prejudiciu) provocată de evenimentul nedorit, sau o anumită combinație a acestor mărimi.

Folosirea noțiunii de risc, în așa mod, permite a trece pericolul în grupa categoriilor măsurate. Riscul, de facto, este măsura pericolului. Foarte frecvent este folosită noțiunea „nivelul riscului” (Level of risk), care în realitate nu se deosebește de noțiunea „risc”, atât doar că accentuează că se vorbește despre o mărime măsurată.

Toate interpretările menționate ale termenului „risc” sunt folosite, în prezent, la analiza pericolelor și dirijarea cu securitatea (riscul) proceselor tehnologice și a activității de producție în integritate.

Înțelegerea exactă a termenului „risc” va deveni clară după studierea integră a conținutului acestui compartiment.

Apariția situațiilor periculoase și excepționale este rezultatul unei anumite totalități de factori de risc, provocați de anumite surse. Referitor la problema securității vitalității un astfel de eveniment poate fi înrăutățirea sănătății sau decesul omului, avaria sau catastrofa S.T. sau a dispozitivului, poluarea sau distrugerea sistemului ecologic, moartea unui grup de oameni sau sporirea mortalității populației, paguba materială de la declanșarea pericolelor sau sporirea cheltuielilor pentru asigurarea securității.

Fiecare eveniment nedorit se poate produce față de o anumită victimă – obiectul riscului. Corelația obiectelor riscului și a evenimentelor nedorite permit a deosebi următoarele tipuri de risc: individual, tehnic, ecologic, social și economic. Fiecare dintre aceste tipuri este condiționat de anumite surse și factori de risc, clasificarea și caracteristica cărora este prezentată în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. Clasificarea și caracteristica tipurilor de risc

Tipul riscului	Obiectul riscului	Sursa de risc	Evenimentul nedorit
Individual	Omul	Condițiile de activitate vitală ale omului	Îmbolnăvire, traumă, invaliditate, deces
Tehnic	S.T. și obiectivele	Imperfecțiunea tehnică, încălcarea regulilor de exploatare a S.T. și a obiectivelor	Avarie, explozie, catastrofă, incendiu, distrugere
Ecologic	Sistemele ecologice	Intervenția antropogenă în mediul natural, situațiile excepționale tehnogene	Catastrofe ecologice antropogene, calamități naturale
Social	Grupe sociale	Situație excepțională, reducerea calității vieții	Traume în grup, îmbolnăviri, moartea oamenilor, sporirea mortalității
Economic	Resursele materiale	Pericolul sporit al industriei sau a mediului nativ	Majorarea cheltuielilor pentru securitate, pagubă din cauza protecției insuficiente

Riscul individual - este condiționat de probabilitatea realizării pericolelor potențiale la apariția (declanșarea) situațiilor periculoase. Acesta poate fi determinat conform numărului de factori de risc care s-au realizat:

$$R_I = \frac{P(t)}{L(f)},$$

unde:

R_I – riscul individual;

P – numărul de sinistrați (morți) într-o unitate de timp (t) de la un anumit factor de risc (f);

L – numărul de oameni, expuși acțiunii factorului corespunzător de risc (f) într-o unitate de timp (t).

Sursele și factorii de risc individual sunt prezentate în tabelul 2.2.

Tabelul 2.2. Sursele și factorii de risc individual

Sursa de risc individual	Cel mai răspândit factor al riscului mortal
Mediul interior al organismului uman	Genetic-ereditar, bolile psihosomatice, îmbătrânirea
Victimitatea	Totalitatea calităților personale ale omului ca victimă a pericolelor potențiale
Deprinderile	Fumatul, consumul de alcool, de stupefiante, alimentarea irațională
Ecologia socială	Aerul, apa, produsele alimentare necalitative; infecțiile virale, traumele în afara muncii, incendiile
Activitatea profesională	Factorii periculoși și nocivi de producție
Comunicațiile de transport	Avarii și catastrofe ale mijloacelor de transport, ciocnirea acestora cu oamenii
Activitatea neprofesională	Pericole condiționate de sportul de amatori, turism, alte ocupații
Mediul social	Conflict armat, crimă, suicid, omor
Mediul ambiant natural	Cutremur, erupție vulcanică, inundație, alunecare de teren, uragan și alte calamități

Riscul individual poate fi benevol, dacă el este condiționat de activitatea benevolă a omului, și forțat, dacă omul este expus riscului în componența unei părți a societății (de exemplu, traiul în regiuni nefavorabile din punct de vedere ecologic, în apropierea surselor de pericol sporit).

Riscul tehnic – indice complex al fiabilității elementelor tehnosferei. Acesta exprimă probabilitatea avariei sau catastrofei la exploatarea mașinilor, mecanismelor, realizarea proceselor tehnologice, construcția și exploatarea clădirilor și edificiilor:

$$R_T = \frac{\Delta T(f)}{T(f)},$$

unde: R_T – riscul tehnic;

ΔT – numărul de avarii într-o unitate de timp (t) la S.T. și obiectivele identice;

T – numărul de S.T. și obiective expuse influenței factorului general de risc (f).

Sursele principale și factorii riscului tehnic sunt prezentate în tabelul 2.3.

Tabelul 2.3. Sursele și factorii riscului tehnic

Sursa riscului tehnic	Cei mai răspândiți factori ai riscului tehnic
Nivelul redus al lucrărilor de cercetare științifică	Alegerea incorectă a direcțiilor de dezvoltare tehnică și a tehnologiilor conform criteriilor de securitate.
Nivelul redus al lucrărilor de construire - experimentare	Alegerea schemelor constructive și a principiilor de funcționare (a S.T.) potențial periculoase. Erori la determinarea sarcinilor de exploatare. Alegerea incorectă a materialelor constructive. Rezervă insuficientă de rezistență. Lipsa în sistemul de proiecte a mijloacelor tehnice de securitate.

(continuarea tab. 2.3)

Producerea experimentală a mijloacelor tehnice noi	Finisarea necalitativă a construcțiilor, tehnologiilor, documentației tehnice conform criteriilor de securitate.
Fabricarea în serie a mijloacelor tehnice periculoase	Abaterea de la compoziția chimică stabilită a materialelor constructive. Exactitatea insuficientă a dimensiunilor constructive. Încălcarea regimurilor de prelucrare termică și chimico-termică a detaliilor. Încălcarea regulamentelor de asamblare și montare a construcțiilor și a mașinilor.
Încălcarea regulilor de securitate la exploatarea S.T.	Folosirea mijloacelor tehnice în alte scoruri (nu celui destinat). Încălcarea regimurilor de exploatare prevăzute de pașaportul tehnic (proiect). Încălcarea termenelor de revizie și reparație profilactică. Încălcarea cerințelor de transportare și păstrare.
Erori ale personalului	Deprinderi slabe (proaste) de acțiune în situație complicată. Incapacitate de a aprecia informația privind starea procesului. Cunoașterea slabă a esenței procesului care se desfășoară. Lipsa autocontrolului în condiții de stres. Indisciplină.

Riscul ecologic – exprimă probabilitatea dezastrului ecologic, catastrofei, dereglării funcționării normale și a existenței sistemelor și a obiectelor ecologice în rezultatul intervenției antropogene în mediul natural sau a calamității. Evenimentele nedorite ale riscului ecologic se pot manifesta atât, nemijlocit, în zonele intervențiilor, cât și în afara limitelor acestora:

$$R_o = \frac{\Delta O(t)}{O},$$

unde: R_o – riscul ecologic;

ΔO – numărul dezastrelor și a catastrofelor ecologice într-o unitate de timp (t);

O – numărul surselor potențiale de distrugeri ecologice pe teritoriul examinat.

Amploarea riscului ecologic R_o^a este apreciată prin relația exprimată în procente a suprafeței totale a teritoriilor de criză ecologică și catastrofale ΔS față de suprafața totală a biogeocenozei examinate S :

$$R_o^a = \frac{\Delta S}{S}.$$

Sursele principale și factorii de risc ecologic sunt prezentate în tabelul 2.4.

Tabelul 2.4. Sursele și factorii riscului ecologic

Sursa de risc ecologic	Cel mai răspândit factor al riscului ecologic
Intervenția antropogenă în mediul natural	Distrugerea landșafturilor la extragerea minereurilor; crearea bazinelor acvatice artificiale; ameliorarea intensivă; distrugerea masivelor de pădure (defrișarea).
Influența tehnogenă asupra mediului ambiant	Poluarea bazinelor acvatice, a aerului atmosferic cu substanțe nocive, a solului cu deșeuri industriale; schimbarea componenței gazoase a aerului; poluarea energetică a biosferei.
Fenomen natural	Cutremur, erupție vulcanică, inundație, uragan, incendiu de landșaft, secetă etc.

Riscul social – caracterizează amploarea și gravitatea urmărilor negative ale situațiilor excepționale, precum și a diferitor fenomene și modificări care diminuează calitatea vieții oamenilor.

În esență acesta este un risc pentru o grupă sau o comunitate de oameni. Acesta poate fi evaluat, de exemplu, conform dinamicii mortalității, calculată la 1000 de oameni din comunitatea respectivă.

$$R_s = \frac{1000 \cdot (C_2 - C_1)}{L} \cdot (t)$$

unde: R_s – riscul social;

C_1 – numărul persoanelor decedate într-o unitate de timp t (mortalitatea) în grupa supusă cercetării la începutul perioadei de observare, de exemplu, până la apariția situației excepționale (S.E.);

C_2 – mortalitatea în aceeași grupă de oameni la sfârșitul perioadei de observare, de exemplu, la etapa domolirii S.E.;

L – numărul total de persoane în grupa cercetată.

Sursele și factorii cei mai frecvenți ai riscului social sunt prezentate în tabelul 2.5.

Tabelul 2.5. Sursele și factorii riscului social

Sursa de risc social	Factorii cei mai frecvenți ai riscului social
Urbanizarea teritoriilor instabile din punct de vedere ecologic	Așezarea cu traiul a oamenilor în zonele posibilei inundații, formării de alunecări de teren, torentelor de noroi, incendiilor de landșaft, erupțiilor vulcanice, seismicității sporite.
Tehnologii industriale și obiective cu pericol sporit	Avarii la stațiile atomoelectrice, termice, combinatele chimice, conductele magistrale de substanțe periculoase etc. Catastrofe de transport. Poluarea tehnogenă a mediului ambiant.
Conflicte sociale și militare	Acțiuni de luptă înarmată. Folosirea armelor de distrugere în masă.
Diminuarea calității condițiilor de viață	Șomajul, foametea, sărăcia. Înrautățirea servirii medicale. Calitatea proastă a produselor alimentare. Condiții de trai nesatisfăcătoare.

Riscul economic este determinat de relația profitului și prejudiciului pe care le are societatea în rezultatul unei anumite activități:

$$R_E = (Pr / P) * 100,$$

unde: R_E – riscul economic;

Pr – prejudiciul cauzat societății de tipul de activitate cercetat (examinat);

P – profitul de la aceeași formă de activitate.

În mod general:

$$Pr = C_s + D,$$

unde: C_s – cheltuielile pentru asigurarea nivelului corespunzător de securitate;

D – dauna condiționată de insuficiența protecției omului și a mediului său de trai de pericole.

Profitul curat, adică suma tuturor beneficiilor (exprimată în bani), câpătat de societate în rezultatul activității examinate:

$$P = V - C_s - D - C_p > 0$$

unde: V – venitul total, câpătat de la tipul de activitate examinat;

C_p - cheltuielile de producție (principale).

Formula securității activității vitale argumentată din punct de vedere economic are forma:

$$D < V - (C_p + C_s).$$

În condițiile activității gospodărești este necesară căutarea relației optimale a cheltuielilor pentru securitate și dauna posibilă din cauza protecției insuficiente. Această relație poate fi găsită dacă ne propunem o anumită valoare reală a nivelului de securitate industrială acceptabilă (care poate fi realizată) K_s . Această problemă se rezolvă prin metoda optimizării.

Utilizarea tipurilor studiate de risc permite căutarea soluțiilor optimale de asigurare a securității atât la nivel de întreprindere, cât și la nivel ramural și de infrastructură.

Riscul acceptabil include în sine aspectele tehnice, ecologice, sociale și prezintă un anumit compromis între nivelul acceptat de securitate și posibilitățile economice de realizare ale acestuia, adică se poate vorbi despre diminuarea riscului individual, tehnic sau ecologic, însă nu trebuie să uităm despre aceea, cât va trebui să plătim pentru acesta și care va fi, în final, riscul social.

2.2. Dezvoltarea riscului la obiectivele industriale

Asupra procesului de apariție și dezvoltare a riscului influențează o diversitate de factori și condiții, caracteristice sistemului industrial (fig. 2.1).

Analiza acestei scheme permite a evidenția un șir întreg de cauze primare ale riscului: refuzuri în funcționarea blocurilor și a utilajului din cauza deficiențelor constructive, executarea tehnică necalitativă sau încălcarea regulilor de deservire tehnică; abateri de la condițiile normale de exploatare; erori ale personalului; acțiuni exterioare etc. Ca urmare a posibilității apariției cauzelor indicate, obiectivele industriale periculoase se află permanent într-o stare instabilă care, față de securitatea activității de producție, devine critică la apariția situațiilor de avarie la obiective.

Riscul apare în cazul următoarelor condiții necesare și suficiente:

- existența factorului de risc (sursei de pericol);
- prezența factorului dat de risc într-o anumită doză, periculoasă (sau nocivă) pentru obiectivele expuse acțiunii;
- predispoziția (sensibilitatea) obiectivelor expuse față de factorii periculoși.

Între avariile care se produc în diverse domenii poate fi observată o asemănare evidentă. De regulă, avariei îi precedează o etapă de acumulare a defectelor în utilaje sau abaterea de la regimul normal al proceselor. Această etapă poate avea o durată de minute, zile și chiar ani. Defectele sau abaterile propriu zise încă nu conduc la avarie, însă pregătesc terenul pentru declanșarea acesteia. Operatorii, de regulă, nu observă această fază din cauza neatenției

față de cerințele regulamentului tehnologic sau din lipsa de informație despre funcționarea obiectivului, astfel la ei nu apare simțul pericolului.

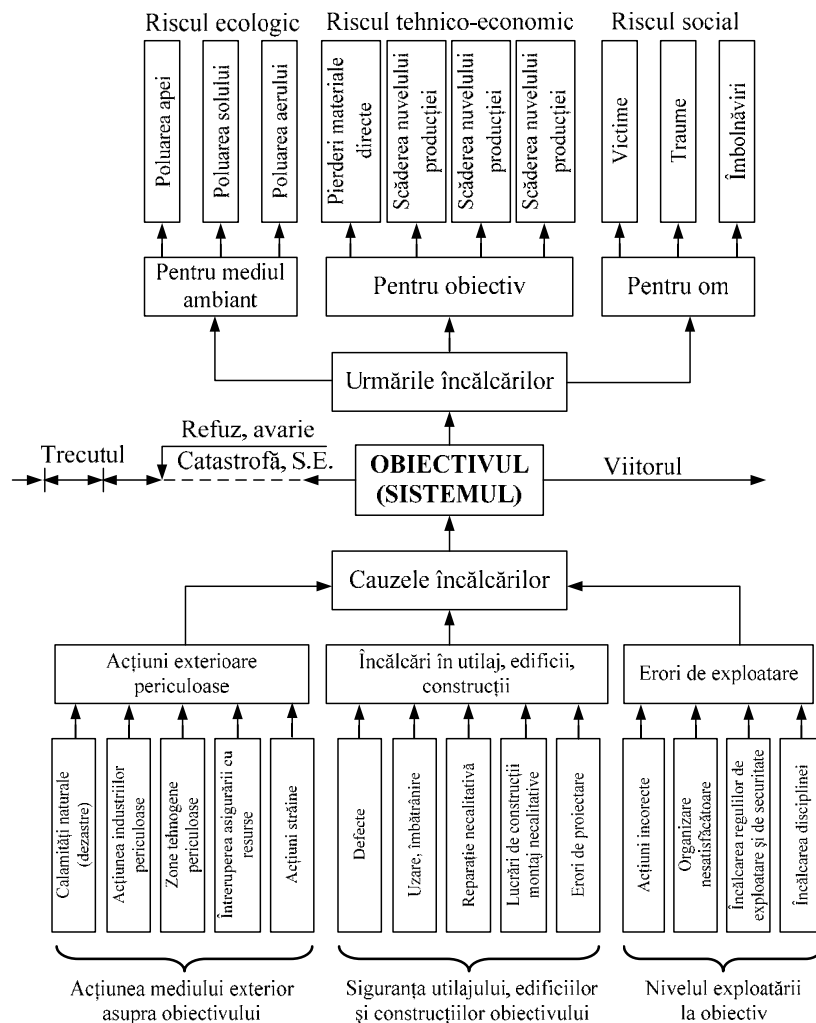


Fig. 2.1. Modelul funcțional al dezvoltării riscului

În faza următoare se produce un eveniment, rar și neașteptat, care schimbă radical situația. Operatorii încearcă să restabilească mersul

normal al procesului tehnologic, însă, neavând o informație completă, adesea doar grăbesc dezvoltarea incidentului. În final, la ultima etapă încă un fenomen neașteptat – uneori cu totul neînsemnat – joacă rolul de impuls, după care S.T. refuză să se supună voinței oamenilor și se produce catastrofa.

Riscul este un fenomen inevitabil, un factor însoțitor (concomitent) al activității de producție. Riscul este obiectiv, pentru el sunt caracteristice surprinderea, declanșarea neașteptată, fapt care presupune prognozarea riscului, analiza acestuia, evaluarea și dirijarea – un șir de acțiuni pentru a nu admite factorii de risc sau pentru a diminua acțiunea acestora.

2.3. Bazele metodologiei analizei și dirijării manifestărilor riscului

2.3.1. Analiza riscului: noțiunea și locul în asigurarea securității S.T.

La elaborarea problemelor riscului și asigurării securității S.T. cea mai mare atenție se acordă concepției sistemice față de luarea în considerație și studierea varietății de factori care influențează asupra indicilor riscului – procedură numită – analiza riscului.

Analiza riscului (risk analysis), - proces de identificare a pericolelor și evaluare a riscului pentru anumite persoane, grupe de populație, obiecte, mediu ambiant nativ și alte obiective examinate.

Amintim, că prin pericol se înțelege o sursă de pagubă sau prejudiciu potențial, sau o situație cu posibilitate de provocare a daunei, iar prin identificarea pericolului există și determinarea caracteristicilor acestuia.

Există multe formulări ale noțiunii „analiza riscului”, însă în mod general prin aceasta se subînțelege procesul de dezvăluire al pericolului și evaluarea posibilelor urmări negative în rezultatul apariției unor perturbări în funcționarea sistemelor tehnologice concrete și prezentarea acestor urmări în indici cantitativi.

În SUA în locul termenului „analiza riscului” este folosit termenul „analiza pericolului” (process hazard analysis), care are, practic, aceeași esență.

Analiza riscului, în mare măsură, este un proces subiectiv pe parcursul căruia se iau în considerație nu doar indicii cantitativi, dar și indicii care nu pot fi formalizați, așa ca: poziția și părerea diferitor grupări sociale, posibilitatea soluțiilor de compromis, aprecierile de expertiză etc.

Diversitatea activităților industriale, specificul întreprinderilor, apartenența acestora la cele mai diverse domenii reflectă aspectul multifactorial al problemei legate de analiza riscului.

Particularitatea analizei riscului constă în aceea, că în acest proces de analiză se examinează potențialele urmări negative care pot să apară în rezultatul refuzului funcționării S.T., dereglării regimurilor în procesele tehnologice sau a erorilor din partea personalului de deservire. Evident, că pot fi examinate și acțiunile negative asupra oamenilor și a mediului ambiant nativ în cazul funcționării în regim normal a întreprinderilor (din contul emisiilor sau scurgerilor de substanțe nocive sau periculoase, deversărilor nepurificate etc.).

Rezultatele analizei riscului au o importanță esențială pentru luarea unor hotărâri raționale și argumentate la stabilirea locului de amplasare și la proiectarea obiectivelor industriale, la transportarea și păstrarea substanțelor și materialelor periculoase.

Analiza riscului are un șir de principii generale, indiferent de metodica concretă a analizei și specificul problemelor soluționate. În primul rând – generală este problema stabilirii nivelului admisibil al riscului, standardelor de securitate pentru personalul de deservire, populație și protecția mediului ambiant nativ. În al doilea rând – determinarea (stabilirea) nivelului admisibil al riscului are loc, de regulă, în condițiile insuficienței de informație sau a informației necontrolate, îndeosebi, când aceasta se referă la procesele tehnologice noi sau la noile mijloace tehnice. În al treilea rând – în procesul analizei într-o măsură considerabilă se soluționează

probleme din teoria probabilității, fapt ce poate conduce la divergențe considerabile în rezultatele căpătate. În al patrulea rând – analiza riscului trebuie examinată ca un proces de soluționare a problemelor cu multe criterii, care pot apărea ca un compromis între părțile cointerestate în anumite rezultate ale analizei riscului.

Analiza riscului poate fi definită ca proces al soluționării unei probleme complicate care necesită studierea unui cerc larg de chestiuni și efectuarea unei cercetări complexe și evaluări de factori tehnici, economici, sociali, administrativi și chiar politici.

Analiza riscului trebuie să dea răspuns la trei întrebări fundamentale:

1. Ce rău se poate întâmpla? (Identificarea pericolelor).
2. Cât de frecvent acest lucru se poate întâmpla? (Analiza frecvenței).
3. Care pot fi urmările? (Analiza urmărilor).

Elementul de bază al analizei riscului este identificarea pericolului (depistarea posibilelor dereglări), care pot conduce la urmări negative. Exprimat în mod general, procesul de analiză a riscului poate fi prezentat ca un șir de evenimente succesive:

1. Planificarea și organizarea lucrărilor.
2. Identificarea pericolelor.
 - 2.1. Depistarea pericolelor.
 - 2.2. Aprecierea prealabilă a caracteristicilor pericolelor.
3. Evaluarea riscului.
 - 3.1. Analiza frecvenței.
 - 3.2. Analiza urmărilor.
 - 3.3. Analiza factorilor nedeterminați.
4. Elaborarea recomandărilor de dirijare cu riscul.

Primul lucru cu care începe orice analiză a riscului este planificarea și organizarea lucrărilor. Analiza riscului se efectuează în conformitate cu cerințele actelor normativ-juridice cu scopul de a asigura intrarea în procesul de dirijare a riscului, însă stabilirea mai exactă a problemelor, a mijloacelor și a metodelor de analiză a riscului, de regulă, nu se reglementează. În actele normative se stipulează că analiza pericolului trebuie să corespundă complexității

proceselor studiate, prezenței datelor necesare și calificării specialiștilor care efectuează analiza. Prioritate se va acorda metodelor simple și clare de analiză față de cele complicate, neclare și metodic neasigurate. De aceea la etapa inițială este necesar:

- a indica cauzele și problemele care au creat necesitatea efectuării risc-analizei;
- a stabili sistemul analizat și a prezenta descrierea acestuia;
- a selecta echipa corespunzătoare pentru efectuarea analizei;
- a determina sursele de informare referitor la securitatea sistemului;
- a indica datele inițiale și restricțiile ce condiționează limitele risc-analizei;
- a determina precis scopul risc-analizei și criteriile riscului acceptat.

În toate actele normative se conține cerința de perfectare documentară a acestei etape de analiză a riscului.

Etapa următoare a analizei riscului este identificarea pericolelor. Problema principală – dezvăluirea (în baza informației despre obiectivul concret, a rezultatelor expertizei și a experienței de funcționare a sistemelor similare) și descrierea clară a tuturor pericolelor caracteristice sistemului. Este o etapă destul de responsabilă a analizei, deoarece pericolele care nu vor fi dezvăluite la această etapă nu vor fi supuse ulterior cercetării și vor dispărea din câmpul de vedere.

Există un șir întreg de metode formale de dezvăluire a pericolelor, la care, destul de succint, ne vom referi în continuare. Aici se prezintă doar evaluarea prealabilă a pericolelor cu scopul alegerii direcției activității ulterioare:

- a întrerupe procesul de analiză, deoarece pericolele sunt neesențiale;
- a efectua o analiză a riscului mai detaliată (minuțioasă);
- a elabora recomandări pentru diminuarea pericolelor.

Datele inițiale și rezultatele evaluării prealabile a riscurilor, de asemenea, se documentează în modul corespunzător. În

principiu, procesul de analiză a riscului (risc-analiza) poate finaliza chiar și la etapa de identificare a pericolelor.

În caz de necesitate, după identificarea pericolelor se trece la etapa de evaluare a riscului.

În final, ultima etapa a analizei riscului S.T. este elaborarea recomandărilor referitor la diminuarea nivelului riscului (dirijarea riscului) atunci, când gradul riscului depășește nivelul acceptat.

Multitudinea rezultatelor analizei și posibilitatea soluțiilor de compromis ne permit a considera, că analiza riscului nu este un proces stric științific ce poate fi controlat prin metode obiective științifice.

2.3.2. Evaluarea riscului: noțiunea și locul în asigurarea securității S.T.

Evaluarea riscului – proces folosit pentru determinarea valorii (măsurii) riscului pericolului analizat pentru sănătatea omului, bunurile materiale, mediul ambiant nativ și alte situații legate de realizarea pericolului. Evaluarea riscului este o parte obligatorie a analizei acestuia și include analiza frecvenței, analiza urmărilor și a combinațiilor acestora.

Evaluarea riscului este o etapă la care pericolele identificate trebuie să fie apreciate în baza criteriilor riscului acceptat cu scopul evidențierii pericolului care are un nivel neacceptat de risc. Acest pas va servi ulterior pentru elaborarea recomandărilor și măsurilor de diminuare a pericolelor. În asemenea caz și criteriile riscului acceptat, și rezultatele evaluării riscului pot fi exprimate atât cantitativ, cât și calitativ.

Conform definiției, evaluarea riscului include în sine analiza frecvenței și analiza urmărilor. Totuși, atunci când urmările sunt neesențiale, iar frecvența extrem de mică, este suficient să se aprecieze doar un singur parametru. Există patru modalități diferite de evaluare a riscului:

- inginerică – se bazează pe statistica defectărilor și avariilor, pe analiza probabilă a securității (A.P.S.), construirea și calcularea așa-numiților „arbori ai evenimentelor” și „arbori ai

refuzurilor”. Cu ajutorul primilor se precizează (prognozează) în ce se poate dezvolta unul sau altul din refuzurile S.T., iar arborele refuzurilor, invers, ne ajută să urmărim toate cauzele care sunt capabile să provoace un anumit fenomen nedorit. Când arborii sunt construiți, se calculează probabilitatea realizării fiecărui scenariu (fiecărei ramuri), mai apoi – probabilitatea generală a avariei la obiectiv.

- sub formă de modul – se construiesc modelele de acțiune a factorilor nocivi și ai mediului ambiant asupra omului. Aceste modele pot să descrie atât urmările funcționării obișnuite a întreprinderilor, cât și paguba provocată de avariile produse la acestea.

Primele două modalități sunt bazate pe calcule, însă pentru asemenea calcule nu totdeauna, spre regret, sunt suficiente date inițiale temeinice. În asemenea caz este acceptabilă modalitatea a treia – de expertiză: probabilitățile diferitor evenimente, legătura între ele și urmările avariilor se determină nu prin calcule, ci prin chestionarea experților cu o bogată experiență în domeniu.

Modalitatea a patra – sociologică, este bazată pe studierea atitudinii populației față de diverse riscuri, de exemplu cu ajutorul unor sondaje sociologice.

Faptul, că pentru determinarea riscului sunt folosite patru, atât de diferite, metode nu trebuie să ne mire. În diferite probleme (situații) prin risc urmează a înțelege ba probabilitatea unei anumite avarii, ba amploarea pagubei provocată de aceasta, ba poate chiar și combinația acestor două valori. Descriind riscul, trebuie luat în considerație și beneficiul (profitul) pe care îl va avea societatea, mergând la un asemenea risc (riscul inutil /fără rost/ este inadmisibil, chiar dacă este extrem de mic). Cu alte cuvinte, valoarea riscului nu este o oarecare cifră, ci mai degrabă un vector care este constituit din câteva componente. Și de aceea noi avem a ne confrunta cu așa-numita „Selecție pluricriterială”, procedura căreia este descrisă de teoria adoptării soluțiilor.

Există multe nedeterminante, legate de evaluarea riscului. Analiza nedeterminantelor este partea componentă, absolut

necesară, a evaluării riscului. De regulă, sursele principale ale nedeterminantelor sunt informația referitoare la fiabilitatea (siguranța) utilajului și la erorile umane, precum și supozițiile (presupunerile) modelelor utilizate ale procesului accidentogen (de avarie). Pentru a interpreta corect valorile trebuie cunoscute nedeterminantele și cauzele acestora. Analiza nedeterminantei prezintă prin sine transformarea nedeterminantei parametrilor și a presupunerilor inițiale, folosite la evaluarea riscului, în nedeterminanta rezultatelor.

Este important de menționat că, calculele complicate și costisitoare nu totdeauna conduc la determinarea unei valori exacte a riscului. Experiența altor țări demonstrează, că cel mai mare volum de recomandări referitoare la asigurarea securității se elaborează la utilizarea metodelor calitative (din șirul celor inginerice) de analiză a riscului, care permit atingerea scopurilor principale ale risc-analizei cu cheltuieli mai reduse, folosind un volum mai mic de informație.

Totuși, metodele cantitative de evaluare a riscului sunt foarte utile, în toate cazurile, iar în unele situații – doar acestea fiind admise, în special, pentru compararea pericolelor de diversă natură sau la efectuarea expertizei S.T. extrem de periculoase, complicate și costisitoare.

2.3.3. Managementul riscului: noțiunea și locul în asigurarea securității S.T.

În cercetările referitoare la problema riscului a apărut o direcție separată a lucrărilor (publicațiilor) sub o denumire generală „Managementul riscului”.

Managementul riscului (risk management) este o parte a unei abordări sistemice față de adoptarea soluțiilor, procedurilor și măsurilor practice în rezolvarea problemelor legate de prevenirea sau reducerea pericolului avariilor industriale pentru viața omului, îmbolnăviri sau traume, pagubă pentru bunurile materiale și mediul ambiant.

Prin termenul „*managementul riscului*” se înțelege ansamblul de măsuri, orientate spre diminuarea nivelului riscului tehnic, micșorarea pierderilor posibile materiale și a altor urmări negative ale avariei. În realitate se vorbește despre prevenirea apariției situațiilor de avarie în activitatea de producție și măsurile de localizare a urmărilor negative în acele cazuri când avariile au avut loc.

Particularitatea acestei direcții este complexitatea, care include în sine diverse aspecte – tehnice, administrativ-organizatorice, social-economice, medicale, biologice etc.

2.3.4. Comunitatea și deosebirea procedurilor de evaluare și management a riscului

Comun în evaluarea riscului și managementul acestuia este aceea, că acestea sunt două aspecte, două faze ale unui proces unic de adoptare a soluției, bazată pe caracteristica riscului. Această comunitate este condiționată de scopul principal al acestora – determinarea acțiunilor prioritare, orientate spre reducerea riscului până la minimum, în care scop este necesar a cunoaște atât sursele și factorii – (analiza riscului), precum și cele mai efective căi de diminuare a riscului (managementul lui).

Interacțiunea dintre evaluarea riscului și managementul acestuia este prezentată în fig. 2.2.

Deosebirea principală între aceste două noțiuni constă în aceea, că evaluarea riscului se bazează pe studierea fundamentală, științifico-naturală și inginerică a sursei (de exemplu, un obiectiv chimic) și a factorilor de risc (de exemplu, a substanțelor poluante cu luarea în considerație a particularităților tehnologiei concrete și a situației ecologice), precum și a mecanismului interacțiunii acestora.

Managementul riscului se bazează pe analiza economică și socială, precum și pe actele legislative, care nu sunt necesare și nici nu se folosesc în cazul evaluării riscului. Managementul riscului este preocupat de analiza alternativelor care diminuează riscul, adică este, în realitate, un caz particular din clasa problemelor polifactoriale de adoptare a soluției în condițiile nedeterminantei.

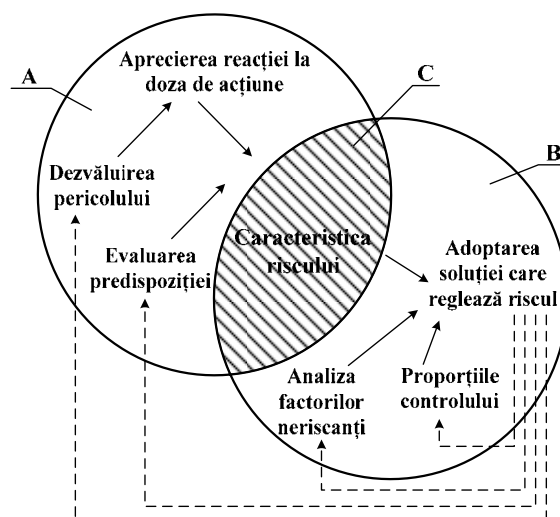


Fig. 2.2. Interacțiunea dintre evaluarea și managementul riscului:

A – domeniul evaluării riscului; B – domeniul managementului riscului; C – domeniul caracteristicii riscului.

Liniile continue – legăturile directe dintre elementele evaluării și managementului riscului; liniile întrerupte – legăturile inverse ale adoptării soluției cu alte elemente ale evaluării și managementului riscului.

Evaluarea riscului servește drept bază pentru cercetarea și elaborarea măsurilor de management a riscului în conformitate cu algoritmul acțiunilor (fig. 2.2).

Faza finală a procedurii de evaluare a riscului – caracteristicile riscului – este, în același timp, veriga primară a procedurii de management a riscului.

2.3.5. Indicii cantitativi ai riscului

Pentru managementul riscului acesta trebuie analizat și evaluat. Indicele cantitativ al riscului prezintă în sine valorile

numerice ale probabilității declanșării unui eveniment nedorit și/sau a rezultatelor urmărilor (pagubei) nedorite.

Cantitativ riscul poate fi determinat (definit) ca frecvența (dimensiunea – timpul invers) realizării pericolului.

Studierea datelor statistice permite a dezvălui frecvența apariției evenimentelor periculoase. Însă, seriozitatea (gravitatea) evenimentelor (chiar și în interiorul unei clase de avarii) se poate schimba considerabil de la un eveniment la altul, astfel apare necesitatea stabilirii categoriilor de evenimente (de exemplu, evenimente cu urmări grave, medii și ușoare) și a studierii frecvenței producerii fiecărei categorii de evenimente. Acest scop poate fi atins prin atribuirea fiecărei clase sau subclase a unui indice al riscului (numărul de evenimente într-o anumită perioadă de timp, împărțit la durata acestei perioade) care va avea dimensiunea timpului invers. Acest indice uneori este studiat ca măsura „probabilității” producerii evenimentului.

Trebuie, însă, menționat, că introducerea acestui indice nu este o probabilitate în sensul exact (matematic) al cuvântului.

Probabilitatea (evenimentul în schema finală a definiției clasice) se numește raportul capacității (puterii) mulțimii rezultatelor elementare care formează acest eveniment față de capacitatea întregii mulțimi de rezultate elementare posibile. Probabilitatea evenimentului este un număr real care se află în intervalul $0...1$. Astfel, la aruncarea zarului obișnuit, probabilitatea evenimentului „cifra 7” este egală cu zero, probabilitatea evenimentului „orice cifră între 1 și 6” este egală cu 1. Așadar, în cazul studiat, acele legături între evenimentele A și B, când doar la producerea A are loc evenimentul B, pot fi interpretate ca probabilitate.

Cantitativ riscul poate fi determinat ca probabilitatea P a apariției evenimentului B la declanșarea evenimentului A (mărime adimensională, cuprinsă în limitele $0...1$).

Deoarece realizarea pericolului este un fenomen întâmplător, riscul pericolului (în ce mod acesta nu s-ar determina – ca frecvență

sau ca probabilitate) este o caracteristică numerică a unei mărimi aleatoare, folosită pentru descrierea pericolului dat.

Urmarea Y sub forma unui eveniment nedorit sau a pagubei poate, în conformitate cu valoarea acesteia, să fie descrisă de parametrii săi specifici. Diapazonul, în acest caz, poate fi extrem de mare – de la valori economice și etice până la victime umane.

Măsură a posibilității declanșării riscului R servește probabilitatea producerii acestui P .

Din cele relatate urmează: $R = Y \cdot P$

Mărimea riscului se determină ca produsul mărimii evenimentului nedorit la probabilitatea producerii acestuia, adică ca așteptare matematică a cuantumului urmărilor nedorite.

Apelăm, din nou, la modelul funcțional reprezentat în fig. 2.1. Pentru cauzele inițiale de dezvoltare a riscului, menționate în acest model, formula pentru calcularea riscului poate fi scrisă în următoarea formă:

$$R = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \quad (2.1.)$$

unde:

R – riscul, adică probabilitatea provocării unei anumite pagube;

P_1 – probabilitatea producerii evenimentului sau fenomenului, care condiționează formarea și acțiunea factorilor periculoși;

P_2 – probabilitatea formării unor anumite niveluri ale câmpurilor fizice, unde de șoc, câmpuri de concentrare a substanțelor nocive care acționează asupra oamenilor și a obiectivelor;

P_3 – probabilitatea faptului, că aceste niveluri ale câmpurilor și solicitărilor vor provoca o anumită pagubă;

P_4 – probabilitatea refuzului mijloacelor de protecție.

Astfel, am stabilit, că măsura cantitativă a riscului poate fi exprimată nu doar printr-o mărime probabilă. Riscul mai poate fi interpretat ca așteptare matematică a pagubei care se va produce la realizarea pericolelor.

La determinarea așteptării matematice a valorii pagubei este rațional a lua în considerație toate tipurile posibile de incidente periculoase pentru obiectivul dat și evaluarea riscului să se efectueze conform sumei produselor probabilităților evenimentelor

menționate la pagubele corespunzătoare. În acest caz este justă următoarea relație:

$$R_{AM} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i, \quad (2.2.)$$

unde: R_{AM} – nivelul riscului exprimat prin așteptarea matematică a pagubei;

P_i – probabilitatea apariției evenimentului periculos de clasa i ;

Y_i – paguba provocată de evenimentul clasei i .

Cu toate că relația (2.2.) este utilizată în unele cazuri, totuși, relația (2.1.) este mai comodă și mai utilizabilă la soluționarea unui cerc larg de probleme cu caracter științific și practic, în particular a problemelor, referitoare la securitatea industrială.

Noțiunea de „risc” este atributul aparatului științific a mai multor științe tehnice, ecologice, sociale și naturale. Fiecare din acestea își are obiectul său, aspectul propriu, de aceea la determinarea măsurii riscului sunt evidențiate pericole sociale, profesionale, ecologice, tehnogene, medico-biologice, militare etc. Așadar, riscul este măsura pericolelor bine determinate.

În fig. 2.3. este prezentat sumarul situațiilor cu risc de apariție a evenimentelor nedorite și măsura lor corespunzătoare.

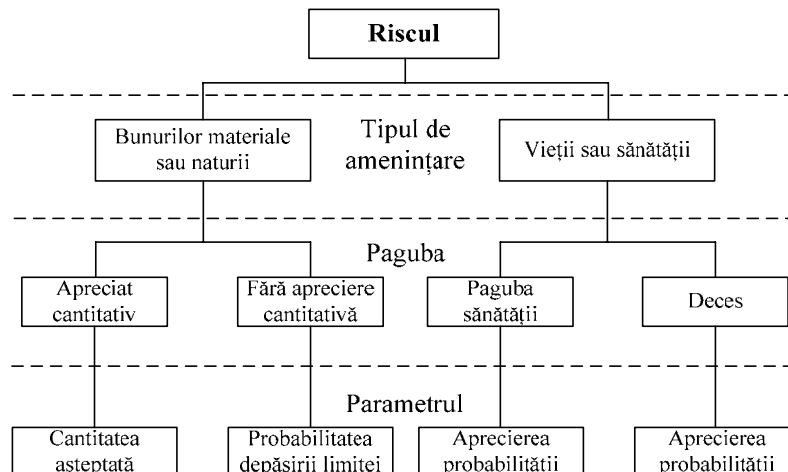


Fig. 2.3. Sumarul situațiilor de risc

În caz de pericol pentru bunurile materiale riscul, de regulă, este măsurat în bani. Dacă diferite urmări ale unui eveniment nedorit sunt identice sau foarte mari, atunci pentru comparație este suficient a studia doar probabilitățile corespunzătoare. În același timp, pot apărea pericole care nu pot fi exprimate cantitativ, de exemplu, când urmările evenimentului nu pot fi prevăzute suficient de complet. Drept exemplu pot servi urmările ieșirii din funcție a aparatului (instalației, dispozitivului etc.) care este folosit în diverse domenii ale economiei naționale, care nu pot fi evaluate de producător. În asemenea caz măsura riscului rămâne a fi considerată probabilitatea depășirii solicitării asupra S.T., unde se exploata aparatul. În cazul riscului legat de sănătate, urmările pot fi evaluate parțial cantitativ în unele categorii, cum ar fi: staționarea neproductivă, cheltuielile pentru personalul de schimb, plățile de asigurare. În cazul riscului, legat cu cazuri de deces, evaluările cantitative ale urmărilor, în majoritatea cazurilor, lipsesc. Probleme deosebite apar atunci când pericolul amenință și bunurile materiale, și oamenii, și mediul ambiant în același timp. În asemenea cazuri este de dorit ca riscul să fie evaluat pe componente separate.

După cum s-a menționat, riscul poate fi legat de factori care nu pot fi luați în considerație. Astfel, paguba estetică, provocată unui landsaft unical de către un edificiu construit sau urmările ieșirii din funcție a unui centru de televiziune practic este imposibil de apreciat.

Pentru evaluarea riscului, ca și în cazul altor măsurări, pot fi folosite unități de măsură exprimate prin mărimile fundamentale.

2.3.6. Riscul acceptat

Concepția tradițională față de asigurarea securității la exploatarea sistemului tehnic (S.T.) și a tehnologiilor se bazează pe principiul „securității absolute” – ALAPA (abreviată de la „As Low As Practicable Achievable”: „atât de redus, cât poate fi realizat practic”), adică implementarea tuturor măsurilor de securitate care pot fi efectuate (realizate) practic. Experiența demonstrează, că o asemenea concepție nu este adecvată legilor tehnosferei. Aceste legi

au un caracter probabilistic (de probabilități) și, de aceea, securitatea absolută poate fi realizată doar în S.T. lipsite de energie acumulată. Cerința de securitate absolută, atrăgătoare prin caracterul uman al acesteia, se transformă într-o tragedie pentru oameni, deoarece asigurarea „riscului nul”, în S.T. funcționale, este imposibilă și omul trebuie să fie orientat spre posibilitatea apariției situației periculoase, adică orientat spre un anumit risc.

Lumea contemporană s-a dezis de concepția securității absolute și a ajuns la concepția riscului „acceptat” (admisibil). Adică, dacă nu este posibil a crea tehnologii absolut nepericuloase, a asigura securitatea absolută, atunci, evident, trebuie să tindem spre atingerea unui așa nivel al riscului cu care societatea se poate împăca, în timpul de față.

În virtutea acestor circumstanțe în țările industrial dezvoltate, începând cu anii '80 ai secolului trecut, în cercetările legate de asigurarea securității a început trecerea de la concepția securității „absolute” la concepția riscului „acceptat”. Gradul de implementare a acestei concepții, în activitatea practică a diferitor țări, este diferit și în unele din ele a fost inclusă (concepția) în legislație. De exemplu, în Olanda această concepție, în anul 1985, a fost acceptată de către parlamentul țării în calitate de lege a statului. Conform acestei legi, probabilitatea decesului pe parcursul anului pentru individ în rezultatul pericolelor legate de tehnosferă mai mare de 10^{-6} se consideră inadmisibilă, iar mai mică de 10^{-8} – neglijată. Nivelul riscului „acceptat” se alege în diapazonul 10^{-6} ... 10^{-8} reieșind din considerente economice și sociale. Pentru comparație: riscul de deces al omului egal cu 10^{-6} corespunde riscului, căruia omul se expune pe parcursul deplasării sale cu autoturismul pe o distanță de 100 km sau cu avionul pe o distanță de 650 km, sau dacă fumează $\frac{3}{4}$ dintr-o țigară, sau face alpinism pe o durată de 15 min.

Experții depun toate eforturile pentru a determina riscul din toate punctele de vedere. Se ia în considerație riscul individual, riscul social și chiar riscul pentru sistemele ecologice. Primul din acestea stabilește probabilitatea de moarte a unei persoane, al doilea

– relația dintre numărul de persoane care ar putea să-și piardă viața în cazul unei avarii și probabilitatea unei asemenea avarii, iar al treilea – procentul speciilor biologice din sistemul ecologic asupra cărora se va răsfărâge acțiunea nocivă.

Se examinează nu doar evenimentele care provoacă moartea momentană, dar și factorii care pot avea urmări viitoare – de exemplu, folosirea pesticidelor în gospodăria satească (agricultură) sau poluarea mediului ambiant. Sunt elaborate multiple programe computerizate, destul de sofisticate, capabile să calculeze probabilitatea avariei la întreprindere, să determine mărimea și caracterul emisiilor periculoase, să ia în considerație condițiile meteorologice, relieful localității, amplasarea drumurilor și a localităților și în rezultat să elaboreze harta distribuirii riscului.

Există niveluri de risc, care pot fi considerate neglijabile (destul de mici). Dacă riscul de la un oarecare obiect nu depășește un asemenea nivel, nu are rost să se prevadă în continuare măsuri pentru sporirea securității, deoarece acest lucru va fi destul de costisitor, iar oamenii și mediul ambiant din cauza acțiunii altor factori, totuna se vor expune aproape aceluiași nivel de risc. Pe de altă parte, există nivelul riscului maximal acceptat, care nu poate fi depășit, cât de mari n-ar fi cheltuielile. Între aceste două niveluri se află domeniul în care trebuie micșorat riscul, căutând un compromis între avantajul social și pagubele financiare, legate de sporirea securității.

Soluția privind problema, care nivel al riscului să fie considerat acceptat și care nu, poartă caracter nu atât tehnic, cât politic și, în mare măsură, este determinată de posibilitățile economice ale țării concrete.

2.3.7. Abordarea sistemică-dinamică a aprecierii riscului tehnogen

Stabilirea nivelului securității și riscului acceptat este o problemă destul de complicată. Pentru soluționarea ei este necesară efectuarea analizei științifice a factorilor economici, ecologici,

demografici și de altă natură care determină dezvoltarea societății cu considerarea multiplelor legături și dependențe reciproce.

La formularea problemei privind determinarea riscului acceptat în calitate de scop al managementului apare starea sănătății societății, în calitate de criteriu – durata medie de viață, iar în calitate de funcție specială – riscul de moarte. Pentru a finaliza, din punct de vedere matematic, formularea problemei privind managementul riscului (securității) este necesar a determina variabilele manageriale în această funcție specială (riscul de moarte), schimbarea cărora ar permite asigurarea valorii optime ale funcției speciale (ar minimiza riscul de moarte).

Sporirea securității, adică diminuarea nivelului riscului de moarte a fost, în toate timpurile, unul din motivele prioritare ale activității oamenilor. Atingerea acestor deziderate se efectua prin dezvoltarea economiei, folosirea realizărilor științei și tehnicii și, corespunzător, prin sporirea nivelului material de viață, a calității alimentației, deservirii medicale, educației, condițiilor igienico-sanitare etc. Insuficiența de produse alimentare era lichidată prin industrializarea agriculturii, crearea și folosirea îngrășămintelor minerale. Necesitatea protecției împotriva factorilor nefavorabili de climă a condiționat dezvoltarea construcției, a determinat necesitatea de noi materiale de construcții și de resurse energetice. Creșterea și diversificarea structurii consumului de producție industrială a favorizat dezvoltarea vertiginoasă a diferitor industrii energo – și resursointensive. Cu alte cuvinte, omenirea, dezvoltând economia, crea sistemul social-economic de securitate, adică sistemul de protecție contra pericolelor. Cu dezvoltarea civilizației riscul de moarte nu mai este determinat de factorii naturali, ci de nivelul dezvoltării economiei și de relațiile sociale în societate.

Datele statistice demonstrează că în țările industrial dezvoltate și nivelul de securitate este mult mai înalt (durata de viață este mai mare, iar riscul de moarte mai mic), față de țările slab dezvoltate, la etapa actuală de dezvoltare a societății. Acest tip de risc este numit risc social-economic $R_{S.E.}$:

$$R_M \equiv R_{S.E.} (C | M, F, S, \dots)$$

unde: R_M – riscul de moarte;

C – resursele materiale ale societății ce caracterizează nivelul de trai al acesteia;

M – nivelul material de viață;

F – nivelul de alimentare;

S – nivelul de asigurare medicală și alți indici ai dezvoltării social-economice.

Dezvoltarea tehnico-științifică, condiționată de necesitatea dezvoltării economiei, reducând riscul social-economic, concomitent, a favorizat apariția unor noi tipuri de pericole, atât pentru sănătatea populației, cât și pentru mediul de trai al acesteia. Aceste pericole de proveniență tehnogenă au fost provocate de nimerirea în mediul ambiant a deșeurilor industriale, de necesitatea participării omului în activitatea profesională, care dispune de diverse surse de influență nefavorabilă asupra sănătății omului. Astfel, dezvoltarea civilizației a condus la apariția unor condiții deosebite de existență, totalitatea cărora poate fi numită mediu artificial de trai – tehnosfera.

Tehnosfera creată a înglobat în sine pericole potențiale enorme – factorii tehnogeni și, corespunzător, a condus la necesitatea creării sistemelor tehnice de securitate (S.T.S.) care asigură protecția omului de acești factori.

Necesitatea creării S.T.S. cu perfecționarea concomitentă a sistemului social-economic este un element nou în asigurarea securității omului și a mediului ambiant (de trai). Pentru crearea și exploatarea acestora se cere utilizarea anumitor resurse materiale ale societății, care sunt luate din sfera social-economică. Astfel, apare o problemă destul de importantă, referitoare la distribuirea resurselor materiale ale societății. La etapa actuală S.T.S. nu permite excluderea completă a acțiunii factorilor tehnogeni. Cheltuielile orientate spre crearea S.T.S. și reducerea nivelului de poluare a mediului se atrag, de regulă, din sfera de deservire și din acele domenii în care se produc diferite bunuri ce sporesc nivelul

material de viață. Cu alte cuvinte am ajuns la concluzia că, sporirea cheltuielilor pentru reducerea riscului tehnogen, conduce la majorarea riscului social-economic.

Prin urmare, problema managementului securității se reduce la determinarea unei așa valori a cheltuielilor pentru crearea și exploatarea S.T.S. la care riscul de moarte (R_M) este minimal și, corespunzător, maximală durata vieții ce urmează a fi trăită. Este evident că valoarea optimală a acestor cheltuieli, care ar reduce la minimum R_M , depinde de nivelul de dezvoltare al sistemului social-economic.

Din cele menționate urmează câteva concluzii extrem de importante:

1. Este imposibilă atingerea „riscului nul” sau a „securității absolute” care adesea se cere. Pentru orice nivel dat al riscului tehnogen este imposibilă diminuarea ulterioară a acestuia. Intenția de a reduce acest risc până la zero conduce nu la diminuarea, ci la majorarea riscului general în societate.

2. Riscul acceptat combină în sine aspectele tehnice, economice, sociale și politice și prezintă un anumit compromis între nivelul de securitate și posibilitățile atingerii acestuia.

3. Posibilitățile economice de majorare a securității sistemelor tehnice sunt limitate. Cheltuind mijloace excesive pentru sporirea securității se pot provoca pagube sferei sociale, de exemplu, înrăutățirea asistenței medicale, reducerea cheltuielilor pentru educație, cultură etc. La majorarea cheltuielilor pentru securitate riscul tehnic scade, însă crește riscul social.

4. Riscul sumar are minimum la un anumit raport dintre investițiile în sferele tehnică și socială. Aceste circumstanțe trebuie luate în considerație la alegerea nivelului de risc, cu care societatea trebuie să se obișnuiască (să se împace).

Făcând totalul studierii problemei riscului, trebuie subliniat, că pericolul pentru securitatea oamenilor, în majoritatea cazurilor, constă din mai multe componente ale riscului, de exemplu, din riscul principal existent, din riscul provocat de erorile umane și din riscul la care se merge intenționat în anumite condiții cunoscute.

Orice algoritm de evaluare a riscului trebuie să urmeze din aceea, că s-a stabilit exact echivalentul economic al pericolului. Acest echivalent trebuie să fie argumentat, din acel punct de vedere, că el corespunde cheltuielilor pe care societatea și le poate permite, în condițiile concrete, pentru a preveni sau a reduce pericolul.

Etaplele procedurii de stabilire a riscului acceptat se desfășoară conform următoarelor reguli: reducerea, minimizarea și optimizarea riscului. Trebuie menționat, că ordinea trecerii de la o grupă de soluții la alta este necesar să se efectueze într-o anumită succesiune. În încheiere trebuie determinat subiectiv influența factorilor care nu pot fi luați la evidență.

Soluțiile legate de normarea (stabilirea) riscului totdeauna rămân pentru inginer îndoielnice, deoarece este imposibil a stabili din timp cheltuielile pentru separarea exactă, în toate cazurile, a riscului justificat și nejustificat. A controla, dacă riscul a fost justificat sau nu, este posibil doar după producerea evenimentului nedorit și doar în cazul unor pagube argumentate.

De aceea, activitatea tehnico-inginerică, funcționarea obiectelor industriale, în principiu, nu poate fi complet liberă de orice risc, iar la riscul necesar și justificat trebuie de mers cu conștiință de cauză.

La alegerea gradului de risc trebuie să participe nu doar experții tehnici. Studiarea în comun a acestei probleme de către reprezentanții tuturor grupelor cointeresate, discutarea liberă a priorităților și neajunsurilor noilor obiecte, argumentarea evaluării riscului, care trebuie să devină clară și pentru nespecialiști, vor favoriza elaborarea unei soluții comune, satisfăcătoare. Numai în așa mod poate fi atinsă înțelegerea în societate și asigurată securitatea dezvoltării acesteia.

2.4. Modelarea riscului

Analiza funcționării industriilor periculoase denotă faptul, că chiar în cazul funcționării normale influența unor asemenea obiective asupra mediului ambiant este legată atât de acțiunea social-psihologică asupra oamenilor, cât și de un anumit pericol

potențial de poluare a atmosferei și a teritoriului adiacent cu substanțe periculoase din cauza tehnologiilor insuficient de sigure, eficienței reduse a dispozitivelor de captare și epurare și din alte cauze.

Pe de altă parte, practica exploatarei întreprinderilor, atât la nivel de state, cât și la nivel mondial, demonstrează imposibilitatea exploatarei acestora fără incidente (avarii), atât în industria chimică, cât și în alte ramuri industriale.

Sporirea securității industriale prevede realizarea măsurilor tehnice și organizatorice care includ monitoringul obiectivelor periculoase, elaborarea planurilor de lichidare a avariilor și a planului de acțiuni în situațiile excepționale, atât pe teritoriul obiectivului, cât și în afara acestuia. Fără îndoială, că orice proces tehnologic trebuie să se orienteze spre tehnologii care permit reducerea la maximum a probabilității avariilor și reducerea la minimum a emisiilor de substanțe periculoase în mediul exterior.

Totodată, trebuie menționat că amplasarea rațională a obiectivelor (S.T.), de asemenea, este unul din procedeele de asigurare a securității oamenilor și a mediului ambiant. Orice regiune, în limitele căreia se amplasează S.T., are un anumit număr de populație, o anumită valoare social-economică, de aceea este rațională evaluarea diferitor variante de amplasare a S.T. conform unui ansamblu de indici care caracterizează starea mediului ambiant, particularitățile și pericolul potențial al S.T. în cazul unor situații de avarie. Unul din acești indici este riscul avariilor prevăzute de proiect.

Riscul avariei prevăzute de proiect la funcționarea S.T. periculos constă în aceea, că în cazul declanșării acesteia există o anumită probabilitate de afectare a populației din vecinătate. Cu cât sunt mai reduse urmările avariei, inclusă în proiect, cu atât este mai favorabil terenul dat pentru amplasarea obiectului.

Scenariul avariilor la obiectivele periculoase este destul de complicat. În cazul avariilor este posibilă emisia de substanțe toxice sub formă de gaze sau sub formă de aerosoli cu formarea norului de

aer infectat și deplasarea acestuia în direcția vântului cu infectarea solurilor, vegetației, bazinelor acvatice etc.

Deoarece starea gazoasă sau sub formă de aerosoli prezintă starea de luptă a substanțelor toxice, evident că populația aflată în zona propagării norului sau infectării primare a localității poate căpăta afecțiuni de diferită gravitate.

Probabilitatea declanșării avariei este determinată de următoarele circumstanțe:

- particularitățile procesului tehnologic;
- utilajul folosit;
- gradul de profesionalism al personalului;
- durata pe parcursul căreia funcționează obiectul tehnologic concret;
- intensitatea operațiilor tehnologice;
- factorii tehnici (de exemplu, obosirea metalului);
- factorii externi nederijați (diversie etc);
- factorul uman (erorile personalului de exploatare).

Pericolele, legate de avarie, sunt determinate de:

- cantitatea substanțelor toxice care au fost scăpate, proprietățile fizico-chimice și toxice ale acestora;
- particularitățile arhitectural-planificatoare ale terenului construit și comunicațiile de transport;
- condițiile meteorologice și caracteristicile mediului ambiant (particularitățile reliefului, vegetația, structura și proprietățile solului, condițiile de stratificare a apelor freatice, vecinătatea râurilor și a instalațiilor de captare a apei, condițiile hidrografice);
- faptul prezenței populației. Dacă în zona propagării substanțelor toxice populație nu este, atunci pericolul potențial în momentul de timp (t) tinde către zero.

Pentru evaluarea cantitativă a urmărilor avariei este necesară crearea modelului matematic care permite a înțelege sensul comportării S.T. și cu ajutorul acestuia a aprecia diverse strategii ale riscului. Modelul trebuie să reflecte trăsăturile principale ale fenomenului, adică în acesta trebuie să fie luați în considerație toți

factorii esențiali, de care, în cea mai mare măsură, depinde funcționarea sistemului. Totodată, acesta (modelul) trebuie să fie pe cât este posibil de simplu și înțeles utilizatorului, orientat spre un anumit scop, sigur, comod de comandat și de utilizat, destul de complet, adecvat, să permită a trece ușor la alte modificări și înnoirea datelor.

La construirea modelului matematic poate fi folosit aparatul matematic de diferită complexitate – ecuații algebrice și diferențiale, atât obișnuite, cât și cu derivate particulare. În cele mai complicate cazuri, dacă funcționarea sistemului depinde de un număr mare de factori aleatori care se combină complicat, poate fi folosită metoda modelării statistice.

Parametrii de ieșire a funcționării modelului matematic, al riscului avariei prevăzută de proiect, sunt așteptarea matematică a numărului de locuitori afectați, care locuiesc permanent în regiunea expusă pericolului la funcționarea obiectivului, în cazul că la obiectiv sau la elementele tehnologice ale acestuia se va produce, în orice moment aleatoriu de timp, orice avarie, teoretic prevăzută de proiect, provocată de unele sau alte cauze.

2.5. Principiile creării tehnologiilor informaționale de dirijare a riscului

Experiența acumulată de analiză și dirijare cu riscul demonstrează, că elaborarea și perfecționarea procedurilor și a metodelor în această sferă se realizează pe calea apropierei de principiile abordării sistemice. Într-adevăr, monitoringul riscului este un proces care necesită studierea unui cerc larg de probleme cu caracter tehnic, informațional, social-economic, ecologic și politic. În realitate se vorbește despre un nou tip de tehnologii – „tehnologii de dirijare cu riscul” (T.D.R.). În limitele abordării conceptuale se propune modelul structural al T.D.R. care, în plan metodic, demonstrează evident principiul reunirii elaborărilor teoretice și a experienței practice în domeniul dirijării cu riscul tehnic, riscul ecologic și riscul în sistemele social-economice.

Mecanismul T.D.R. trebuie să se bazeze pe o structură constituită din blocuri sub formă de proceduri sistemice. O astfel de construcție reflectă separarea și cooperarea activității, în sfera examinată, care asigură posibilitatea acordării independente de servicii, dezvoltarea unui sistem specializat de organizații de stat sau ramurale.

Blocul unu – informațional-analitic. Asigură colectarea, prelucrarea primară și analiza informației, păstrarea acesteia. Prezintă în sine o bancă computerizată de date, organizată în modul corespunzător, și o bibliotecă de date, care conține informațiile primare necesare pentru T.D.R.

Blocul doi – blocul de cercetări. Acesta asigură susținerea neîntreruptă a T.D.R. prin elaborarea versiunilor necesare a pachetelor de programe aplicative, a metodelor, normelor și regulilor care corespund obiectivelor studiate, tehnologiei și parametrilor mediului înconjurător.

Blocul trei – include expertiza analitică și cercetările de prognozare. Folosind produsele blocului doi și metodele de conform riscului, se formalizează prioritățile, se elaborează recomandările privind strategia și tactica acțiunilor, precum și mijloacele de protecție.

Blocul patru – de dirijare. Elaborarea scenariului de bază de dirijare a riscului finalizează etapa expertizei analitice și a cercetărilor de prognozare. Grupa de dirijare trebuie:

- să elaboreze o concepție unică asupra scopurilor, problemelor și obiectului de prognozare și dirijare;
- să aibă o părere unică referitor la mecanismul dezvoltării riscului și metodele de dirijare a acestuia;
- să formuleze planurile cotidiene și de perspectivă;
- să controleze și să coordoneze acțiunile reciproce dintre serviciile de protecție.

După realizarea scenariilor de dezvoltare a riscului, aprecierea acestuia și adoptarea soluțiilor privind strategia și tactica acțiunilor, toate prioritățile (recomandările) elaborate ale acțiunilor se transmit la nivelurile inferioare de dirijare.

3. Rolul factorilor externi care influențează asupra apariției refuzurilor sistemelor tehnice

3.1. Noțiuni generale

În funcție de condițiile exploatării se schimbă indicii fiabilității și funcționalității sistemului.

Refuzurile dispozitivelor tehnice, conform naturii fizice, sunt urmări ale proceselor fizico-chimice care influențează, direct sau indirect, asupra funcționalității elementelor și, de aceea producerea refuzurilor este condiționată de următorii factori: tipul materialului; locul desfășurării procesului; felul de energie care determină caracterul procesului; influențele de exploatare; mecanismul interior al procesului.

De pe pozițiile concepției ergoentropice ale pericolului trebuie evidențiate trei surse de influență:

- acțiunea energiei mediului înconjurător, incluzând omul care îndeplinește funcțiile de operator sau de personal tehnic;
- sursele interioare de energie legate atât de procesele de lucru, care se desfășoară în sistem, cât și de funcționarea unor părți separate (blocuri) ale sistemului;
- energia potențială, care s-a acumulat în materialele și elementele sistemului în procesul confecționării acestora (tensiunile interioare în piesele turnate, tensiunile de montare etc.).

Diversele tipuri de energie provoacă, în elementele sistemului, procese legate de fenomene fizico-chimice complicate care conduc la deformări, uzură, defectare, coroziune și alte tipuri de deteriorări. Apariția deteriorărilor atrage după sine modificarea parametrilor de ieșire și refuzul.

Procese care conduc la schimbarea calităților inițiale se desfășoară în materialele din care sunt confecționate elementele, precum și în materialele lubrifiante, combustibil care, de asemenea, participă la procesul de lucru.

Proprietățile mecanice ale materialelor (rezistența, alungirea relativă etc.), electrice (conductivitatea electrică, potențialul

câmpului electric de străpungere, coeficientul pierderilor electrice, permeabilitatea dielectrică, polarizarea remanentă, rezistența specifică etc.) și proprietățile magnetice ale materialelor (permeabilitatea magnetică, inducția magnetică remanentă, forța coercitivă etc.) depind, în mare măsură, de temperatură, de tensiunile mecanice, umiditate, potențialul câmpului electric, mediul gazos, puterea dispersată, durata de lucru și de alți factori influenți.

Pentru multe elemente ale S.T. acumularea energiei factorilor influenți exteriori este un proces monoton. Folosind legătura dintre solicitare și densitatea fluxului de energie care acționează, cunoscând durata acțiunii, poate fi calculată probabilitatea funcționării ireproșabile pe această durată la acțiunea factorului influent concret (de regulă, se alege factorul cel mai agresiv), precum și determinată valoarea frecvenței refuzurilor elementelor.

În cazul prezenței unor relații, care reflectă acțiunea condițiilor de exploatare și a solicitării asupra fiabilității elementului, acestea trebuie folosite în metodele de calcul, cunoscute în teoria fiabilității.

Refuzurile în S.T. și producerea avariei pot avea loc și din cauza acțiunilor exterioare, care nu au legătură cu procesele de producție. La acestea pot fi atribuite acțiunile exterioare legate de:

- transportul feroviar și auto (mai cu seamă la transportarea încărcăturilor periculoase);
- lucrul stațiilor de alimentare cu combustibil;
- activitatea întreprinderilor vecine, mai cu seamă a celor, care folosesc substanțe ușor inflamabile sau explozibile;
- loviturile (șocurile) mecanice, cum ar fi, de exemplu, prăbușirea construcțiilor.

Asemenea situații, în majoritatea cazurilor, sunt imposibil de evitat, de aceea probabilitatea producerii acestora trebuie luată în considerație la planificarea locului de amplasare a întreprinderii, precum și la crearea elementelor ușor afectabile ale instalațiilor.

Acțiunile exterioare pot fi legate de acțiunea forțelor naturale. Cele mai esențiale dintre acestea sunt: vântul, inundațiile,

cutremurele, tasarea solului ca rezultat al lucrărilor miniere sau a exploatării comunicațiilor de termoficare, gerul foarte puternic sau călduri caniculare, trăsnetul etc.

Dacă se cunoaște că, în locul amplasării întreprinderii, sunt posibile asemenea acțiuni naturale, trebuie luate anumite măsuri profilactice.

La orice producție (industrie) periculoasă pot avea loc acte de sabotaj ale personalului lucrător sau diversiuni. Protecția S.T. în asemenea caz se complică și niciodată nu poate fi ideală. Totuși, asemenea posibilități trebuie luate în considerație la proiectarea proceselor industriale.

Abilitatea personalului de a asigura funcționarea normală este importantă nu numai pentru întreprinderile cu procese tehnologice slab automatizate, dar și pentru întreprinderile cu nivel înalt de automatizare și mecanizare care necesită intervenția omului doar în circumstanțe accidentogene (situații de avarie).

Cu toate acestea erorile, comise de personal, sunt tot atât de diverse ca și funcțiile concrete de producție. Cel mai frecvent se întâlnesc următoarele erori:

- erori de depistare;
- erori în aprecierea situației și adoptarea soluției;
- erori comise în acțiunile prevăzute de regulament (succesiune, omisiune, conectare inutilă, încălcarea regulilor);
- erori de orientare (insuficiență de informație, surplus de informație);
- erori de legătură (comunicare).

De asemenea, sunt foarte diverse și cauzele care conduc la acțiuni eronate ale omului. Erorile se produc (comit) ca urmare a faptului, că personalul lucrător nu posedă informația despre pericole, nu are calificarea suficientă pentru executarea unei asemenea lucrări, munca în condiții de securitate nu este apreciată de conducere, omul se poate afla în stare psihică precară, bolnav sau supraobosit, nu se respectă principiile ergonomice de asigurare a securității în activitatea de producție etc.

3.2. Clasificarea factorilor de influență exterioară (F.I.E.)

Pentru asigurarea funcționării sigure a sistemelor complicate este necesar a asigura funcționarea ireproșabilă (de nădejde) a elementelor simple din componența acestora, iar acest fapt depinde și de abilitatea (iscușința) de a evalua acțiunea așteptată a mediului exterior.

În funcție de caracterul acțiunilor asupra articolelor (elementelor) F.I.E. sunt împărțiți în șapte clase: mecanici, climaterici și alți F.I.E. naturali, biologici, radiativi, F.I.E. ai câmpurilor electromagnetice, F.I.E. ai mediilor speciale, termici.

Fiecare clasă, în funcție de esența fizică, biologică sau chimică a fenomenelor care stau la baza F.I.E. este împărțită în grupe, iar fiecare grupă – în tipuri, cu caracteristicile corespunzătoare.

Pentru elementele S.T. amplasate pe suprafața pământului, F.I.E. determinanți și destabilizatori sunt factorii climaterici. Clasa factorilor climaterici este împărțită în grupe și tipuri de factori conform tabelului 3.1.

Tabelul 3.1. Clasa F.I.E. climaterici și altor F.I.E. naturali

Nomenclatura F.I.E.		Caracteristica F.I.E.
Grupa	Tipul	Denumirea și unitatea de măsură
1	2	3
Presiunea atmosferică	Presiune atmosferică sporită	Presiune sporită de lucru, Pa. Durata acțiunii presiunii de lucru sporită, ore, zile. Presiune maxim sporită, Pa.
	Presiune atmosferică joasă	Presiune joasă de lucru, Pa. Presiune limită joasă, Pa. Durata acțiunii presiunii joase, ore, zile.
	Schimbarea presiunii atmosferice	Viteza schimbării presiunii, Pa/m ² . Diapazonul schimbării presiunii, Pa. Numărul de cicluri de modificare a presiunii pe durata stabilită.

(continuarea tab. 3.1)

Temperatura mediului	Temperatura sporită a mediului	Temperatură sporită de lucru, °C. Temperatură maximă sporită, °C. Durata acțiunii temperaturii sporite, ore, zile.
	Temperatura joasă a mediului	Temperatură joasă de lucru, °C. Temperatură limită joasă de lucru, °C. Durata acțiunii temperaturii joase, ore, zile.
	Schimbarea temperaturii mediului	Viteza schimbării temperaturii, °C/s. Diapazonul schimbării temperaturii, °C. Numărul de cicluri de modificare a temperaturii pe durata stabilită.
Umiditatea aerului sau a altor gaze	Umiditate sporită	Umiditatea relativă la temperatura dată, %.
	Umiditate scăzută	Umiditatea absolută, g/m ³ . Punctul de rouă, °C. Numărul ciclurilor de modificare a umidității sporite (scăzute) pe durata stabilită. Durata acțiunii umidității sporite (scăzute), ore, zile.
Precipitații atmosferice	Precipitațiile căzute din atmosferă (ploaie, zăpadă, burniță, mazărice)	Intensitatea precipitațiilor, mm/h. Unghiul de cădere a precipitațiilor, grade. Durata acțiunii precipitațiilor căzute, ore, zile. Grosimea stratului de precipitații, mm.
	Precipitații atmosferice sub formă de condensat (rouă, promoroacă, chiciură, polei)	Densitatea precipitațiilor, kg/m ³ . Viteza jivrajului, mm/s. Numărul ciclurilor de jivraj. Durata acțiunii precipitațiilor condensate, ore, zile.
	Ceață sărată (de mare)	Conținutul de apă în ceață, μm. Dimensiunea medie a picăturilor, μm. Durata acțiunii ceții sărate, ore, zile.

(continuarea tab. 3.1)

Praf, nisip	Praf static (nisip)	Concentrația de greutate a prafului (nisipului) g/m^3 .
	Praf dinamic (nisip)	Partea de greutate a amestecului de praf, %. Dimensiunea particulelor de praf, μm . Durata depunerii (acțiunii) prafului (nisipului), ore, zile.
Radiația solară	Radiația integrală	Lungimea de undă a radiației integrale, μm .
	Radiația ultravioletă	Densitatea fluxului radiației integrale, W/m^2 . Durata acțiunii radiației integrale, ore, zile. Durata acțiunii radiației ultraviolete, ore, zile. Radiația solară ultravioletă sumar efectivă, $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$.
Curentul de aer și alte gaze	Vântul	Valoarea medie a vitezei vântului, m/s . Valoarea maximală a vitezei vântului, m/s . Intensitatea vântului, Pa. Durata acțiunii vântului, ore, zile.
Mediu cu agenți corozivi	Atmosferă cu agenți activi corozivi	Concentrația clorurilor și a gazelor (de sulf, azot, amoniac, azon) în aer, mg/m^3 . Durata acțiunii atmosferei cu agenți corozivi activi, zile.
	Mediu acvatic cu agenți corozivi activi	Salinitatea apei (geții) de mare, %. Conținutul de clor în apă, %. Concentrația de hidrogen sulfurat, oxigen, cationi de calciu, mmol/l .
	Solul cu agenți corozivi activi	Componența structurală a solului, %. Cantitatea de clor, carbonați etc., %.
Mediul gheață-sol	Gheața	Grosimea stratului de gheață, m. Durata acțiunii, ore, zile.
	Stratul de zăpadă	Grosimea stratului de zăpadă, cm, m. Durata acțiunii, ore, zile.

Pentru anumite tipuri sau grupe de articole tehnice tipurile de acțiune a factorilor climaterici și valoarea lor se stabilește în funcție de raioanele microclimaterice în care se vor exploata sistemele.

Formarea climei este condiționată de regimul radiației solare, de circulația aerului atmosferic, circuitul apei, particularitățile fizico-geografice, acțiunea omului, precum și de poziția geografică a teritoriului. Caracteristicile principale ale raioanelor climaterice sunt prezentate în tabelul 3.2.

Acțiunea factorilor climaterici provoacă un anumit tip de refuzuri, intensifică fluxurile de refuzuri care apar în rezultatul suprasolicitărilor întâmplătoare, schemei structurale imperfecte a mașinii etc.

Asupra mașinilor, mecanismelor și aparatelor S.T. în cazul exploatării în aer liber acționează factorii climaterici și fenomenele atmosferice care provoacă schimbarea proprietăților fizice și chimice ale materialelor constructive și de exploatare.

Înrăutățirea proprietăților de exploatare a materialelor și a condițiilor de lucru ale mecanismelor și mașinilor provoacă refuzuri de pornire și de solicitare și grăbește apariția refuzurilor neașteptate și treptate.

Tabelul 3.2. Caracteristicile principale ale raioanelor climaterice

Raionul climateric	Temperatura medie lunară a aerului, °C		I*	II*
	ianuarie	iulie		
Foarte friguros (rece)	-50...-30	+2...+18	-	10...100
Friguros (rece)	-30...-15	+2...+25	-	1...10
Arctic polar	-33...-26	-1...0	> 90	0...2
Arctic oriental (estic)	-28...-18	0...+8	> 80	0...0,1
Arctic apusean (vestic)	-30...-2	-1...+12	> 80	0...3
Moderat friguros	-30...-15	+6...+25	-	0...0,1
Moderat	-15...-8	+8...+25	< 80	-
Moderat umed	-15...-10	+10...+20	≥ 80	-

(continuarea tab. 3.2)

Moderat cald	-8...-4	+16...+25	< 70	-
Moderat cald, umed	-8...-4	+16...+25	≥ 70	-
Moderat cald, cu iarnă blândă	-4...-0	+16...+25	< 70	-
Cald, umed	0...+4	+20...+25	> 70	-
Călduros, uscat	-15...+4	+25...+30	< 40	-
Foarte călduros, (torid) uscat	-4...+4	≥ 30	< 20	-

* Umiditatea relativă medie lunară a aerului în luna iulie la ora 13, %.

** Numărul de zile în an cu temperatura minimală a aerului mai joasă de minus 45 °C.

Deoarece sub acțiunea factorilor climaterici scade fiabilitatea (siguranța) elementelor S.T. (în primul rând se modifică proprietățile materialelor de construcție și de exploatare), în continuare vom studia influența factorilor climaterici asupra acestor materiale.

3.3. Acțiunea temperaturii

Acțiunea temperaturilor joase și înalte asupra proprietăților materialelor, în majoritatea cazurilor, poartă un caracter diametral opus. Afară de aceasta, schimbarea bruscă a acestor temperaturi (pe parcursul zilei sau a câtorva ore) sporește efectul acțiunii dăunătoare asupra mașinilor (S.T.).

Acțiunile termice apar atât în exteriorul S.T. – radiația solară, căldura de la sursele amplasate în apropiere, cât și în interiorul S.T. – emiterea căldurii de către schemele electrice, la frecarea nodurilor mecanice, din cauza reacțiilor chimice etc. Deosebit de periculoasă este încălzirea blocurilor (nodurilor) în condiții de umiditate sporită a mediului, precum și la schimbarea ciclică a acestor factori.

Sunt stabilite trei tipuri de acțiune termică:

1. Acțiunea permanentă - se studiază la analiza fiabilității S.T. care funcționează în condiții staționare.

2. Acțiunea periodică - se studiază la analiza fiabilității S.T. în cazul conectării aparaturii și articolelor periodic-repetat sub solicitare și în cazul variațiilor bruște ale condițiilor de exploatare, precum și la variația zilnică a temperaturii mediului ambiant (aerului atmosferic).

3. Acțiune aperiodică - este evaluată în cazul funcționării articolelor în condiții de șoc caloric, în rezultatul căruia apar refuzuri bruște (neașteptate).

Deteriorarea articolelor provocată de acțiunea termică staționară (permanentă) este condiționată, în principal, de depășirea valorii temperaturii maxime admise în timpul exploatării.

Deformarea articolelor, care se produce în cazul acțiunilor termice periodice, conduce la apariția deteriorărilor. Asupra unor articole, concomitent cu încălzirea și răcirea periodică, acționează și schimbarea bruscă a presiunii, fapt care grăbește defectarea acestora.

Viteza mare de schimbare a temperaturii (șocul termic), care se manifestă în cazul acțiunii aperiodice a căldurii, conduce la schimbarea bruscă a dimensiunilor materialelor, acest fapt fiind cauza defectărilor. Acest lucru se manifestă mai frecvent atunci, când nu se ia în considerație, în modul corespunzător, coeficienții de dilatare liniară a materialelor cuplate.

Între altele, în cazul temperaturilor sporite materialele turnate se înmoaie, are loc dilatarea materialelor cuplate cu acestea, iar la scăderea temperaturii până la valori negative are loc contracția (comprimarea) acestor materiale și fisurarea lor în locurile de contact cu metalele. La temperaturi negative este posibilă compactarea considerabilă a materialelor turnate și, ca urmare, la articolele electrice sporește posibilitatea suprapunerii electrice. Temperaturile joase înrăutățesc direct principalele proprietăți fizico-mecanice ale materialelor constructive, sporesc posibilitatea distrugerii fragile a metalelor. Temperaturile joase acționează

esențial asupra calităților materialelor polimerice, provocând vitrificarea acestora, iar temperaturile înalte modifică elasticitatea lor. Încălzirea materialelor polimerice izolatoare reduce brusc rezistența electrică a acestora și termenele de exploatare.

Rezultatele acțiunii temperaturilor joase sunt următoarele:

- majorarea viscozității motorinei;
- reducerea calităților lubrifiante ale uleiurilor și unsoarelor;
- congelarea lichidelor mecanice, a uleiurilor și unsoarelor;
- înghețarea condensatului și a lichidelor de răcire;
- reducerea elasticității la lovire a oțelurilor slabe la frig;
- învârtosirea (întărirea) și pierderea elasticității de către cauciucuri (devin fragile);
- scăderea rezistenței conductoarelor electrice;
- acoperirea cu gheață și promoroacă a elementelor mașinilor.

Urmările acestor factori sunt:

- înrăutățirea condițiilor de lucru a nodurilor de frecare și a dispozitivelor mașinilor;
- reducerea capacității portante a elementelor;
- înrăutățirea calităților de exploatare a materialelor;
- acțiunea solicitărilor suplimentare;
- străpungerea izolației bobinelor mașinilor electrice din componența S.T.

Acțiunile menționate ale temperaturilor joase asupra proprietăților materialelor provoacă majorarea parametrilor de pornire, a refuzurilor de solicitare și de funcționare, precum și reducerea termenelor de exploatare a elementelor mașinilor.

3.4. Acțiunea radiației solare

În aer liber suprafețele articolelor tehnice sunt expuse acțiunii razelor solare directe. În materialele folosite pentru construcția S.T. sub acțiunea razelor solare apar procese complicate, care provoacă îmbătrânirea acestor materiale. Afară de aceasta, radiația solară este factorul principal de formare a regimului termic

al atmosferei și a scoarței terestre. De aceea, acțiunea temperaturilor sporite și reduse ale aerului asupra proprietăților materialelor este determinată, în final, de acțiunea radiației solare asupra regimului termic al aerului.

Accesul radiației solare către suprafața planetei este determinat, în primul rând, de factorii astronomici: durata zilei și înălțimea Soarelui. Radiația solară care ajunge la suprafața Terrei este unul din factorii climaterici principali. În același timp aceasta, în mare măsură, depinde de circulația maselor de aer și de particularitățile suprafeței terestre.

Acțiunea radiației solare asupra articolelor tehnice este determinată de diapazonul undelor electromagnetice care ajung la suprafața acestora.

Spectrul energiei emise de Soare constă din câteva componente: radiația ultravioletă – circa 9 %, ($\lambda < 3900 \cdot 10^{-10}$ m); radiația de lumină, ($\lambda = 3900 \cdot 10^{-10} \dots 7600 \cdot 10^{-10}$ m) – circa 41 %; radiația infraroșie (termică), ($\lambda = 7600 \cdot 10^{-10} \dots 1000000 \cdot 10^{-10}$ m) – circa 50 %.

Atmosfera terestră absoarbe aproximativ 19 % din energia solară (vapori de apă, ozonul, bioxidul de carbon, praful etc.). Circa 35 % din energia solară este absorbită în spațiul cosmic și doar 45 % din această energie ajunge la suprafața Pământului. Norii rețin până la 15 % din radiația solară.

Prezența vaporilor de apă și a prafului în aer reduce considerabil fluxul termic al radiației solare. Cea mai puternică acțiune asupra materialelor și articolelor o exercită razele solare care cad perpendicular pe suprafața acestora.

Deteriorările provocate de razele solare pot fi împărțite în două grupe:

- procese fotochimice;
- procese fotooxidante.

La deteriorarea suprafețelor metalice un rol esențial revine disocierii fotooxidante. Acțiunea concomitentă a oxigenului și a umezelii creează prin intermediul proceselor de oxidare o cantitate

suplimentară de energie. Suprafața metalelor se activează în cazul expunerii radiației ultraviolete și apare procesul de coroziune.

Sub acțiunea razelor solare în materialele organice se produc procese fotolitice complicate de descompunere a compușilor chimici, ceea ce conduce la schimbarea proprietăților materialelor.

Radiația solară (mai cu seamă componenta ultravioletă) este suficientă pentru distrugerea legăturilor dintre moleculele polimerilor, din care cauză are loc îmbătrânirea și producerea anumitor refuzuri. Procesul de îmbătrânire a materialelor polimerice este accelerat de către căldură, umezeală, oxigenul din aer, radiațiile energetice etc. În rezultatul îmbătrânirii materialelor polimerice se schimbă proprietățile mecanice și electrice ale acestora, culoarea etc.

Acțiunea principală a radiației solare constă în încălzirea suprafețelor articolelor și, ca urmare, sporirea temperaturii în interiorul dispozitivului. Încălzirea corpului de către razele solare depinde de intensitatea radiației solare, de temperatura mediului înconjurător și de capacitatea de reflectare a corpului. Fiind încălzit corpul însuși devine o sursă de radiație calorică.

3.5. Acțiunea umidității

La analiza acțiunii factorilor externi ai mediului înconjurător, asupra materialelor constructive, foarte importante sunt datele referitor la umiditatea relativă a aerului.

Caracterul acțiunii nefavorabile a umidității aerului asupra materialului depinde de conținutul procentual al apei în aer. În cazul umidității sporite ($> 90 \%$) a aerului, aceasta reduce proprietățile funcționale ale materialelor, pătrunzând în interiorul acestora sau formând pe suprafața lor pelicule de lichid. În cazul umidității reduse ($< 50 \%$), apa care se conține în materiale se evaporă în aer, ceea ce conduce, de asemenea, la schimbarea proprietăților materialelor: acestea devin fragile, în ele apar fisuri.

Cel mai activ absorb umezeala din aer materialele higroscopice, de exemplu, materialele izolatoare confecționate pe

bază de hârtie și bumbac. În interiorul materialului umezeala poate pătrunde prin absorbție (condensarea capilară) sau prin pătrundere în structura polimerului (în spațiile dintre molecule, precum și prin fisurile sau porii materialului).

Viteza de pătrundere a umezelii în materiale sporește odată cu creșterea temperaturii aerului înconjurător. Umezeala absorbită de material reduce brusc rezistența volumică a acestuia. Depunându-se pe suprafața materialului umezeala formează o peliculă subțire din care cauză rezistența de suprafață a materialelor scade de sute și chiar mii de ori. Cea mai mare reducere a rezistenței de suprafață are loc atunci când această peliculă este poluată cu praf și produsele gazelor.

La depunerea umezelii pe suprafețele metalice se creează condiții favorabile pentru coroziunea atmosferică a metalelor. Acest tip de coroziune este cel mai răspândit și provoacă aproape jumătate din pierderile totale de metal din cauza coroziunii.

Afară de aceasta, umezeala poate schimba proprietățile fizice ale materialelor – densitatea, temperatura topirii, rezistența la agenții biologici ș.a.

3.6. Acțiunea presiunii atmosferice

Asupra materialelor constructive exercită o acțiune esențială și presiunea atmosferică.

Presiunea atmosferică se schimbă considerabil odată cu altitudinea (înălțimea localității față de nivelul mării).

Articolele S.T. terestre trebuie să-și păstreze fiabilitatea și caracteristicile de exploatare stabilite în limitele modificării presiunii atmosferice de la 505 până la 1080 GPa. Limita superioară corespunde presiunii la nivelul mării, iar cea inferioară – presiunii calculate pentru înălțimea maximală (4,6 km), la care încă sunt posibile exploatarea, păstrarea și transportarea articolelor tehnice.

Cea mai mare influență presiunea atmosferică o exercită asupra materialelor constructive ale S.T. folosite la efectuarea lucrărilor la mare altitudine. Cu creșterea înălțimii scade rezistența

electrică a aerului. În cazul scăderii considerabile a presiunii atmosferice se micșorează tensiunea de străpungere a spațiului aerian dintre conductoare. Presiunea scăzută influențează și asupra semiconductorilor, provocând înrăutățirea cedării căldurii și micșorarea tensiunii de străpungere.

3.7. Acțiunea vântului și a poleiului

Asupra fiabilității S.T. vântul acționează în mod diferit: în unele cazuri – favorabil, în altele –nefavorabil prin acțiunea asupra proceselor care au loc în materialele mașinilor. Afară de aceasta, în cazul vitezelor mari, vântul acționează ca un factor de forță (solicitare), provocând tensiuni suplimentare. Puterea vântului depinde de diferența presiunilor aerului, adică de distanța dintre izobare.

Asupra articolelor tehnice, amplasate în aer liber (în afara încăperilor) acționează vântul și poleiul. La acoperirea cu gheață se măresc dimensiunile și greutatea articolelor, ceea ce conduce la majorarea solicitărilor fizice și aerodinamice asupra acestora. Afară de aceasta poleiul și ghețușul acționând asupra materialelor higroscopice umede formează în porii acestora cristale de gheață reducând rezistența electrică a acestora. La înghețarea apei care a pătruns în material se produce erodarea acestui material, provocată de creșterea volumului gheții.

La trecerea gheții în faza lichidă dimensiunile majorate ale porilor, în majoritatea cazurilor, se păstrează, fapt ce provoacă friabilitatea materialului. Gheața sau apa reduc rezistența conductoarelor electrice. Zăpada uscată, în cazul viscozelor, exercită acțiune abrazivă asupra suprafețelor materialelor.

Solicitările dinamice ale vântului provoacă cele mai mari tensiuni atunci, când frecvența pulsației vântului coincide cu frecvența oscilațiilor proprii ale elementelor (fenomenul de rezonanță)

3.8. Acțiunea impurităților aerului

Aerul prezintă în sine un amestec de gaze (azot, oxigen, dioxid de carbon, argon, neon, heliu, xenon, cripton, ozon, metan), dar conține și o anumită cantitate de diferite impurități. Aceste impurități se formează din apa de mare, din cauza arderii combustibililor, în rezultatul furtunilor de nisip etc. În aer se află multe bacterii, spori de ciuperci, particule cosmice, săruri neorganice etc.

Din cauza furtunilor de nisip în aer periodic se conține o cantitate considerabilă de nisip. Deplasându-se împreună cu aerul și contactând cu suprafețele deschise ale materialelor provoacă erodarea acestora. Particulele solide de praf și nisip sunt capabile să mărească multiplu viteza uzurii abrazive a suprafețelor care contactează. Nimerind în materialele lubrifiante, măresc forțele de frecare în nodurile articulate și uzura prematură a acestora (noduri de tipul „lagăr – arbore”).

Depunându-se sub formă de aerogel pe suprafața materialelor, favorizează acumularea umezelii conductoare și reduc rezistența izolației. Depunerile de praf ușurează apariția curenților de scurgere lângă materialele izolatoare solide.

O acțiune considerabilă asupra materialelor constructive o exercită agenții corozivi care se conțin în atmosferă. Principalele substanțe destructive sunt: cationul hidrogenului H^+ , dioxidul de sulf, oxizii azotului, formaldehida, ozonul, peroxidul de hidrogen etc. Acțiunea distructivă a acestora este condiționată de intensitatea reacțiilor catalitice cu participarea metalelor, precum și de fenomenul de sinergie.

Viteza corosivității metalelor în atmosferă este condiționată de durata umezirii suprafețelor acestora și de concentrația componentelor corozive active.

Aerul umed curat, chiar și în cazul umidității relative de 100 %, acționează slab asupra fierului și cuprului, însă la prezența în atmosferă doar a 0,01 % de SO_2 viteza corosivității crește de 100 de ori.

Gazul de sulf se formează la arderea combustibililor necalitativi. După ardere se formează anhidrida sulfuroasă SO_2 care se oxidează în aer, formând anhidrida sulfurică SO_3 . Combinându-se cu apa din atmosferă SO_3 formează acidul sulfuros H_2SO_3 și acidul sulfuric H_2SO_4 care posedă acțiune distructivă.

Sărurile de proveniență marină (în mare parte, clorurile natriului) exercită acțiune corozivă puternică asupra detaliilor exterioare ale S.T.

Pentru procesele de coroziune atmosferică sunt caracteristice câteva tipuri principale de interacțiune:

a) suprafață uscată – impurități gazoase: viteza proceselor este determinată de cinetica sorbției gazelor acide și dizolvarea ulterioară a acestora cu formarea acizilor;

b) suprafață umedă – impurități gazoase: viteza procesului este limitată de dizolvarea gazelor în pelicula de apă, formarea acidului și viteza interacțiunii acidului cu suprafața metalului;

c) suprafață uscată sau umedă – particule mărunte: particularitățile acțiunii acestora sunt legate de depunerea particulelor solide cu caracter acid pe suprafețe cu formarea ulterioară a acizilor la interacțiunea cu umezeala (apa);

d) acțiunea directă a cationilor H^+ care se conțin în precipitațiile atmosferice.

În cazul acțiunii precipitațiilor și a gazelor cel mai frecvent este observată coroziunea uniformă, în rezultatul căreia se micșorează grosimea materialului.

3.9. Acțiunea factorilor biologici

O acțiune considerabilă asupra materialelor constructive o exercită factorii biologici. Cele mai periculoase sunt ciupercile de mușegai, sporii cărora se află permanent în aerul atmosferic. Formațiunile de tipul ciupercilor se referă la clasa plantelor inferioare care nu posedă proprietate de fotosinteză. Interacționând cu materialele, formațiunile de tipul ciupercă, elimină produse ale schimbului de substanțe care constau, în principal, din diferiți acizi,

aceștia provocând descompunerea materialelor izolatoare și ale maselor plastice.

Sub acțiunea mucegaiurilor scade rezistența mecanică a materialelor și articolelor. În aparatele electronice sub acțiunea mucegaiurilor se dereglează contactele electrice și se accelerează procesul de coroziune al contactelor.

Trebuie menționată viteza mare de răspândire a mucegaiului și diversitatea foarte mare (până la 40000 de specii) a ciupercilor de mucegai. Pentru formarea mucegaiului sunt necesare mediul alimentar, căldura și deplasarea redusă a aerului (lipsa ventilației). Condiții deosebit de favorabile pentru formarea mucegaiului apar la exploatarea S.T. în raioanele cu umiditate și temperaturi sporite. Cel mai puternic expuse acțiunii mucegaiului sunt masele plastice pe bază de celuloză. Mucegaiul poate să apară și pe materialele izolatoare neorganice, pe sticlă și metale.

Protecția contra mucegaiului constă în crearea construcțiilor care împiedică pătrunderea umezelii, asigurarea unei ventilații efective și acoperirea elementelor vulnerabile cu lacuri speciale de protecție.

3.10. Îmbătrânirea materialelor

Analiza proceselor fizice care se desfășoară în materialele elementelor S.T. demonstrează că starea și siguranța acestora este determinată, în integritate, de proprietățile materialelor, de caracterul complex al acțiunilor exterioare și a factorilor de solicitare.

Pentru principalele materiale sunt cunoscute relațiile de desfășurare a proceselor fizico-chimice, care provoacă îmbătrânirea și schimbarea proprietăților mecanice, electrice și magnetice ale materialelor, în funcție de caracterul și indicii cantitativi ai factorilor influenți.

Îmbătrânirea materialelor este condiționată, în principal, de recristalizarea materialelor, de difuzie, chemosorbție, reacțiile chimice, procesele de coroziune și umezire care provoacă schimbarea proprietăților inițiale ale materialelor, din care sunt

confeționate elementele S.T. Aceste modificări pot conduce la deteriorarea elementului și la pericolul de refuz critic al S.T.

Îmbătrânirea materialelor provoacă diminuarea valorilor caracteristicilor acestora în timp. Caracterul acestei diminuări este determinat de proprietățile inițiale ale materialelor, de solicitarea lor și de intensitatea acțiunii factorilor exteriori. În toate cazurile îmbătrânirea materialelor este un proces ireversibil.

În tabelul 3.3 este prezentată clasificarea proceselor de îmbătrânire conform locului desfășurării și manifestării exterioare a acestora și sunt indicate varietățile principale ale fiecărui proces.

Tabelul 3.3. Clasificarea proceselor de îmbătrânire

Obiectul	Manifestare exterioară	Varietăți ale procesului
Corpul detaliului (fenomen spațial)	Distrugere	Distrugere fragilă
	Deformare	Deformare plastică
	Schimbarea proprietăților materialului	Schimbarea structurii, a proprietăților mecanice (plasticitatea), compoziției chimice, proprietăților magnetice, permeabilității față de gaze, poluarea lichidelor (materialul lubrifiant, combustibilul)
Suprafața (fenomene de suprafață)	Roaderea	Coroziunea, eroziunea, cavitarea, arderea, formarea fisurilor
	Depunere	Lipire (adeziune, adsorbție, difuzie, coeziune), calamină, obliterație (ștergere)
	Schimbarea proprietăților stratului superficial	Schimbarea rugozității, durității, capacității de reflectare, stării de tensionare
	Uzarea	Uzarea (roaderea), oboseala straturilor superficiale, strivire, transfer de material
	Schimbarea condițiilor de contact	Modificarea suprafeței de contact, adâncimii de pătrundere a neregularităților, frecării

Cel mai simplu se desfășoară procesele staționare, când viteza procesului este constantă sau variază neesențial față de valoarea medie. Acest lucru se întâmplă atunci, când factorii care influențează asupra vitezei procesului s-au stabilizat și nu există cauze ce ar putea modifica intensitatea procesului.

Există o anumită categorie de procese pentru care în faza inițială are loc acumularea unor defecțiuni interioare, iar mai apoi, cu o anumită întârziere, începe procesul propriu zis.

3.11. Acțiunea factorilor de solicitare

Acești factori sunt legați de regimul de lucru al elementelor S.T. și sunt proprii acestor elemente indiferent de faptul, acționează sau nu alți factori (climaterici, biologici etc.) asupra lor și de energia acumulată de materialul elementelor S.T.

Energia mecanică duce la uzarea îmbinărilor, modificarea formei inițiale a elementelor, iar la atingerea anumitor abateri de la valorile inițiale apare refuzul. Astfel, se încalcă condiția principală care predetermină funcționarea nepericuloasă (în condiții de securitate) a utilajului, care constă în aceea, că părțile componente ale acestuia trebuie să suporte solicitările funcționale date și, ca urmare, să asigure securitatea mediului înconjurător.

Către cauzele deteriorărilor mecanice ale elementelor și S.T. în integritate sunt atribuite:

- construcțiile care nu asigură integritatea acestora la variația presiunii interioare, la acțiunea forțelor exterioare, la coroziune, la schimbarea temperaturii, la solicitările cu semn opus;
- distrugeri mecanice din cauza coroziunii și a loviturilor;
- distrugerea unor noduri, așa ca: pompe, compresoare, ventilatoare etc.;
- deteriorări în sistemul de control (detectoare de presiune și temperatură, indicatoare de nivel, aparate de comandă etc.);
- defecțiuni în sistemul de securitate (supape de siguranță, sisteme de reducere a presiunii, sisteme de neutralizare etc.);
- defectarea rosturilor de sudură și a mufelor de îmbinare.

Forțele care acționează asupra elementelor sistemelor mecanice, în cazul modificării lor, provoacă schimbarea sarcinii asupra acestor elemente, ceea ce duce la acumularea semnelor de oboseală și, ca urmare, la schimbarea valorii probabilității distrugerii elementului într-o anumită perioadă de timp.

Parametrul care determină gradul de solicitare al elementelor S.T., dependent de regimul de lucru al acestuia, este coeficientul de solicitare, care prezintă în sine raportul sarcinii de lucru (A_l) care acționează asupra elementului la valoarea nominală a sarcinii (A_n), stabilită de normative (condițiile tehnice): $K_s = A_l/A_n$. Calcularea valorilor K_s pentru elementele diferitor S.T. nu, în toate cazurile, este un lucru simplu, adesea fiind necesare cercetări experimentale.

Energia chimică provoacă procese de coroziune în rezervoarele și conductele agregatelor industriei chimice. Deteriorarea pereților rezervoarelor poate schimba, la fază inițială, parametrii de emisie ai agregatului (poluarea substanțelor chimice, schimbarea secțiunii conductelor), iar ulterior, la distrugerea pereților, eșirea din funcțiune a sistemului.

În aparatajele electrice și radioelectronice, în diferite regimuri de funcționare, se poate schimba sarcina electrică asupra elementelor componente ale S.T., ceea ce poate duce la intensificarea refuzurilor.

4. Bazele teoriei calculării fiabilității sistemelor tehnice

Teoria fiabilității este o disciplină tehnico-științifică relativ tânără, formarea căreia, în actuala interpretare, se referă la anii '50 ai secolului trecut. Primii pași în domeniul cercetării fiabilității au fost legați de colectarea datelor statistice privind fiabilitatea radioelementelor, iar toate eforturile specialiștilor au fost orientate la stabilirea cauzelor nesiguranței (instabilității funcționării). Următorii pași au fost dezvoltarea fiabilității fizice (fizica refuzurilor) și dezvoltarea bazelor matematice ale teoriei fiabilității care au devenit un atribut obligatoriu al elaborării și proiectării S.T. complicate și importante (de mare răspundere). **Sub acest aspect prin teoria fiabilității se înțelege disciplina științifică, care studiază legitățile păstrării în timp, de către S.T., a capacității de a efectua (realiza) funcțiile necesare, în regimurile stabilite și condițiile de utilizare, de deservire tehnică, reparații și transportare.**

Problemele principale care sunt studiate de teoria fiabilității sunt: refuzurile elementelor tehnice (mijloace, sisteme); criteriile și caracteristicile cantitative ale fiabilității; metodele de analiză și sporire a fiabilității elementelor și sistemelor la etapele de proiectare, confecționare și exploatare; metodele de testare a S.T. la fiabilitate; metodele de evaluare a eficacității sporirii fiabilității.

În domeniile tehnice concrete se elaborau și continuă elaborarea problemelor aplicative ale fiabilității, problemele asigurării fiabilității mijloacelor tehnice concrete (aparate radioelectronice, mijloacele tehnicii de calcul, mașinile de transport, conductele de produse, reactoarele chimice etc.). Concomitent se soluționează problema folosirii cât mai rațională a teoriei generale a fiabilității în domenii tehnice concrete și se desfășoară elaborarea unor noi concepții, metode și procedee care reflectă specificul tipului concret de tehnică. Astfel a luat naștere **teoria aplicativă a fiabilității.**

Asigurarea fiabilității este o problemă destul de serioasă pentru specialistul care deservește (exploatează) S.T. complicate, refuzul cărora poate conduce la avarii și la incidente excepționale. În primul rând acesta trebuie să studieze urmările fiecărui refuz. Refuzurile neluate la evidență pot deveni ulterior cauza zădărnirii planului de producție. În al doilea rând – refuzurile frecvente sau perioadele lungi ale stării defectuoase pot duce la pierderea totală a funcționalității sistemului care în continuare poate să devină inutil pentru exploatare. Al treilea aspect al fiabilității este legat de problemele securității pentru oameni și pentru mediul înconjurător.

Este evident, că fără cunoașterea problemelor teoriei matematice a fiabilității este imposibil a realiza cele mai bune condiții de proiectare a S.T. și a soluționa problemele ce țin de securitatea exploatării acestora.

Studierea problemelor teoriei fiabilității se limitează la studierea noțiunilor, legilor de distribuire a refuzurilor, a procedurilor de rezervare și a metodelor principale de calculare a fiabilității S.T. până la primul refuz.

4.1. Noțiuni principale ale teoriei fiabilității

La baza listei noțiunilor se află standardul unional GOST 27.002-89 "Fiabilitatea în tehnică. Noțiuni principale. Termeni și definiții", care formulează termenii și definițiile utilizate în domeniile științei și tehnicii referitoare la fiabilitatea S.T.

4.1.1. Obiectul, elementul, sistemul

În teoria fiabilității sunt folosite noțiunile de obiect, element, sistem.

Obiectul – articol tehnic de o anumită destinație, cercetat (studiat) în perioadele de proiectare, producere (confecționare), testare și exploatare.

Obiecte pot fi diverse sisteme și elementele acestora, așa ca: edificii, instalații, articole tehnice, dispozitive, mașini, aparate, aparataje și părțile acestora, agregate și detalii aparte.

Elementul sistemului – obiect care prezintă o parte separată a unui sistem. Însăși noțiunea de element este condițională și relativă, deoarece orice element, la rândul său, totdeauna poate fi cercetat ca un ansamblu de alte elemente.

Noțiunile de sistem și element sunt exprimate unul prin altul, deoarece unul din ele ar trebui acceptat în calitate de inițial, drept postulat (principiu de bază, normă). Aceste noțiuni sunt relative: obiectul care se consideră sistem într-o cercetare, poate fi studiat ca element, dacă se examinează un obiect de amploare mai mare. Afară de aceasta, însăși divizarea sistemului în elemente depinde de caracterul cercetării (elemente funcționale, constructive, pentru scheme sau operative), de exactitatea stabilită a cercetării, de nivelul imaginațiilor noastre, de obiect în integritate.

Omul-operator, de asemenea, prezintă în sine una din verigile sistemului „omul – mașina”.

Sistemul este un obiect care prezintă în sine un ansamblu de elemente cuplate între ele prin anumite relații și care interacționează în așa mod, ca să asigure realizarea de către sistem a unei anumite funcții complicate.

Criteriu al sistematicității este caracterul structural al sistemului, legătura reciprocă a părților componente ale acestuia, subordonarea organizării întregului sistem unui anumit scop. Sistemele funcționează în spațiu și în timp.

4.1.1.1. Starea obiectului

Funcționalitatea – stare a obiectului la care acesta corespunde tuturor cerințelor, stabilite de documentația normativ-tehnică (D.N.T.).

Defecțiunea – stare a obiectului la care acesta nu corespunde măcar uneia din cerințele stabilite de D.N.T.

Capacitatea de funcționare – stare a obiectului la care acesta este capabil să efectueze funcțiile stabilite, păstrând valorile principalilor parametri în limitele stabilite de D.N.T.

Parametrii principali caracterizează funcționarea obiectului la realizarea sarcinilor stabilite și sunt determinați de D.N.T.

Incapacitatea de funcționare – stare a obiectului la care valoarea măcar a unui parametru stabilit ce caracterizează capacitatea de a îndeplini funcțiile date nu corespunde cerințelor stabilite de D.N.T.

Noțiunea „funcționalitate” este mai largă (amplă) decât noțiunea „capacitate de funcționare”. Obiectul capabil de funcționare spre deosebire de cel funcțional satisface doar acele cerințe ale D.N.T. care asigură funcționarea normală a acestuia la îndeplinirea sarcinilor puse.

Capacitatea sau incapacitatea de funcționare pot fi complete sau parțiale. Obiectul cu capacitate de funcționare completă asigură, în anumite condiții, eficacitatea maximală a utilizării acestuia. Eficacitatea folosirii, în aceleași condiții, a obiectului cu capacitate de funcționare parțială este mai redusă față de cea maximal posibilă, însă valorile indicilor acesteia încă se află în limitele stabilite pentru o așa funcționare, care se consideră normală. Obiectul cu incapacitate de funcționare parțială poate să funcționeze, însă nivelul eficacității funcționării este mai jos decât cel admisibil. Obiectivul cu incapacitate completă de funcționare nu poate fi folosit conform destinației.

Noțiunile de capacitate și incapacitate parțială de funcționare sunt folosite, în principal, față de sistemele complicate pentru care este caracteristică posibilitatea aflării în câteva stări. Aceste stări se deosebesc prin nivelurile eficacității funcționării sistemului. Capacitatea și incapacitatea de funcționare a unor obiecte pot fi complete, adică acestea posedă doar două stări (funcționare, staționare).

Stare limită – stare a obiectului la care utilizarea de mai departe a acestuia conform destinației trebuie oprită din cauza dereglării iminente a cerințelor de securitate sau din cauza abaterii insurmontabile a parametrilor de lucru în afara limitelor stabilite, majorarea inadmisibilă a cheltuielilor de exploatare sau necesitatea efectuării reparației capitale.

Criteriile stării limită se stabilesc de D.N.T. pentru obiectul dat.

Manevrabilitatea de regim – proprietate a obiectului de a menține regimul normal prin comandă (manevrare) cu scopul păstrării sau restabilirii regimului normal de lucru al acestuia.

Viabilitatea – proprietate a obiectului de a se opune particularităților și refuzurilor locale fără a admite dezvoltarea sistemică a acestora cu refuzuri în masă.

Securitate – proprietate a obiectului să nu admită situații periculoase pentru oameni și mediul înconjurător.

4.1.1.2. Trecerea obiectului în diferite stări

Deteriorarea – eveniment care constă în dereglarea funcționalității obiectului dar cu păstrarea capacității de lucru a acestuia.

Refuzul – eveniment care constă în dereglarea capacității de lucru a obiectului.

Criteriul refuzului – semn distinctiv sau ansamblu de semne, conform cărora se stabilește faptul refuzului.

Criteriile refuzurilor se stabilesc de D.N.T. pentru obiectul dat.

Restabilire – procesul depistării și înlăturării refuzului (defectului) cu scopul restabilirii capacității de lucru (funcționalității) a acestuia.

Obiect restabilizator – obiect, capacitatea de lucru a căruia, în caz de producere a refuzului, este posibilă de restabilire în condițiile cercetate (studiate).

Obiect irestabilizator – obiect, capacitatea de lucru a căruia, în caz de producere a refuzului, nu este posibilă de restabilire în condițiile cercetate.

La analiza fiabilității, mai cu seamă la alegerea indicilor de siguranță a obiectului, o importanță considerabilă o are soluția care trebuie luată în caz de refuz a obiectului. Dacă în situația examinată restabilirea capacității de lucru a obiectului dat în caz de refuz din anumite cauze este recunoscută ca fiind nerentabilă sau irealizabilă (de exemplu, din cauza imposibilității întreruperii funcției efectuate), atunci așa obiect, în această situație, este irestabilizator.

Așadar, unul și același obiect, în funcție de particularitățile sau etapele exploatării, poate fi considerat restabilizator sau irestabilizator. De exemplu, aparatura unui satelit meteorologic la etapa de păstrare se referă la obiectele restabilizatoare, iar în timpul zborului în cosmos – la obiectele irestabilizatoare.

Avaria – eveniment care consta în trecerea obiectului de la un nivel al capacității de lucru sau a nivelului relativ de funcționare la alt nivel, cu mult mai redus, cu dereglare masivă a regimului de lucru a obiectului. Avaria poate provoca distrugerea parțială sau completă a obiectului, poate crea condiții periculoase pentru oameni și mediul ambiant.

4.1.1.3. Caracteristicile temporale ale obiectului

Durata de funcționare – durata sau volumul de lucru al obiectului. Obiectul poate să funcționeze permanent sau cu întreruperi. În al doilea caz se ia în considerație durata sumară de funcționare. Durata de funcționare poate fi măsurată în unități de timp, cicluri, unități de producție și în alte unități. În procesul exploatării sunt deosebite durate de funcționare zilnică, lunară, până la primul refuz, dintre refuzuri, durată stabilită ș.a.

Dacă obiectul se exploatează în diferite regimuri de solicitare, atunci durata funcționării în regim lejer poate fi luată la evidență separat de durata funcționării în regim nominal.

Resursa tehnică – durata de funcționare a obiectului din momentul începerii exploatării până la atingerea stării limită.

De regulă, se indică care anume resursă tehnică se are în vedere: până la reparația medie, capitală până la cea mai apropiată medie etc. Dacă lipsesc indicațiile concrete, atunci se are în vedere resursa de la începutul exploatării până la atingerea stării limită după toate reparațiile (medii și capitale), adică până la trecerea la pierderi conform stării tehnice.

Termenul de serviciu – durata calendaristică a exploatării obiectului de la începutul acesteia sau reluarea după reparațiile capitală sau medie până la atingerea stării limită.

Prin exploatare a obiectului se înțelege perioada existenței acestuia la dispoziția consumatorului cu condiția folosirii lui conform destinației, care se poate succeda cu păstrarea, transportarea, deservirea tehnică și reparația, dacă acestea sunt efectuate de consumator.

Termenul de păstrare – durata calendaristică a păstrării și/sau transportării obiectului în condițiile date, pe durata și după care se păstrează valorile indicilor stabiliți (inclusiv a indicilor fiabilității) în limitele date.

4.1.2. Definiția fiabilității

Funcționalitatea oricărui S.T. poate fi caracterizată de eficacitatea acesteia (fig. 4.1.), prin care se înțelege ansamblul de proprietăți ce determină capacitatea sistemului de a efectua cu succes anumite funcții (probleme).

Prin *fiabilitate* se înțelege proprietatea obiectului de a-și păstra în timp, în limitele stabilite, valorile tuturor parametrilor care caracterizează capacitatea de a îndeplini funcțiile necesare în regimurile date și condițiile concrete de folosire, deservire tehnică, reparații, păstrare și transportare.

Așadar:

1. Fiabilitatea (siguranța) – proprietate a obiectului de a-și păstra în timp capacitatea de a efectua (îndeplini) funcțiile cuvenite. De exemplu: pentru un motor electric – să asigure momentul și viteza necesare arborelui; pentru sistemul de alimentare cu energie – să asigure consumatorii cu energie de calitate corespunzătoare.

2. Îndeplinirea funcțiilor cuvenite trebuie să se desfășoare, la valorile parametrilor, în limitele stabilite. De exemplu: pentru motorul electric – să asigure momentul și viteza necesare la temperatura motorului ce nu depășește limita stabilită, lipsa sursei de explozie, incendiu etc.

3. Capacitatea de a îndeplini funcțiile cuvenite trebuie să se păstreze în regimurile date (de exemplu, regim de lucru repetat – de scurtă durată); în condiții stabilite (de exemplu, în condiții de praf, vibrație etc.).

4. Obiectul trebuie să posede capacitatea de a-și păstra funcțiile necesare în diferite faze: exploatare, deservire tehnică, reparație, păstrare și transportare.

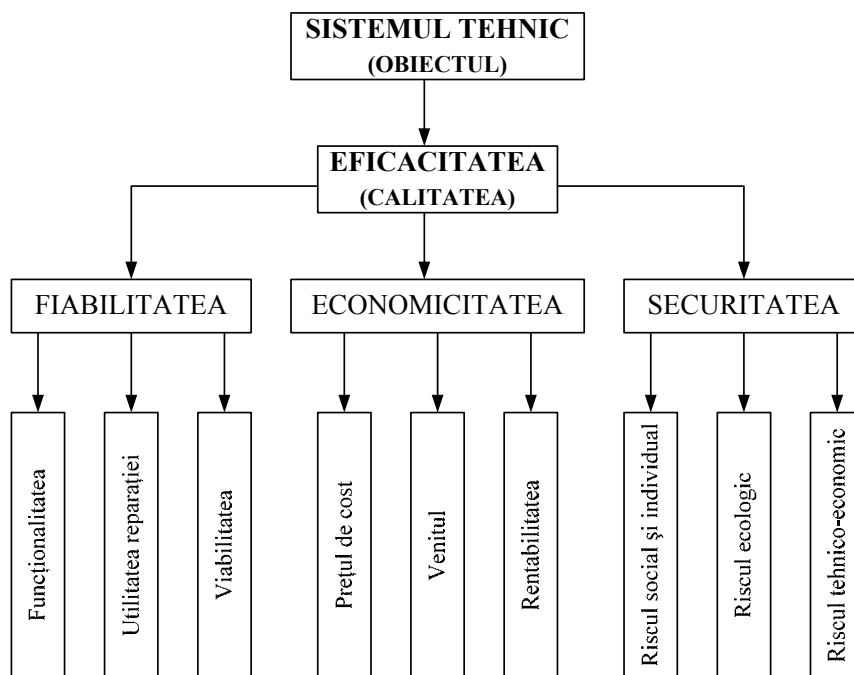


Fig. 4.1. Proprietățile principale ale S.T.

Fiabilitatea este un indice important al calității obiectului. Aceasta nu poate fi contrapusă și nici confundată cu alți indici ai calității.

În dependență de destinația obiectului fiabilitatea poate să includă în diverse combinații funcționalitatea, viabilitatea, utilitatea reparației, conservabilitatea. De exemplu, pentru un obiect ireparabil, care nu este destinat pentru păstrare, fiabilitatea este determinată de funcționalitatea acestuia în cazul folosirii conform destinației. Informația despre funcționalitatea articolului reparabil, care timp îndelungat s-a aflat în condiții de păstrare și transportare,

nu determină totalmente fiabilitatea acestuia (în asemenea caz sunt necesare informații privind utilitatea reparației și conservabilitatea). Într-un șir de cazuri o importanță deosebită revine proprietății articolului de a-și păstra funcționalitatea până la intervenția stării limită (scoaterea la timp din exploatare și transmiterea pentru reparația medie sau capitală), adică este necesară informația nu doar despre funcționalitatea obiectului, dar și despre longevitatea (vitalitatea) acestuia.

Caracteristica tehnică care, în mod cantitativ, determină una sau câteva calități ce constituie fiabilitatea obiectului se numește *indicele fiabilității*. Acesta cantitativ caracterizează în ce măsură articolului dat sau unui grup de articole le sunt proprii anumite calități, care condiționează fiabilitatea. Indicele fiabilității poate avea măsură, de exemplu, durata medie de restabilire, sau să nu aibă, de exemplu, probabilitatea funcționării ireproșabile.

Fiabilitatea, în mod generalizat, este o calitate complexă care include așa noțiuni, ca funcționalitatea, longevitatea, posibilitatea reparației, conservabilitatea. Pentru obiecte concrete și condițiile lor de exploatare aceste calități pot avea diferită însemnătate relativă.

Funcționalitatea – proprietate (calitate) a obiectului de a-și păstra neîntrerupt capacitatea de lucru pe o anumită durată de timp sau de exploatare.

Posibilitatea reparației – proprietate a obiectului care constă în adaptarea acestuia pentru menținere și restabilire a capacității de lucru prin efectuarea deservirii tehnice și a reparației.

Longevitatea – proprietate a obiectului de a-și păstra capacitatea de funcționare până la intervenirea stării limită cu întreruperile necesare pentru deservirea tehnică și reparații.

Conservabilitatea – calitate a obiectivului de a-și păstra permanent starea funcțională și capacitatea de lucru pe durata (și după) păstrării (păstrare) și/sau transportării.

Pentru indicii fiabilității sunt folosite două forme de prezentare: probabilistică și statistică. Forma probabilistică, de regulă, este mai comodă în cazul calculelor analitice prealabile a

fiabilității, iar forma statistică – în cazul cercetărilor experimentale a fiabilității S.T. Afară de aceasta s-a demonstrat că unii indici se interpretează mai bine în termeni de probabilitate, iar alții – în termeni statistici.

4.1.3. Tipurile fiabilității

Destinația multifuncțională a utilajului și a S.T. conduce la necesitatea cercetării unor sau altor aspecte ale fiabilității, cu luarea în considerație a cauzelor care formează calitățile de fiabilitate ale obiectelor. Acest fapt duce la necesitatea divizării fiabilității în anumite tipuri, și anume:

- fiabilitatea aparatajului, condiționată de starea aparatelor, care la rândul său poate fi subdivizată în fiabilitate constructivă, schematică, tehnologic-productivă;
- fiabilitatea funcțională, legată de îndeplinirea unei anumite funcții (sau a unui ansamblu de funcții), încredințate obiectului sau S.T.;
- fiabilitatea de exploatare, condiționată de calitatea utilizării și deservirii;
- fiabilitatea programatică, condiționată de calitatea asigurării programatice (programe, algoritmi de acțiune, instrucțiuni etc.);
- fiabilitatea sistemului „omul – mașina”, care depinde de calitatea deservirii obiectului de către omul-operator.

4.1.4. Caracteristica refuzurilor

Una din noțiunile de bază ale teoriei fiabilității este noțiunea de refuz (a obiectului, elementului, sistemului).

Refuzul obiectului – eveniment, care se manifestă prin faptul că obiectul complet sau parțial încetează de a-și realiza funcțiile stabilite. În cazul pierderii complete a capacității de lucru apare *refuzul complet*, iar la pierderea parțială – *refuzul parțial*. Noțiunile de refuzuri complet și parțial, de fiecare dată, trebuie să fie clar formulate, înainte de analiza fiabilității, deoarece de acest fapt, depinde evaluarea cantitativă a fiabilității.

Cauzele apariției refuzurilor se datorează:

- defectelor constructive;
- defectelor tehnologice;
- defectelor de exploatare;
- îmbătrânirii treptate (uzurii).

Refuzurile din cauza defectelor constructive apar ca urmare a construcției imperfecte, datorită „eșecurilor” în timpul construirii. În acest caz cele mai frecvente sunt neluarea în considerație a solicitărilor „de vârf” (maximale), folosirea materialelor de calitate proastă, eșecuri de schemă etc. Refuzurile acestei grupe se reflectă asupra tuturor exemplarelor articolului, obiectului, sistemului.

Refuzurile datorate defectelor tehnologice apar ca urmare a încălcării tehnologiei adoptate de fabricare a articolelor (de exemplu, ieșirea unor caracteristici în afara limitelor stabilite). Refuzurile acestei grupe sunt caracteristice pentru anumite partide de articole, la fabricarea cărora au fost comise încălcări ale tehnologiei de fabricare.

Refuzurile din cauza defectelor de exploatare apar din cauza necorespunderii condițiilor de exploatare și a regulilor de deservire celor necesare (stabilite). Refuzurile acestei grupe sunt caracteristice unor exemplare separate de articole.

Refuzurile din cauza îmbătrânirii (uzurii) se produc ca urmare a acumulării unor modificări ireversibile în materiale, care conduc la scăderea rezistenței (mecanică, electrică) sau dereglarea interacțiunii părților obiectului.

Refuzurile conform schemelor cauzale de producere se divizează în următoarele grupe:

- refuzuri cu schemă momentană de producere;
- refuzuri cu schemă treptată de producere;
- refuzuri cu schemă relaxantă de producere;
- refuzuri cu scheme combinate de producere.

Refuzurile cu schemă momentană de producere se caracterizează prin aceea, că momentul intervenției refuzului nu depinde de durata premergătoare de exploatare și nici de starea obiectului, momentul refuzului intervine întâmplător, pe

neașteptate. Exemple de realizare a unei asemenea scheme pot servi refuzurile articolelor sub acțiunea solicitărilor maxime în rețeaua electrică, distrugerea mecanică din cauza unei acțiuni exterioare străine etc.

Refuzurile cu schemă treptată de producere au loc din cauza acumulării treptate a defectelor în materiale, ca urmare a schimbărilor fizico-chimice în acestea. Totodată, valorile unor parametri „hotărâtori” depășesc limitele admise și obiectul (sistemul) nu mai este capabil să îndeplinească funcțiile stabilite. Exemple de realizare a unor asemenea scheme pot servi refuzurile din cauza scăderii rezistenței izolației, eroziunii electrice a contactelor etc.

Refuzurile cu schemă relaxantă de producere (apariție) sunt caracterizate de o acumulare inițială, treptată a defectelor, care creează condiții pentru schimbarea neregulată (bruscă) a stării obiectului, după care se produce starea de refuz. Exemplu de realizare a schemei relaxante de apariție a refuzurilor poate servi străpungerea izolației cablului electric ca urmare a distrugerii corozive a armurii.

Refuzurile cu scheme combinate de apariție sunt caracteristice pentru situațiile când acționează concomitent câteva scheme cauzale. Exemplu de realizare a unei asemenea scheme poate servi refuzul motorului în rezultatul scurtcircuitului din cauza scăderii rezistenței izolației bobinelor și supraîncălzirii.

La analiza fiabilității este necesar a dezvălui cauzele preponderente ale refuzurilor și numai după aceea, dacă apare necesitatea, se va lua în considerație influența celorlalte cauze.

Conform aspectului dezvoltării în timp și gradului de precizie refuzurile se împart în *bruste* și *treptate*.

Conform caracterului înlăturării în timp refuzurile pot fi stabile (finale) și momentane (care se autolichidează). Refuzul momentan este numit *întrerupere impulsivă*. Indicele caracteristic al întreruperii impulsive – restabilirea capacității de lucru după producerea acesteia nu necesită reparația aparaturii. Drept exemplu

poate servi o perturbație de scurtă durată la primirea semnalelor, defecte de program etc.

Pentru analiza și cercetarea fiabilității schemele cauzale ale refuzurilor pot fi prezentate în formă de modele statistice, care datorită declanșării probabilistice ale defectelor se descriu de legile probabilității.

4.1.5. Tipurile de refuzuri și legăturile cauzale

Refuzurile elementelor S.T. sunt obiectele principale de cercetare la analiza legăturilor cauzale.

După cum se vede din cercul interior (fig. 4.2), amplasat în jurul nucleului „refuzul elementului”, refuzurile pot apărea în rezultatul:

- 1) refuzurilor primare;
- 2) refuzurilor secundare;
- 3) comenzilor eronate (refuzuri inițiale).

Refuzurile tuturor acestor categorii pot avea diferite cauze, prezentate în cercul exterior. Atunci, când tipul exact de refuzuri este determinat și datele privind acest tip de refuzuri sunt căpătate, iar evenimentul final este unul critic, atunci acestea se studiază ca refuzuri inițiale.

Refuzul primar al elementului este determinat ca o stare nefuncțională a acestui element, cauză a acestei stări fiind însuși elementul și este necesar a efectua lucrări de reparație pentru a întoarce elementul în starea funcțională. Refuzurile primare au loc în cazul acțiunilor de intrare, valorile cărora se află în diapazonul de calcul, iar refuzurile sunt lămurite prin îmbătrânirea naturală a elementelor. Distrugerea rezervorului ca urmare a îmbătrânirii (oboselii) materialului servește drept exemplu de refuz primar.

Refuzul secundar – este identic cu cel primar cu excepția aceluia fapt că, cauză a refuzului nu este elementul propriu-zis. Refuzurile secundare se lămuresc prin acțiunea trecută sau cotidiană a tensiunilor excesive asupra elementelor. Amplituda, frecvența, durata acțiunii acestor tensiunii pot depăși limitele admise, pot avea polaritate inversă și sunt provocate de diferite surse de energie:

termică, mecanică, electrică, chimică, magnetică, radioactivă etc. Aceste tensiuni sunt provocate de elementele vecine sau de mediul înconjurător, de exemplu – de factorii meteorologici (ploaie abundentă, chiciură, solicitare de vânt), de condițiile geologice (alunecări de teren, tasări de teren), precum și de acțiunea altor sisteme tehnice.

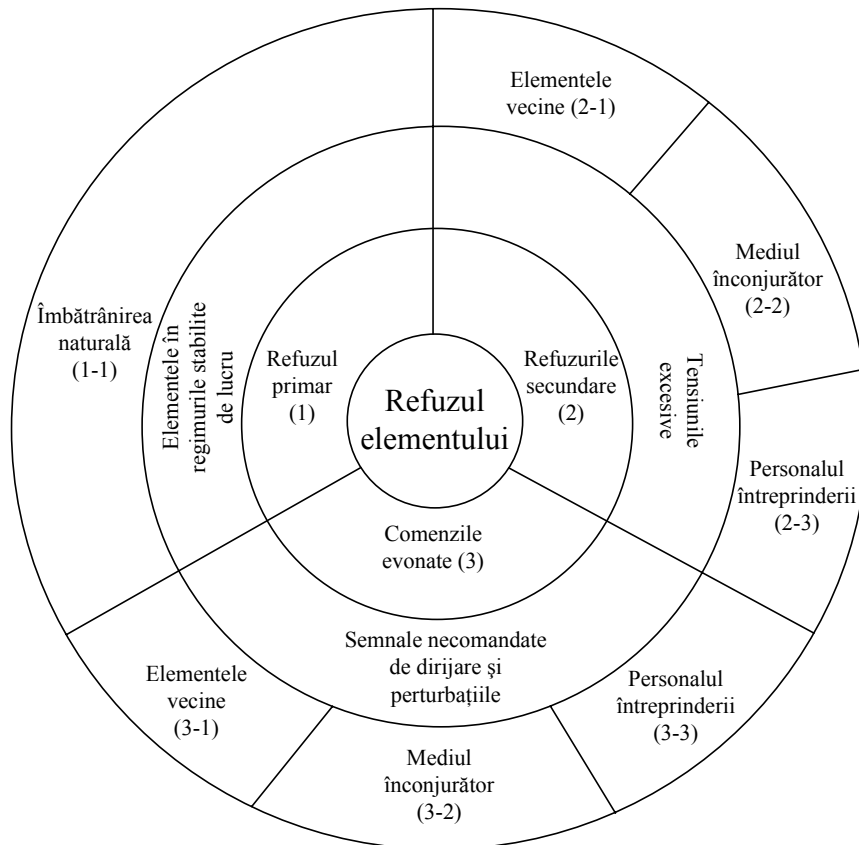


Fig. 4.2. Caracteristica refuzurilor elementelor

Exemplu de refuzuri secundare servesc „acționarea siguranței sau automatului din cauza supracurentului”, „distrugerea

recipientelor de păstrare în caz de cutremur” ș.a. Trebuie să menționăm, că înlăturarea surselor de supratensiuni nu garantează întoarcerea elementului în stare funcțională, deoarece suprasolicitarea anterioară putea provoca defectarea ireversibilă a elementului, care necesită, în asemenea caz, reparație.

Refuzurile inițiale (comenzi eronate). Oamenii, de exemplu, operatorii și personalul tehnic de deservire, de asemenea, sunt surse posibile de refuzuri secundare, dacă acțiunile lor conduc la ieșirea elementelor din funcțiune. Comenzile eronate (greșite) se prezintă sub formă de element, care nu se află în stare funcțională din cauza semnalului incorect de dirijare sau a perturbațiilor (în asemenea caz, doar uneori, se cere reparație pentru a întoarce elementul dat în stare funcțională). Semnalele spontane de comandă sau perturbațiile, în majoritatea cazurilor, nu provoacă urmări (defecte) și, la regimuri ulterioare normale, elementele funcționează în corespundere cu cerințele stabilite. Exemple tipice de comenzi eronate sunt: „tensiunea a nimerit spontan pe bobina releului”, „comutatorul întâmplător nu s-a deconectat din cauza perturbațiilor”, „perturbațiile la intrarea aparatului de control al sistemului de securitate au provocat un semnal fals de oprire”, „operatorul a apăsător butonul de avarie” (comandă eronată de la butonul de avarie).

Refuzurile multiple (refuzuri cu caracter general) – sunt evenimente la care câteva elemente ies din funcțiune datorită aceleiași cauze. Către asemenea cauze pot fi atribuite următoarele:

- imperfecțiunile constructive ale utilajului (defecte care nu au fost depistate la etapa de proiectare și care duc la refuzuri ca urmare a dependenței reciproce între subsistemele electrice și mecanice sau între elementele sistemului excesiv);
- greșeli de exploatare și de deservire tehnică (ajustare sau calibrare incorectă, neglijența operatorului, manipulare incorectă etc.);
- acțiunea mediului înconjurător (umezeala, praful, murdăria, temperatura, vibrația, precum și regimurile extreme de exploatare normală);

- acțiuni exterioare catastrofale (inundație, cutremur, incendiu, uragan etc.);
- același producător (utilajul de rezervă sau componentele acestuia, livrate de unul și același producător, pot avea aceleași defecte constructive sau de fabricare. De exemplu, defectele de fabricare pot fi provocate de alegerea incorectă a materialului, de erori în sistemele de montaj, de lipirea, sudarea necalitativă etc.);
- aceeași sursă exterioară de alimentare cu energie (sursă comună de alimentare pentru utilajul principal și cel de rezervă, pentru elementele și subsistemele de schimb);
- funcționare incorectă (ansamblu de aparate de măsură alese incorect sau măsuri de protecție planificate nesatisfăcător).

Este cunoscut un șir de exemple de refuzuri multiple: astfel, unele elemente (releuri) asamblate în paralel ieșeau din funcțiune în același timp, iar refuzurile lor erau provocate de aceeași cauză; din cauza distrugerii conductei de vapori s-au produs mai multe refuzuri ale panoului de comutare ș.a.

Pentru fiecare cauză comună este necesar a determina toate evenimentele inițiale pe care aceasta le poate provoca. Totodată, se determină sfera de acțiune a cauzei comune, precum și locul de amplasare a elementelor și momentul (timpul) incidentului.

Refuzul se compară cu alt refuz mai serios (critic). La evaluarea comparativă a seriozității refuzurilor se iau în considerație urmările refuzului, probabilitatea producerii (aparității), posibilitatea depistării, localizarea etc.

Calitățile (proprietățile) mai sus menționate ale S.T. și securitatea industrială sunt reciproc legate. Astfel, în cazul unei fiabilități nesatisfăcătoare a obiectului este puțin probabil a ne aștepta la indici buni de securitate ai acestuia. În același timp calitățile enumerate au și funcțiile lor de sine stătătoare. Dacă la analiza fiabilității se studiază capacitatea obiectului de a efectua anumite funcții (în cazul anumitor condiții de exploatare), în limitele stabilite, atunci la evaluarea securității industriale se dezvăluie legăturile cauze-urmări ale producerii și dezvoltării avariilor și a altor dereglări cu analiza multilaterală a urmărilor acestora.

4.2. Caracteristicile cantitative ale fiabilității

4.2.1. Criteriile și caracteristicile cantitative ale fiabilității

Criteriu al fiabilității se numește indicele conform căruia se poate evalua cantitativ fiabilitatea diferitor dispozitive (obiecte, articole).

La șirul celor mai pe larg utilizate criterii ale fiabilității se referă:

- probabilitatea funcționării ireproșabile pe o anumită durată de timp, $P(t)$;
- durata medie de funcționare ireproșabilă până la primul refuz, T_{med} ;
- durata de funcționare fără defecte la refuz, t_{med} ;
- frecvența refuzurilor, $f(t)$ sau $a(t)$;
- intensitatea refuzurilor, $\lambda(t)$;
- parametrul fluxului de refuzuri, $W(t)$;
- funcția;
- coeficientul.

Caracteristică a fiabilității trebuie numită valoarea cantitativă a criteriului de fiabilitate a dispozitivului concret.

Selectarea caracteristicilor cantitative ale fiabilității depinde de tipul obiectului.

4.2.2. Criteriile de fiabilitate ale obiectelor ireparabile

Să admitem că la testare se află N_0 obiecte și admitem că testările se consideră finalizate dacă toate acestea au refuzat să funcționeze. În locul exemplarelor care au refuzat, altele noi sau reparate nu se instalează. În asemenea cazuri criteriile fiabilității articolelor sunt:

- probabilitatea funcționării ireproșabile, $P(t)$;
- frecvența refuzurilor, $f(t)$ sau $a(t)$;
- intensitatea refuzurilor $\lambda(t)$;
- funcționalitatea medie până la primul refuz, T_{med} .

Probabilitate a funcționării ireproșabile (P.F.I.) se numește probabilitatea aceluși fapt care, în anumite condiții de exploatare,

într-un interval stabilit de timp sau în limitele funcționalității ireproșabile date, nu se va produce nici un refuz.

Conform definiției:

$$P(t) = P(T > t), t \geq 0 \quad (4.1)$$

unde: T – durata funcționării elementului de la punerea în funcțiune până la primul refuz;

t – durata de timp pentru care se determină probabilitatea funcționării ireproșabile.

Probabilitatea funcționării ireproșabile, conform datelor statistice privind refuzurile, se apreciază cu expresia

$$\bar{P}(t) = \frac{[N_0 - n(t)]}{N_0}, \quad (4.2)$$

unde: N_0 – numărul de elemente la începutul funcționării (probării);

$n(t)$ – numărul elementelor care au refuzat pe durata de timp t .

$\bar{P}(t)$ – evaluarea statistică a probabilității funcționării ireproșabile.

În cazul unui număr mare de elemente (articole) N_0 evaluarea statistică $\bar{P}(t)$ practic corespunde cu probabilitatea funcționării ireproșabile, $P(t)$. În practică, în unele cazuri, o caracteristică mai comodă este probabilitatea refuzului, $Q(t)$.

Probabilitatea a refuzului se numește măsura cantitativă a faptului care, în anumite condiții de exploatare, într-un interval anumit de timp, se va produce măcar un refuz. Refuzul și funcționarea ireproșabilă sunt evenimente incompatibile și diametral opuse, de aceea când $t \geq 0$

$$Q(t) = P(T \leq t), \quad \bar{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}, \quad Q(t) = 1 - P(t) \quad (4.3)$$

Frecvență a refuzurilor, conform datelor statistice, se numește raportul numărului de elemente care au refuzat într-o unitate de timp la numărul inițial de elemente supuse testării cu

condiția, că toate elementele care au ieșit din funcțiune nu se restabilesc.

Conform definiției:

$$\bar{f}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta T}, \quad (4.4)$$

unde: $n(\Delta t)$ – numărul de elemente care au refuzat în intervalul de timp de la $\frac{(t - \Delta t)}{2}$ până la $\frac{(t + \Delta t)}{2}$.

Frecvența refuzurilor prezintă densitatea probabilității (sau legea distribuirii) duratei de lucru a articolului până la primul refuz. De aceea:

$$P(t) = 1 - Q(t), P(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt. \quad (4.5)$$

Intensitate a refuzurilor, conform datelor statistice, se numește raportul numărului de articole care au refuzat într-o unitate de timp, față de numărul mediu de articole care au funcționat ireproșabil în această unitate de timp.

Conform definiției

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{(N_{med} \cdot \Delta t)}, \quad (4.6)$$

unde: $N_{med} = \frac{(N_i + N_{i+1})}{2}$ – numărul mediu al elementelor care au funcționat ireproșabil în intervalul Δt ;

N_i – numărul de articole care funcționau ireproșabil la începutul intervalului Δt ;

N_{i+1} – numărul de articole care funcționau ireproșabil la sfârșitul intervalului Δt .

Evaluarea probabilistică a caracteristicii $\lambda(t)$ se determină din expresia:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (4.7)$$

Intensitatea refuzurilor și probabilitatea funcționării ireproșabile sunt legate între ele prin relația:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda(t) dt \right]. \quad (4.8)$$

Durata medie până la primul refuz se numește așteptarea matematică a duratei de lucru a elementului până la refuz.

Ca o așteptare matematică, T_{med} se calculează prin frecvența refuzurilor (densitatea distribuirii duratei de funcționare ireproșabilă):

$$M(t) = T_{med} = \int_0^{+\infty} t \cdot f(t) dt. \quad (4.9)$$

Deoarece t este o mărime pozitivă, iar $P(0) = 1$, iar $P(\infty) = 0$, atunci:

$$T_{med} = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (4.10)$$

Conform datelor statistice despre refuzuri, durata medie de funcționare până la primul refuz se calculează după formula:

$$\bar{T}_{med} = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^{N_0} t_i \right\}}{N_0}. \quad (4.11)$$

unde: t_i – durata funcționării ireproșabile a elementului i ;

N_0 – numărul elementelor cercetate.

După cum se vede din formula (4.11), pentru determinarea duratei medii de funcționare până la primul refuz este necesar să se cunoască momentele ieșirii din funcțiune a tuturor elementelor cercetate (supuse testărilor). De aceea, pentru calcularea duratei medii de funcționare până la refuz, folosirea formulei (4.11) nu este comodă. Cunoscând datele despre numărul elementelor care au ieșit din funcție n_i în fiecare interval i de timp, durata medie de

funcționare până la primul refuz este mai comod a se determina cu expresia:

$$\bar{T}_{med} \approx \frac{\left\{ \sum_{i=1}^m n_i t_{med.i} \right\}}{N_0}, \quad (4.12)$$

În expresia (4.12) $t_{med.i}$ și m se calculează conform următoarelor formule:

$$t_{med.i} = \frac{(t_{i-1} + t_i)}{2}; \quad m = \frac{t_k}{\Delta t},$$

unde: t_{i-1} – momentul începutului intervalului i ;

t_i – momentul finalizării intervalului i ;

t_k – durata de timp, pe parcursul căreia toate elementele au ieșit din funcțiune;

$\Delta t = (t_i - t_{i-1})$ – intervalul de timp.

Din expresiile pentru evaluarea caracteristicilor cantitative ale fiabilității se vede că, toate caracteristicile, cu excepția duratei medii de funcționare până la primul refuz, sunt funcții de timp. Expresiile concrete pentru evaluarea practică a caracteristicilor cantitative ale fiabilității dispozitivelor sunt studiate în paragraful „Legile distribuirii refuzurilor”.

Criteriile studiate ale fiabilității permit, suficient de complet, a evalua fiabilitatea articolelor ireparabile. Tot ele permit evaluarea fiabilității articolelor reparabile până la primul refuz. Prezența câtorva criterii deloc nu înseamnă, că întotdeauna trebuie evaluată fiabilitatea elementelor conform tuturor criteriilor.

Cel mai complet fiabilitatea articolelor este caracterizată de frecvența refuzurilor $f(t)$ sau $a(t)$. Acest fapt se lămurește prin aceea, că frecvența refuzurilor prezintă în sine densitatea distribuirii și de aceea conține toată informația despre fenomenul aleatoriu – durata funcționării ireproșabile.

Durata medie de funcționare până la primul refuz este o caracteristică destul de convingătoare a fiabilității. Totuși, folosirea

acestui criteriu pentru evaluarea fiabilității S.T. complicat este limitată în acele cazuri, când:

- durata funcționării sistemului este cu mult mai mică decât durata medie de funcționare ireproșabilă;
- legea distribuirii duratei funcționării ireproșabile nu este uniparametrică și, pentru evaluarea suficient de completă, se cer momente de ordine superioară;
- sistemul este rezervat;
- intensitatea refuzurilor nu este constantă;
- durata funcționării diferitor părți ale sistemului complicat este diferită.

Intensitatea refuzurilor este cea mai comodă caracteristică a fiabilității elementelor simple, deoarece ea permite mult mai simplu a calcula caracteristicile cantitative ale fiabilității sistemului complicat.

Cel mai rațional criteriu al fiabilității sistemului complicat este probabilitatea funcționării ireproșabile. Acest fapt este lămurit de următoarele particularități ale probabilității funcționării ireproșabile:

- ea se include în calitate de factor comun în alte caracteristici, mult mai generale, ale sistemului, de exemplu, în eficacitate și cost;
- caracterizează schimbarea fiabilității în timp;
- poate fi căpătată, relativ simplu, prin calcule, în procesul proiectării sistemului și evaluată în procesul testării acestuia.

Durata medie de funcționare ireproșabilă și durata medie de funcționare până la refuz pot fi căpătate conform rezultatelor testărilor. Pentru aceasta trebuie continuate testările până la momentul când a refuzat ultimul exemplar. Fie durata de viață a fiecărui element corespunzător egală cu $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$. Atunci durata medie de funcționare până la refuz se va determina din relația:

$$T_{\text{med}} = \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \tau_i. \quad (4.13)$$

Deoarece practic este imposibil a efectua testările tuturor elementelor până la refuz, atunci în cazul unei valori mari (N) a numărului de elemente, inclusiv elementele care au refuzat (n), durata medie de funcționare până la refuz poate fi determinată după formula:

$$T_{\text{med}} \approx \frac{\tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n + (N - n) \cdot t}{N}, \quad (4.14)$$

unde: n – numărul de elemente care au refuzat;

N – numărul total de elemente puse la testare.

Exemplu. La testare au fost puse $N = 100$ elemente. Testările s-au desfășurat pe durata a 200 ore, ($t = 200$ ore). În procesul testărilor au refuzat $n = 5$ elemente, totodată refuzurile au fost fixate în următoarele momente: $\tau_1 = 50$ ore; $\tau_2 = 80$ ore; $\tau_3 = 90$ ore; $\tau_4 = 100$ ore; $\tau_5 = 150$ ore; celelalte elemente nu au refuzat, adică continuau să funcționeze normal. A determina durata medie de funcționare până la refuz T_{med} .

Rezolvare. Pentru soluționarea problemei apelăm la formula (4.14), conform căreia reiese:

$$\begin{aligned} T_{\text{med}} &= \frac{[50 + 80 + 90 + 100 + 150 + (100 - 5) \cdot 200]}{100} = \\ &= \frac{[470 + 95 \cdot 200]}{100} = 194,7 \text{ ore} \end{aligned}$$

Răspuns: Durata medie de funcționare până la refuz, $T_{\text{med}} = 194,7$ ore.

Funcția $\lambda(t)$ /intensitatea refuzurilor/ poate fi determinată conform rezultatelor testărilor. Admitem că testările au fost supuse N elemente. Fie $n(t)$ – numărul de elemente care nu au refuzat către momentul t . Atunci în cazul unui interval mic Δt și a unui număr mare de elemente N , vom avea:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{[\Delta t \cdot n(t)]}, \quad (4.15)$$

unde: Δn – numărul de refuzuri pe segmentul Δt .

Intensitatea refuzurilor $\lambda(t)$ conform datelor statistice este egală cu raportul numărului de refuzuri care s-au produs într-o unitate de timp la numărul total de elemente funcționale (care nu au dat refuz) în aceeași unitate de timp.

Durata testărilor poate fi condițional împărțită în trei perioade (faze). În prima fază funcția $\lambda(t)$ are valori sporite. Aceasta este faza refuzurilor timpurii legate de defecțiunile mascate (faza ajustării, rodajului). Faza a doua este numită faza funcționării normale. Pentru această perioadă este caracteristică intensitatea constantă a refuzurilor. Ultima fază, a treia, este faza îmbătrânirii (uzurii). Deoarece faza funcționării normale este faza principală, în calculele fiabilității se acceptă că $\lambda(t) = \lambda = const$. În acest caz, dacă legea distribuției este exponențială, atunci funcția fiabilității are forma:

$$P(t) = \exp(-\lambda t) \quad (4.16)$$

Durata medie de viață corespunzător va fi egală:

$$T_{med} = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda t) dt = \frac{1}{\lambda}, \quad (4.17)$$

de aceea funcția fiabilității poate fi prezentată și în următoarea formă:

$$P(t) = \exp\left(\frac{-t}{T_{med}}\right). \quad (4.18)$$

Dacă durata de lucru a elementului este mică, comparativ cu durata medie de viață, pentru funcția fiabilității poate fi folosită o expresie aproximativă:

$$P(t) \approx 1 - \frac{t}{T_{med}} \quad (4.19)$$

Exemplu. Conform datelor exploatării generatorului s-a stabilit că durata de lucru până la refuz se supune legii exponențiale cu parametrul, $\lambda = 2 \cdot 10^{-5}$ 1/h.

A determina probabilitatea funcționării ireproșabile pe durata de timp $t = 100$ ore. A calcula așteptarea matematică a duratei de lucru până la refuz.

Rezolvare. Determinăm probabilitatea funcționării ireproșabile conform formulei (4.16):

$$P(t) = e^{-\lambda t} = \exp(-2 \cdot 10^{-5} \cdot 100) = 0,998$$

Așteptarea matematică a duratei de lucru până la refuz o determinăm conform formulei (4.17)

$$M_a = T_{med} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{(2 \cdot 10^{-5})} = 5 \cdot 10^4 h$$

$$\text{Răspuns: } P(t) = 0,998 ; M_a = 5 \cdot 10^4 h .$$

4.2.3. Criteriile de fiabilitate ale elementelor reparabile

Majoritatea S.T. complicate cu termene îndelungate de exploatare sunt sisteme reparabile, adică refuzurile care apar în procesul exploatării sistemelor se înlătură în procesul reparației. Starea tehnică funcțională a articolelor în procesul exploatării este menținută prin efectuarea lucrărilor profilactice și de restabilire.

Pentru realizarea, în procesul exploatării articolelor, a lucrărilor de menținere și restabilire a funcționalității lor se cer cheltuieli considerabile de energie (muncă), mijloace materiale și timp. De regulă, aceste cheltuieli pe durata exploatării articolului depășesc considerabil cheltuielile corespunzătoare pentru fabricarea acestuia. Totalitatea lucrărilor pentru menținerea și restabilirea funcționalității și resursei articolelor este divizată în deservire tehnică și reparație, care la rândul lor sunt divizate în lucrări profilactice, efectuate în ordine profilactică, și lucrări de avarie

(depanare), efectuate pe măsura apariției refuzurilor sau a situațiilor de avarie.

Calitatea articolelor de a putea fi reparate influențează asupra cheltuielilor materiale și asupra duratei staționărilor în procesul exploatării. Adaptarea pentru reparație este strâns legată de funcționarea ireproșabilă și de durata de viață (viabilitatea, longevitatea) a articolelor. Astfel, pentru articolele cu un înalt nivel al funcționării ireproșabile, de regulă, sunt caracteristice cheltuieli reduse de muncă și mijloace pentru menținerea funcționalității lor. Indicii funcționării ireproșabile și a adaptării pentru reparație a articolelor sunt părțile componente ale unor criterii de ansamblu (complexe), așa ca coeficientul disponibilității și coeficientul utilizării tehnice.

Durata medie de funcționare spre refuz – durata de lucru a elementului reparabil, care revine, în mediu, pentru un refuz în intervalul cercetat de timp a lucrului sumar fără defecte sau a unei anumite durate de exploatare:

$$T_{med} = \left(1/m \right) \sum_{i=1}^m t_i \quad (4.20)$$

unde: t_i – funcționarea elementului până la refuzul (i);

m – numărul de refuzuri în intervalul cercetat de funcționare sumară ireproșabilă.

Funcționarea fără defecte între refuzuri este determinată de volumul de lucru al elementului de la refuzul (i) până la refuzul (i + 1), unde $i = 1, 2, 3, \dots, m$.

Durata medie de restabilire a unui refuz în intervalul cercetat al funcționării sumare (fără defecte) sau a unei anumite durate de exploatare

$$T_r = \left(1/m \right) \sum_{i=1}^m t_{ri} , \quad (4.21)$$

unde: t_{ri} – durata de timp pentru restabilirea refuzului (i);

m – numărul de refuzuri în intervalul cercetat al funcționării sumare.

Coeficientul disponibilității K_d prezintă probabilitatea acelui fapt, că articolul va fi funcțional într-un moment arbitrar de timp, cu excepția perioadelor de efectuare a deservirii tehnice planificate, când folosirea articolului conform destinației este exclusă. Acesta este un criteriu complex, deoarece cantitativ el caracterizează concomitent doi indici: funcționalitatea și adaptarea pentru reparație.

În regim staționar (stabilizat) de exploatare și la orice tip de lege a distribuției duratei de lucru dintre refuzuri și a duratei de restabilire coeficientul disponibilității (K_d) se determină după formula:

$$K_d = T_{med} / (T_{med} + T_r), \quad (4.22)$$

unde: T_{med} – durata medie de funcționare spre refuz;

T_r – durata medie de restabilire a unui refuz.

Așadar, analiza formulei (4.22) ne demonstrează că fiabilitatea articolului (elementului) este funcție nu doar a funcționalității, dar și a adaptării pentru reparație. Aceasta înseamnă că fiabilitatea joasă poate fi într-o măsură oarecare compensată de îmbunătățirea adaptării pentru reparație. Cu cât este mai înaltă intensitatea restabilirii, cu atât este mai înaltă disponibilitatea elementului. Dacă durata staționării (pentru reparație) este mare, atunci disponibilitatea este joasă.

O altă caracteristică importantă a adaptării pentru reparație este coeficientul utilizării tehnice ($K_{u.t.}$), care prezintă în sine raportul funcționării fără defecte a articolului în unități de timp într-o anumită perioadă de exploatare față de suma acestei funcționări și a tuturor staționărilor, condiționate de lichidarea refuzurilor, deservirea tehnică și reparațiile din această perioadă. Coeficientul utilizării tehnice prezintă în sine probabilitatea faptului, că articolul (elementul) va funcționa în regimul corespunzător pe durata de timp T . Așadar, $K_{u.t.}$ este determinat de doi factori principali – fiabilitatea și adaptarea pentru reparație.

Coeficientul utilizării tehnice caracterizează partea de timp a aflării elementului în stare funcțională față de durata studiată de

exploatare. Perioada de exploatare, pentru care se determină coeficientul utilizării tehnice, trebuie să conțină toate tipurile de deservire tehnică și de reparații (cu duratele lor corespunzătoare). Coeficientul utilizării tehnice ia în considerație cheltuielile de timp pentru reparațiile planificate și neplanificate, precum și deservirile reglementate și se determină conform formulei:

$$K_{u,t} = t_f / (t_f + t_r + t_d + t_{rp}), \quad (4.23)$$

unde: t_f – funcționarea ireproșabilă sumară a elementului în perioada cercetată de timp;

t_r – timpul consumat pentru restabilirea refuzului;

t_d – timpul consumat pentru deservirea tehnică;

t_{rp} – timpul consumat pentru reparații, toate fiind determinate pentru aceeași perioadă de timp.

Exemplu. A determina coeficientul disponibilității sistemului dacă de cunoaște că durata medie de restabilire a unui refuz constituie, $T_r = 5$ ore, iar valoarea medie a funcționării spre refuz, $T_{med} = 500$ ore.

Rezolvare. Pentru determinarea coeficientului disponibilității ne folosim de formula (4.22):

$$K_d = T_{med} / (T_{med} + T_r) = 500 / (500 + 5) = 0,99.$$

Răspuns: $K_d = 0,99$.

Exemplu. La exploatarea unui S.T. complicat au fost căpătate următoarele date statistice, prezentate în tabelul 4.1. A determina coeficientul de disponibilitate al sistemului.

Tabelul 4.1. Datele statistice, c p tate la exploatarea S.T.

Nr. sistemului	Numărul de refuzuri, m_i	Timpul, ore		
		de restabilire a refuzului, $t_{r.i.}$	de funcționare, t_f	sumar de restabilire a refuzurilor, $m_i \cdot t_{r.i.}$
1	2	1	200	2
2	5	2	300	10
3	6	4	400	24
4	4	3	300	12
5	8	2	600	16
6	10	5	700	50
7	15	2	900	30
8	20	3	1000	60
Total:	70	-	4400	204

Rezolvare. Determinăm durata medie de funcționare fără deteriorări spre refuz

$$T_{med} = \sum_{i=1}^8 t_f / \sum_{i=1}^8 m_i = 4400 / 70 = 62,86 \text{ ore.}$$

Determinat durata medie de restabilire a unui refuz

$$T_r = \sum_{i=1}^8 m_i \cdot t_{r.i.} / \sum_{i=1}^8 m_i = 204 / 70 = 2,91 \text{ ore.}$$

Conform formulei (4.22)  i a valorilor T_{med}  i T_r calculate determinăm coeficientul de disponibilitate a sistemului complicat, K_d :

$$K_d = T_{med} / (T_{med} + T_r) = 62,86 / (62,86 + 2,91) = 62,86 / 65,77 = 0,956.$$

Exemplu. A determina coeficientul utilizării tehnice a ma inii, dacă se cunoa te că mașina este exploatată pe parcursul unui an ($T_{ex} = 8760$ ore).  n această perioadă de exploatare a ma inii

timpul sumar de restabilire a refuzurilor a constituit, $t_r = 40$ ore. Timpul pentru efectuarea deservirilor tehnice reglementare constituie $t_d = 20$ ore. Timpul sumar cheltuit pentru lucrările de reparație în această perioadă de exploatare a constituit 15 zile, adică, $t_{rp} = 15 \times 24 = 360$ ore.

Rezolvare. Determinăm durata sumară de funcționare a mașinii:

$$t_f = T_{ex} - (t_r + t_d + t_{rp}) = 8760 - (40 + 20 + 360) = 8340 \text{ ore.}$$

Determinăm coeficientul utilizării tehnice conform formulei (4.23):

$$K_{u,t} = t_f / (t_f + t_r + t_d + t_{rp}) = 8340 / 8760 = 0,952.$$

Răspuns: $K_{u,t} = 0,952$.

4.2.4. Indicii de fiabilitate ai S.T. care constă din elemente independente

Orice sistem este caracterizat de funcționalitate și de adaptabilitatea pentru reparație. În calitate de caracteristică a funcționalității sistemului servește funcția fiabilității, care prezintă în sine probabilitatea funcționării ireproșabile pe o anumită durată de timp, t .

Fie un S.T. care constă din n elemente, funcțiile de fiabilitate ale cărora le vom nota prin $p_1(t)$, $p_2(t)$,... $p_n(t)$. Deoarece elementele care fac parte din structura sistemului sunt elemente independente, atunci probabilitatea funcționării ireproșabile a sistemului se determină ca produsul probabilităților elementelor componente ale S.T., adică

$$P(t) = p_1(t) p_2(t) \dots p_n(t). \quad (4.24)$$

În caz particular, când funcțiile fiabilității elementelor componente au distribuție exponențială cu intensități constante ale refuzurilor, funcția fiabilității S.T. complicat se determină conform formulei:

$$P(t) = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) \cdot t] = \exp\left[-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right]. \quad (4.25)$$

Una din caracteristicile importante ale funcționalității S.T. este durata medie de viață, care se calculează conform expresiei:

$$T_{med} = -\int_0^{\infty} P(T) dT. \quad (4.26)$$

Pentru cazul distribuției exponențiale durata medie de viață a sistemului va fi:

$$T_{med} = \int_0^{\infty} \exp\left[-\sum_{i=1}^n \lambda_i t\right] dt = 1/(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n). \quad (4.27)$$

Durata medie de viață a S.T. sau durata de funcționare fără defecte spre refuz conform datelor statistice se calculează după formulă:

$$T_{med} = T / m, \quad (4.28)$$

unde: T – durata sumară de funcționare a sistemului, determinată după rezultatele testărilor sau a exploatării;

m – numărul sumar de refuzuri, fixate în procesul testărilor sau exploatării.

Coeficientul disponibilității operative caracterizează fiabilitatea sistemului, necesitatea folosirii căruia apare într-un moment arbitrar de timp (cu excepția perioadelor planificate, pe parcursul cărora folosirea sistemului conform destinației nu se prevede), începând cu care sistemul va funcționa ireproșabil pe durata de timp stabilită, t. Valoarea coeficientului disponibilității operative se determină din expresia:

$$K_{op} = K_d \cdot P(t) = P(t) \cdot T_{med} / (T_{med} + T_r) \quad (4.29)$$

Exemplu. A determina coeficientul disponibilității operative a sistemului pentru o perioadă de timp $t = 10$ ore, dacă se cunoaște că sistemul constă din cinci elemente cu intensitatea corespunzătoare a refuzurilor, h^{-1} : $\lambda_1 = 2 \cdot 10^{-5}$; $\lambda_2 = 5 \cdot 10^{-5}$; $\lambda_3 = 10^{-5}$; $\lambda_4 = 20 \cdot 10^{-5}$; $\lambda_5 = 50 \cdot 10^{-5}$, iar durata medie de

restabilire a refuzului unui element, $T_r = 10$ ore (h). Rezultatele probelor au demonstrat că distribuirea funcționării spre refuz se supune legii exponențiale.

Rezolvare. Probabilitatea funcționării ireproșabile o determinăm conform formulei (4.25):

$$P(t) = \exp\left[\sum \lambda_i \cdot t\right] \approx 1 - (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5) \cdot 10^{-5} t = \\ = 1 - (2 + 5 + 1 + 20 + 50) \cdot 10^{-5} \cdot 10 = 0,992$$

Valoarea T_{med} o determinăm conform formulei (4.27):

$$T_{med} = 1 / (\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5) = 10^5 / 78 = 1282 \text{ h.}$$

Folosind formula (4.29) calculăm coeficientul disponibilității operative:

$$K_{op} = P(t) \cdot T_{med} / (T_{med} + T_r) = \\ = 0,992 \cdot 1282 / (1282 + 10) = 0,984.$$

Răspuns: $K_{op} = 0,984$.

Exemplu. La exploatarea pe parcursul unui an ($T_e = 1 \text{ an} = 8760$ ore) a articolelor cu destinație specială au fost fixate cinci refuzuri ($m = 5$). Pentru restabilirea fiecărui refuz s-au cheltuit în mediu 20 de ore ($T_r = 20$ h). În perioada menționată de exploatare s-a efectuat o deservire tehnică reglementată cu durată de 10 zile ($T_d = 240$ h).

A determina coeficienții disponibilității (K_d) și ai utilizării tehnice ($K_{u.t.}$).

Rezolvare. Coeficientul disponibilității îl determinăm conform formulei

$$K_d = 1 - (m \cdot T_r / T_e) = 1 - (5 \cdot 20 / 8760) = 0,9886.$$

Coeficientul utilizării tehnice este egal:

$$K_{u.t.} = 1 - (m \cdot T_r + T_d) / T_e = 1 - (5 \cdot 20 + 240) / 8760 = 0,9612$$

Răspuns: $K_d = 0,9886$; $K_{u.t.} = 0,9612$.

5. Metodica cercetării fiabilității S.T.

5.1. Modul sistemic de analiză a posibilelor refuzuri: noțiunea, destinația, scopul și etapele, ordinea, granițele cercetării

De pe poziția securității modul sistemic de analiză a posibilelor refuzuri constă în faptul de a vedea cum unele părți ale sistemului funcționează în interacțiune cu alte părți ale acestuia.

Analiza sistemică prezintă metodologia cercetării oricăror obiecte prin intermediul imaginării acestora în calitate de elemente separate și analiza acestor elemente, analiză efectuată cu scopul:

- evidențierii și formulării clare a problemei în condițiile nedeterminării;
- alegerii strategiei cercetării și elaborărilor;
- definirii (determinării) exacte a sistemelor (granițele, intrările, ieșirile, legăturile), dezvoltării scopurilor dezvoltării și funcționării sistemului;
- dezvoltării funcțiilor și componenței sistemului nou creat.

Sistemele sunt niște formațiuni complicate, cu multe nivele și multe componente. În scopul informației adecvate și determinării legăturilor cauzale elementele sistemului se concretizează. O astfel de abordare permite determinarea univocă a pericolelor și a stărilor periculoase ale sistemului. Acest lucru se asigură prin decompoziția sistemului – fragmentarea ierarhiei și organizării sistemului în părți componente reciproc legate (subsisteme, elemente), cu cercetarea ulterioară a acestora independent unele de altele și coordonarea soluțiilor locale. Această metodă prezintă, în esență, descompunerea sistemelor complicate în sisteme simple cu utilizarea teoremelor despre probabilități și distribuții condiționale. În asemenea caz la început se calculează indicii siguranței subsistemelor mai simple, iar mai apoi rezultatele căpătate se grupează cu scopul căpătării caracteristicilor întregului sistem.

Metoda studiată poate fi folosită pentru simplificarea atât a spațiului stărilor, cât și a configurației sistemului. Eficiența metodei depinde de alegerea elementului principal, adică a elementului

folosit la decompoziția sistemului. Dacă acest element a fost ales nereușit, atunci, necătând la identitatea rezultatului final, calculele vor deveni cu mult mai voluminoase. În cazul sistemelor complicate, alegerea corectă a elementelor principale, pentru crearea unei configurații simple, se poate transforma într-o problemă destul de complicată.

Dificultățile care apar la studierea sistemelor complicate pot fi reduse folosind metoda transformării. Aceasta constă în simplificarea treptată a sistemului cu unirea în serie și în paralel a elementelor, prin transformarea acestora în scheme echivalente. Această procedură se efectuează atâta timp, până când întregul va fi redus la unul-două elemente. Totodată se admite faptul că refuzurile sunt independente.

Analiză a posibilelor refuzuri ale sistemului sau a elementelor acestuia este numită evaluarea acțiunii posibilelor refuzuri ale elementelor nivelului următor al structurii asupra caracteristicilor de ieșire ale obiectului cercetat și determinarea listei posibilelor refuzuri.

Refuz posibil al sistemului este numită starea în care poate să treacă sistemul pe durata exploatării la apariția refuzurilor elementelor constitutive ale nivelului următor al structurii. Ansamblul (totalitatea) posibilelor refuzuri este numit lista posibilelor refuzuri.

Analiza posibilelor refuzuri (eșecuri) se efectuează cu scopul dezvăluirii posibilelor cauze ale declanșării acestora, aprecierii probabilității apariției, timpului apariției, alegerii metodelor de depistare și înregistrare, stabilirea urmărilor anumitor tipuri de refuzuri și elaborării măsurilor preventive, de control și de protecție, pentru asigurarea fiabilității și securității la etapele de exploatare și proiectare a S.T.

În funcție de complexitatea sistemului analiza posibilelor refuzuri se efectuează cu folosirea diferitor surse de informație – documentația constructivă și schemele de exploatare, fișele tehnologice ale proceselor, experiența creării și exploatării

sistemelor identice, ciclogramele funcționării, rezultatele prelucrării statistice a măsurărilor parametrilor de intrare-ieșire etc.

Analiza posibilelor refuzuri prevede următoarele etape:

- analiza procesului de exploatare și întocmirea listei perioadelor de exploatare;
- stabilirea granițelor de studiere a sistemului;
- studierea interacțiunii și influenței reciproce a părților componente (elementelor) ale sistemului;
- stabilirea parametrilor care se vor controla și a sistemelor de control;
- determinarea semnelor caracteristice ale refuzurilor și a simptomelor acestora;
- întocmirea listei posibilelor refuzuri pentru fiecare perioadă de exploatare;
- aprecierea caracteristicilor privind probabilitatea și timpul fiecărui tip de refuzuri din lista refuzurilor posibile;
- analiza urmărilor (gravității) refuzurilor și aranjarea lor conform importanței;
- stabilirea posibilelor urmări ale refuzurilor, a posibilității de depistare și înlăturare a acestora (sau reducerii gradului de pericol).

Analiza trebuie să satisfacă următoarele cerințe de sporire a calității cercetărilor efectuate:

- să se efectueze cu un grad suficient de complexitate și detalizare;
- să se ia în considerație esența fizică a proceselor care se desfășoară în sistem;
- să se ia în considerație acțiunea refuzurilor reciproce, diferite regimuri de funcționare a elementelor sistemului, posibilele refuzuri dintre elemente (refuzurile legăturilor și îmbinărilor dintre sisteme);
- să asigure concordanța parametrilor sistemului.

Analiza procesului de exploatare a sistemului permite a căpăta informațiile necesare pentru dezvăluirea posibilelor refuzuri, care se efectuează în ordinea următoare:

- se stabilește destinația sistemului, particularitățile condițiilor și a regimurilor de exploatare, precum și lista problemelor soluționate;
- se evidențiază funcțiile principale, de asigurare și auxiliare;
- pentru fiecare funcție determinată se stabilesc grupele de parametri identici, statistic independenți la ieșire, valorile nominale și maxime admise ale fiecărui parametru;
- se determină tipurile elementelor sistemului, particularitățile lor funcționale și caracterul interacțiunii în timpul exploatării, prezența elementelor de rezervă, se evidențiază elementele care nu au analogii;
- se determină condițiile de exploatare (regimurile principale și cele de rezervă ale funcționării, posibilitățile de lucru cu parametrii de ieșire modificați etc.);
- se determină durata fiecărei perioade de exploatare.

5.1.1. Elaborarea listei posibilelor refuzuri

Lista trebuie să fie completă, determinată de cele mai probabile și grave refuzuri. Refuzurile care au aceeași cauză pot fi reunite.

La întocmirea listei se analizează, de asemenea, toate limitările privind condițiile de utilizare a articolului, încălcarea cărora se studiază ca posibile refuzuri. În continuare lista se concretizează în procesul de analiză a cauzelor, la evaluarea probabilităților de producere a refuzurilor, a posibilităților de depistare și a urmărilor acestora. Listele posibilelor refuzuri și a cauzelor acestora se întocmesc sub formă de dare de seamă.

Bazele metodice pentru propunerea granițelor sistemului la analiza stărilor periculoase și a refuzurilor constau în următoarele: numai evenimentele principale, cele mai critice și cei mai probabili trebuie să fie examinate la stadiul inițial. Pentru determinarea acestor evenimente poate fi folosită analiza caracterului critic (gravității). Pe măsura înaintării lucrului de cercetare (expertizei) pot fi incluse evenimentele tot mai rare și mai puțin probabile sau acestea pot să nu fie luate în considerație.

Condițiile exterioare prezintă, în principiu, lumea întreagă în care se află S.T. Așadar, pentru a exclude abaterea de la scopul propus, este necesar a stabili limitele rezonabile ale acțiunii mediului ambiant la efectuarea cercetării cu ajutorul arborelui evenimentelor sau refuzurilor, deoarece aceste două abordări prevăd elaborarea detaliată a procesului dezvoltării evenimentelor inițiale de avarie în S.T. și mediul înconjurător al acestuia.

La determinarea granițelor sistemului este necesar a stabili cât mai minuțios stările inițiale ale elementelor. Toate elementele care au mai mult decât o stare de lucru, creează diferite condiții inițiale. De exemplu, cantitatea inițială de lichid într-un rezervor poate fi reglementată. Evenimentul „rezervor plin” devine una din stările inițiale, iar evenimentul „rezervor gol” este cu totul altă stare. Este necesar, de asemenea, a stabili exact durata ciclului de lucru: de exemplu, condițiile la pornire și la oprire pot să creeze alt gen de condiții periculoase, care se deosebesc de regimurile de lucru care s-au stabilit.

La etapa acumulării unei cantități suficiente de informație referitoare la sistem, se pot elabora variantele dezvoltării procesului (scenariile) și determina evenimentele finale. După aceasta se stabilesc interconexiunile cauzale, care conduc spre fiecare eveniment final, de exemplu, cu ajutorul arborelui refuzului.

De regulă, sistemul este reprezentat sub formă de bloc-schemă care reflectă toate interconexiunile funcționale (sau cauzale) și toate elementele. La elaborarea sistemului un rol deosebit de important revine stabilirii corecte a condițiilor limitatoare care nu trebuie confundate cu granițele (limitele) fizice ale sistemului.

Una din cerințele principale, înaintată față de condițiile limitatoare, este concretizarea evenimentului nedorit final (de frunte), stabilirea căruia necesită o scrupulozitate deosebită, deoarece anume pentru acesta, acceptat ca refuz principal, se efectuează analiza. Afară de aceasta, pentru ca analiza efectuată să fie înțeleasă de toate persoanele cointeresate, cercetătorul este obligat să întocmească lista tuturor supozițiilor (presupunerilor), acceptate la stabilirea sistemului și a ordinii de cercetare.

De regulă, pentru fiecare sistem se construiesc câteva căi de dezvoltare a evenimentului final (periculos). Ulterior acestea pot fi reunite, însă la etapa de analiză se lucrează cu fiecare separat. În mod analogic, dacă sistemul funcționează în diferite regimuri, atunci poate să apară necesitatea analizei dezvoltării stărilor periculoase pentru fiecare din regimurile de funcționare.

5.1.2. Interconexiunea elementelor și topografia sistemului

Sistemul constă din asemenea elemente, ca: unități de utilaj, materiale, personalul întreprinderii (nu este obligatoriu, ca aceste elemente să fie cele mai mărunte elemente din sistem; acestea pot fi blocuri sau subsisteme integrale), care se află într-un anumit mediu înconjurător și sunt expuse acțiunii exterioare.

Stările periculoase sunt provocate de unul sau de câteva elemente, care conduc la refuzuri ale sistemului. Mediul înconjurător, personalul, îmbătrânirea pot influența asupra sistemului numai prin elementele acestuia (fig.5.1.).

Fiecare element al sistemului este legat cu alte elemente într-un mod specific, iar elementele identice pot avea diferite caracteristici în diferite sisteme. De aceea, este necesar a concretiza interconexiunile și topografia sistemului. Interconexiunile și topografia sunt determinate, de exemplu, prin studierea sistemului de conducte al întreprinderii date, schemele electrice, conexiunile mecanice, fluxurile de informație, precum și amplasarea fizică a elementelor. Aceste legături, în mod perfect, pot fi prezentate sub formă de diverse scheme ale sistemului; descrieri tehnice ale sistemului; fișe ale fluxurilor tehnologice etc., care pot fi utile în această activitate.

De exemplu, șocul hidraulic, care este provocat de închiderea rapidă a supapei și care, la rândul său, conduce la pierderea etanșeității îmbinării prin flanșe se dezvăluie la studierea schemei conductelor. Acțiunea reciprocă a două recipiente învecinate este posibilă în caz de incendiu. Schimbările posibile ale stării elementelor sistemului care se produc din alte cauze trebuie,

de asemenea, incluse în descrierile tehnice sau în fișele transformărilor logice.

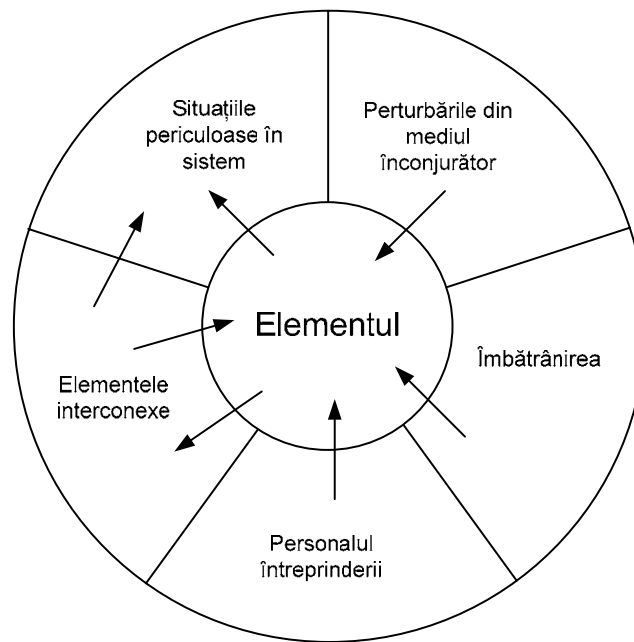


Fig. 5.1. Influențele și interconexiunea elementelor

5.1.3. Activitatea în perioada pregătitoare

Volumul lucrărilor pregătitoare este condiționat de complexitatea sistemului. Această activitate constă din patru etape principale:

- căpătarea (colectarea) datelor;
- prelucrarea datelor;
- planificarea succesiunii cercetărilor;
- organizarea discuțiilor.

De regulă, datele includ diferite desene (schite) și scheme (scheme liniare, fișe ale procesului tehnologic, scheme de amplasare a utilajului de producție ș.a.), instrucțiunile de exploatare, schemele controlului succesiv asupra funcționării aparatelor, schemele logice,

programele computerizate, iar uneori și instrucțiunile producătorilor referitoare la regulile de exploatare a utilajului.

Aceste date trebuie controlate pentru a ne convinge de utilitatea lor pentru cercetare și a depista în toate acestea contradicțiile și inexactitățile. Volumul de lucru, necesar pentru prelucrarea datelor și planificarea succesiunii efectuării cercetărilor, depinde de tipul sistemului.

Conducătorul grupei elaborează planul de efectuare a cercetării și pune în discuție atât metoda, cât și planul de cercetare, cu membrii grupei, până la începerea lucrului de depistare a pericolelor.

5.2. Identificarea principalelor pericole la fazele inițiale ale proiectării

Este de dorit să se identifice pericolele unor mari avarii, inclusiv posibilitățile interacțiunii dintre instalații, care pot avea urmări catastrofale, la cea mai timpurie fază a elaborării proiectului, ceea ce ar permite a ușura considerabil cercetările ulterioare ale pericolului și a utilității exploatarei la fazele următoare ale proiectului.

Cerința principală este identificarea principalelor pericole, care poate fi realizată după ce s-au stabilit un șir de parametri:

1. Materialele – materia primă, materialele inițiale, materialele intermediare, producția (produsele reacției), curenții de gaze sau lichide care se formează.
2. Operațiile de producție (procesul tehnologic).
3. Locul amplasării sistemului proiectat – plasare între operațiile de producere, relațiile spațiale cu alte sisteme.

Acești parametri trebuie mai apoi cercetați pe rând în procesul folosirii listelor de control ale potențialelor pericole. De exemplu, listele de control, elaborate pentru revizia majorității instalațiilor tehnologice, includ următoarele pericole: incendiu, explozie, detonare, toxicitate, coroziune, radiație, zgomot, vibrație, material toxic (nociv), electrocutare, afecțiuni mecanică.

Pentru anumite procese pot fi examinate, suplimentar, și alte pericole.

Când pericolele potențiale se examinează pe rând cu referire la parametrii generali, orice combinație semnificativă poate servi drept indice a unui pericol mai mare, care ulterior trebuie examinată în conformitate cu lista soluțiilor principale.

Pentru ilustrarea acestei proceduri prezentăm câteva exemple:

1. Combinația semnificativă a parametrilor PRODUSUL INTERMEDIAR (X) și INCENDIUL poate demonstra, că limitele de inflamabilitate ale substanței sunt necunoscute și trebuie să fie stabilite, în mod obligatoriu, până la începerea proiectării uscătoriei.

2. Combinația semnificativă a parametrilor MATERIALUL ÎNȚĂL, INCENDIUL și PĂSTRAREA AZOTULUI LICHID poate conduce la replanificarea depozitului de materiale etc.

Procedura descrisă de cercetare poate fi efectuată foarte rapid de o echipă de specialiști cu experiență.

Această abordare a problemei cu utilizarea listelor de control permite a asigura combinabilitatea diferitor instalații la faza timpurie a proiectării și poate fi folosită pentru aprecierea interacțiunii dintre sisteme, precum și dintre sistem și mediul înconjurător.

Controalele, cu scopul identificării pericolelor semnificative, trebuie efectuate în cazul prezenței unei durate suficiente de timp pentru efectuarea schimbărilor principiale în concepția proiectului. La efectuarea unei cercetări mai detaliate a pericolului și a gradului de pregătire pentru exploatare la faza mai tardivă (târzie) a proiectării trebuie identificate doar pericolele nesemnificative, care nu necesită schimbări serioase ale metodelor de lucru pentru înlăturarea lor.

5.3. Cercetările în perioada dinaintea punerii în funcțiune

Efectuarea unor asemenea cercetări este rațională în cazul următoarelor condiții:

- 1) la etapa destul de târzie a proiectării s-a produs o schimbare esențială a destinației instalației;
- 2) instrucțiunile de exploatare sunt destul de riscante;
- 3) instalația nouă este o copie a unui sistem existent, în care au fost efectuate schimbări, care se referă, în principal, la procesul tehnologic și nicidecum la construcția propriu zisă.

Este necesar a ne convinge de faptul, că schemele și fișele tehnologice descriu exact instalația construită.

5.4. Cercetările sistemelor în funcțiune

În timpul când atenția principală se acordă sistemelor noi, nu trebuie scăpat din vedere pericolul potențial al instalațiilor care deja se exploatează.

Aceste sisteme de producere au putut fi exploatate fără întrerupere pe parcursul multor ani, fiind supuse, pe această durată, diferitor modificări. Chiar dacă aceste modificări s-au efectuat foarte scrupulos, ele puteau conduce la scăderea rezervei de durabilitate (rezistență) sau încălcarea cerințelor de securitate, prevăzute de proiectul inițial.

Deoarece posibilitățile și metodele sunt limitate, la alegerea instalațiilor care se vor cerceta, se recomandă a lua în considerație următorii factori:

1. Controlul securității tehnice a demonstrat, că este necesară o cercetare mai detaliată.
2. La exploatarea și deservirea acestor sisteme s-au produs incidente periculoase sau accidente.
3. Exploatarea sistemului a demonstrat, că acesta posedă un potențial înalt de pericol.
4. Sistemul se va afla în exploatare o durată mare de timp.
5. Sistemul a fost expus unor modificări considerabile.
6. Este convenabilă inspectarea sistemului dat succesiv, împreună cu alte instalații interconexe.

La organizarea cercetării sistemului existent este necesar de prevăzut o durată suplimentară de timp, pentru efectuarea lucrului

de pregătire, deoarece foarte frecvent se depistează că schemele tehnologice și instrucțiunile de exploatare s-au învechit.

La etapa modificării se cere o atenție mai mare decât în mod obișnuit. Grupa (echipa) elaborează recomandări care prevăd posibilitatea modificărilor considerabile ale sistemului. Este foarte important a stabili, cine va purta responsabilitatea pentru executarea acestor recomandări. Este necesar, de asemenea, a stabili forma eficientă de control și apreciere a rezultatelor. De regulă, acest lucru este prevăzut în proiectele noi, însă poate să lipsească la modificarea sistemelor în funcțiune.

5.5. Înregistrarea rezultatelor cercetării

Înregistrarea rezultatelor cercetării este un aspect important al lucrului echipei de cercetare. O formă utilă de înregistrare este „Failul (cartoteca, arhiva) pericolului”, care conține următoarele copii:

- ale documentelor (fișa procesului tehnologic, instrucțiunile de exploatare, histogramele, modelele etc.) folosite la desfășurarea ședințelor experților cu viza conducătorului echipei de cercetare referitoare la controlul efectuat;

- a tuturor rapoartelor de lucru, problemelor, recomandărilor, proiectelor repetate și a replanificărilor etc., care oglindesc rezultatul lucrului echipei.

În failurile referitor la securitate pot fi făcute modificări în cazul:

- schimbărilor serioase în S.T. de producere sau în procesul de producție;

- apariției informației noi referitoare la substanțele periculoase;

- realizărilor considerabile în domeniul securității tehnice.

Rezultatele finale ale cercetării se perfectează printr-o dare de seamă (raport), care se păstrează la întreprindere. Darea de seamă este sursa de informație pentru experți la analiza pericolelor și pentru personalul de deservire, la efectuarea lucrărilor cotidiene și a celor ulterioare.

5.6. Conținutul raportului informativ privind securitatea procesului

5.6.1. Descrierea sistemului industrial

La descrierea sistemului industrial se vor menționa următoarele:

- a) regiunea: planurile localității, clădirile și întreprinderile amplasate în vecinătate (fabrici, automagistrale, clădiri, spitale, școli etc.);
- b) particularitățile constructive și materialele utilizate;
- c) parametrii prevăzuți de proiect: presiunea, temperatura, volumul, viteza fluxurilor etc.;
- d) fundamentul (stabilitatea acestuia);
- e) zonele de securitate (protecția de explozie, distanțele de siguranță);
- f) posibilitatea accesului în încăperile de producție ale întreprinderii: căile de evacuare a personalului, în caz de avarie, din încăperile de producere; traseul deplasării echipelor de salvare-depanare;
- g) schemele amplasării aparatelor de măsură și control și a mijloacelor de protecție automată.

5.6.2. Descrierea proceselor de producere

La descrierea proceselor de producere se vor menționa:

- a) destinația tehnică a sistemului industrial, schema sau schița simplificată a fluxurilor procesului;
- b) principiile de bază ale proceselor tehnologice: operațiile principale; reacțiile fizice și chimice; volumul util al magaziiilor; eliberarea (descărcarea) producției gata; colectarea, păstrarea, utilizarea, prelucrarea și lichidarea (îngroparea) deșeurilor industriale; emisia sau curățirea gazelor utilizate, a apei tehnologice;
- c) condițiile procesului de producere: descrierea procesului și datele referitor la securitate (presiunea, temperatura) pentru diferite faze ale procesului; limitele maxime admise ale temperaturii, presiunii, consumului de substanțe;

d) descrierea caracteristicilor tehnologice ale procesului: aceste date este rațional să fie prezentate pe graficele corespunzătoare ale schemei fluxului și să conțină următoarele informații despre: componentele procesului, tipurile de alimentare cu energie; caracteristicile regimurilor de lucru; dimensiunea (volumul) recipientelor și a conductelor care conțin substanțe periculoase; sistemele de control ale presiunii;

e) alimentarea cu energie: aici se vor descrie toate tipurile de alimentare cu energie, folosite pentru asigurarea securității industriale (curentul electric, agenții de răcire, aerul comprimat, gazul inert), iar în caz de necesitate – comunicațiile de avarie;

f) proiectul sistemelor de ventilație și de stingere a incendiului;

g) standardele și regulile care au servit drept bază la elaborarea proiectului.

5.6.3. Descrierea substanțelor periculoase

La descrierea acestor substanțe se indică:

a) substanțele utilizate: faza procesului la care se află sau se pot afla substanțele; cantitatea de substanță de fiecare tip; datele referitor la substanțe (proprietățile fizice și chimice); datele care se referă la securitate (limitele de explozie, punctul de inflamare, stabilitatea termică, proprietățile corozive, stabilitatea chimică, efectele periculoase provocate de posibila amestecare neintenționată a diferitor substanțe); datele toxicologice (toxicitatea, acțiunile asupra organismului omului, nivelul de miros); valorile limită (valorile maxime admise, concentrațiile letale);

b) forma stării substanțelor: starea în care se află substanța sau în care aceasta poate să treacă în cazul încălcării regimului normal de lucru al instalației.

5.6.4. Analiza prealabilă a pericolelor

În baza descrierii procesului de producție, substanțelor periculoase utilizate sau care se formează, a stărilor sistemului (instalației) se pot dezvălui pericolele și determina importanța unor

sau altor măsuri de securitate (umane sau tehnice). Acest lucru poate fi efectuat urmând metodica care se va descrie în capitolele următoare.

În rezultatul analizei prealabile a pericolelor se întocmește lista elementelor (utilaje, proprietăți (calități) care asigură securitatea, diferite procese de producție, care pot avea legătură cu avaria de producție.

Acestea sunt numite „elemente ale sistemului de securitate”.

5.6.5. Descrierea elementelor

Elementele care asigură securitatea, dezvăluite în procesul analizei prealabile a pericolelor, trebuie descrise cât mai amănunțit pentru a efectua evaluarea posibilității de apariție a pericolelor și a dezvoltării avariilor de producție de mari proporții. Sunt necesare următoarele date:

- a) destinația funcțională;
- b) tipul solicitării și valoarea acesteia;
- c) importanța în asigurarea securității;
- d) criteriile constructive speciale;
- e) organele de dirijare (comandă) ale sistemului și mijloacele semnalizării de avarie;
- f) sistemele de reducere a presiunii;
- g) colectoarele de acumulare;
- h) sistemul de protecție contra incendiilor.

5.6.6. Aprecierea posibilității de dezvoltare a pericolelor

În baza tipurilor și caracteristicilor pericolelor, evidențiate în rezultatul analizei prealabile, precum și a folosirii informației despre instalația industrială, din raportul de securitate, se poate efectua aprecierea dezvoltării pericolului în S.T. Pentru efectuarea unei asemenea aprecieri trebuie folosită informația referitor la metodele deja menționate în lucrarea de față.

În calitate de informație suplimentară, la evaluarea pericolelor trebuie incluse și datele despre cazurile cunoscute de

refuzuri ale sistemelor identice și despre avarii care s-au produs atât la întreprinderea concretă, cât și în alte industrii analogice.

Se recomandă ca, referitor la elementele sistemului de securitate, să se folosească analiza pericolelor și a proceselor de producție periculoase, iar documentația referitor la această analiză să fie inclusă în raportul de securitate.

În acele cazuri, când evaluarea conduce la dezvoltarea unor proprietăți deosebit de sensibile ale elementelor sistemului de securitate (dispozitive de siguranță, aparatură de control sau acțiuni ale personalului lucrător) este necesar a lua în considerație siguranța acestor calități. Totodată, se dezvoltă dacă sunt suficiente măsurile acceptate în scopul evitării avariei. În caz contrar, elementele deosebit de sensibile ale sistemului de securitate, care au fost dezvoltate, trebuie perfecționate și astfel majorată fiabilitatea acestora.

5.6.7. Organizarea securității

Măsurile organizatorice, folosite pentru asigurarea funcționării sigure a S.T. și a întreprinderii în ansamblu, sunt un factor important, luat în considerație la aprecierea generală a securității. La acestea se referă informația referitor la următoarele probleme:

- a) graficele deservirii tehnice și a instalațiilor;
- b) instrucțiunile pentru instruirea personalului;
- c) distribuirea responsabilității pentru securitatea S.T. și a întreprinderii;
- d) realizarea procedurilor care asigură securitatea.

5.6.8. Evaluarea urmărilor avariilor de producție majore

Evaluarea pericolelor de producție se consideră finalizată, dacă sunt cunoscute urmările posibile ale avariei. Din această cauză ultima treaptă a evaluării pericolelor constă în analiza urmărilor, care pot avea loc în rezultatul unei avarii majore, atât pentru întreprindere, cât și pentru lucrători, pentru populația care locuiește în împrejurimi și pentru mediul înconjurător. Rezultatele acestei analize sunt folosite pentru elaborarea planului de măsuri de

protecție, asigurarea lucrului serviciilor de pompieri, a sistemelor de avarie și de protecție.

Dacă punctele 5.6.1. – 5.6.7 ale raportului se referă la măsurile tehnice și organizatorice de securitate, atunci acest paragraf conține:

a) descrierea avariei (de exemplu, distrugerea pereților sau a conductei, ieșirea din funcțiune a supapei de siguranță, incendiul etc.);

b) informații despre cantitatea de substanță emisă (toxică, inflamabilă, explozivă);

c) evaluarea posibilelor scurgeri (emisii de substanțe periculoase sau de energie (în rezultatul exploziei);

d) calcularea dispersării substanței emise (gaz sau lichid volatil);

e) aprecierea efectului (acțiune toxică, emisie de căldură, undă de șoc etc.);

f) aprecierea efectelor emisiilor sau exploziilor (dimensiunile suprafețelor afectate, influența asupra sănătății oamenilor, mărimea pagubei materiale).

Drept ajutor pentru asemenea evaluări se recomandă modele deja elaborate și descrise în publicațiile de specialitate, referitor la analiza riscului, la protecție și acțiuni în situații excepționale.

5.6.9. Planificarea măsurilor de atenuare a urmărilor avariilor

Nici o instalație industrială, atribuită la industriile accidental periculoase, nu poate fi absolut sigură. A exclude complet probabilitatea avariei este imposibil, chiar dacă s-ar efectua evaluarea minuțioasă a pericolelor și ar fi adoptate măsurile corespunzătoare de securitate.

Din această cauză o parte indispensabilă a noțiunii de securitate trebuie să devină planificarea și asigurarea în practică a măsurilor de atenuare a urmărilor avariei.

Alte măsuri de atenuare a urmărilor avariei se referă, în primul rând, la faptul, cum se va reacționa în cazul emisiei de substanțe periculoase. Pentru a avea posibilitatea de a lua

contramăsuri în situația de avarie, conducerii întreprinderii îi poate fi necesar:

a) să selecteze și să instruiască echipele de pompieri și de salvare-depanare;

b) să instaleze sistemul de semnalizare accidentală cu legătură directă cu toate serviciile de intervenție în S.E.;

c) să elaboreze planul de acțiuni în situațiile excepționale (accidentogene), care trebuie să conțină:

- sistemul organizatoric de acțiuni în caz de avarie;
- canalele de legătură și de semnalizare accidentogenă (pentru caz de avarie);
- directivele administrative de luptă cu avaria și urmările ei;
- informația despre substanțele periculoase;
- exemple referitor la posibila succesiune a circumstanțelor avariei;

d) a ajunge la înțelegere cu comitetul pentru S.E. privind coordonarea propriilor măsuri cu planul de acțiuni ale acestuia în circumstanțe excepționale;

e) să anunțe organele puterii despre caracterul și gradul de pericol în caz de avarie;

f) să asigure antidotul în caz de emisie de substanțe toxice (necătând la aceea, că această cerință se va efectua, mult mai probabil, de către serviciile medicale locale).

Toate măsurile menționate trebuie să fie aplicabile față de toate pericolele dezvăluite în rezultatul cercetărilor și să fie efectuate din timp cu personalul instruit în interacțiune cu forțele de intervenție rapidă în S.E. și cu reprezentanții responsabili ai puterii locale.

Planul acțiunilor în S.E. poate deveni efectiv doar cu condiția unei instruii corecte și realizarea programului aplicațiilor, maximal apropiate de avaria reală.

5.6.10. Rapoartele în fața organelor puterii locale

Administrația industriilor periculoase într-un mod sau altul este obligată să raporteze despre starea securității și sănătății în

muncă la propriile întreprinderi. Aceste rapoarte trebuie să includă:

- informația referitor la instalațiile industriale la care s-ar putea produce avarii de proporție;
- descrierea măsurilor tehnice de securitate;
- descrierea măsurilor organizatorice, orientate spre asigurarea securității funcționării întreprinderii;
- descrierea abaterilor serioase de la regimurile normale de funcționare și a eficacității măsurilor de salvare-deblocare;
- informarea imediată a factorilor de decizie despre avarie sau alt incident major produs la întreprindere.

Atribuirea industriei la categoria celor periculoase depinde de tipurile și cantitatea substanțelor periculoase care se utilizează, se păstrează sau se produc în cadrul acesteia. Informarea organelor puterii despre prezența pe teritoriul din subordine a substanțelor chimice periculoase în cantități, care depășesc nivelul de securitate, este necesară pentru asigurarea unui control suplimentar asupra securității păstrării și utilizării acestora.

Descrierea S.T. în funcțiune permite organelor corespunzătoare următoarele:

- să controleze dacă instalația corespunde cerințelor standardelor de securitate la eliberarea autorizației de funcționare a întreprinderilor concrete;
- să efectueze inspectări speciale cu scopul evidențierii pericolelor, caracteristice acestor instalații industriale;
- să determine caracterul și amploarea utilizării substanțelor la întreprinderea dată;
- să adopte soluții corecte referitor la amplasarea întreprinderilor noi, a comunicațiilor de transport și a raioanelor locative;
- să elaboreze planuri de măsuri pentru S.E.;
- să determine tipul, probabilitatea relativă și urmările avariilor de proporții, care se pot produce;
- să demonstreze, că administrația a stabilit potențialul pericolului unei mari avarii și a adoptat măsurile necesare de securitate (precauție).

6. Fiabilitatea sistemelor tehnice

6.1. Aspecte particulare ale fiabilității sistemelor tehnice

Produsele industriale, echipamentele mecanice, dispozitivele, organele de mașini etc. pot fi considerate ca unități elementare, având funcționare autonomă, în agregate sau instalații complexe.

Instalațiile sau liniile tehnologice de fabricație ale industriei chimice, de exemplu, sunt alcătuite din utilaje în care au loc operații fizice și/sau procese chimice, alături de care se află utilaje auxiliare, utilajele fiind legate între ele prin conducte sau prin alte mijloace de transport. Aceste instalații constituie sisteme, adică reprezintă un număr de elemente active, interconectate între ele, care pot fi considerate ca un întreg structural. Legăturile reciproce sunt cele care deosebesc S.T. de un simplu conglomerat de elemente. Legăturile dintre elemente depind, în integritate, de scopul în vederea căruia se realizează sistemul. În analizele de fiabilitate se consideră numai legăturile esențiale sau cele care interesează sub aspectul considerat.

Fiabilitatea, denumită inițial siguranță în funcționare (termenii nu sunt sinonimi), exprimă conservarea în timp a performanțelor produselor. Fiabilitatea nu poate fi separată de factorul de timp. Astfel, performanțele unui produs ieșit din uzină pot fi interpretate drept o calitate statică, în timp ce performanțele obținute în exploatarea curentă drept calitate dinamică sau fiabilitate. Calitatea reală, în general, reprezintă ansamblul celor două concepte. Fiabilitatea unui produs este o garanție a calității acestuia.

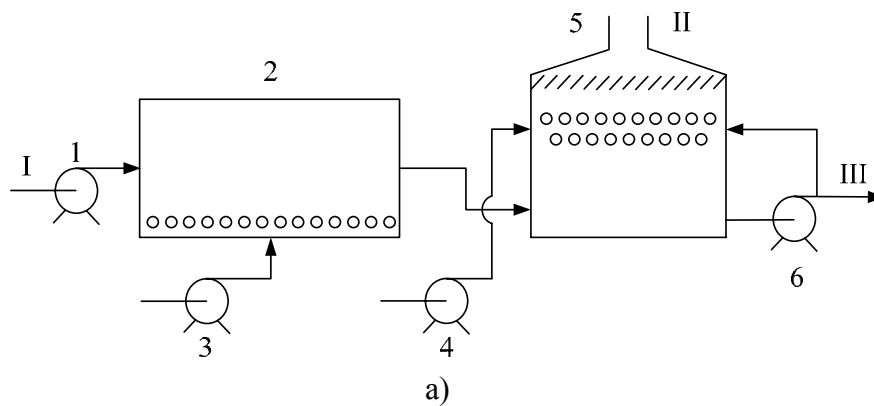
Sensul cuvântului fiabilitate este mult mai larg decât cel de siguranță în funcționare. Ultimul se referă la acele defecțiuni care pot avea consecințe grave (accidente, explozii, incendii). Se poate vorbi de siguranță în funcționare a unui avion, autovehicul sau a oricărui dispozitiv-instalație ale cărei defecțiuni pot avea consecințe periculoase.

Fiabilitatea reprezintă probabilitatea că un echipament, instalație sau chiar proces își va îndeplini funcțiile pentru care a fost creat la parametri estimați cel puțin o durată de timp t în condițiile prevăzute de exploatare. În limba română termenul de fiabilitate provine de la echivalentul din franceză „fiabilité”, mărime ce caracterizează securitatea funcționării unei instalații. În engleză termenul de „reliability” are accepțiunea de demn de încredere, trainic solid, pe care te poți bizui. Definiția fiabilității ia în considerație trei elemente principale:

- a) funcționarea echipamentului în regim permanent;
- b) parametri de exploatare sunt cei prevăzuți la etapa de proiectare;
- c) precizarea duratei de timp în funcționare neîntreruptă.

Sistemele tehnice pot fi reprezentate în moduri diferite. Pentru exemplificare, în fig. 6.1. se prezintă o parte a unui sistem mai complex, care este proiectată pentru:

- 1) micșorarea temperaturii unui curent de gaze fierbinți (gaze reziduale de la un arzător industrial);
- 2) saturarea gazului cu vapori de apă;
- 3) îndepărtarea particulelor solide antrenate de gaz.



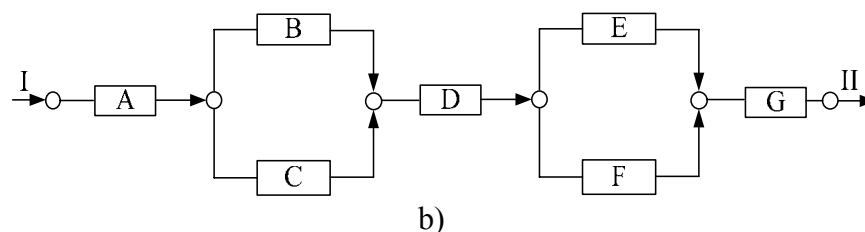


Fig. 6.1. Scheme ale unei instalații

a – schema tehnologică: 1 – suflantă; 2 – răcitor; 3 – grup de două pompe pentru apa de răcire; 4 – pompă pentru apa de alimentare; 5 – epurator cu preîncălzitor de apă, dispozitiv de pulverizare și strat filtrant; 6 – grup de două pompe pentru apa de pulverizare cu recirculare; I – gaz rezidual; II – gaz la absorbție; III – abur de purjă;
b – schema bloc: A – suflanta 1; B,C – pompele 3; D – pompa 4; E,F – pompele 6; G – stratul filtrant din 5.

Figura 6.1, a redă schema tehnologică a instalației, iar figura 6.1, b – schema de bloc corespunzătoare. Din compararea figurilor se poate constata că diagrama bloc este simplificată prin eliminarea elementelor schemei tehnologice care sunt neesențiale pentru studiul fiabilității sistemului. În continuare, evaluarea fiabilității, indiferent de metoda utilizată, se va efectua folosind schemele-bloc ale sistemelor tehnice.

Schema-bloc din fig. 6.1, b este alcătuită dintr-o succesiune de tronsoane în serie, unele tronsoane rezultând, la rândul lor, din legarea în paralel a unor elemente.

Disponerea în paralel a unor elemente identice este o măsură care se ia la faza de proiectare a sistemului pentru asigurarea redundanței, în vederea sporirii fiabilității, și este caracteristică sistemelor tehnice. Redundanța (rezervarea) este o metodă de sporire a fiabilității S.T. prin includerea elementelor suplimentare și a posibilităților funcționale peste cele minimale prevăzute pentru funcționarea normală a sistemului (executarea funcțiilor stabilite).

În acest caz refuzul intervine doar după refuzul elementului principal și a tuturor elementelor de rezervă.

Element principal – elementul structurii fizice de bază a S.T., minimal necesar pentru ca sistemul să-și îndeplinească în regim normal funcțiile stabilite.

Element de rezervă – elementul destinat pentru a asigura funcționalitatea sistemului în caz de refuz a elementului principal.

Problema care se pune în studiul fiabilității este a stabili, pe cale analitică, funcția de fiabilitate a unui sistem, înțeles ca un ansamblu de unități ale căror funcții de fiabilitate sunt cunoscute. Dacă nu se face vre-o altă mențiune, în toate considerațiile privind S.T. se admite că unitățile ce-l alcătuiesc sunt independente, adică ieșirea sau intrarea în funcțiune a unei unități nu influențează celelalte unități.

Studiul fiabilității unui S.T. presupune mai întâi o analiză a „structurii” sistemului, prin care se stabilește dependența stării acestuia de starea elementelor componente cu parametri de fiabilitate dați. Sistemele pot fi reparabile sau ireparabile. Acest fapt depinde de ipotezele admise asupra funcționării și de condițiile de exploatare stabilite. Referitor la S.T. se pot face următoarele ipoteze:

a) echipamentul considerat nu poate fi, la un moment dat, decât în una din următoarele două stări: bună funcționare sau defect;

b) echipamentul poate fi descompus în K elemente componente (sau blocuri), numerotate de la 1 la K , astfel încât, la un moment dat, fiecare component să fie în stare bună sau defect, iar starea echipamentului (bun sau defect) depinde numai de starea componentelor;

c) fiecare component al S.T. are o durată T_i aleatoare, fiind în stare bună în intervalul $(0, T_i)$ și în stare defectă după momentul de timp T_i ;

d) variabilele aleatoare T_i ($i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, K$) sunt independente. Această ultimă ipoteză este greu de verificat practic.

Sistemele tehnice pot avea structură cu elemente dispuse în serie, în paralel și mixt (structură combinată).

6.2. Sistemul tehnic cu montajul elementelor în serie

Un S.T. format din n componente are o structură tip serie dacă funcționarea sa presupune funcționarea celor n componente și dacă defectarea oricărui component atrage după sine defectarea S.T. Structura tip serie se poate reprezenta grafic printr-o schemă ca și în fig. 6.2.

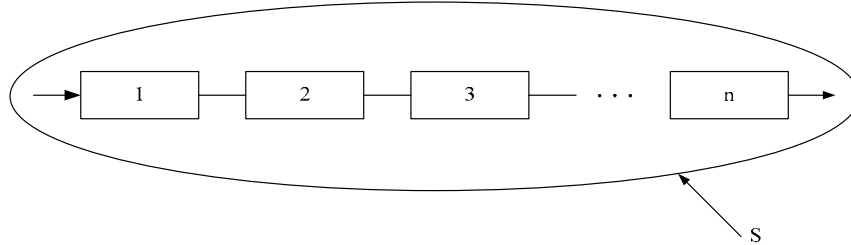


Fig. 6.2. Schema structurală cu elemente dispuse în serie

Se adoptă notația: E – evenimentul care constă din funcționarea S.T., iar $E_1, E_2, \dots, E_n$ – evenimentele care reprezintă funcționarea componentelor. În cazul S.T. cu structură tip serie, conform definiției:

$$E = \bigcap_{i=1}^n E_i \quad (6.1)$$

Probabilitatea evenimentului E va fi:

$$P(E) = \prod_{i=1}^n P(E_i) \quad (6.2)$$

$P(E)$ și $P(E_i)$ reprezintă fiabilitatea sistemului și a elementului de ordin i . În consecință, fiabilitatea sistemului este dată de relația:

$$P(E) = R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n = \prod_{i=1}^n R_i \quad (6.3)$$

Observație: Funcția de fiabilitate a unui sistem cu componentele dispuse în serie, din punct de vedere al fiabilității, este mai mică sau cel puțin egală cu funcția de fiabilitate a celui mai slab component.

Dacă rata defectării $F_i = 1 - R_i \ll 1$, atunci rezultă:

$$F_s \approx \sum_{i=1}^n F_i \quad (6.4)$$

În cazul S.T. format din componente cu ratele defectărilor constante, rezultă:

$$R_s = \prod_{i=1}^n e^{-\lambda_i t} = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} = e^{-\lambda_s \cdot t} \quad (6.5)$$

unde:

$$\lambda_s = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i. \quad (6.6)$$

Dacă elementele S.T. sunt identice, fiabilitatea sistemului va fi:

$$R_s(t) = e^{-\lambda_s \cdot t} = e^{-n\lambda t}, \quad (6.7)$$

iar rata defectărilor sistemului:

$$\lambda_s = n\lambda \quad (6.8)$$

Media timpului de bună funcționare (MTBF) va fi:

$$MTBF = \int_0^{\infty} e^{-\lambda_s t} dt = \frac{1}{\lambda_s} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (6.9)$$

în cazul S.T. cu componente identice se obține:

$$MTBF = 1 / n\lambda \quad (6.10)$$

Influența fiabilității componentelor și a numărului acestora asupra fiabilității S.T. cu o structură tip serie se poate urmări cu exemplul din tabelul 6.1, unde sunt prezentate 1, 2, 10 și 100 componente cu fiabilități egale cu R_1 . Se observă că un sistem tip serie format din 100 componente identice, având fiecare fiabilitatea 0,90, practic, nu poate funcționa. Dacă fiabilitatea componentelor în același caz este de 0,98, sistemul are o fiabilitate de 0,14. Rezultatele cercetărilor de fiabilitate asupra S.T. au modificat radical concepția conform căreia nivelul de siguranță al unui S.T. este dat de nivelul celui mai slab component.

Tabelul 6.1. Fiabilitatea S.T. tip serie cu n componente

R_1	n			
	$n = 1$	$n = 2$	$n = 10$	$n = 100$
0,90	0,90	0,81	0,35	0
0,95	0,95	0,90	0,61	0,006
0,98	0,98	0,96	0,82	0,140
0,99	0,99	0,98	0,90	0,370

Concepția clasică, conform căreia un lanț se rupe acolo unde veriga este mai slabă, este necorespunzătoare în cazul proceselor aleatoare. Apare astfel ideea generală, generată de experiență, că un sistem este mai slab decât componentul cel mai slab (dacă sistemul este fără redundanță).

Exemplu: Un S.T. este compus din 8 elemente identice, montate în serie. Cunoscându-se fiabilitatea egală cu 0,97 a fiecărei componente, se cere a determina fiabilitatea S.T.

Rezolvare: Folosind ecuația fiabilității pentru montajul în serie se va obține:

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i = 0,97^8 = 0,7837.$$

Observație: Fiabilitatea sistemului cu elemente componente montate în serie este mai mică decât fiabilitatea individuală.

Exemplu: Un sistem este compus din trei elemente montate în serie, fiecare având fiabilitatea 0,99. Se cere să se determine probabilitatea de defectare a sistemului dat.

Rezolvare:

Folosind ecuația fiabilității pentru montajul în serie a trei elemente, obținem: $R_s = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 = 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,9703$.

Ținând cont de faptul că $R_s + F_s = 1$, rezultă: $F_s = 1 - R_s = 1 - 0,9703 = 0,0297$.

Exemplu: Un sistem este compus din 125 de elemente identice montate în serie. Se cere a determina fiabilitatea minimală a

fiecărei componente, dacă fiabilitatea sistemului nu poate fi mai mică decât 0,985.

Rezolvare: Folosind relația $R_s = \prod_{i=1}^n R_i$, se obține:

$$0,985 = R_i^{125} \Rightarrow R_i = 0,985^{\frac{1}{125}} = 0,99988.$$

6.3. Sistemul tehnic cu montajul elementelor în paralel

Un S.T. format din n componente funcționând simultan, are o structură în paralel, dacă defectarea unui element nu înseamnă defectarea sistemului (funcționarea fiind asigurată până la defectarea ultimului component). Modelul structural este reprezentat în fig. 6.3.

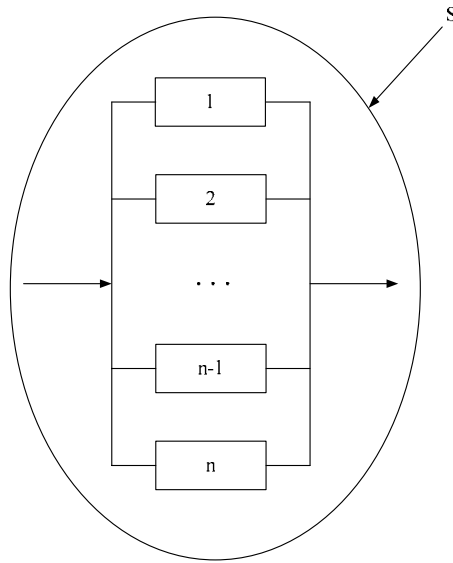


Fig. 6.3. Schema structurală cu elemente dispuse în paralel

Considerând E evenimentul care constă din funcționarea sistemului și E_i funcționarea componentului de ordin i , rezultă, conform definiției evenimentul contrar

$$\bar{E} = \bigcup_{i=1}^n \bar{E}_i. \quad (6.11)$$

Probabilitatea evenimentului $\bar{E}$ este:

$$P(\bar{E}) = \prod_{i=1}^n P(\bar{E}_i). \quad (6.12)$$

Evenimentele E și $\bar{E}$ formează un sistem complet de evenimente, adică $P(E) + P(\bar{E}) = 1$. Dar probabilitatea $P(E)$ reprezintă fiabilitatea sistemului $P(E) = R_s$. Dacă R_i este fiabilitatea componentelor $R_i = P(E_i)$, rezultă următoarea expresie a fiabilității sistemului cu structură cu elemente dispuse în paralel:

$$\begin{aligned} R_s &= 1 - \prod_{i=1}^n P(\bar{E}_i) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P(E_i)] = \\ &= 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i \end{aligned} \quad (6.13)$$

În cazul unui sistem format din două elemente cu schema structurală cu elemente dispuse în paralel, elementele având fiabilitatea $R_1 = e^{-\lambda_1 t}$ și $R_2 = e^{-\lambda_2 t}$, fiabilitatea sistemului va fi:

$$R_s = 1 - (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) = e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t} - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} \quad (6.14)$$

Media timpului de bună funcționare a sistemului este:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R_s dt = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} \quad (6.15)$$

Dacă $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$, atunci $MTBF = 3/(2\lambda)$. Cazul poate fi generalizat, considerând sistemul cu n elemente în paralel și $R_s = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^n$. Pentru MTBF se obține expresia:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \frac{1}{i}. \quad (6.16)$$

Sistemele cu structură tip paralel se mai numesc sisteme cu redundanță. Redundanța poate fi activă (simplă), dacă toate componentele S.T. funcționează în permanență – chiar dacă nu sunt indispensabile – sau pasivă (cu comutație sau secvențială), dacă un singur element este pus să funcționeze, iar restul sunt în rezervă

(neutilizate). În acest caz, se poate admite că elementele neutilizate nu sunt supuse avariilor. Un exemplu de redundanță pasivă îl constituie roata de rezervă a unui automobil.

Observație: Funcția de fiabilitate a unui S.T. cu componentele dispuse în paralel, din punct de vedere al fiabilității, este mai mare sau cel puțin egală cu fiabilitatea celui mai rezistent component.

Exemplu. Un S.T. este compus din trei elemente montate în paralel care au fiabilitățile: 0,99; 0,97; 0,95. Se cere a determina fiabilitatea sistemului.

Rezolvare: Conform formulei (6.14), rezultă:

$$R_s = 1 - (1 - R_1)(1 - R_2)(1 - R_3) = 1 - 0,01 \cdot 0,03 \cdot 0,05 = 0,999985$$

Acest exemplu poate fi rezolvat și în alt mod:

Notăm funcția de repartiție cu F_s . Știind că $R_s = 1 - \prod_{i=1}^n F_i$,

unde $i = 1 - 3$, conform formulei (6.13), avem:

$$\prod_{i=1}^n F_i = (1 - 0,99)(1 - 0,97)(1 - 0,95) = 0,000015$$

Rezultă: $R_s = 1 - F_s = 1 - 0,000015 = 0,999985$

Răspuns: Fiabilitatea sistemului. $R_s = 0,999985$.

Exemplu: Un sistem tehnic este alcătuit din mai multe componente, fiecare având fiabilitatea $R_1 = 0,8$. Se cere să se întocmească un tabel în care să se arate creșterea fiabilității sistemului în funcție de creșterea numărului de componente montate în paralel.

Rezolvare: Fie F – funcția cumulativă de defectare.

Folosind relația: $F_s = \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$, se obține:

$$F_2 = (1 - R_1) (1 - R_1) = (1 - 0,8) (1 - 0,8) = 0,04$$

$$\text{Rezultă: } R_2 = 1 - F_2 = 1 - 0,04 = 0,96$$

$$F_3 = (1 - R_1) (1 - R_1) (1 - R_1) = (1 - 0,8)^3 = 0,008$$

Notă: Componentele care se montează suplimentar sunt identice cu cele de bază și au aceeași fiabilitate 0,8.

$$R_3 = 1 - F_3 = 1 - 0,008 = 0,992$$

$$F_4 = (1 - R_1)^4 = (1 - 0,8)^4 = 0,0016$$

$$\text{Rezultă: } R_4 = 1 - F_4 = 0,9984$$

$$F_5 = (1 - R_1)^5 = (1 - 0,8)^5 = 0,00032$$

$$\text{Rezultă: } R_5 = 1 - F_5 = 0,99968$$

$$F_6 = (1 - R_1)^6 = (1 - 0,8)^6 = 0,000064$$

$$\text{Rezultă: } R_6 = 1 - F_6 = 0,999936$$

Datele obținute le introducem în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2 Creșterea fiabilității S.T.

Componente	Fiabilitatea sistemului	Creșterea fiabilității
1	0,800000	-
2	0,960000	0,160000
3	0,992000	0,032000
4	0,998400	0,006400
5	0,999680	0,001280
6	0,999936	0,000256

Observație: Datele tabelului 6.2. ne arată că unirea a mai mult de 3 componente în paralel nu duce la o creștere esențială a fiabilității sistemului.

Exemplu: Un sistem cu fiabilitatea totală 0,992 este alcătuit din componente cu fiabilități individuale de 0,8. Se cere să se afle care este numărul minimal de componente care pot fi conectate în paralel.

Rezolvare: Folosind relația: $F_s = \prod_{i=1}^m F_i$ pentru componente conectate în paralel, obținem $(1 - 0,992) = (1 - 0,8)^n$ sau $0,008 = 0,2^n \Rightarrow n = 3$.

Numărul minimal de componente este $n = 3$.

6.4. Redundanța paralelă

Prin *redundanță* se înțelege utilizarea într-o instalație industrială (S.T.) a mai multor elemente componente decât este necesar pentru îndeplinirea funcțiilor acestora, astfel încât aceasta să funcționeze satisfăcător chiar în prezența unor defecțiuni înregistrate la unele dintre elementele componente.

Redundanța este acea tehnică de îmbunătățire a fiabilității unei instalații (S.T.) care constă în a monta în paralel două sau mai multe elemente componente (sau chiar subansambluri ori echipamente complete).

Redundanța activă (redundanța simplă) este acel tip de redundanță în care elementele de rezervă funcționează concomitent cu elementele de bază și în aceleași condiții de solicitare.

Redundanța pasivă (redundanța de comutație) este tipul de redundanță în care elementele de rezervă urmează a intra succesiv în funcțiune, pe măsura defectării elementelor de bază.

Redundanța paralelă se efectuează prin două procedee:

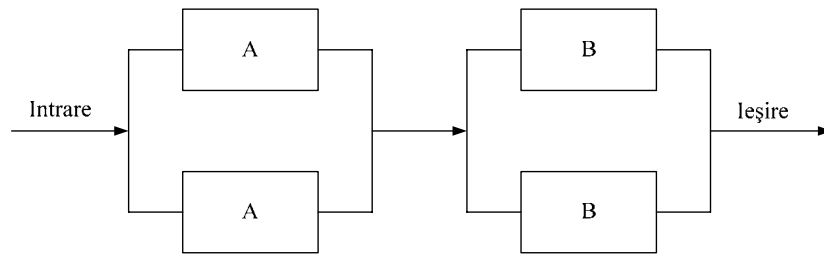
1) redundanța la nivel interior: fiecărei componente a S.T. i se adaugă una sau mai multe componente identice montate în paralel;

2) redundanța la nivel superior: întregul sistem este montat în paralel cu unul sau mai multe sisteme identice.

Fie un sistem compus din două componente A și B, care au aceeași fiabilitate, $0 < R < 1$.



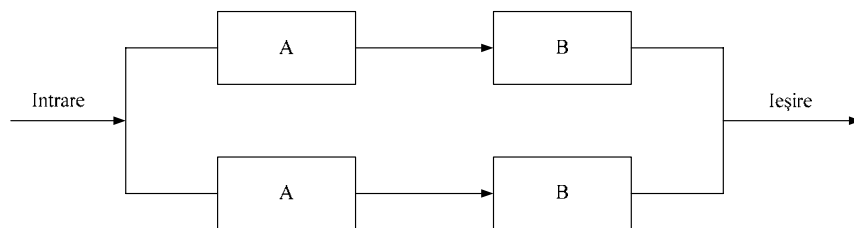
Dacă efectuăm redundanța la nivel interior, se obține un sistem ca acela prezentat în diagrama care urmează:



Fiabilitatea acestui sistem este:

$$R_{\text{inf}} = [1 - (1 - R)^2]^2 = (2R - R^2)^2.$$

Dacă efectuăm redundanța la nivel superior se obține un sistem ca acela ce urmează:



Fiabilitatea acestui sistem este:

$$R_{\text{sup}} = 1 - (1 - R^2)^2 = 2R^2 - R^4.$$

Pentru a stabili care dintre cele două metode conduce la o fiabilitate mai sporită a S.T. vom evalua diferența acestor sisteme:

$$R_{\text{inf}} - R_{\text{sup}} = 2R^2 (1 - R)^2 > 0.$$

Inegalitatea de mai sus arată că efectuarea redundanței la nivel inferior conduce la o fiabilitate mai mare a sistemului decât în cazul efectuării unei redundanțe la nivel superior.

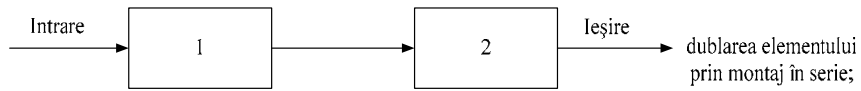
Se disting două tipuri de redundanță.

a) *redundanță activă* (de tip dinamic), implică utilizarea în S.T. a mai multor module cu aceleași funcții, din care doar o parte sunt operante, celelalte fiind în așteptare pentru a fi comutate în momentul identificării unei defecțiuni;

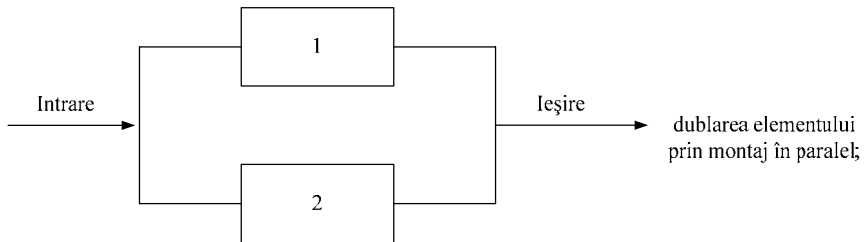
b) *redundanță pasivă* (de tip static), implică conectarea elementului de rezervă după ce elementul în funcțiune s-a defectat.

Mai jos sunt prezentate câteva tipuri de redundanță activă:

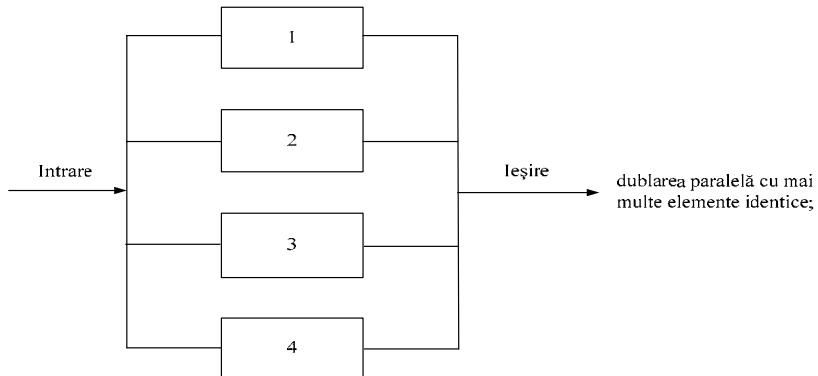
1)



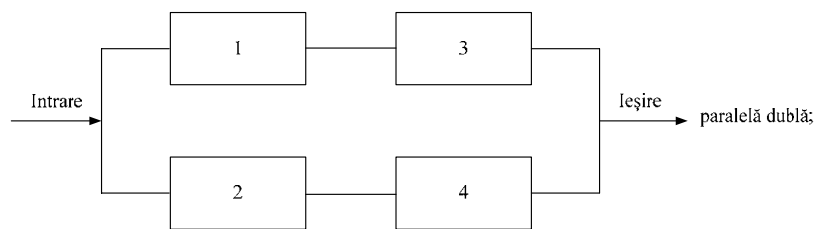
2)



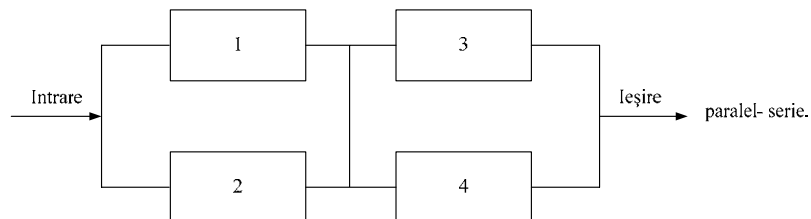
3)



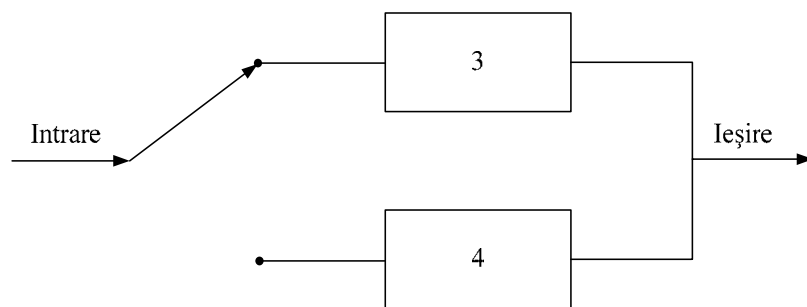
4)



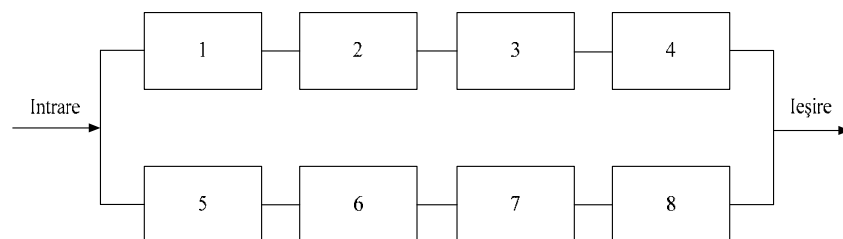
5)



Redundanța se poate realiza cu ajutorul unui dispozitiv de comutare de la elementul defect (A) la elementul (B), care este în stare să preia funcțiunea sistemului conform figurii ce urmează:



Exemplu. În figura care urmează este prezentată schema unei instalații tehnologice ale cărei componente identice sunt montate mixt, serie-paralel.



Se cere să se calculeze fiabilitatea S.T., ținând cont că fiecare componentă are fiabilitatea 0,92.

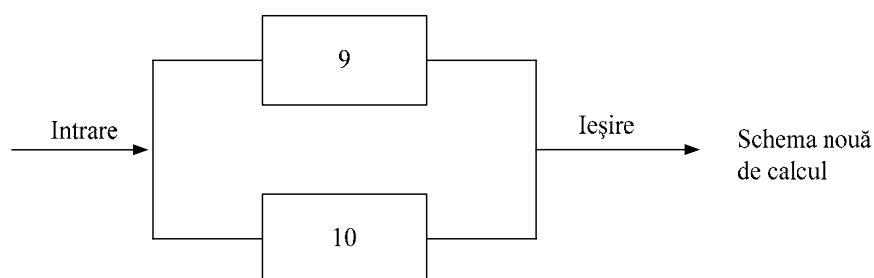
Rezolvare. Fiabilitatea se calculează parcurgând următoarele etape:

1) se calculează fiabilitatea componentelor montate în serie 1,2,3,4 pentru a obține fiabilitatea componente rezultante a acestei ramuri notată cu cifra 9.

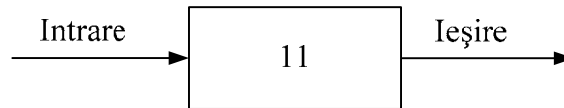
$$R_9 = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 = 0,92^4 = 0,7164$$

2) se calculează fiabilitatea ramurii cu componentele montate în serie 5,6,7,8 pentru a obține fiabilitatea componente rezultante notată cu cifra 10.

$$R_{10} = R_5 \cdot R_6 \cdot R_7 \cdot R_8 = 0,92^4 = 0,7164$$



3) Calculăm fiabilitatea S.T. format din componentele 9 și 10, legate în paralel, notată cu cifra 11.

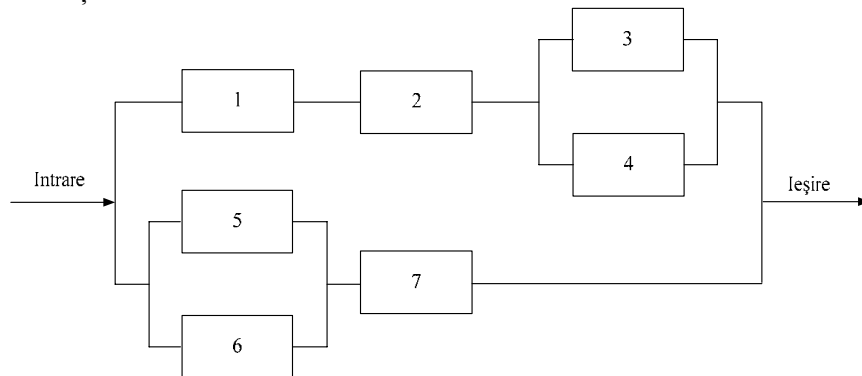


Obținem fiabilitatea sistemului:

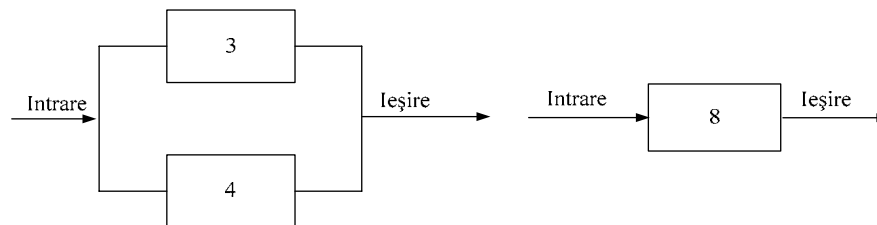
$$R_{11} = 1 - (1 - R_9)(1 - R_{10}) = R_9 + R_{10} - R_9 \cdot R_{10} =$$

$$= 0,7164 + 0,7164 - 0,7164 \cdot 0,7164 = 0,9196.$$

Exemplu. În figura care urmează este prezentată schema unei instalații tehnologice ale cărei componente sunt identice și au fiabilitatea 0,85 fiecare. Se cere să se calculeze fiabilitatea instalației.



Rezolvare. Se combină componentele 3 și 4 montate în paralel și rezultă componenta echivalentă, notată cu cifra 8.



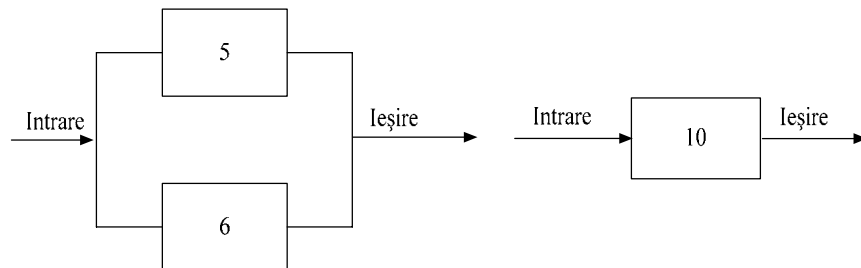
1. Calculăm fiabilitatea elementului 8:

$$R_8 = R_3 + R_4 - R_3 \cdot R_4 = 0,85 + 0,85 - 0,85^2 = 1,7 - 0,7225 = 0,9775.$$

2. Calculăm fiabilitatea ramurii formată din elementele 1, 2, 8, unite în serie, notând-o cu cifra 9.

$$R_9 = R_1 \cdot R_2 \cdot R_8 = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 0,9775 = 0,7062.$$

Combinăm elementele 5 și 6 montate în paralel și rezultă componenta echivalentă, notată cu numărul 10.



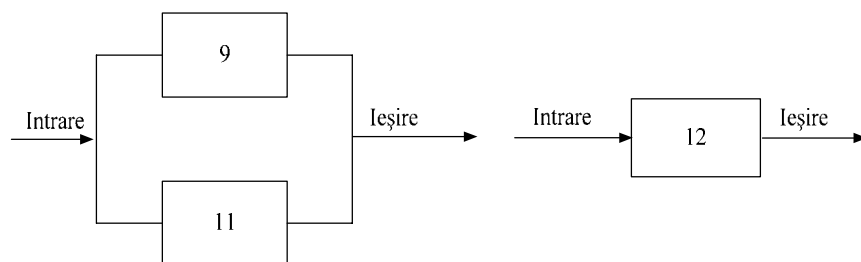
3. Calculăm fiabilitatea elementului 10:

$$R_{10} = R_5 + R_6 - R_5 \cdot R_6 = 0,85 + 0,85 - 0,85^2 = 1,7 - 0,7225 = 0,9775.$$

4. Calculăm fiabilitatea ramurii formată din elementele 10 și 7, unite în serie, notând-o cu numărul 11.

$$R_{11} = R_{10} \cdot R_7 = 0,9775 \cdot 0,85 = 0,8309.$$

5. Calculăm fiabilitatea instalației formată din componentele 9 și 11, legate în paralel, notată cu numărul 12.



$$R_{12} = R_9 + R_{11} - R_9 \cdot R_{11} = 0,7062 + 0,8309 - 0,7062 \cdot 0,8309 = 1,5371 - 0,5868 = 0,9503.$$

6.5. Sisteme tehnice cu structură mixtă

Sistemul serie - paralel are schema structurală a fiabilității formată din m ramuri în paralel, având fiecare n elemente în serie (fig. 6.4).

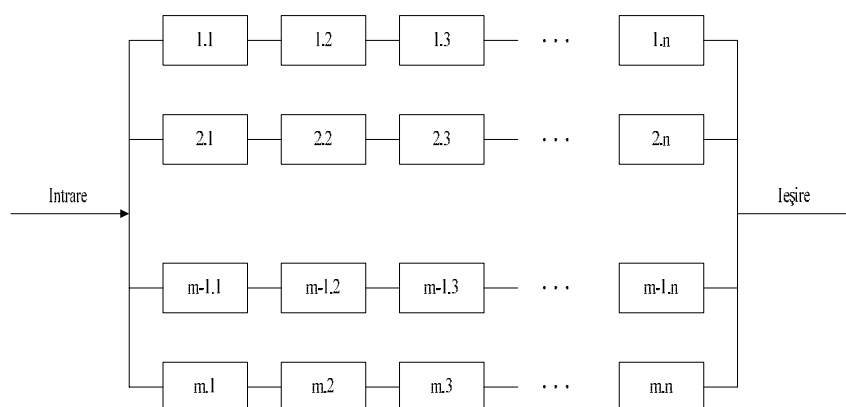


Fig. 6.4. Schema structurală serie - paralel

Fiabilitatea unei ramuri este:

$$R_s = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - R_j) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - \prod_{i=1}^n R_{ji}) \quad (6.17)$$

Sistemul paralel-serie are schema structurală formată din n grupe în serie cu câte m elemente unite în paralel (fig. 6.5)

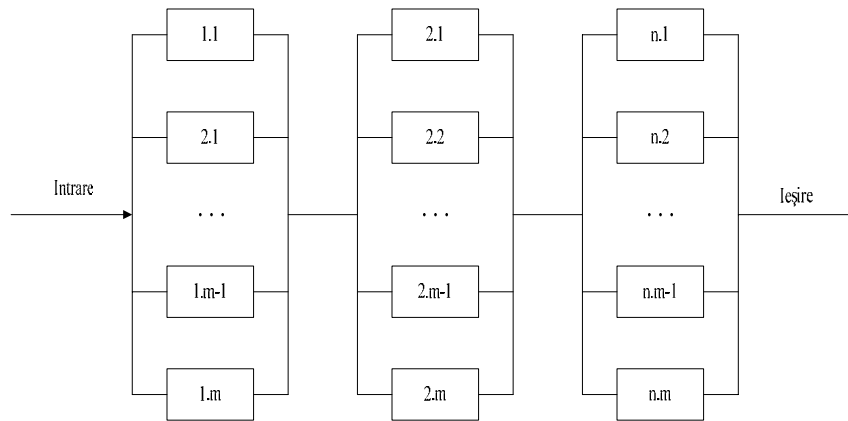


Fig. 6.5. Schema structurală paralel - serie

Fiabilitatea unui grup este:

$$R_i = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - R_{ij}), \text{ iar fiabilitatea sistemului este:}$$

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i = \prod_{j=1}^n \left[1 - \prod_{j=1}^m (1 - R_{ji}) \right] \quad (6.18)$$

Sistemele care se pot aduce la structura serie-paralel sau mixtă se mai numesc sisteme decompozabile. Există sisteme la care asocierile simple serie-paralel nu pot fi aplicate (sisteme nedecompozabile).

6.6. Sisteme cu structură reticulată

Fiabilitatea sistemelor cu elemente dispuse în paralel cu redundanță activă poate fi sporită prin introducerea unor legături suplimentare, de exemplu, conducte între elementele unor sisteme hidraulice sau între anumite utilaje dintr-o linie tehnologică. Astfel,

în schema din figura 6.6, elementul C și legăturile acestuia cu elementele D și E asigură funcționarea sistemului, chiar dacă elementele A și B se defectează, adică nu mai alimentează elementele D și E . Se ajunge astfel la reticularea schemei.

Calcularea fiabilității întregului sistem de acest fel poate fi făcută în mai multe moduri. În continuare se prezintă o metodă intuitivă, potrivită pentru scheme de complexitate redusă.

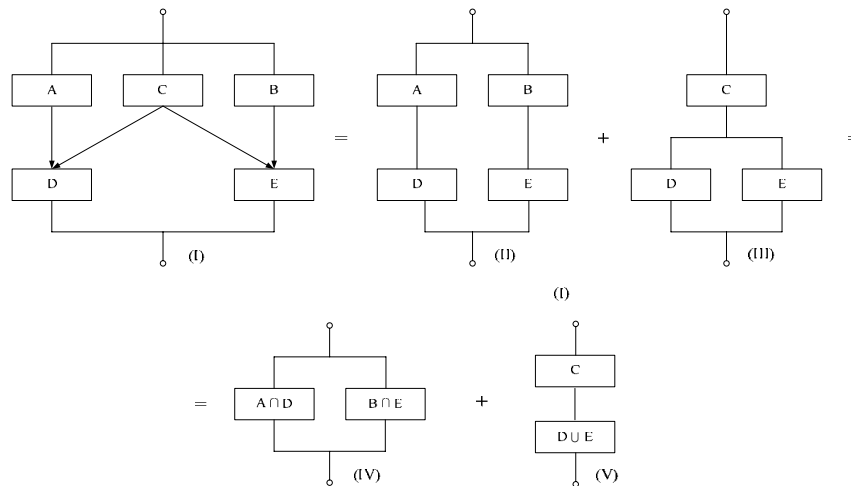


Fig. 6.6. Schemă reticulată cu 5 elemente

Sistemul (I) poate funcționa fie cu traseele $A-D$ și $B-E$ în paralel, fie cu traseele $C-D$ și $C-E$, de asemenea, în paralel. El poate funcționa, evident, și cu toate traseele sale. Schema (I) poate fi prezentată simbolic rezultând din „însurarea” schemelor mai simple (II) și (III). Această adunare trebuie făcută ținând seama de probabilitățile de funcționare, respectiv de defectare, ale subsistemelor considerate. În schema (II), elementele A și D pe de o parte și B și E pe de alta, sunt legate în serie, ceea ce permite ca schema (II) să fie redusă la schema (IV), echivalentă cu elementele $(A \cap D)$ și $(B \cap E)$ dispuse în paralel.

La rândul ei, schema (III) poate fi redusă la schema (V), cu elementul C (neschimbat) și $(D \cup E)$ în serie.

Considerând fiabilitatea R_A , R_D , R_B și R_E a elementelor individuale, cunoscută pentru o anumită durată de funcționare, atunci fiabilitatea elementelor de înlocuire $(A \cap D)$ și $B \cap E$ este:

$$R(A \cap D) = R_A \cdot R_D; \quad R(B \cap E) = R_B \cdot R_E, \quad (a)$$

de unde rezultă și fiabilitatea montajului din schema (IV):

$$\begin{aligned} R[(A \cap D) \cup (B \cap E)] &= \\ &= R_A \cdot R_D + R_B \cdot R_E - R_A \cdot R_B \cdot R_D \cdot R_E \end{aligned} \quad (6.19)$$

Relația (6.19) are aplicabilitate generală la schemele cu elemente serie-paralel, fig. 6.6 (II).

În schemele (III) și (IV), fiabilitatea subsistemului celor două elemente D și E în paralel este:

$$R(D \cup E) = R_D + R_E - R_D \cdot R_E \quad (b)$$

Atunci pentru schema (V), prin utilizarea relațiilor (a) și (b), rezultă:

$$R[C \cap (D \cup E)] = R_C (R_D + R_E - R_D \cdot R_E) \quad (6.20)$$

Relația (6.20) este general-valabilă pentru sisteme asemănătoare celui din fig. 6.6. (III).

Pasul următor este cel al „însurării” rezultatelor obținute, adică al membrilor din dreapta ai relațiilor (6.19) și (6.20), în sensul precizat, care va rezulta din relația (6.21).

Considerând că se află în funcțiune partea (V) a sistemului, cu fiabilitatea dată de relația (6.20), partea (IV) nu va intra în funcțiune decât în măsura în care elementul C se defectează, adică în proporția care corespunde defiaibilității F_C a acestuia. Rezultă astfel pentru fiabilitatea sistemului (I) expresia căutată:

$$R_S = R_C (R_D + R_E - R_D \cdot R_E) + F_C (R_A \cdot R_D + R_B \cdot R_E - R_A \cdot R_B \cdot R_D \cdot R_E). \quad (6.21)$$

Pentru fixarea ideilor se admite, de exemplu, că toate elementele care compun sistemul din figura 6.6 (I) au fiabilitatea $R = 0,9$, deci defiaibilitatea $F = 0,1$. În aceste condiții, pentru subsistemul (II) rezultă:

$$\begin{aligned} R_{II} &= R_A \cdot R_D + R_B \cdot R_E - R_A \cdot R_B \cdot R_D \cdot R_E = \\ &= 0,9 \cdot 0,9 + 0,9 \cdot 0,9 - 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,9639. \end{aligned}$$

Pentru subsistemul (III) rezultă:

$$R_{III} = R_C (R_D + R_E - R_D \cdot R_E) = 0,9 (0,9 + 0,9 - 0,9 \cdot 0,9) = 0,8910.$$

Pentru sistemul (I) se obține:

$$R_S = 0,8910 + 0,1 \cdot 0,9639 = 0,9874.$$

Rezultă că, în cazul de față elementul suplimentar C și legăturile sale adaugă aproape 2,5 % la fiabilitatea celui mai fiabil dintre cele două subsisteme. Pe ansamblu însă e necesar a menționa că se obține un montaj cu fiabilitatea de aproape 99 %, pornind de la elemente cu fiabilitatea de 90 %.

7. Aprecierea omului ca verigă de siguranță a S.T. complicat

7.1. Cauzele comiterii greșelilor

S.T. devin interconexe numai datorită prezenței unei verigi principale, cum este omul. Circa 20 - 30 % din refuzuri în mod direct sau indirect sunt legate de erorile umane; 10 - 15 % din toate refuzurile sunt legate nemijlocit de greșelile omului. După părerea academicianului V.A. Legasov, peste 60 % de avarii se produc din cauza greșelilor personalului obiectelor cu riscuri sporite.

Din această cauză analiza fiabilității sistemelor reale trebuie, în mod obligatoriu, să includă și factorul uman.

Siguranța lucrului omului este determinată ca probabilitatea executării reușite de către acesta a lucrului sau a sarcinii formulate la etapa concretă a funcționării sistemului pe durata intervalului stabilit de timp și la anumite cerințe față de durata efectuării lucrului.

Greșeala omului este definită ca neexecutarea sarcinii puse (sau executarea unei acțiuni interzise) care poate fi cauza defectării utilajului sau averii, ori a dereglării mersului normal al operațiilor planificate.

În condiții reale în majoritatea sistemelor, indiferent de gradul lor de automatizare, este necesară, într-o măsură mai mare sau mai mică, participarea omului.

Se poate afirma, că acolo, unde lucrează omul, apar greșelile. Ele apar indiferent de nivelul de pregătire, calificare sau experiență. De aceea, prognozarea siguranței utilajului fără a lua în considerație siguranța lucrului omului nu poate oferi un tablou real.

Greșelile din vina omului se pot produce atunci când:

- operatorul sau oricare altă persoană tinde spre realizarea unui scop eronat;
- scopul stabilit nu poate fi realizat din cauza acțiunilor incorecte ale operatorului;
- operatorul nu intervine în acel moment, când participarea lui este necesară.

Tipurile de greșeli, comise de om la diferite etape ale interacțiunii în sistemul „omul - mașina”, pot fi clasificate în modul următor:

1. Greșeli de proiectare: condiționate de calitatea nesatisfăcătoare a proiectării. De exemplu, dispozitivele de comandă și indicatoarele pot fi amplasate atât de departe unele de altele, încât operatorul va suporta anumite dificultăți la folosirea concomitentă a acestora.

2. Greșeli ale operatorilor: se produc la executarea incorectă a procedurilor stabilite, de către personalul de deservire sau în acele cazuri, când procedurile corecte în genere nu sunt prevăzute.

3. Greșeli de confecționare: au loc la etapa de producere ca rezultat a:

- calității nesatisfăcătoare a lucrului;
- alegerii incorecte a materialului;
- confecționării articolului cu abateri de la documentația constructivă.

4. Greșeli în deservirea tehnică: apar în procesul exploatării și, de regulă, sunt provocate de reparația necalitativă a utilajului sau de montarea incorectă, ca urmare a pregătirii slabe a personalului de deservire, dotarea nesatisfăcătoare cu aparatajul și instrumentele necesare.

5. Greșeli introduse: de regulă, acestea sunt erori pentru care este dificil de stabilit cauza producerii lor, adică de determinat, s-au produs din vina omului sau sunt legate de starea utilajului.

6. Greșeli de control: sunt legate de acceptarea ca util (bun) al elementului sau dispozitivului caracteristicile căruia depășesc limitele admise.

7. Greșeli de manipulare: se produc din cauza păstrării nesatisfăcătoare sau a transportării acestora cu abateri de la recomandările producătorului.

8. Greșeli de organizare a locului de muncă: spațiu de lucru strâmtorât (limitat), temperatură înaltă, zgomot, iluminat insuficient, vibrații etc.

9. Greșeli de administrare a colectivului: stimulare insuficientă a specialiștilor, incompatibilitatea psihologică a acestora, ceea ce nu permite a atinge o calitate optimală a activității de muncă.

Calitatea omului de a greși este o funcție legată de starea psihofiziologică a acestuia. Intensitatea greșelilor este determinată, în mare măsură, de parametrii mediului exterior în care omul lucrează.

La baza tuturor cauzelor menționate se află motivele psihologice de comportament ale omului în diferite situații. Unele persoane reprezintă și veriga de conducere, și echipa operativă, și personalul de reparații (depanare) ș.a. Tratarea problemelor securității la asemenea persoane va fi diferită, diferite vor fi și rezultatele. Comportamentul unor persoane și influența lor asupra securității S.T. va fi diferită la diverse trepte ale lanțului tehnologic de creare a obiectului (alegerea terenului, elaborarea argumentării tehnico-economice, proiectele constructive, fabricarea utilajului, construcția obiectului, montarea, ajustarea, exploatarea, controlul etc.).

În același timp, personalul obiectelor riscante este supus unor solicitări psihologice considerabile. Factorii care condiționează această solicitare pot fi examinați pe exemplul lucrului personalului operativ al unei stații electrice industriale: înțelegerea gradului de pericol și a gravității urmărilor unei avarii; presiunea înaltă a vaporilor și a apei; tensiunea electrică înaltă; mecanisme mobile; vibrație; temperatura înaltă și umiditatea redusă a aerului; monotonia situației; schimbări neesențiale ale indicațiilor aparatelor; ritmicitatea funcționării utilajului.

Urmările: dereglarea conștiinței, creșterea încordării psihologice, pierderea vigilenței.

Statistică: de la 7 până la 36 % de avarii se produc din vina personalului; 73% din acestea sunt rezultatul calităților psihologice nefavorabile ale omului.

Pentru operatorii stațiilor atomoelectrice solicitarea psihologică este și mai mare: responsabilitatea personală mult mai

înalță; pericolul expunerii radiației; riscul contaminării radioactive a localității în caz de avarie cu emisie de agent termic.

Psihologii menționează două grupe de calități ale pregătirii profesionale: cunoștințele și deprinderile; calitățile psihologice, psihofiziologice și social-psihologice, așa ca: fermitatea la stresuri, tăria de caracter, responsabilitatea, conștiinciozitatea, abilitatea lucrului în colectiv. De regulă, partea principală a personalului operativ satisface acestui ansamblu de calități, însă la asemenea obiective, cum se vede, se cere ca întreg personalul operativ (100 %) să corespundă acestor calități, deoarece nu se știe cui îi va reveni situația critică, din care trebuie de ieșit cu succes.

Tabloul complicat al influențelor asupra omului care conduce (dirijează) mijloace tehnice potențial periculoase este prezentat în fig. 7.1.

Pentru diferiți oameni, motivele motoare ale comportamentului profesional pot fi diferite: interesul cognitiv față de lucrul încredințat, stima față de profesie, înțelegerea responsabilității, evitarea conflictelor, carierismul, abordarea utilitară (salariul, premiul, locuința, mașina, foia de odihnă etc.).

În situații extreme omul, de regulă, urmează aceeași linie de comportament, care s-a format în perioada precedentă. Măsura implementării stereotipurilor obișnuite depinde de gradul de manifestare a următoarelor calități personale: fermitatea emoțională, conștiinciozitatea, autocontrolul, credulitatea, stabilitatea la stresuri și bunăvoința.

De aceea formula securității: poziția critică (I) + abordarea strict reglementată și bine gândită (II) + comunicativitatea (III) = securitatea – fiind inclusă în stereotipul de comportament al operatorului, asigură:

- preîntâmpinarea situației de avarie;
- diminuarea procentului de greșeli la dirijarea avariei.

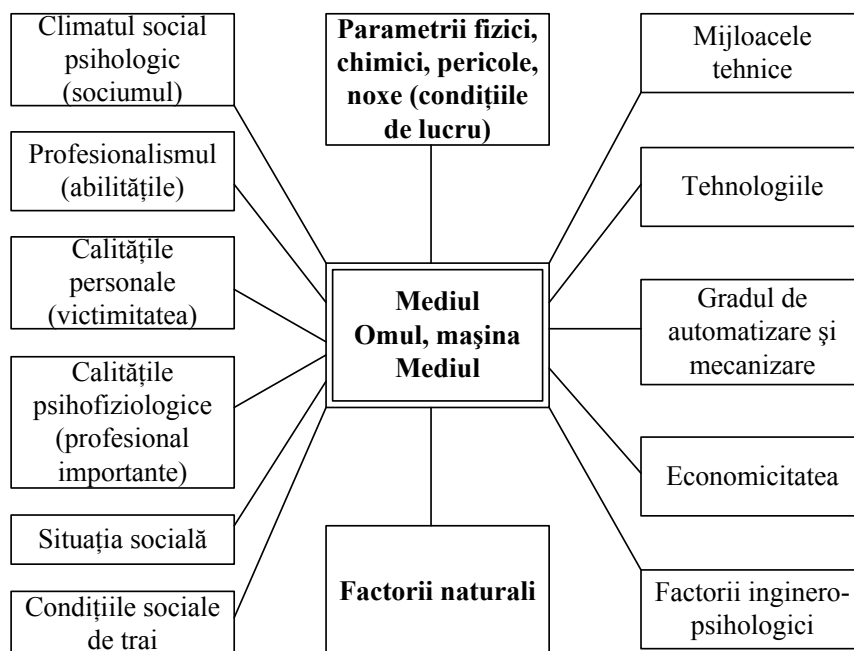


Fig. 7.1. Factorii care influențează asupra omului care conduce mijloace tehnice potențial periculoase

Acest fapt poate fi ușor urmărit pe exemplele avariilor la stațiile atomoelectrice (S.A.E.) din ultimele decenii. În ultimii 50 de ani în lume s-au produs peste 300 de avarii, în care au avut de suferit circa 150 mii de oameni, peste 25 mii au căpătat doze considerabile de radiație, peste 100 oameni au murit.

La dezvoltarea avariei la S.A.E. „Tri-Mail-Ailend” au fost menționate următoarele greșeli ale personalului:

- echipa de reparație a lăsat închise vanele liniei de alimentare, pentru caz de avarie, a generatorului de vapor;
- nepriceperea proceselor care se desfășurau, ca urmare a lipsei de informație completă, a stereotipului gândirii și a defectelor constructive.

În producerea celei mai grave avarii pe toată durata istorică a energiei atomice – avaria de la Cernobâl – un rol negativ mare l-a avut personalul operativ. Este cunoscut faptul, că greșelile umane se produc doar în condiții, când oamenii nu pot să nu le facă. Reieșind din aceasta, apare important faptul aprecierii situației psihologice și social-psihologice la S.A.E. Cernobâl.

1. S.A.E. Cernobâl – una din cele mai bune S.A.E. Orașul bine amenajat Pripeati. Loc prestigios de muncă.

2. Calificarea personalului operativ al S.A.E. Cernobâl și, în particular, al schimbului nr. 5 (când s-a produs avaria), în linii generale, nu provoacă dubii: studii corespunzătoare și experiență practică de lucru personalul avea.

3. S.A.E. – Pripeati: separarea grupărilor de conducere, în interiorul cărora se mențineau relațiile de tipul „ai noștri”.

4. Alegerea și repartizarea cadrelor se efectua în conformitate cu punctul 3.

5. Reducerea activismului social: motivul determinant al comportamentului – evitarea conflictului cu conducerea (urmare: „Mi s-a ordonat – eu fac”, adică urmarea întocmai (exactă) a instrucțiunilor; indiferență față de producere; retragere în lumea propriilor interese; „poziția șurubașului”).

6. Tradiția păstrării în taină a informației despre cazurile de avarie, ceea ce exclude posibilitatea instruirii personalului și a educării simțului de responsabilitate colectivă.

7. Orientarea interioară spre realizarea sarcinii (planului de producere a energiei, programei de încercare etc., însă nu spre securitate).

Cele menționate mărturisesc despre lipsa elementelor de bază ale culturii securității.

E necesar a fi menționați încă un șir de factori negativi:

1. Lucrul operatorului poate fi reușit, dacă caracteristicile tehnice ale sistemului dirijat corespunde posibilităților omului (pregătirea profesională, caracteristicile psihofiziologice și psihologice). Acest lucru nu a fost asigurat în acest caz.

2. Dirijarea blocului se efectua în baza unei experiențe operative bogate, a cunoașterii proceselor fizice și termofizice, precum și intuitiv. Ieșirea reușită din situațiile nestandarde în trecut întărește încrederea în posibilitățile personale ale operatorilor și favorizează pierderea vigilenței de către personal, iar uneori dă naștere „eroismului” deosebit al riscului.

3. Panoul de dirijare al blocului a fost executat fără a lua în considerație cerințele ergonomiei (cantitatea și importanța informației).

Toate aceste circumstanțe negative și pozitive s-au realizat în timpul avariei.

Asupra dezvoltării situației periculoase influențează procesul recepției subiective a riscului. Perceperea subiectivă a riscului este o problemă destul de interesantă și complicată. De faptul, cum oamenii percep evenimentele cu caracter catastrofal, în așa mod se formează comportamentul lor în cazul diferitor forme de activitate. La experți noțiunea de risc de la o oarecare tehnologie totdeauna este legată de mortalitatea provocată de aceasta, la populație, însă, această legătură lipsește.

Un exemplu caracteristic: experiența organizată de un institut de cercetare a fost orientată spre dezvăluirea particularităților închipuirii subiective a oamenilor despre gradul riscului legat de diferite tipuri de activitate. Această experiență presupunea aranjarea de către persoanele chestionate, în ordine descrescândă, a treisprezece tipuri de risc. Primul loc după gradul de risc pentru societate (riscul social) în această rânduială generalizată l-au ocupat calamitățile naturale, al doilea – S.A.E., iar ultimul – deplasarea cu transportul feroviar și odihna activă (tabelul 7.1.).

Aranjarea căpătată nu corespunde situației reale a lucrurilor. Indiscutabil, că paguba de la diferite dezastre este mare și anual numărul victimelor dezastrelor se apreciază la 250-300 mii de oameni. Însă numărul victimelor fumatului constituie până la 2,5 mln. de oameni în fiecare an, ceea ce depășește de opt ori numărul de victime legate de utilizarea autotransportului.

După cum au demonstrat cercetările, asupra percepției riscului influențează o multitudine de factori, principalii din care îi vom prezenta în continuare.

Tabelul 7.1. Aranjarea opiniilor referitoare la risc

Tipul riscului	Aranjarea riscului
Calamitățile naturale	1
S.A.E.	2
Poluarea mediului ambiant	3
Consumarea alcoolului	4
Extragerea minereurilor	5
Utilizarea transportului auto	6
Stațiile electrice termice	7
Fumatul	8
Stațiile hidroelectrice	9
Zborul cu avionul	10
Radiografia în medicină	11
Deplasarea cu transportul feroviar	12
Odihna activă	13

7.2. Factorii ce influențează perceperea subiectivă a riscului

Evaluarea probabilităților producerii evenimentelor

Evaluarea probabilității producerii anumitor evenimente este cea mai frecvent folosită operație, atât în metodele formale de adoptare a soluțiilor în condiții de risc, cât și în metodele bazate pe raționamentele profesionale. Posibilitățile omului de a determina corect probabilitățile evenimentelor nedeterminate influențează considerabil capacitățile omului de a evalua gradul riscului în integritate. Evaluarea riscului încalcă multe principii fundamentale ale comportamentului rațional.

Probabilitățile unui sau altui eveniment foarte frecvent se determină în baza faptului, cât de frecvent oamenii s-au confruntat cu acestea în trecut (efectul, „prestanței”). Evenimentul se consideră

mult mai probabil, dacă omul și-l poartă închipui, își poate aminti exemple analogice. Aceasta conduce la supraevaluarea probabilităților evenimentelor expresive, care se memorizează și la subaprecierea altor evenimente.

S-a observat, că oamenii ignorează sau nu iau în considerație probabilitățile apriori și la evaluarea probabilității se străduie să folosească, cu prioritate, propria experiență („egocentrismul”), ignorând și considerând nesigură orice altă informație apriori. La evaluarea siguranței utilajului S.T. aceasta poate conduce la supraevaluarea considerabilă a probabilității avariilor, dacă ultimele au avut loc și la subapreciere – în cazul funcționării ireproșabile a utilajului.

Cercetările au demonstrat, că omul, de regulă, subapreciază probabilitatea unor evenimente foarte probabile și supraapreciază probabilitatea evenimentelor puțin probabile. Totodată, există ipoteza, că omul nu percepe probabilitățile de ordinul 10^{-6} , adică atunci când probabilitatea rezultatului nefavorabil constituie o șansă dintr-un milion.

La evaluarea probabilităților a două evenimente consecutive independente oamenii se străduie să stabilească o anumită legătură între acestea (iluzia „Monte-Carlo”). La evaluarea probabilității producerii concomitente a două evenimente independente oamenii adesea ignorează acel fapt, că această probabilitate nu poate depăși probabilitatea fiecărei din acestea separat: $P(A)$ sau $P(B)$ este mai mare decât $P(A \text{ și } B)$.

Semnificația urmărilor

Un rol mare la stabilirea semnificației îl joacă faptul, care necesități ale individuumului pot fi satisfăcute în rezultatul realizării unui final favorabil și ce amenințare prezintă pentru acesta finalul nefavorabil. Urmările negative pot fi aranjate din punct de vedere al semnificației acestora pentru om. Cele mai semnificative sunt urmările care amenință viața și sănătatea omului, care sunt urmate de diverse urmări legate de bunăstarea familială, carieră etc.

Distribuirea amenințării în timp și în spațiu

Asupra percepției riscului o mare influență exercită caracterul distribuirii urmărilor negative în timp și în spațiu. Astfel, cu cât oamenii locuiesc mai aproape de o întreprindere riscantă, cu atât mai multă neliniște aceștia manifestă. S-a observat, de asemenea, că oamenii sunt mult mai toleranți față de avariile mai frecvente, distribuite în timp, însă de mici proporții, decât față de catastrofele rare cu un număr mare de victime, chiar dacă pierderile sumare în primul caz sunt cu mult mai mari, decât în al doilea.

Legătura între posibilele urmări și probabilitatea acestora

Experiența activității firmelor de asigurare demonstrează, că oamenii în mod diferit evaluează gradul de risc de la situațiile cu probabilitatea mică de declanșare a evenimentelor catastrofale (cutremure, inundații) și situațiile cu probabilitatea mult mai mare de producere, însă cu victime ne semnificative (accidente de autotransport). Aceștia încearcă activ să se protejeze de ultimele, de exemplu, prin cumpărarea polițelor de asigurare și manifestă indiferență față de primele. Psihologii lămuresc acest fenomen prin aceea, că oamenii, în activitatea practică, se străduie să se abstragă de la evenimentele puțin probabile.

Capacitatea de control a situației

Posibilitatea controlului asupra dezvoltării evenimentelor, folosirea cunoștințelor și deprinderilor proprii pentru evitarea urmărilor negative exercită o influență mare asupra aprecierii nivelului de acceptare a situației în ansamblu. S-a observat, că oamenii preferă să participe la acele evenimente, unde multe depind de măiestria lor personală.

Posibilitatea liberei alegeri

Se are în vedere două tipuri diferite de activitate. Utilizarea majorității tehnologiilor industriale contemporane au pentru oameni un caracter „obligatoriu”, spre deosebire de asemenea tipuri de activitate, cum ar fi fumatul, sportul alpin etc. S-a observat că, cu cât este mai mare gradul de liber consimțământ în utilizarea unei

sau altei tehnologii, cu atât este mai mare nivelul riscului la care oamenii sunt gata sa meargă.

Gradul de noutate al tehnologiei

Societatea manifestă mai mare indulgență (toleranță) față de științele și tehnologiile mai vechi, pe care le cunosc mai bine, decât față de cele noi, față de care au puțină experiență.

Caracteristicile personale ale conducătorului care adoptă soluția (calitățile personalității)

Acest factor exercită influență atât asupra evaluării subiective a probabilităților evenimentelor, cât și asupra evaluării seriozității posibilelor urmări. Tot conducătorul joacă un rol important la aprecierea situației în ansamblu. Sexul (masculin sau feminin), vârsta, studiile, modul de viață, dispoziția emotivă, normele sociale și tradițiile societății, gradul de încredere față de organele puterii, experții tehnici, mijloacele de informare în masă și alți factori influențează comportamentul omului la evaluarea nivelului de risc și a securității.

Concluzie: În condiții de avarie oamenii manifestă doar acele calități care le-au fost cultivate, dezvoltate și consolidate, și care nu o singură dată au putut fi observate până la avarie. Și nimic mai mult! Din acest punct de vedere, cultura securității, umanizarea educației tehnice, instruirea și altoirea culturii general umane la specialiști trebuie să se afle pe aceleași poziții cu dezvoltarea tehnico-științifică și să ocupe o poziție cu atât mai responsabilă, cu cât este mai periculoasă una sau altă ramură industrială.

7.3. Metodologia prognozierii greșelilor

Metodele prognozierii frecvenței greșelilor omului se bazează pe analiza clasică și includ următoarele etape:

- elaborarea listei principalelor refuzuri ale sistemului;
- elaborarea listei și analiza acțiunilor omului;

- evaluarea frecvenței greșelilor omului;
- determinarea influenței frecvenței greșelilor omului asupra intensității refuzurilor sistemului studiat;
- elaborarea recomandărilor, introducerea modificărilor necesare în sistemul studiat și calcularea noilor valori ale intensității refuzurilor.

Una din metodele principale de analiză a siguranței lucrului omului este construirea arborelui probabilităților (arborele rezultatelor). La utilizarea acestei metode se stabilește o anumită probabilitate condițională a executării reușite sau eronate de către om a fiecărei operații importante sau probabilitatea apariției evenimentului corespunzător. Rezultatul fiecărui eveniment se reprezintă prin ramurile arborelui probabilităților. Probabilitatea totală a efectuării reușite a unei anumite operații se va determina prin sumarea probabilităților corespunzătoare în punctul final al căii rezultatelor reușite pe diagrama arborelui probabilităților. Această metodă cu anumite concretizări poate lua în considerație așa factori, ca: stresul, provocat de lipsa de timp; solicitarea emoțională; solicitarea, determinată de necesitatea acțiunilor de răspuns, de rezultatele interacțiunilor și a refuzurilor utilajului.

Trebuie menționat, că această metodă asigură o bună ilustrativitate, iar calculele matematice legate de ea sunt simple, fapt ce reduce, la rândul său, probabilitatea apariției unor greșeli în calcule. Afară de aceasta, ea permite specialistului în psihologia inginerică să aprecieze ușor probabilitatea condițională, care în caz contrar poate fi căpătată doar cu ajutorul soluționării unor ecuații complicate ale probabilităților.

Exemplu. Operatorul execută două sarcini – mai întâi X, iar apoi Y. Totodată, el poate să execute aceste operații atât corect, cât și incorect. Cu alte cuvinte, sarcinile executate incorect sunt unicele greșeli care se pot produce în situația dată. Se cere să se construiască arborele posibilelor rezultate și să se afle probabilitatea executării incorecte a sarcinii. Se presupune că probabilitățile sunt static independente.

Pentru soluționarea problemei propuse ne folosim de arborele posibilelor rezultate, prezentat în fig. 7.2, folosind următoarele notări:

- P_s – probabilitatea efectuării reușite a sarcinii;
- P_f – probabilitatea neîndeplinirii sarcinii;
- s – îndeplinirea reușită a sarcinii;
- f – neîndeplinirea sarcinii;
- P_x – probabilitatea îndeplinirii reușite a sarcinii x ;
- P_y – probabilitatea îndeplinirii reușite a sarcinii y ;
- P_x^l – probabilitatea neîndeplinirii sarcinii x ;
- P_y^l – probabilitatea neîndeplinirii sarcinii y .

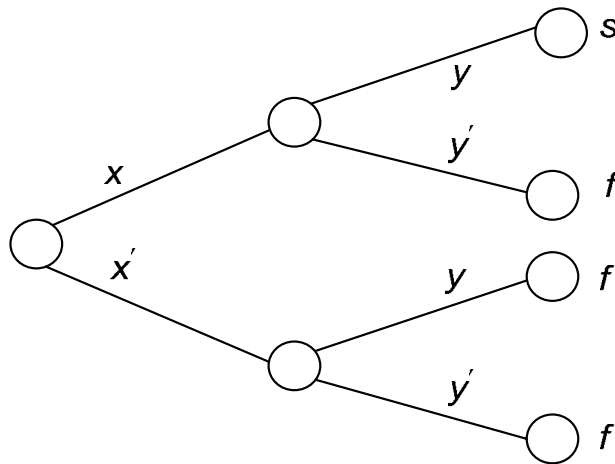


Fig. 7.2. Schema arborelui rezultatelor

Conform fig. 7.2. probabilitatea efectuării reușite a sarcinii $P_s = P_x \cdot P_y$. Analogic se determină expresia pentru probabilitatea neîndeplinirii sarcinii:

$$P_f = P_x \cdot P_y^l + P_x^l \cdot P_y + P_x^l \cdot P_y^l = 1 - P_x \cdot P_y$$

Din fig. 7.2. urmează, că unica metodă de efectuare reușită a sarcinii sistemice este îndeplinirea reușită a ambelor sarcini – x și

y. Anume, de aceea, probabilitatea îndeplinirii corecte a sarcinii sistemice se determină ca produsul $P_x \cdot P_y$.

Pentru evaluarea siguranței lucrului operatorilor S.T. trebuie luați în considerație următorii factori:

- calitatea instruirii și a pregătirii practice;
- prezența instrucțiunilor scrise, calitatea acestora și posibilitatea înțelegerii incorecte a lor;
- indicii ergonomici ai locurilor de lucru;
- gradul de independență a acțiunilor operatorului;
- prezența operatorilor-dublori;
- solicitările psihologice.

Evaluarea frecvenței greșelilor omului trebuie efectuată doar după studierea tuturor acestor factori, deoarece aceștia influențează asupra calității lucrului operatorului. Evaluările căpătate trebuie ulterior incluse în procedura de analizare a arborelui refuzurilor.

7.4. Principiile formării bazelor referitoare la greșelile omului

Bazele de date referitor la greșelile omului sunt necesare pentru analiza și prognozarea securității sistemului studiat, prevenirea situațiilor periculoase. Acestea pot fi divizate în următoarele trei categorii:

I. Bazele datelor experimentale: conțin rezultatele experiențelor de laborator și merită cea mai mare încredere, față de bazele de alt tip, deoarece într-o măsură mai mică sunt expuse acțiunii evaluărilor subiective, capabile să conducă la greșeli. Totuși, trebuie de avut în vedere, că oricât de minuțios nu s-ar constitui aceste baze de date, în ele totdeauna este prezent un nivel considerabil de subiectivitate.

II. Bazele datelor de exploatare: sunt mult mai reale față de bazele datelor experimentale, însă constituirea unor asemenea baze este foarte dificilă, deoarece pentru aceasta este necesară o înregistrare scrupuloasă a acțiunilor în condiții reale de exploatare. Asemenea baze de date prezintă rezultate mult mai satisfăcătoare,

față de cercetările de laborator, deoarece în condiții de laborator foarte frecvent se propun probleme ireale.

Sunt cunoscute baze de date de exploatare destul de mari referitoare la exploatarea utilajului. Una din aceste baze este „Sistemul de înregistrare și evaluare a datelor privind calitatea lucrului (OPREDS)”, care permite urmărirea automată asupra tuturor acțiunilor operatorului. Însă acest sistem nu poate fi folosit în toate situațiile. Alt exemplu poate servi „Banca de date privind frecvența erorilor din vina omului (SHERB)”, creată de firma Sandy. În continuare, în calitate de exemplu, este prezentată evaluarea greșelilor personalului operator din documentul WASH-1400 /69/.

1. Selectarea unui comutator dirijat cu ajutorul cheii (această valoare nu ia în considerație greșelile de adoptare a soluției atunci când operatorul apreciază incorect situația și presupune, că cheia dată este aleasă corect) – frecvența greșelilor, 10^{-5} .

2. Alegerea comutatorului sau a două comutatoare, care nu seamănă după formă sau amplasare la comutatorul necesar cu condiția lipsei erorii la adoptarea soluției; de exemplu, operatorul conectează comutatorul cu mâner mare în locul unui comutator mic – frecvența greșelilor, 10^{-4} .

3. Greșeală obișnuită a omului la efectuarea operației (de exemplu, citirea incorectă a tăbliței și în rezultat alegerea eronată a comutatorului) – frecvența greșelilor, $3 \cdot 10^{-3}$.

4. Greșeală obișnuită (scăpare) a omului dacă în sala de comandă lipsește semnalizarea referitor la starea parametrului, scăpare din vedere de către operator (de exemplu, refuzul, cauzat de faptul că, supapa de testare cu comutare manuală nu se întoarce în poziția inițială după finalizarea deservirii tehnice) – frecvența greșelilor, 10^{-2} .

5. Greșeli aritmetice simple în cazul efectuării autocontrolului, însă fără a executa calcule repetate – frecvența greșelilor, $3 \cdot 10^{-2}$.

6. Personalul altui schimb de lucru nu controlează utilajul, numai dacă nu este dispoziția scrisă sau o listă specială pentru control – frecvența greșelilor, 10^{-1} .

7. Frecvența obișnuită a greșelilor în cazul lucrului încordat al operatorului, când au loc, foarte rapid, acțiuni periculoase – frecvența greșelilor 0,2 – 0,3.

III. Bazele de date subiective: se constituie în baza evaluărilor de expertiză. Crearea unor asemenea baze este relativ ieftină și nu provoacă dificultăți deosebite, deoarece un volum mare de informație poate fi căpătat de la un număr limitat de experți chestionați.

Pentru ca bazele de date subiective să se poată utiliza la analiza siguranței lucrului omului este necesar:

- să se asigure corectitudinea necesară a datelor; pentru bazele de date subiective sunt caracteristice anumite erori, de aceea trebuie de avut în vedere, că exactitatea (corectitudinea) acestora totdeauna este mai mică, față de corectitudinea bazelor de date experimentale;

- să se garanteze un număr impunător de evaluări de expertiză.

Datele subiective trebuie acumulate doar de la acele persoane, care sunt considerate specialiști de calificare înaltă, capabili să se isprăvească cu acest lucru și care, afară de aceasta, ar putea supraveghea asupra îndeplinirii sarcinilor asemănătoare de către alți experți. De exemplu, mai bine obținem date de la operatori, decât de la specialiștii în psihologia inginerică; a lua în considerație caracterul concret al lucrului. Este necesar a alege foarte minuțios metoda de evaluare cu luarea în considerare a caracterului lucrului evaluat; a stabili corect nivelul evaluării de expertiză.

Prioritatea principală a bazei de date subiective constă în cuprinderea largă a tuturor parametrilor, în privința cărora sunt necesare date referitoare la greșeli.

8. Măsurile, metodele și mijloacele care asigură fiabilitatea și securitatea sistemelor tehnice

Căile de asigurare a fiabilității sunt diverse și pot fi legate de sporirea rezistenței articolelor la acțiunile exterioare. De exemplu, pentru sistemele mecanice sunt eficiente metodele de creare a nodurilor rezistente, rigide, durabile la uzură din contul construcției raționale a acestora, folosirea materialelor cu rezistență înaltă, durabile la uzură, la coroziune, la temperatură etc. Altă cale de asigurare a fiabilității suficiente este izolarea S.T. de acțiunile nocive: instalarea mașinilor pe fundament, protecția suprafețelor de prăfuire și poluare, crearea condițiilor speciale de umiditate și temperatură, folosirea învelișurilor anticorozive, dispozitivelor de vibroizolare etc.

Un mijloc activ pentru soluționarea problemei fiabilității și securității este folosirea sistemelor automate pentru asigurarea efectuării îndelungate a destinației funcționale de către S.T. în diverse condiții de exploatare.

Deosebit de importantă este instruirea personalului în problemele exploatarei nepericuloase a S.T.

Pentru a nu admite refuzuri cu caracter constructiv, de fabricare și exploatare există măsuri standardizate, metode și mijloace cu caracter de prevenire, control și protecție care asigură fiabilitatea și securitatea S.T. Acestea sunt folosite la diferite etape ale ciclului vital al S.T. – în procesul proiectării, în stadiile de creare și exploatare a S.T.

8.1. Faza de proiectare a S.T.

Măsurile de prevenire: folosirea metodelor și a mijloacelor perfecționate de asigurare a fiabilității; analiza soluțiilor alternative de proiectare-construire și alegerea celor mai bune; crearea rezervelor de funcționalitate conform sarcinilor și refuzurilor de diferite tipuri; folosirea rezervării; selectarea materialelor și a elementelor de completare cu un grad sporit de siguranță; crearea

elementelor controlabile și reparabile; instruirea proiectanților, constructorilor, cercetătorilor referitor la metodele și procedeele performante de asigurare a fiabilității; stabilirea normelor de fiabilitate la proiectare și a normelor de testare în cazul prelucrării experimentale; elaborarea noilor mijloace de control și diagnosticare.

Metode de control: controlul experimental al soluțiilor tehnice, îndeosebi a celor noi; controlul tuturor regimurilor de funcționare; testări automate și complexe; controlul și corectarea documentației constructive; controlul experimental al rezervelor de funcționalitate în toate regimurile de lucru; controlul fiabilității; controlul calității lucrului executanților, autocontrolul.

Metode de protecție: analiza tipurilor și a urmărilor refuzurilor; includerea în componența sistemului a aparatelor speciale care asigură securitatea la apariția refuzurilor; prelucrarea regimurilor principale de refuzuri în funcționare; antrenarea personalului; realizarea soluțiilor tehnice de localizare a refuzurilor; folosirea controlului operativ și dirijarea funcționării; asigurarea păstrării funcționalității elementului în cazul refuzurilor în S.T.; elaborarea sistemului de deservire și restabilire a mijloacelor tehnice.

8.2. Faza de fabricare a S.T.

Măsuri de prevenire: selectarea proceselor tehnologice progresive și stabile; prelucrarea proceselor tehnologice și a mijloacelor de control până la punerea lor în funcțiune; prelucrarea și corectarea documentației tehnologice; instruirea și atestarea personalului de producere pentru lucrul la operațiile responsabile; supravegherea permanentă asupra stării utilajului de producție și a mijloacelor de control.

Măsuri de control: efectuarea controlului parametrilor de intrare-ieșire la fiecare operație; controlul regimurilor de rezervă; testări de control a tehnologiilor; controlul calității lucrului executorilor; autocontrolul; supravegherea de autor; controlul calității și a stabilității proceselor tehnologice.

Măsuri de protecție: folosirea suplimentării (dublarea) în utilaje și în mijloacele de control; includerea blocajelor în procesele tehnologice de mare importanță; elaborarea sistemului de deservire și restabilire a utilajului de producție și a mijloacelor de control.

8.3. Faza de exploatare a S.T.

Măsuri de prevenire: folosirea mijloacelor automatizate de control și depistare a defecțiunilor; prelucrarea documentației tehnice de exploatare; efectuarea lucrărilor prealabile reglementate; aprecierea și prognozarea stării tehnice și a fiabilității; instruirea și atestarea personalului.

Măsuri de control: înregistrarea automată și prelucrarea informației referitor la comenzi, refuzuri și deteriorări; controlul calității; autocontrolul; supravegherea pe termenul de garanție.

Măsuri de protecție: efectuarea ajustărilor operative; folosirea mijloacelor automate de protecție; folosirea pieselor de schimb și a fondului de rezervă; analiza urmărilor refuzurilor și realizarea măsurilor de protecție; instruirea și atestarea personalului pentru lucru în cazul producerii refuzurilor.

8.4. Suportul tehnic și asigurarea

Mijloacele tehnice (rezerva de elemente, posibilitățile experimentale și de producție) sunt o parte componentă importantă a mijloacelor active care permit, în final, atingerea unui nivel înalt al securității și al eficienței exploatării S.T. Lipsa bazei tehnico-materiale, a mijloacelor tehnice cu grad sporit de siguranță nu poate fi compensată cu alte mijloace de asigurare (organizarea lucrărilor, realizarea asigurării cu programe, asigurarea metodică, normativă și informațională).

Nivelul asigurării tehnice depinde de următorii factori:

- nivelul calității și siguranței materialelor, semifabricatelor, detaliilor electrice și radio, a elementelor de completare, a

articolelor și a agregatelor cu destinație generală, fabricate de industrie și folosite în componența S.T.;

- de nivelul tehnic, nomenclatura, cantitatea, productivitatea și automatizarea mijloacelor tehnice pentru proiectarea, construirea, definitivarea, fabricarea, controlul și exploatarea articolelor complicate;

- de nivelul automatizării și operativitatea acumulării, prelucrării și schimbului de informație pentru planificarea, coordonarea și controlul asupra mersului creării și folosirii articolelor.

Pentru crearea sistemelor cu un nivel înalt al fiabilității și efective este necesar ca materialele noi, articolele electrice și alte elemente de completare să posede indici înalți de siguranță, suficienți pentru exploatarea practică, ireproșabilă, a sistemelor cu perspectivă, în condițiile stabilite pentru ele și pe durata termenului de exploatare egală cu durata învechirii morale.

Cu cât sunt mai complicate S.T. create, cu atât sunt mai multe cauzele și sursele de refuzuri ale acestora, cu atât mai problematică devine posibilitatea asigurării fiabilității la nivelul tehnico-științific atins al sistemelor tehnice de proiectare, construire, definitivare experimentală, fabricare și exploatare.

8.5. Mijloacele tehnice care asigură fiabilitatea și securitatea sistemelor tehnice

Toate mijloacele tehnice, de asigurare a fiabilității și a securității, care sunt utilizate la crearea și exploatarea S.T. pot fi divizate condițional în trei clase: mijloace de prevenire, mijloace de control și mijloace de protecție.

8.5.1. Mijloacele de prevenire a refuzurilor

Mijloacele de prevenire a refuzurilor S.T. sunt în același timp și mijloace tehnice care permit a selecta și a elabora detaliat cea mai bună construcție, a întocmi documentația, a asigura definitivarea experimentală completă.

La grupa mijloacelor tehnice, utilizate pentru prevenirea refuzurilor și a devierilor cu caracter constructiv, sunt atribuite:

- complexurile automatizate numerice și analogo-numerice de modelare, dotate cu baza matematică necesară, care permit proiectanților elaborarea unui număr mare de variante alternative ale elementelor sistemului cu selectarea celor mai sigure și mai eficiente variante;

- mijloacele de elaborare automatizată a documentației constructive și tehnologice, care permit a exclude erorile în documentație și a urgenta considerabil elaborarea acesteia;

- utilajul contemporan de experimentare care permite definitivarea (prelucrarea) la timp a soluțiilor tehnice noi și a asigura un nivel înalt de fiabilitate al elementelor componente ale S.T.;

- mijloacele tehnice de instruire și ridicare a calificării proiectanților, constructorilor și a altor colaboratori ai întreprinderilor care elaborează S.T.;

- sistemul automatizat de informație privind problemele calității și a fiabilității elementelor componente ale S.T.

La grupa mijloacelor tehnice care preîntâmpină refuzurile și devierile cu caracter de fabricare sunt atribuite:

- utilajul tehnologic și de producție automatizat, performant, precum și mijloacele de control și comandă cu procesele tehnologice;

- mijloacele tehnice de control nedestructiv și de diagnostică la intrare, care exclud nimerirea în procesul de producție a materialelor, semifabricatelor și a elementelor de completare necalitative;

- mijloacele automatizate de instruire a lucrătorilor și a personalului tehnico-ingineresc a întreprinderilor producătoare;

- sistemul automatizat de informație privind calitatea și fiabilitatea S.T. în activitatea de producție.

La grupa mijloacelor tehnice de prevenire a refuzurilor în procesul de exploatare se referă:

- mijloacele tehnice pentru prelucrarea și definitivarea documentației de exploatare (standuri, machete, simulatoare) și de instruire a personalului de exploatare;
- mijloacele automatizate de control, diagnosticare și depistare a defecțiunilor;
- mijloacele tehnice pentru efectuarea lucrărilor preventive și reglementare.

8.5.2. Mijloacele de control

La grupa mijloacelor tehnice care asigură controlul și depistarea refuzurilor cu caracter constructiv sunt atribuite:

- baza experimentală, suficientă pentru controlul corectitudinii soluțiilor tehnice implementate, controlul rezervei de funcționalitate a elementelor în toate regimurile de funcționare, controlul fiabilității;
- mijloacele tehnice de control și corectare a documentației constructive, a calității lucrului executanților.

Mijloacele tehnice de control a fiabilității la fabricarea S.T. sunt destinate pentru îndeplinirea următoarelor funcții:

- efectuarea unui control eficient la intrare, la fiecare operație și de recepționare, privind calitatea elementelor;
- controlul regimurilor de funcționare, a rezervelor de funcționalitate, pentru efectuarea testărilor tehnologice de control (probă);
- controlul calității asamblării și funcționării împreună a grupelor de elemente;
- controlul calității documentației tehnologice, stabilității proceselor tehnologice, calității lucrului executanților.

Mijloacele tehnice de control al fiabilității în procesul exploatarei sunt următoarele:

- mijloacele tehnice de control nedestructibil și de diagnostică;
- mijloacele automatizate de înregistrare și prelucrare a informației referitor la funcționarea elementelor S.T., privind refuzurile și deteriorările;

- mijloacele tehnice de prognozare a funcționalității elementelor, control și căutare (depistare) a defecțiunilor;
- mijloacele automatizate de control a calității lucrului operatorilor.

8.5.3. Mijloacele de protecție

La grupa mijloacelor tehnice de protecție, folosite pentru neadmiterea refuzurilor sau înlăturarea urmărilor refuzurilor, sunt atribuite:

- mijloacele tehnice de localizare a refuzurilor, incluse în componența sistemului;
- mijloacele tehnice de control operativ și comandă cu funcționarea în cazul apariției situațiilor periculoase;
- sisteme de blocare în procesele tehnologice importante, care exclud posibilitatea distrugerii elementelor sistemului în cazul dereglării procesului tehnologic.

În procesul exploatării S.T. pentru micșorarea pagubei provocată de posibilele refuzuri se prevăd următoarele mijloace tehnice:

- de securitate la incendiu și explozie și de stingere a incendiilor;
- sisteme de autoblocare, care exclud trecerea și executarea comenzilor incorecte;
- pentru prevenirea acțiunilor eronate ale operatorilor.

La elaborarea sistemelor noi trebuie, cu anticipare, create și utilizate la fiecare etapă mijloace tehnice de:

- prevenire a refuzurilor și abaterilor de la mersul stabilit al procesului tehnologic;
- control operativ și depistare a cauzelor;
- protecție împotriva urmărilor nocive ale refuzurilor și abaterilor.

Așadar, mijloacele de protecție prezintă un ansamblu de mijloace tehnice și măsuri organizatorice, folosite în S.T. pentru menținerea regimului stabilit al proceselor tehnologice, prevenirea situațiilor de avarie și/sau deteriorarea elementelor sistemului. O

astfel de multitudine de mijloace interconexe și cu acțiune reciprocă poartă denumirea de *automatică de protecție*.

Automatica de protecție se utilizează pentru determinarea stării utilajului (de exemplu, „conectat sau deconectat”), gradul de încărcare (de exemplu, dozatoarele reactorului chimic), prezența materialului, viteza deplasării acestuia, temperatura și presiunea torentului și a altor parametri tehnologici.

Conform indicelui funcțional în automatica de protecție sunt evidențiate: controlul automat, măsurarea, semnalizarea, protecția și blocajul.

Controlul automat și măsurările se efectuează discret sau permanent. La întreprinderi, în funcție de procedeul de transmitere a indicațiilor, este deosebit controlul local și centralizat (la distanță). În cazul controlului local aparatele indicatoare se instalează nemijlocit pe obiectul controlat, iar în cazul controlului centralizat – pe panoul de dispecerat. În cazul controlului pozițiilor limită se înregistrează doar parametrii care corespund acestor poziții, iar în cazul controlului permanent are loc măsurarea continuă sau repetată, la intervale scurte, a parametrilor.

Semnalizarea este destinată transmiterii semnalelor de control, de comandă și de informare prin canale și linii de comunicare operatorului sau dispecerului.

Sistemele de semnalizare pot fi:

a) *de prevenire* – pentru prevenirea personalului de deservire despre pornirea unor sau altor mecanisme;

b) *de dispoziție* (ordonator) – pentru pornirea și oprirea sistemelor de către operator;

c) *executivă* – pentru controlul executării dispozițiilor;

d) *de avarie* – pentru informarea personalului de deservire despre dereglarea mersului normal al proceselor. Pentru semnalizarea despre starea obiectelor dispersate se folosește telecomunicația.

Sistemul de blocare (blocajul) – ansamblu (totalitate) de metode și mijloace, care asigură fixarea părților de lucru (elementelor), sistemului sau ale circuitului electric într-o anumită

stare (situație), care se păstrează indiferent de faptul, a fost sau nu înlăturată acțiunea de blocare, prin ce se realizează atât securitatea utilajului, cât și securitatea deservirii.

8.6. Măsurile organizatorico-administrative

8.6.1. Deservirea tehnică, lucrările de reparație și inspectarea

Funcționarea sistemelor depinde, în mod nemijlocit, de deservirea tehnică și reparația acestor sisteme. Din această cauză este foarte important a elabora graficul deservirii tehnice și a controlului funcționării atât a sistemelor tehnologice, cât și a sistemelor de securitate, în care trebuie să se includă îndeplinirea următoarelor sarcini:

a) controlul condițiilor de lucru a sistemelor de securitate, atât în încăperile de testare, cât și la locurile de muncă;

b) controlul funcționalității utilajului în sistemele de securitate la locurile de muncă, de exemplu, prin control vizual sau de la distanță;

c) monitoringul dispozitivelor de alimentare în sistemele de securitate (la alimentarea cu curent electric, vapori, agent de răcire, aer comprimat etc.);

d) elaborarea graficului de deservire tehnică și a documentației corespunzătoare cu indicarea intervalelor de deservire tehnică și a tipurilor de lucrări care trebuie efectuate.

Afară de aceasta, în aceste grafice se pot indica calificarea și nivelul pregătirii profesionale ale personalului, care sunt necesare pentru efectuarea tipului concret de lucrări.

Lucrările de reparație efectuate necalitativ pot fi una din cauzele apariției pericolelor. De aceea, trebuie să fie elaborate instrucțiuni detaliate pentru efectuarea reparațiilor. În acestea trebuie să fie incluse cerințele de calificare față de personalul de deservire, precum și cerințele față de controlul acestor lucrări. În legătură cu importanța deosebită a acestor cerințe, administrația poate elabora standarde proprii referitoare la lucrările de reparație, în unele cazuri cu cerințe mai stricte, decât în standardele de stat.

Este necesar a elabora planul inspectărilor și testărilor sistemelor industriale, graficul de efectuare a cărora trebuie respectat cu strictețe. Controlului inspector trebuie să fie supus și controlul ingineric și administrativ asupra pericolelor.

Inspectiile și testările trebuie efectuate referitor la următorul utilaj al procesului tehnologic:

- vasele de presiune înaltă și rezervoarele de transportare (dacă transportul aparține întreprinderii) și păstrare;
- sistemele de conducte, inclusiv componentele conductelor, așa ca: armătura de închidere-reglare, flanșele, îmbinările etc.;
- sistemele și dispozitivele de reducere a presiunii și reglare a ventilației;
- sistemele de deconectare în caz de avarie;
- sistemele de comandă, inclusiv dispozitivele de urmărire, detectoarele, semnalizarea de avarie și dispozitivele de blocare;
- pompele;
- compresoarele și gurile de captare a aerului ale acestora.

Controlului inspector trebuie să fie supuse procesele-verbale (registrele) în care se înregistrează instruirea personalului care exploatează utilajul, instrucțiunile de exploatare tehnică și de deservire pentru lucrările de reparație, pentru acțiunile personalului în situațiile neprevăzute, referitor la evidențierea corespunderii și complexității măsurilor menționate, scopurilor de securitate și cerințelor standardelor, privind asigurarea integrității utilajului procesului tehnologic.

Pentru confirmarea faptului, că utilajul este instalat corect, în corespundere cu cerințele proiectului și instrucțiunile uzinei-producătoare, că sistemele corespund procesului, trebuie să fie efectuate controalele și inspectările corespunzătoare. Această cerință se referă, de asemenea, și la stabilirea utilității materialelor folosite pentru deservirea tehnică, la piesele de schimb și la dispozitivele folosite la executarea lucrărilor de reparație.

Conducerea întreprinderii trebuie să documenteze fiecare inspecție sau testare, care a fost efectuată asupra utilajului, proceselor tehnologice. Documentația trebuie să conțină data

inspectării sau testării, numele persoanei care a efectuat inspectarea sau testarea, numărul de serie sau alt număr de identificare al utilajului asupra căruia a fost efectuată inspecția sau testarea, descrierea procedurilor efectuate și rezultatele.

Personalul tehnic al întreprinderii trebuie să înlăture toate defectele sau înainte de folosirea în continuare a sistemului, sau conform planului-grafic, dacă imediat au fost adoptate măsurile necesare pentru asigurarea securității sistemului.

8.6.2. Managementul schimbărilor în procesele tehnologice

Înainte de a efectua orice modificări în tehnologia procesului, în sistemele folosite, în alte obiecte, care influențează asupra procesului tehnologic, este necesar a studia și a aprecia:

- baza tehnică pentru modificarea propusă;
- influența modificării asupra securității și asupra sănătății lucrătorilor întreprinderii, populației;
- securitatea ecologică;
- modificarea procedurilor de exploatare;
- termenul, necesar pentru efectuarea modificărilor;
- cerințele, înaintate față de modificarea propusă.

Personalul antrenat la exploatarea sistemelor și la deservirea tehnică trebuie, până la efectuarea modificărilor și punerea în funcțiune a procesului tehnologic, să fie informat despre modificări și să fie instruit în modul corespunzător.

Dacă modificarea are influență asupra informației și a instrucțiunilor de securitate a procesului și de exploatare a sistemelor, atunci acestea trebuie corectate în modul corespunzător.

8.6.3. Instruirea

Necătând la faptul, că în asigurarea securității un loc important îl ocupă mijloacele tehnice, fără participarea omului nici o industrie nu va putea funcționa. Deoarece, asupra nivelului de securitate oamenii pot exercita atât influență pozitivă, cât și

negativă este necesar a reduce la maximum influența negativă și a spori, prin toate măsurile posibile, influența pozitivă. Ambele scopuri pot fi atinse prin alegerea corectă și instruirea primară a personalului, în care trebuie inclusă următoarea informație:

- referitor la pericolele legate de procesele de producere și substanțele utilizate, precum și despre nivelurile riscului;
- referitor la instrucțiunile conținutul cărora se va respecta în timpul lucrului;
- despre posibilele condiții de lucru, inclusiv procedurile de conectare și deconectare a instalației industriale;
- referitor la comportamentul recomandat al oamenilor la dereglarea regimurilor de lucru ale sistemului, avarie sau accident;
- referitor la accidentele de muncă și situațiile apropiate de cele ale avariei la alte întreprinderi (industrii) similare.

Instruirea periodică trebuie să se efectueze cel puțin o dată la 6 luni (sau mai frecvent, dacă este necesar) pentru fiecare lucrător, preocupat de exploatarea S.T., pentru a confirma faptul, că lucrătorul înțelege și respectă cu strictețe instrucțiunile de exploatare în vigoare. Conducătorul trebuie să stabilească în timpul consultărilor cu lucrătorii, antrenați în exploatarea procesului, periodicitatea instruirii repetate.

Conducătorul trebuie să se convingă, că fiecare lucrător, antrenat în proces, a trecut și a însușit instruirea necesară, iar rezultatele instruirii și atestării personalului trebuie consemnate (perfectate) în modul corespunzător.

8.7. Diagnostica perturbărilor și a situațiilor de avarie în S.T.

Determinarea stării tehnice a sistemului în procesul exploatării sau după reparație este numită diagnosticare tehnică. Cu ajutorul diagnosticării tehnice se prezic posibilele abateri în regimurile de lucru și în stările mașinilor, aparatelor și dispozitivelor, precum și se elaborează metodele și mijloacele de depistare și localizare a deteriorărilor în S.T. Diferitor deteriorări ale sistemului le corespund anumite stări tehnice. *Stare tehnică* este

numită totalitatea calităților sistemului, expuse modificărilor în procesul de fabricare sau exploatare a acestuia. Aceste calități sunt caracterizate de anumiți indici (cerințe, parametri), care sunt stabiliți de documentația tehnico-normativă referitoare la S.T. Includerea variabilei stării de funcționare (h) permite fiecărei valori ale (h) de a stabili, corespunzător, o anumită stare tehnică.

Totalitatea mijloacelor, regulilor și algoritmurilor de diagnosticare formează sistemul de diagnosticare tehnică (S.D.T).

Problemele principale ale diagnosticării în cazul proiectării sunt a controla corespunderea sistemului elaborat sarcinii inițiale de proiectare și asigurarea celui mai bun regim și a calității înalte de diagnosticare a sistemului la etapele ulterioare cu scopul de a stabili posibilele refuzuri. Concomitent cu proiectarea sistemului se creează S.D.T. Deoarece o parte considerabilă de avarii este legată de greșelile comise la proiectare, iar costul fiecărei greșeli comise este suficient de mare, evident că diagnosticării trebuie să i se acorde o atenție deosebită.

La fabricare, montaj și punere în funcțiune a S.T. diagnosticarea tehnică este o parte indispensabilă a lucrărilor efectuate. Scopul principal al diagnosticării la toate etapele – controlul funcționalității, care presupune două stări tehnice ale sistemului: funcțională și nefuncțională. În cazul reparației, cu ajutorul diagnosticării se poate dezvălui dacă sistemul conține sau nu elemente defectuoase, dacă într-adevăr au fost înlăturate toate defecțiunile. Algoritmurile diagnosticării tehnice trebuie să asigure veridicitatea rezultatelor determinării stării sistemului.

În timpul exploatării S.T. cu ajutorul diagnosticării tehnice se stabilește starea funcțională (admisibilă, înainte de avarie, de avarie), se efectuează căutarea defecțiunii. Numărul de stări, care pot fi deosebite în rezultatul căutării defecțiunii este determinat de profunzimea căutării defectului și de veridicitatea necesară a rezultatelor diagnosticării. Profunzimea căutării este determinată de elementele sistemului, cu exactitatea până la care se determină locul defecțiunii. Veridicitatea rezultatelor diagnosticării – gradul de corespundere a stării evaluată conform acestor rezultate, stării reale

a sistemului. Cantitativ veridicitatea este caracterizată de probabilitatea corespunderii stărilor apreciată și a celei reale.

Rezultatele diagnosticării sunt folosite la prognozarea evenimentelor și căutarea cauzelor refuzurilor, avariilor etc. La stabilirea cauzelor refuzurilor se prognozează starea sistemului în care acesta se poate pomeni într-un oarecare moment viitor. De exemplu, reactorul în momentul de față se află în starea înainte de avarie; se determină posibilele treceri ale acestuia în alte stări și, în primul rând, în starea de avarie. În cazul avariei, se restabilește starea (dacă acest lucru mai este posibil) în care sistemul s-a aflat într-un oarecare moment anterior de timp. Acest lucru este foarte important în cazul cercetării avariilor, la stabilirea cauzelor producerii acestora. Determinarea stărilor, anterioare avariei și, prin urmare, a cauzei principale a producerii acesteia este deosebit de importantă pentru a nu admite asemenea avarii în viitor și la sistemele analoage (identice).

Clasificarea metodelor de diagnosticare tehnică la exploatarea sistemului (starea funcțională) și în stare nefuncțională este prezentată în fig. 8.1.

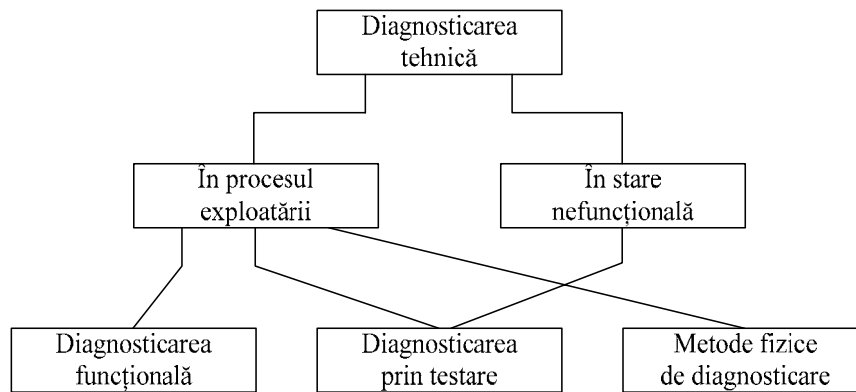


Fig. 8.1. Metodele diagnosticării tehnice

La exploatarea S.T. cea mai răspândită este diagnosticarea funcțională și prin testare (fig. 8.2).

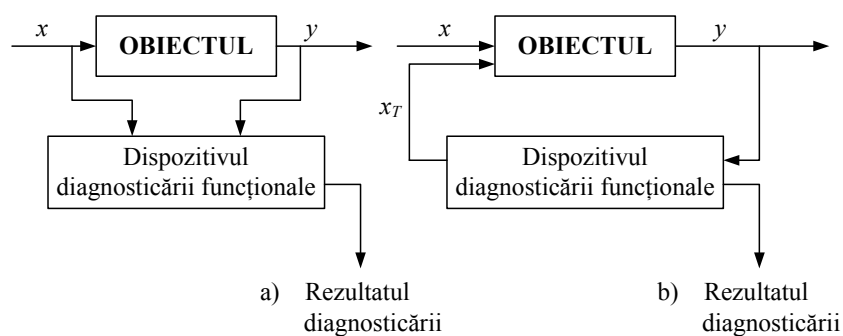


Fig. 8.2. Schemele structurale ale diagnosticării:
a) funcțională; b) de testare

În primul caz starea sistemului se determină conform rezultatelor controlului curent asupra variabilelor de intrare (x) și de ieșire (y). În al doilea caz asupra sistemului se aplică influențe speciale de testare (x_T).

Pentru utilajul tehnologic industrial se folosește, în principal, diagnosticarea funcțională, pentru dispozitivele automate de control, comandă și protecție – ambele tipuri de diagnosticare, iar mijloacele de calcul, asigurarea cu programe se controlează prin testare.

9. Sistemele tehnice de securitate

9.1. Destinația și principiul de lucru al sistemelor de securitate

Luând în considerație capacitățile S.T. contemporane, a liniilor tehnologice sau a agregatelor separate, complexitatea algoritmilor de comandă (dirijare) cu acestea, este problematic (difícil) de așteptat de la personalul de deservire o orientare corectă în fiecare situație posibilă de avarie și acțiuni operative ireproșabile, orientate spre lichidarea dereglărilor mersului procesului tehnologic și prevenirea pericolelor care apar. De aceea, în componența S.T. complicate și potențial periculoase, pe lângă subsistemele de reglare automată, care asigură, în regim normal de funcționare, menținerea parametrilor în limitele stabilite, obligatoriu, este inclus sistemul de protecție și blocare care, prin comutare automată și includerea utilajului de rezervă, diminuarea capacității sau oprirea agregatului, preîntâmpină dezvoltarea avariei. Așadar, protecția se utilizează pentru prevenirea defectării și ieșirii din funcție a sistemului în cazul apariției regimurilor accidentogene de funcționare prin deconectare automată (protecție prin deconectare) sau prin transmiterea semnalelor (protecție prin semnalizare). Sunt distinse protecția, bazată pe controlul nemijlocit asupra regimurilor de funcționare a sistemelor sau a elementelor acestora, și protecția, prin control indirect al regimului de funcționare a utilajului, de exemplu: conform parametrilor de acționare, în particular a motoarelor electrice; conform caracteristicilor de vibrație a sistemului etc. Protecția este strâns legată de control și de semnalizare, de exemplu, la modificarea parametrului controlat, la început poate fi transmis semnalul de avertizare, iar apoi este acționată protecția.

Dacă sistemul industrial este proiectat astfel, încât acesta poate suporta toate solicitările care apar în procesul condițiilor de exploatare obișnuite sau extreme, atunci scopul sistemului de control al proceselor de producție trebuie să fie asigurarea funcționării nepericuloase a instalației în limitele stabilite. Pentru aceasta pot fi folosite astfel de sisteme ca: dirijarea manuală,

controlul automat, sistemele de deconectare automată, dispozitive de siguranță, sisteme de semnalizare de avarie.

Ideea principală a securității procesului de producție constă în acel fapt, ca să se asigure la maximum condițiile nepericuloase de funcționare a acestuia. Variabile, în procesul controlat, pot fi temperatura, presiunea, viteza curentului (fluxului), relația anumitor componente ale amestecului, viteza creșterii temperaturii, scăderii sau creșterii presiunii.

Pentru ca personalul lucrător să poată conta nu doar pe sistemele automate de protecție, acestea trebuie folosite în combinație cu dispozitivele de semnalizare acustică și/sau luminoasă. Mai mult, personalul trebuie să fie bine instruit pentru a recunoaște de sine stătător diverse regimuri de funcționare a utilajului, precum și să conștientizeze importanța sistemelor de control.

Trebuie avut în vedere faptul, că orice sistem de control poate acționa fictiv în fazele de pornire și oprire a procesului de producție. De aceea, acestor faze trebuie acordată o atenție deosebită.

9.2. Structurile model și principiile de funcționare ale sistemelor automate de protecție (S.A.P.)

Prezintă un interes deosebit structurile model ale sistemelor automate de protecție (S.A.P.) folosite în industria chimică. Alegerea acestui exemplu nu este întâmplătoare – anume pentru tehnologiile chimice S.A.P. sunt elaborate suficient de minuțios (detaliat).

În regim normal de funcționare a S.T. procesul tehnologic este dirijat de către sistemul automat de reglare (S.A.R.). Pentru dirijare (comandă) în regimul anterior avariei se utilizează S.A.P. S.A.P. este o parte componentă a sistemului de dirijare (S.D.) cu procesul tehnologic și poate fi folosit în două regimuri:

- S.A.P. controlează permanent mersul procesului tehnologic, însă reacționează doar la deconectările accidentogene ale parametrului reglat;

- S.A.P. se conectează la proces doar în momentul apariției situației de avarie ca rezervă a S.A.R.

Pentru S.A.P. ale obiectivelor industriei chimice este caracteristic faptul că majoritatea măsurilor de protecție se reduc la acțiuni unitare, însă extreme, conform valorii indicilor de acțiune asupra obiectivului (sau procesului) protejat. Totodată, informația inițială referitoare la proces, cel mai frecvent, poartă un caracter pozițional clar pronunțat.

Schemele structurale ale S.A.P. pot fi de trei tipuri în funcție de algoritmul protecției, determinat de complexitatea procesului și de diversitatea situațiilor de avarie, de eficacitate, fiabilitate, avantajul economic etc.:

- S.A.P. simple;

- S.A.P cu componentă logică dezvoltată;

- S.A.P. adaptive.

În cel mai simplu caz S.A.P. se construiește în așa mod, încât mărirea (sau coborârea) parametrului, conform căruia se realizează protecția, până la valoarea limită provoacă acționarea acesteia. S.A.P. cu un singur canal, acordat, de exemplu, la creșterea parametrului controlat până la valoarea admisă, realizează un algoritm simplu de protecție. Schema structurală a celui mai simplu S.A.P. este prezentată în fig. 9.1.

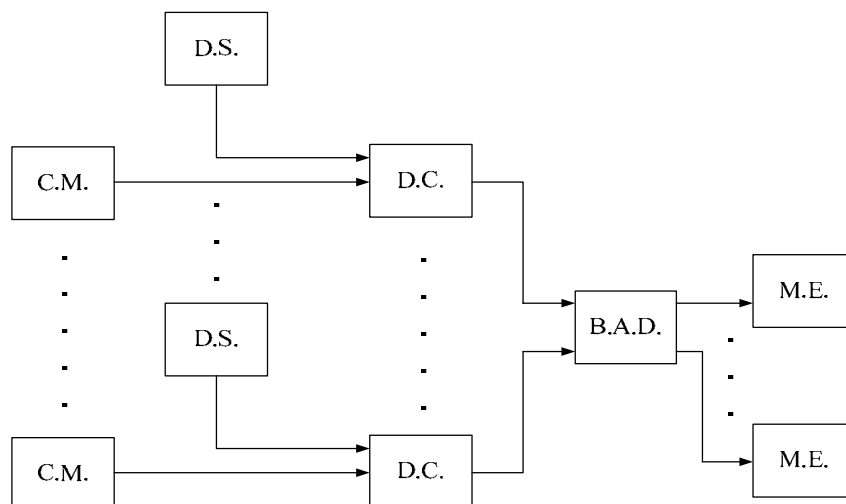


Fig. 9.1. Schema structurală a celui mai simplu S.A.P.

Semnalele de la convertoarele de măsură (C.M.) sunt recepționate de analizatoarele parametrilor procesului care prezintă în sine niște dispozitive de comparare (D.C.). Concomitent cu aceste semnale la analizatoare sunt transmise valorile admise ale parametrilor procesului de la dispozitivul de sarcină (D.S.). Dacă un oarecare parametru s-a dovedit a fi mai mare (sau mai mic) față de valoarea lui admisă, atunci de la analizatorul corespunzător, este transmis un semnal către blocul acțiunilor de dirijare (B.A.D.), unde are loc alegerea acțiunilor de dirijare (protecție); semnalele de la B.A.D. sunt transmise către obiectul dirijat prin mecanismul executoriu (M.E.). Mecanisme executorii pot fi mai multe (câteva).

Astfel, în analizatoare are loc compararea valorilor curente ale parametrilor cu valorile admise. Diferiți parametri pot provoca acțiuni identice sau deosebite de dirijare. Blocul acțiunilor de dirijare realizează, în principal, funcția logică „SAU”, de exemplu, la sinteza dimetiloxanului din izobutilenă și formaldehidă (HCHO) căderea presiunii apei industriale mai jos de un anumit nivel provoacă dereglarea regimului termic al coloanelor de rectificare, deflegmatoarele cărora se răcesc cu apă industrială. De aceea,

sistemul de protecție, prezentat în fig. 9.1, după compararea valorii curente a presiunii apei cu cea stabilită pentru cazul de avarie transmite semnal la B.A.D. În rezultatul acestui semnal se acționează trei dispozitive (mecanisme) executorii: se întrerupe debitarea izobufilei; se întrerupe debitarea formaldehidei, precum și a vaporilor pe fierbătoarele coloanelor de rectificare. Prin urmare S.A.P. cu algoritm simplu de protecție realizează sarcina – a opri procesul la apariția situației accidentogene (anterior avariei).

Schema structurală a S.A.P. care realizează un algoritm complicat este prezentată în fig. 9.2.

În funcția dispozitivului logic (D.L.) se impune acționarea mecanismelor executorii conform unui anumit algoritm: D.L. poate realiza (efectua) diverse funcții – „SAU”, „NU”, „ȘI”, „OPRIRE” etc. În caz general dispozitivul logic trebuie să execute funcții de următorul tip:

$$Y_1 = f_1 (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n);$$

$$Y_2 = f_2 (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n);$$

$$Y_m = f_m (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n);$$

unde: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – stări ale sistemului convertoarelor de măsură, care capătă, după trecerea dispozitivelor de comparare, valorile 0 sau 1;

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m$ – stări ale sistemului de mecanisme executorii care, de asemenea, pot avea valorile 0 sau 1.

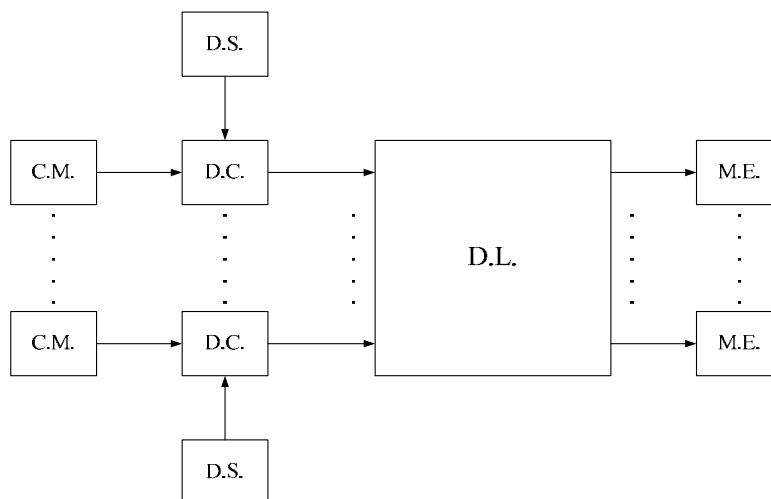


Fig. 9.2. Schema structurală a S.A.P. care realizează un algoritm complicat de protecție

Ecuatiile prezentate descriu algoritmul de protecție al unui proces potențial periculos contra dezvoltării avariei. Astfel, algoritmul de protecție al S.A.P. de acest tip este dat sub forma unui set de funcții logice, fiecare dintre acestea reieșind din legăturile reale care există în obiectul protejat.

Elaborarea fiecărei funcții logice se bazează pe rezultatele cercetării procesului. Înainte de a realiza acest algoritm funcțiile sunt supuse minimizării. În acest fel numărul de elemente logice se va reduce până la minimum și concomitent va spori siguranța (fiabilitatea) S.A.P. Deosebirea cea mai caracteristică a S.A.P. cu algoritm complicat de protecție – prezența a două trepte de acțiuni protectoare. Drept exemplu vom studia S.A.P. al procesului de nitrare a glicerinei. Acest sistem de protecție întrerupe debitarea glicerinei și a amestecului acid în următoarele condiții (cazuri):

- 1) viteza de rotație a malaxorului în nitrator a căzut mai mult decât cu 30 %;
- 2) consumul de acid a depășit valoarea admisă;
- 3) temperatura în reactor a atins prima limită de securitate;

- 4) a căzut presiunea în rețeaua de debitare a soluției de răcire mai jos de valoarea admisibilă;
- 5) presiunea aerului comprimat în rețeaua de alimentare a S.A.P. a căzut mai jos de valoarea admisibilă;
- 6) nitratorul este supraîncărcat.

Dacă, luând în considerație măsurile adoptate, procesul nu a revenit la regimul normal de funcționare și temperatura continuă să crească, atunci se acționează treapta a doua de protecție și conținutul nitratorului automat este evacuat în recipientul de avarie, imediat ce temperatura masei reactante va atinge limita nivelului doi de securitate.

Prin urmare, S.A.P. cu componentă logică dezvoltată, care realizează un algoritm complicat de protecție, soluționează două probleme: întoarcerea procesului în regim normal de funcționare și lichidarea procesului (atunci când întoarcerea la regimul normal nu mai este posibilă).

Valoarea limită a parametrului la care reacționează mecanismele acestor tipuri de S.A.P. se selectează minimală (sau maximală) reieșind din condițiile de asigurare a securității procesului. Aceste condiții, de regulă, sunt indicate doar în regulamente și instrucțiuni, se bazează pe imaginația instructivă referitoare la caracterul problemei și depind, în mare măsură, de nivelul cunoștințelor tehnice ale persoanelor care le formulează. Folosirea acestor algoritmi de protecție, inevitabil, conduce la anumite pierderi tehnologice din cauza acționării S.A.P., atunci când procesul decurge normal sau când acesta încă poate fi adus la regimul normal de funcționare prin alte mijloace sau măsuri (de exemplu, prin oprirea vremelnică a procesului).

9.3. Sistemul automat intelectualizat de protecție a obiectivelor și de comandă (dirijare) a nivelului de securitate

În calitate de sistem de protecție a obiectivelor și de comandă a nivelului de securitate poate fi folosit sistemul automat intelectualizat. Mijloacele tehnice intelectualizate au în componența

lor procesoare cu asigurare programatică corespunzătoare. Aceste mijloace și sisteme sunt construite după principiul funcțional cu multe niveluri și sunt legate într-un complex ierarhic unitar, bine argumentat, de comandă cu securitatea obiectului (de exemplu, a industriei chimice). Problemele, încredințate sistemelor intelectualizate, sunt următoarele:

Problema primară este legată de asigurarea funcționării normale. Regimul funcționării normale a procesului este caracterizat de corespunderea (în limitele admise) parametrilor de regim, valorilor stabilite care, de regulă, sunt determinate de condițiile de desfășurare optimală a procesului.

Problema secundară este condiționată de necesitatea localizării situațiilor de avarie, legate de dereglarea procesului tehnologic.

Problema terțiară constă în localizarea poluării accidentogene cu gaze a încăperilor, conform parametrilor pericolului de incendiu, explozie sau toxicitate, din contul intensificării ventilației sau întreruperii accesului de substanțe nocive (inflamabile) sub formă de gaze (vapori) în mediul înconjurător.

Evident, că fiecare din aceste probleme dispune de o anumită asigurare sistemică. Prima problemă este soluționată de sistemul de comandă, a doua – de sistemul automat de protecție contra avariilor și a treia – de sistemul de analiză a gazelor. Fiecare din aceste sisteme trebuie să aibă propria asigurare metodico-programică, algoritmurile de control și comandă cu sarcina cea mai principală – gradul de agregatizare a mijloacelor tehnice. Aici pot fi formulate două concepții extremale: centralizarea maximală (sinteza) sau dezagregatizarea completă (decompoziția). Centralizarea maximală prevede un procesor unic pentru soluționarea tuturor problemelor și cumulara maximală a mijloacelor de control și de comandă (dirijare). Acest fapt înseamnă că informația, care intervine de la convertoarele instalate pe obiectul controlului, se prelucrează în procesorul central conform algoritmului unic care posedă blocul stopării accidentogene și care

îndeplinește funcțiile sistemului de protecție contra avariilor. Informația de pe canalul de control a poluării cu gaze, de asemenea, se prelucrează în procesorul central care, conform anumitor principii, pune în funcțiune blocul de comandă cu sistemul ventilației de avarie. Structura sistemului intelectualizat, construită conform principiului descris, este prezentată în fig. 9.3.

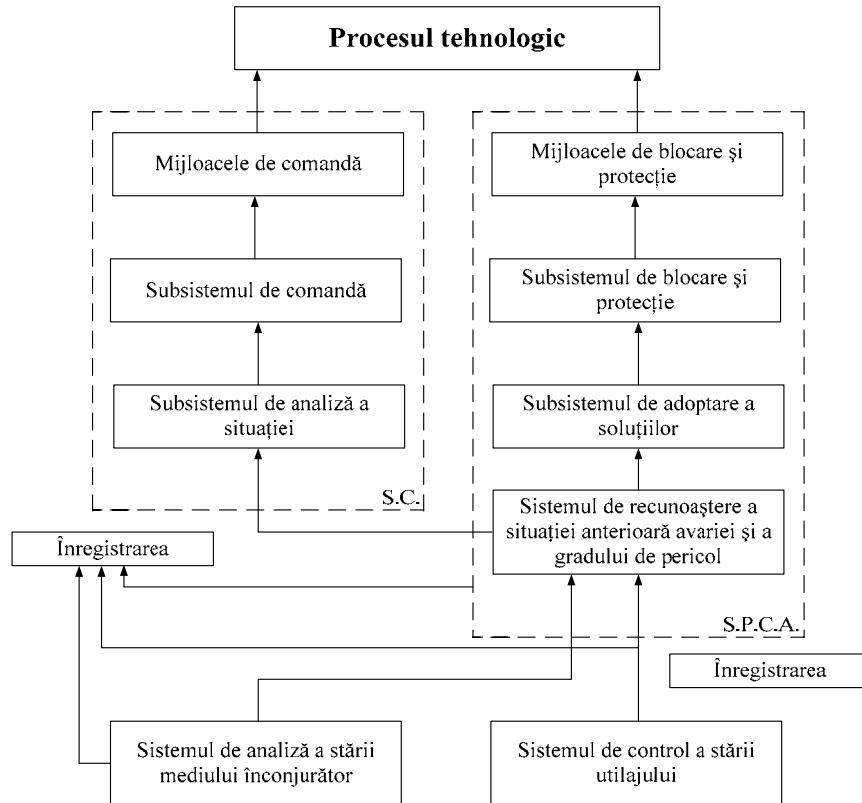
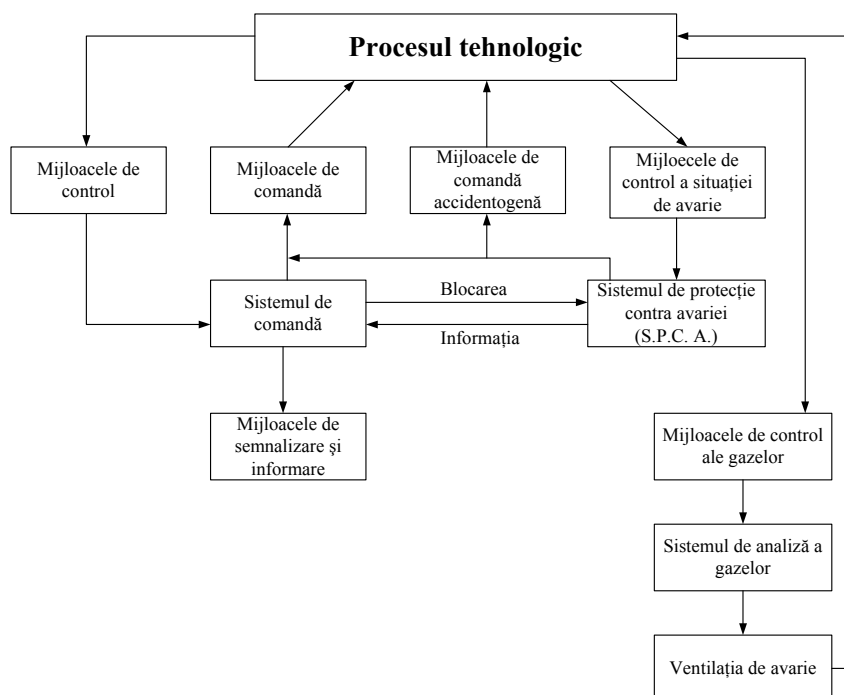


Fig. 9.3. Organizarea centralizată a inteligenței tehnice în industria chimică

Prioritatea unei astfel de organizări a securității proceselor industriale este randamentul înalt al utilizării procesorului care

Reieșind din aceste considerente, preferențială pare a se dovedi structura prezentată în fig. 9.4.



195

Sistemul este construit în conformitate cu arborele problemelor și, practic, este complet independent, deoarece posedă canale proprii, care nu au legătură cu sistemul de comandă (S.C.), de informație despre starea obiectului, independență funcțională completă, până și sursă autonomă de alimentare cu energie. Este evident, că orice proces potențial periculos are unul sau un ansamblu de semne caracteristice, apariția cărora este prevestitorul posibilelor avarii. Aceste semne și sunt semnale (intrările) informaționale în S.P.C.A. Pentru sporirea fiabilității S.P.C.A. este de dorit ca una și aceeași informație despre semnele situației de avarie să nimerească în sistem prin câteva canale de informații.

Fiabilitatea S.P.C.A. este majorată și de acel fapt, că acesta (sistemul) controlează starea unui număr limitat de parametri prin canale independente de S.C. și prelucrează informația conform unui algoritm mult mai simplu. La apariția informației, care se descifrează ca informație prealabilă, de către un dispozitiv logic special, sistemul formulează o acțiune de comandă; aceasta trebuie să scoată procesul din starea prealabilă avariei și conform programei stabilite să efectueze oprirea accidentogenă (de avarie).

S.P.C.A. concomitent realizează comanda cu mecanismele executorii (M.E.) încadrate în schemă sau cu un M.E. special, cu acționare rapidă, în cazul situației de avarie.

Prevenirea conflictului cu S.C. este asigurată de sistemul de blocare a acestuia din partea de ieșire a S.P.C.A. pentru perioada de efectuare a operației, oprirea căreia poate duce la explozie. La finalizarea acestei operații sistemul de blocare se deconectează.

9.4. Sisteme tehnice locale model și mijloace de securitate

Refuzul oricărei instalații industriale, care face parte dintr-un sistem, poate conduce la refuzul întregului sistem și la avarie. Urmează descrierea succintă a unor variante de sisteme model locale și a mijloacelor de securitate pentru diverse blocuri (noduri), agregate, instalații etc. și destinația acestora.

9.4.1. Sisteme de prevenire a abaterilor de la regimurile admise de funcționare

Sisteme de coborâre (aruncare) a presiunii. Membranele care se distrug și supapele de siguranță asigură evacuarea de avarie a substanței din recipientul de reacție în atmosferă. Dacă substanța emisă formează un amestec exploziv cu aerul, este necesar să se excludă contactul cu posibile surse de aprindere până în momentul când se va atinge o concentrație mai mică decât limita interioară a concentrației de explozie. Dacă a avut loc emisia unei substanțe toxice, aceasta trebuie să fie evacuată într-un sistem auxiliar, de exemplu, în adsorbere de compresie, în scrubere sau instalații de ardere catalitică completă.

Detectoare de temperatură și de presiune a torentului (fluxului). Sunt destinate pentru conectarea automată de avarie a sistemelor de răcire accidentogenă, oprire (stopare) a reacției sau a sistemului de transvazare (de suprapresiune).

Sisteme de prevenire a supraîncălzirii. Dispozitivele de control a nivelului substanțelor preîntâmpină supraîncălzirea recipientelor; acestea întrerup automat debitarea torentului de substanță și asigură evacuarea acesteia.

Sisteme de deconectare accidentogenă a utilajului. Aceste sisteme deconectează utilajul industrial (de exemplu, pompe și compresoare), deschid sau închid supapele cu acțiune rapidă cu scopul de a asigura securitatea și integritatea sistemelor și a întreinderii în ansamblu. Aceste sisteme pot fi acționate atât manual, cât și automat.

9.4.2. Sisteme care preîntâmpină distrugerea detaliilor și a blocurilor sistemelor de securitate

Elementele și blocurile sistemelor de securitate trebuie să fie dotate cu dispozitive care asigură siguranța funcționării lor în dependență de importanța funcțiilor acestora. În instalațiile industriale pot funcționa diverse sisteme care dublează funcțiile acestor blocuri sau pot fi folosite sisteme analogice suplimentare, de exemplu, a doua pompă de răcire.

9.4.3. Sisteme de alimentare cu energie

Sistemelor de alimentare, așa ca alimentarea cu energie electrică a sistemelor de control, de debitare a aerului comprimat în aparataje sau a azotului în calitate de gaz inert, le poate fi necesară a doua sursă de alimentare, de exemplu, baterii de acumulare, recipient-tampon sau un complet suplimentar de butelii pentru aer comprimat în caz de defectare a surselor principale.

9.4.4. Sisteme de semnalizare de avarie

Aceste sisteme (în care se folosesc detectoare senzoriale) permit operatorului a determina cauza defectului la depistarea acestuia.

Astfel de sisteme se folosesc pentru:

- a) comanda parametrilor procesului (de exemplu, temperatura, presiunea, viteza torentului, cantitatea acestuia, nivelul, proporția substanțelor în amestec, conținutul de oxigen);
- b) depistarea defectelor în blocurile sistemului (pompe, malaxoare, compresoare, ventilatoare etc.);
- c) depistarea scurgerilor (detectoare de gaze, de concentrație etc.);
- d) depistarea focului deschis sau fumului;
- e) depistarea deteriorărilor dispozitivelor de protecție.

9.4.5. Automatica de protecție

În funcție de tipul și destinația sistemelor sunt folosite mijloace mecanice, termice, electromagnetice (protecție bazată pe control nemijlocit) și diverse relee (protecție bazată pe control indirect). Un tip foarte răspândit de protecție este protecția cu relee care, în principal, este destinată pentru protecția utilajului electric. În cazul acționării protecției, elementul defectat sau sistemul se deconectează (protecția spre deconectare) sau apare semnalul luminos și/sau sonor (protecția spre semnal). Se utilizează, de asemenea, protecția sub formă de întrerupere a alimentării cu curent electric sau cu aer comprimat a obiectivului (S.T.).

Elaborarea sistemelor de protecție automată este bazată pe folosirea mai multor compartimente ale teoriei dirijării (acțiunilor de comandă) și reglării: teoria informației și deservirii în serie (în sistemele de control și semnalizare automate); ale bazelor teoretice ale electrotehnicii (în sistemele de protecție a sistemelor energetice și a rețelelor electrice); sinteza schemelor relee-contactoare (în sistemele de protecție cu relee și de blocare). La etapa actuală aceste sisteme au căpătat o utilizare considerabilă prin folosirea mijloacelor tehnice microprocesoare.

9.4.6. Mijloace tehnice de protecție

Funcționarea sistemelor de securitate la întreprindere trebuie să fie asigurată de mijloace tehnice capabile să diminueze urmările accidentelor. La acestea se referă:

- a) detectoarele de gaze;
- b) sistemele de pulverizare a apei (pentru răcirea recipientelor sau pentru stingerea incendiului);
- c) instalații de împrăscare a apei;
- d) sisteme de pulverizare a vaporilor;
- e) rezervoare de colectare.

9.4.7. Metode de prevenire a erorilor umane și organizatorice

Erorile (greșelile) umane pot fi cauza unor avarii de proporții (catastrofale). De aceea prevenirea acestora trebuie apreciată ca unul din aspectele deosebit de importante ale asigurării securității. În legătură cu aceasta, de exemplu, la o întreprindere chimică pot fi luate următoarele măsuri:

- a) folosirea furtunurilor de încărcare cu duze diferite de îmbinare la instalațiile de încărcare a autocisternelor pentru evitarea amestecării substanțelor reactante (de exemplu, acidul sulfuric și azotic);
- b) a exclude posibilitatea confuziei la determinarea locului de îmbinare a conductoarelor de montare prin marcarea corespunzătoare și dispozitive de îmbinare speciale;

- c) a asigura blocarea supapelor de siguranță și a întrerupătoarelor care nu trebuie să funcționeze concomitent;
- d) a efectua marcarea clară a comutatoarelor butoanelor și a panourilor de comandă;
- e) a organiza un sistem sigur (de nădejde) de comunicare între personalul lucrător;
- f) a folosi dispozitive de siguranță care exclud comutările întâmplătoare;
- g) a efectua instruirea temeinică (cu verificarea cunoștințelor) a personalului lucrător.

G L O S A R

Activitate vitală – procedeu de existență sau activitatea cotidiană a omului.

Acțiune afectivă a sursei de S.E. – acțiunea negativă a diferitor factori ai sursei de S.E. asupra vieții și sănătății oamenilor, animalelor și plantelor agricole, asupra obiectivelor economice și de altă destinație, asupra mediului ambiant nativ.

Alegerea terenului – proces de selectare a terenului potrivit (prielnic) pentru amplasarea întreprinderii industriale, inclusiv evaluarea corespunzătoare și determinarea criteriilor puse la baza proiectului.

Analiza pericolelor – dezvăluirea evenimentelor nedorite care atrag după sine realizarea pericolului, analiza mecanismelor de apariție a unor astfel de situații și, de regulă, aprecierea (evaluarea) amplitudinii, valorii și probabilității oricărui eveniment, capabil să exercite acțiune afectivă.

Analiza riscului – proces de identificare și evaluare a pericolelor pentru persoane particulare, grupe de populație, obiective, mediu înconjurător nativ și alte obiecte studiate.

Analiza securității – analiza și calcularea pericolelor legate de realizarea activității presupuse (propuse).

Asigurarea securității industriale sau managementul (dirijarea) riscului – abordare sistemică față de adoptarea soluțiilor, procedurilor și a măsurilor practice la rezolvarea problemelor de prevenire sau diminuare a pericolului avariilor industriale pentru viața omului, îmbolnăviri sau traume, pagubă a proprietății și mediului ambiant; complex de măsuri organizatorice și tehnico-inginerești de preîntâmpinare a avariilor sau catastrofelor industriale și diminuarea pagubei urmărilor condiționate de acestea.

Avarie – incident periculos într-un S.T., la un obiectiv industrial sau în transport care creează pericol pentru viața și sănătatea oamenilor și duce la distrugerea încăperilor de producție, a instalațiilor, deteriorarea serioasă sau distrugerea utilajului, mecanismelor, mijloacelor de transport, materiei prime și producției

gata, la dereglarea procesului de producție și provocarea pagubei mediului ambiant nativ.

Avarie chimică – avarie, însoțită de scurgerea sau emisia substanțelor chimice periculoase din utilajul tehnologic sau din recipientele deteriorate, capabilă să provoace decesul sau contaminarea oamenilor, animalelor și culturilor agricole, sau poluarea cu substanțe chimice a mediului ambiant nativ în concentrații periculoase pentru oameni, animale și plante.

Avarie de proiect – avarie, pentru care în proiect sunt determinate evenimentele inițiale și stările finale și sunt prevăzute sisteme de securitate care asigură, cu luarea în considerație a principiului de refuz unitar al sistemelor de securitate sau a unei erori a personalului ce nu depinde de evenimentul inițial, limitarea urmărilor acestora în hotarele (limitele) stabilite pentru astfel de avarii.

Avarie în afara proiectului – avarie, provocată de evenimente inițiale care nu au fost luate în considerație de avariile prevăzute de proiect sau care este însoțită de refuzuri suplimentare ale sistemelor de securitate față de cele prevăzute de avariile de proiect cu excepția refuzului unitar, realizarea soluțiilor eronate de către personal, care pot conduce la urmări grave.

Calamitate naturală – fenomen natural și / sau antropo-natural în rezultatul căruia poate apărea sau a apărut pericol (amenințare) pentru viața și sănătatea oamenilor, are loc distrugerea sau nimicirea bunurilor materiale și a elementelor mediului ambiant nativ.

Catastrofă – avarie de mari proporții, care a provocat victime umane, pagubă sănătății oamenilor și distrugeri sau nimicirea obiectelor și a altor materiale pe teritorii vaste, precum și o pagubă serioasă mediului ambiant.

Catastrofă industrială – avarie industrială de amploare, care a provocat victime umane, daună sănătății oamenilor sau distrugerea și nimicirea obiectelor, a bunurilor materiale în proporții colosale și care a provocat pagubă serioasă mediului ambiant nativ.

Catastrofă tehnologică – catastrofă, provocată de încălcarea procesului tehnologic, care a condus la victime umane și a creat pericol pentru sănătatea personalului, urmată de o pagubă considerabilă, directă sau indirectă, pentru bunurile materiale și mediul ambiant nativ.

Cerințe de securitate industrială – condiții interdicții, limitări și alte cerințe obligatorii care se conțin în legea „Cu privire la securitatea industrială a obiectivelor industriale periculoase”, în alte legi sau documente normativ-juridice ale țării, precum și în documentele tehnico-normative, adoptate în ordinea stabilită și respectarea cărora asigură securitatea industrială.

Contaminare chimică – propagarea substanțelor chimice periculoase în mediul ambiant nativ în concentrații sau cantități care creează pericol pentru oameni, animale agricole și plante pentru o anumită perioadă de timp.

Evaluarea riscului – proces folosit pentru determinarea gradului de risc, a pericolului analizat, pentru sănătatea omului, bunurile materiale și mediului ambiant. Evaluarea riscului include analiza frecvenței, analiza urmărilor și a combinației acestora; identificarea pericolului și a posibilelor surse ale acestuia, cercetarea mecanismului apariției acestora, evaluarea probabilității de apariție a evenimentelor periculoase identificate și a urmărilor acestora, precum și sumarea probabilităților apariției pericolului și a urmărilor acestuia pentru toate variantele posibile de dezvoltare a situației.

Evaluarea securității – compararea rezultatelor analizei securității cu criteriile acceptate, aprecierea acestora și concluziile finale referitoare la utilitatea sistemului evaluat.

Evenimente inițiale – refuz unitar în S.T., eveniment extern sau eroare a personalului, care conduce la dereglarea exploatării normale și poate favoriza dereglarea limitelor și / sau a condițiilor de exploatare nepericuloasă.

Exploatare – toată activitatea, orientată spre atingerea, în condiții de securitate, a unui anumit scop pentru care a fost

construită întreprinderea industrială, incluzând deservirea tehnică, inspectarea (controlul) în timpul exploatării și alte activități conexe.

Exploatare sigură (nepericuloasă) – respectarea condițiilor minime stabilite de proiect, privind cantitatea, caracteristicile, starea funcționalității și regulamentul de deservire tehnică a sistemelor sau elementelor (importante pentru securitate), la care se asigură respectarea limitelor de exploatare sigură și (sau) a criteriilor de securitate.

Explozie – proces momentan de transformări fizice și chimice ale substanțelor, însoțit de eliberarea unei cantități mari de energie într-un volum limitat, în rezultatul căruia în spațiul adiacent se formează și se propagă unda de șoc, capabilă să pună în pericol viața și sănătatea oamenilor, să provoace pagube obiectivelor economice și să devină sursă a S.E.

Factor nociv (dăunător) – factor negativ, influența căruia asupra organismului uman duce la îmbolnăvire.

Factor periculos – factor negativ, acțiunea căruia asupra omului conduce la traumă sau deces.

Factor uman – complex de particularități psihofiziologice ale omului (recepționarea informației, adoptarea soluțiilor, orientările psihologice etc.) care joacă un rol important în securitatea industrială.

Fenomen natural periculos – eveniment de proveniență naturală sau stare a elementelor mediului nativ care, conform intensității, amplitudinii propagării și duratei, poate provoca acțiune negativă asupra vitalității oamenilor, asupra mediului ambiant nativ.

Fiabilitate – proprietate a obiectului de a îndeplini funcțiile stabilite în volumul dat la condiții determinate de funcționare. Fiabilitatea este o proprietate complexă care în funcție de destinația obiectului și condițiile de exploatare a acestuia poate să includă un șir de proprietăți (separat sau într-o anumită combinație), principale fiind următoarele: funcționalitatea (funcționarea ireproșabilă), longevitatea, reparabilitatea (posibilitatea reparației), conservabilitatea, stabilitatea, manevrabilitatea de regim și viabilitatea.

Identificarea pericolului – procesul dezvoltării și recunoașterii că pericolul există și determinarea caracteristicilor acestuia.

Incendiu – proces de ardere necontrolată, însoțit de distrugerea bunurilor materiale și care creează pericol pentru viața și sănătatea oamenilor, animalelor agricole, pentru plante și mediul ambiant.

Incident – refuzul sau deteriorarea dispozitivelor tehnice, folosite la un obiectiv industrial periculos, abaterea de la regimul stabilit al procesului tehnologic, încălcarea actelor legislative și normativ-juridice ale țării, precum și a documentelor tehnico-normative care stabilesc regulile de efectuare a lucrărilor la obiectivul industrial periculos.

Indicele riscului de producere (aparitie) a avariei – valoare măsurată sau calculată care caracterizează cantitativ probabilitatea sau frecvența producerii avariei.

Intoxicare – rezultatul acțiunii unei substanțe chimice sau altei substanțe toxice asupra omului care a condus la îmbolnăvire sau deces.

Încărcături (mărfuri) periculoase – substanțe, materiale, articole și deșeuri de producție care, datorită proprietăților sale fizice, chimice și biologice, pot crea pericol pentru viața și sănătatea oamenilor, să provoace poluarea mediului ambiant, deteriorarea și distrugerea mijloacelor de transport și a altor obiective și bunuri materiale.

Întâmplare – eveniment care constă din acțiunea factorului periculos însoțită de provocarea pagubei resurselor umane, naturale și materiale.

Întreprindere industrială – totalitatea instalațiilor tehnologice pentru fabricarea anumitor produse sau articole, amplasate pe un anumit teren.

Limite de exploatare – valori ale parametrilor și ale caracteristicilor de stare ale sistemelor (elementelor), stabilite de către proiect pentru exploatarea normală (nepericuloasă).

Limite de proiect – valorile parametrilor și a caracteristicilor stării sistemelor (elementelor) în integritate, stabilite de către proiect pentru exploatarea normală, situațiile de avarie și pentru avarii.

Limite de securitate – limitele variației procesului la care, după cum se demonstrează, exploatarea întreprinderii industriale este sigură (nepericuloasă).

Managementul riscului – parte a abordării sistemice în adoptarea soluțiilor, procedurilor și a măsurilor practice la soluționarea problemelor de prevenire sau diminuare a pericolului avariilor industriale pentru viața omului, îmbolnăvirilor sau traumelor, pagubei provocate bunurilor materiale și mediului ambiant nativ.

Mediul ambiant nativ – mediul de trai natural al omului, biosfera care servește drept condiție, mijloc și loc de trai pentru om și alte organisme vii fără de care omul nu poate exista; în sens larg include natura ca sistem ce constă din sisteme ecologice naturale și mediul ambiant ca una din părțile mediului natural care a fost transformată în rezultatul activității omului.

Mediul de trai – mediul înconjurător al omului condiționat în momentul dat de timp de ansamblul de factori (fizici, chimici, biologici, social) capabili să exercite influență directă sau indirectă, imediată sau îndepărtată asupra activității omului, asupra sănătății și a generațiilor următoare ale acestuia.

Mortalitate – numărul persoanelor decedate în anumite condiții.

Obiect industrial periculos – obiect (proces de producție) la care se utilizează, se produc, se păstrează sau se transportă substanțe cu pericol de explozie – incendiu și / sau substanțe chimice periculoase care creează pericol real de producere a avariei.

Obiect industrial deosebit de periculos – sector, instalație, hală, magazie, depozit, stație sau altă industrie (proces de producere), la care concomitent se folosesc, se produc, se prelucerează, se păstrează sau se transportă substanțe cu pericol de

explozie-incendiu sau substanțe chimice periculoase în cantități care depășesc sau sunt egale cu valoarea de prag (limită) stabilită.

Pericol – calitate (proprietate) negativă a sistemului „omul-mediul de trai” capabilă să producă pagubă și care este condiționată de starea energetică a mediului și de acțiunile omului; situație (în natură sau tehnosferă) în care este posibilă manifestarea fenomenelor sau proceselor capabile să afecteze oamenii, să producă pagubă materială, să acționeze distructiv asupra mediului ambiant al omului.

Pericol benevol – pericol, prezența căruia este acceptată benevol. Exemple de pericole benevole: avariile la întreprinderile industriale pentru personalul acestora; sportul alpin (ski, alpinism) sau deltaplanerismul; săritul cu parașuta; fumatul; conducerea mijloacelor de transport etc.

Pericol chimic – pericol asociat cu substanțele sau procesele chimice. Formele principale de manifestare a pericolelor chimice – incendiu, explozie, afectare toxică.

Pericol forțat – pericol care se impune contrar dorinței oamenilor, în mod forțat. Exemple de pericole forțate – avariile întreprinderilor industriale pentru populație.

Pericol principal – pericol, capabil să conducă la o avarie de mari proporții.

Pericol în situație excepțională – stare la care s-a creat sau este posibil pericolul apariției fenomenelor sau proceselor, capabile să afecteze oamenii, să producă pagubă materială proprietății acestora, proprietății statului sau altor tipuri de proprietate, precum și să acționeze negativ asupra mediului ambiant nativ în zona S.E.

Personal – toate persoanele care lucrează (deservesc) cu sistemele tehnice permanent sau vremelnic.

Prevenirea pierderilor – domeniu al activității umane de prevenire a avariilor întreprinderilor industriale și diminuarea urmărilor S.E., condiționate de aceste avarii. Direcțiile principale ale acestei activități – asigurarea securității omului și a întreprinderii industriale în tehnosferă.

Reacție necontrolată – reacție chimică care decurge în condițiile întreprinderii industriale și care nu este prevăzută de procesul tehnologic, sau care decurge într-o instalație tehnologică în regimuri care nu permit dirijarea (comanda) parametrilor procesului.

Refuz (defectare) – eveniment care constă în dereglarea capacității de funcționare a utilajului, obiectivului.

Refuz dintr-o cauză generală – incapacitatea unui șir de dispozitive sau blocuri (noduri) de a-și exercita funcțiile în rezultatul unui eveniment sau cauză concretă. La acestea sunt atribuite deficiențele de proiectare, erorile de fabricare, greșelile în timpul exploatării și deservirii tehnice, fenomenele naturale, evenimentul provocat de activitatea omului etc.

Refuz nedepistat – refuz al sistemului (elementului) care nu se manifestă în momentul apariției la exploatare normală și nu poate fi evidențiat cu mijloacele prevăzute de control în conformitate cu regulamentul deservirii tehnice și a controalelor.

Risc – (sau grad de risc) combinația frecvenței (sau probabilității) și a urmărilor unui anumit eveniment periculos. Noțiunea de risc, în toate cazurile, include două elemente: frecvența cu care se realizează evenimentul periculos și urmările acestui eveniment. Riscul poate fi determinat ca frecvență sau ca probabilitate a apariției unui eveniment la producerea altui eveniment (mărime adimensională, aflată în limitele de la 0...1).

Risc acceptat – riscul, nivelul căruia este admis argumentat din punct de vedere economic și social. Riscul exploatării unui obiectiv industrial este acceptat, dacă valoarea acestuia este atât de neînsemnată, încât, pentru beneficiul câpătat de la exploatarea obiectivului, societatea este gata să meargă la acest risc.

Risc ecologic – probabilitatea declanșării calamității, catastrofei ecologice, dereglării funcționării normale în continuare și a existenței sistemelor ecologice și a obiectivelor în rezultatul intervenției antropice sau tehnogene în mediul ambiant sau a unei calamități naturale.

Risc economic – probabilitatea unor viitoare pierderi economice; relația beneficiului și a daunei pe care le are societatea de la un anumit tip de activitate.

Risc individual – probabilitatea realizării pericolelor potențiale la apariția situațiilor periculoase pentru un singur om sau pentru o grupă socială.

Risc social – caracterizează amploarea și gravitatea urmărilor negative ale S.E., precum și a diferitor fenomene în societate, a schimbărilor social-politice care diminuează calitatea vieții oamenilor. În esență – acesta este riscul pentru o grupă sau o comunitate de oameni.

Risc tehnic – indice complex al fiabilității elementelor tehnosferei care exprimă probabilitatea producerii avariei sau catastrofei la exploatarea mașinilor, mecanismelor, realizarea proceselor tehnologice, construirea și exploatarea clădirilor și edificiilor.

Securitate – stare de protecție a omului, societății, mediului ambiant de un pericol excesiv (peste măsură); stare a sistemelor și a obiectelor în condițiile riscului acceptat; proprietate a sistemului „omul – mediul de trai” de a păstra condițiile de interacțiune cu posibilitate minimă de apariție a unor pagube pentru oameni, resurse naturale și materiale.

Securitate chimică – stare, în care, pe calea respectării normelor juridice și a regulilor sanitaro-igienice, îndeplinirea cerințelor tehnico-inginerești și tehnologice, precum și prin efectuarea, realizarea măsurilor organizatorice corespunzătoare și speciale, se exclud condițiile de contaminare chimică sau de afectare a oamenilor, plantelor și animalelor agricole, poluarea mediului ambiant nativ cu substanțe chimice periculoase, în cazul producerii avariei chimice.

Securitate ecologică – stare de protecție a intereselor ecologice de importanță vitală ale personalității, societății, naturii și statului de pericolele reale și potențiale, create de acțiunea antropică, tehnogenă sau naturală asupra mediului ambiant.

Securitate la incendiu – stare a obiectivului economic național sau de altă destinație la care, prin realizarea normelor juridice, a măsurilor antiincendiu și tehnico-inginerești, se exclude sau se diminuează probabilitatea izbucnirii și dezvoltării incendiului, acțiunii asupra oamenilor a factorilor periculoși ai incendiului și se asigură protecția bunurilor materiale.

Securitate industrială – stare, la care, prin respectarea normelor juridice, a cerințelor tehnico-inginerești și tehnologice, precum și prin realizarea măsurilor corespunzătoare, se preîntâmpină încălcările procesului tehnologic și a securității tehnice, reducerea la maximum a probabilității apariției situației de avarie la obiectivele industriale și în transport sau diminuarea pagubei; domeniu al activității umane orientat spre prevenirea avariilor la întreprinderile industriale și diminuarea urmărilor S.E., condiționate de asemenea avarii. Direcțiile principale ale activității – asigurarea securității omului, a întreprinderii industriale în tehnosferă și a securității ecologice.

S.E. tehnogenă – stare, la care în rezultatul apariției unei surse de S.E. tehnogenă la obiectiv, pe un anumit teritoriu se dereglează condițiile normale de viață și activitate a oamenilor, apare pericol pentru viața și sănătatea acestora, este provocată pagubă bunurilor materiale ale populației, gospodăriei naționale și mediului ambiant nativ.

Securitatea în situații excepționale (S.E.) – stare de protecție a populației, a obiectivelor economiei naționale și a mediului ambiant nativ de pericole în S.E.

Securitatea populației în S.E. – stare de protecție a vieții și sănătății oamenilor, a proprietății acestora și a mediului de trai al omului de pericole în S.E.

Situație de avarie – stare a S.T., a obiectivului caracterizată de dereglarea limitelor și/sau a condițiilor de exploatare nepericuloasă dar care nu s-au transformat în avarie.

Sisteme (elemente) de securitate – sisteme (elemente) destinate pentru executarea funcțiilor de securitate.

Sisteme de securitate ecologică – ansamblu de măsuri legislative, tehnice, medicale și biologice orientate spre menținerea echilibrului între biosferă și solicitările exterioare cu caracter antropic, tehnogen sau de calamitate.

Situație excepțională – dereglarea ritmului normal de viață și activitate a oamenilor la un obiectiv sau pe un anumit teritoriu (sector acvatic), provocată de avarie, catastrofă, calamitate sau dezastru ecologic, epidemie, îmbolnăvirea în masă a animalelor sau / și plantelor, precum și de folosirea de către inamic a mijloacelor

contemporane de afectare (distrugere) și care a provocat sau a putut provoca pierderi umane și materiale.

Situație negativă – stare a sistemului „omul-mediul de trai” caracterizată de o abatere de la condițiile de interacțiune nepericuloasă.

Soluție eronată – (greșită) executare incorectă, neintenționată sau neexecutarea unei serii de acțiuni succesive din cauza aprecierii incorecte a desfășurării proceselor tehnologice.

Substanță chimică periculoasă – substanță chimică naturală sau produsă artificial, folosită în industrie, agricultură, în viața de toate zilele care exercită în cazul depășirii nivelului natural de prezență a acesteia în mediul înconjurător nativ acțiune nocivă (dăunătoare) asupra omului, animalelor și plantelor agricole, asupra elementelor mediului înconjurător natural.

Substanță potențial periculoasă – substanță care datorită proprietăților sale fizice, chimice, biologice sau toxicologice prezintă în sine pericol pentru viața și sănătatea oamenilor.

Sursă a S.E. – fenomen natural periculos sau incident antropogen, îmbolnăvire larg răspândită a oamenilor, animalelor și plantelor, precum și mijlocul contemporan de afectare în rezultatul folosirii căruia a apărut sau poate să apară S.E.

Tehnologie – ansamblu de procedee și metode de prelucrare în cadrul proceselor tehnologice; metodă de producere și / sau prelucrare a producției în ansamblu cu amenajarea de aparate și aparataje (utilaje).

Tehnologie cu „securitate interioară” – tehnologie care prevede potolirea pericolelor și / sau diminuarea considerabilă a urmărilor abaterilor inadmisibile de la regulamentul tehnologic pe baza mecanismelor care se realizează cu considerarea legilor fundamentale ale naturii și nicidecum prin includerea unor sisteme speciale de asigurare a securității.

Toxicitate – proprietate a substanței de a provoca decesul sau a prejudicia sănătatea ființei vii la nimerirea în organism împreună cu apa, alimentele (prin cavitatea bucală); prin piele sau sânge (resorbție pielară); cu aerul inspirat (prin inhalare).

Urmările avariei – situația care s-a creat după avarie și care provoacă pagube din cauza depășirii limitelor stabilite de influență asupra personalului, populației și asupra mediului ambiant.

Bibliografie

1. Gabriel Burlacu. Fiabilitatea, mentenabilitatea și disponibilitatea instalațiilor. Aplicații. -București, MATRIX ROM, 2011.
2. Gabriel Burlacu. Ingineria fiabilității și mentenabilității instalațiilor industriale. -București, Editura Paideia, 2010.
3. Diana Robescu, Dan Robescu. Fiabilitatea proceselor și instalațiilor de oxigenare a apelor. -București, Editura BREN, 2002.
4. Акимов В. А., Лапин В. Л., Попоа В. М., Пучков В.А., Томаков В. И., Фалеев М.И. Надежность технических систем и техногенный риск. – М.: ЗАО ФИД „Деловой экспресс”, 2002 – 368 с.
5. Ветошкин А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие. -Пенза: Изд-во ПГУА и С, 2003.
6. Рыжов Ф. Н., Томаков В. И. Надежность технических систем и управление риском. Учебное пособие / Курский государственный технический университет. – Курск, 2000. – 346 с.
7. Рыжов Ф. И., Томаков В. И. Основы теории расчета надежности технических систем. Учебное пособие / Курский государственный технический университет. – Курск, 1998. – 94 с.

Cuprins

Introducere	3
1. Natura și caracteristica pericolelor în tehnosfera	7
1.1. Tehnosfera. Tehnica. Sistemul tehnic. Tehnologia	7
1.2. Definirea pericolului	9
1.3. Axiomele privind pericolul potențial al S.T.	10
1.4. Taxonomia pericolelor	12
1.5. Algoritmul dezvoltării și realizării pericolului	21
1.6. Sursele de pericol	22
1.7. Concepția ergoentropică a pericolelor	23
1.8. Cuantificarea pericolelor	24
1.9. Identificarea pericolelor, cauzele și urmările acestora	24
1.10. Indicii de securitate ai S.T.	26
2. Principiile fundamentale ale teoriei riscului	28
2.1. Noțiunea de risc	28
2.2. Dezvoltarea riscului la obiectivele industriale	37
2.3. Bazele metodologiei analizei și dirijării cu riscul	39
2.4. Modelarea riscului	57
2.5. Principiile creării tehnologiilor informaționale de dirijare a riscului	60
3. Rolul factorilor externi care influențează asupra aparității refuzurilor sistemelor tehnice	62
3.1. Noțiuni generale	62
3.2. Clasificarea factorilor de influență exterioară (F.I.E.)	65
3.3. Acțiunea temperaturii	69
3.4. Acțiunea radiației solare	71
3.5. Acțiunea umidității	73
3.6. Acțiunea presiunii atmosferice	74
3.7. Acțiunea vântului și a poleiului	75
3.8. Acțiunea impurităților aerului	76
3.9. Acțiunea factorilor biologici	77

3.10.	Îmbătrânirea materialelor	78
3.11.	Acțiunea factorilor de solicitare	80
4.	Bazele teoriei calculării fiabilității sistemelor tehnice	82
4.1.	Noțiunile principale ale teoriei fiabilității	83
4.2.	Caracteristicile cantitative ale fiabilității	98
5.	Metodica cercetării fiabilității S.T.	114
5.1.	Modul sistemic de analiză a posibilelor refuzuri: noțiunea, destinația, scopul și etapele, ordinea, granițele cercetării	114
5.2.	Identificarea principalelor pericole la fazele inițiale ale proiectării	121
5.3.	Cercetările în perioada dinaintea punerii în funcțiune	122
5.4.	Cercetările sistemelor în funcțiune	123
5.5.	Înregistrarea rezultatelor cercetării	124
5.6.	Conținutul raportului informativ privind securitatea procesului	125
6.	Fiabilitatea sistemelor tehnice	132
6.1.	Aspecte particulare ale fiabilității sistemelor tehnice	132
6.2.	Sistemul tehnic cu montajul elementelor în serie	136
6.3.	Sistemul tehnic cu montajul elementelor în paralel	139
6.4.	Redundanța paralelă	143
6.5.	Sisteme tehnice cu structură mixtă	150
6.6.	Sisteme cu structură reticulată	151
7.	Aprecierea omului ca verigă de siguranță a S.T. complicat	155
7.1.	Cauzele comiterii greșelilor	155
7.2.	Factorii ce influențează perceperea subiectivă a riscului	162
7.3.	Metodologia prognozării greșelilor	165
7.4.	Principiile formării bazelor referitoare la greșelile omului	168

8.	Măsurile, metodele și mijloacele care asigură fiabilitatea și securitatea sistemelor tehnice	171
8.1.	Faza de proiectare a S.T.	171
8.2.	Faza de fabricare a S.T.	172
8.3.	Faza de exploatare a S.T.	173
8.4.	Suportul tehnic și asigurarea	173
8.5.	Mijloacele tehnice care asigură fiabilitatea și securitatea sistemelor tehnice	174
8.6.	Măsurile organizatoric-administrative	179
8.7.	Diagnostică perturbărilor și a situațiilor de avarie în S.T.	182
9.	Sistemele tehnice de securitate	186
9.1.	Destinația și principiul de lucru al sistemelor de securitate	186
9.2.	Structurile model și principiile de funcționare ale sistemelor automate de protecție (S.A.P.)	187
9.3.	Sistemul automat intelectualizat de protecție a obiectivelor și de comandă (dirijare) a nivelului de securitate	192
9.4.	Sisteme tehnice locale model și mijloace de securitate	196
	Glosar	201
	Bibliografie	212

FIABILITATEA SISTEMELOR TEHNICE ȘI RISCUL TEHNOGENIC

Ciclu de prelegeri

Autor: Efim Olaru

Redactor: E. Gheorghişteanu

Bun de tipar 24.04.13	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie offset. Tipar RISO	Tirajul 50 ex.
Coli de tipar 13,5	Comanda nr.44

U.T.M., 2004, Chişinău, bd.Ştefan cel Mare, 168
Editura „Tehnica-UTM”
2068, Chişinău, str. Studenţilor, 9/9