
Gaisrų pavojaus Ignalinos AE pirmajame bloke analizė

1. Pagrindiniai principai, kompiuterinių programų paketas, pirminė analizė

**Povilas Poškas,
Vytautas Šimonis,
Rimantas Zujus,
Raimundas Kilda,
Jokūbas Kolesnikovas,
Arūnas Sirvydas**

*Lietuvos energetikos institutas,
Branduolinės inžinerijos problemų
laboratorija,
Breslaujos g. 3,
LT-3035 Kaunas*

Darbe pateikta gaisrų pavojaus analizės pagrindiniai principai, kriterijai ir metodai, siekiant užtikrinti IAE branduolinę saugą.

Sukurtas kompiuterinių programų paketas, įgalinantis sukaupti reikiamą informaciją ir duomenis, atlikti pirminį jų apdorojimą ir pirminę analizę apie IAE I bloko patalpų atitikimą nacionaliniams priešgaisrinės saugos reikalavimams ir tarptautinėms rekomendacijoms gaisrų pavojaus požiūriu.

Kompiuterinių programų paketo pagrindą sudaro duomenų bazė ir patalpų atrankos algoritmai, kurie įgalina vienareikšmiai ir greitai atlikti gaisrų pavojaus IAE analizę.

Kompiuterinių programų paketas gali būti lengvai transformuotas ir panaudotas, atliekant gaisrų pavojaus ir priešgaisrinės saugos analizę kitose stambiose įmonėse.

Raktažodžiai: Ignalinos AE, gaisrų pavojaus analizė, branduolinė ir priešgaisrinė sauga, sistemos, patalpų kategorijos, duomenų bazė, atrankos algoritmai, pirminė analizė

1. ĮŽANGA

Nepaisant to, kad Ignalinos atominės elektrinės (IAE) I bloką ruošiamasi galutinai sustabdyti 2005, o II bloką – 2009 m., uždarymo procesas tęsis ilgai, todėl IAE yra ir išliks vienu pavojingiausių energetinių objektų Lietuvoje.

Gaisrai, kylantys energetiniuose objektuose, ypač atominėse elektrinėse, gali padaryti milžiniškų, nuspėjamų nuostolių. Todėl gaisrų pavojaus jose analizei visame pasaulyje skiriama daug dėmesio. Tokios analizės pagrindinis tikslas – parodyti, kad svarbiausių sistemų išdėstymas ir esančios gaisrų apsaugos priemonės užtikrina atominės elektrinės branduolinę saugą ir atitinka tarptautines saugos rekomendacijas.

Kaip nurodoma TATENA saugos vadovo 307 paragrafe [1], gaisrų pavojaus analizė apima 6 tikslus:

- 1) Objektų (elementų), svarbių saugai, identifikavimas;
- 2) Objektų (elementų), svarbių saugai, tikėtino gaisro ir jo pasekmių analizė;
- 3) Priešgaisrinių barjerų reikalingo atsparumo ugniai nustatymas;

4) Gaisro signalizacijos tipo ir būtinų apsaugos priemonių nustatymas;

5) Papildomo priešgaisrinio atskyrimo ir apsaugos vietų nustatymas, ypač bendruoju pažeidimų atveju, siekiant užtikrinti objektų (elementų), svarbių saugai, funkcijų vykdymą tikėtino gaisro metu ir po jo;

6) 216 paragrafo [1] reikalavimų laikymosi patikrinimas (šie reikalavimai nurodyti toliau).

Gaisrų pavojaus Ignalinos AE analizė yra viena sėkmingo energetinių blokų licencijavimo sąlygų. Ignalinos AE I bloke griežto režimo zonoje yra per 2000 patalpų, kuriose galintys kilti gaisrai gali turėti įtaką atominės elektrinės branduolinei saugai. Tokiam dideliame patalpų kiekiui vienareikšmiai ir optimaliai išanalizuoti būtina sudaryti kompiuterinę analizės sistemą.

Gaisrų pavojaus Ignalinos AE I bloke analizė atlikta dviem etapais. Pirmajame etape, vykdytame Rusijos organizacijos VNIPIET 1998 m., atlikta pagrindinių patalpų su saugos sistemų elementais analizė [2]. Analizė atlikta rankiniu būdu be duomenų bazės, todėl vienareikšmiai neįvertintas gaisrų pavojus, be to, išnagrinėtos ne visos saugos sistemos ir ne visos patalpos, susijusios su IAE branduoline sauga.

Antrajame etape, 2001–2002 m., LEI su Švedijos specialistais atliko kompleksinę visų pagrindinių IAE I bloko sistemų ir patalpų su saugos elementais, taip pat gretimų pagrindinėms bei kitų patalpų gaisrų pavojaus analizę. Sukurtas kompiuterinių programų paketas su duomenų baze ir patalpų atrankos algoritmais įgalino vienareikšmiai, optimaliai ir greitai atlikti analizę.

Šiame straipsnyje apie gaisrų pavojaus IAE I bloke analizę pateikiama gaisrų pavojaus įvertinimo metodologija, kompiuterinių programų paketo, reikalingo analizei, aprašymas bei pirminės analizės rezultatai. Kai kurie gaisrų pavojaus analizės ypatumai buvo pateikti ankstesniuose mūsų darbuose [3, 4].

Kituose šios serijos straipsniuose numatoma pateikti konkrečių sistemų analizę, patalpų, ypač svarbių saugai, išsamią analizę bei analizių rezultatus.

Čia ir toliau vartojama terminologija priimta pagal VATESI patvirtintus bendruosius atominių elektrinių saugos užtikrinimo nuostatus [5].

2. GAISRŲ PAVOJAUS ĮVERTINIMO METODOLOGIJA

2.1. Vertinimo principai, kriterijai ir metodai

Pagrindiniai tarptautiniai branduolinės saugos reikalavimai (principai) pagal [1] yra šie:

1. Užtikrinti saugų reaktoriaus sustabdymą ir jo išlaikymą saugios būklės, esant avarinėms (taip pat gaisro) aplinkybėms;

2. Užtikrinti liekamosios šilumos pašalinimą iš reaktoriaus aktyviosios zonos jį sustabdžius, esant avarinėms (taip pat gaisro) aplinkybėms;

3. Užtikrinti radioaktyviųjų medžiagų galimų išlakų sumažinimą ir išlaikymą leistinose ribose, esant avarinėms (taip pat gaisro) aplinkybėms.

Siekiant patvirtinti pagrindinių reikalavimų įvykdymą, pirmiausia identifikuojamos saugos sistemos, kurios yra svarbiausios saugiai reaktorių eksploatacijai gaisrų atveju. Paprastai panašaus tipo (kaip IAE) atominėse elektrinėse visos saugos sistemos klasifikuojamos į tris grupes:

1. Pagrindinės saugos sistemos (apsauginės, lokalizuojančios, užtikrinančios, valdančios);

2. Normalios eksploatacijos sistemos, svarbios saugai;

3. Kitos normalios eksploatacijos sistemos.

Apsauginės saugos sistemos – tai technologinės sistemos, skirtos branduoliniui kurui, šilumą išskiriančių elementų apvalkalėliui, įrenginiams ir vamzdinams, kuriuose yra radioaktyviųjų medžiagų, apsaugoti nuo pažeidimų arba pažeidimams apriboti (reaktoriaus avarinio aušinimo, apsaugos nuo viršslėgio pagrindiniame cirkuliacijos kontūre ir reaktoriaus erdvėje bei kt.).

Lokalizuojančios saugos sistemos – tai technologinės sistemos, skirtos apsaugoti arba avarijos metu apriboti nuo sklindančių radioaktyviųjų medžiagų ir spinduliuotės už numatytų projekte ribų bei jų patekimo į aplinką (hermetinių patalpų, avarijų lokalizacijos bokšto, avarijų lokalizacijos bokšto siurblių-aušintuvų, drenažinio vandens surinkimo iš hermetinių patalpų, patalpų, gretimų hermetinėms, ventiliacijos ir kt.).

Užtikrinančios saugos sistemos – tai technologinės sistemos, skirtos energijai tiekti, darbinei aplinkai ir funkcionavimo sąlygų saugos sistemoms sudaryti (techninio vandens tiekimo, antrojo tarpinio kontūro technologinių vartotojų, patalpų ir saugos sistemų elementų ventiliacijos, avarinio elektros tiekimo, reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos avarinio maitinimo, automatinio gaisrų gesinimo ir kt.).

Valdančios saugos sistemos – tai sistemos, skirtos saugos sistemų veiksmams inicijuoti, kontroliuoti ir valdyti jas, vykdant numatytas funkcijas (reaktoriaus valdymo ir apsaugos, reaktoriaus apsaugos dėl technologinių priežasčių, rezervinio valdymo skydo, papildomos avarinės apsaugos ir kt.).

Normalios eksploatacijos sistemos, svarbios saugai, yra tos, kurių gedimas pažeidžia normalią elektrinės eksploataciją ir gali sukelti projektines arba neprojektines avarijas (reaktoriaus ventiliacijos, spinduliuotės kontrolės, šviežio ir panaudoto branduolinio kuro saugojimo ir kt.).

Žinant svarbiausias saugos sistemas (tai visos pirmos ir dalis minėtų antros grupės sistemų; jų identifikavimas pateiktas kitame skyrelyje) ir gerai išivaizduojant šių sistemų atliekamas funkcijas, nustatomi reaktoriaus saugaus stabdymo keliai, t. y. saugos sistemos ir jų elementai, užtikrinantys minėtų reikalavimų įvykdymą. Pagal JAV energetikos departamento parengtą gaisrų įvertinimo metodiką, atominėse elektrinėse su RBMK tipo reaktoriais [6] siūloma identifikuoti tris reaktorių saugaus stabdymo kelius. Tai grindžiama tuo, kad gaisro atveju pažeidus pirmąjį kelią ir vienetinio gedimo atveju suirus antrajam keliui, yra būtinas trečiasis kelias. Pagal vienetinio gedimo principą [5], „sistema privalo vykdyti nustatytas funkcijas esant bet kokiam reikalaujamam jos darbo pradiniam įvykiui ir esant nepriklausomam nuo pradinio įvykio gedimui vieno iš aktyviųjų ar pasyviųjų elementų su mechanškai judančiomis dalimis“ (gaisrų pavojaus analizės atveju pradinis įvykis – tai gaisras, o elementų gedimas – tai gedimai saugos arba priešgaisrinės apsaugos sistemose).

Nustačius reaktoriaus saugaus stabdymo kelius ir žinant svarbiausias saugos sistemas identifikuojamos patalpos su saugos sistemų elementais. Toliau, pagal TATENA rekomendacijas [1, 7, 8], apie kiekvieną patalpą surenkama reikiama informacija, įgalinanti atlikti

analizę ir įvertinti priešgaisrinės saugos lygį gaisrų pavojaus požiūriu. Priešgaisrinės saugos lygis atominėse elektrinėse vertinamas remiantis „apsaugos gilyn“ koncepcija, kurios pagrindiniai tikslai yra: 1) gaisrų kilimo užkirtimas, 2) operatyvus kylančių gaisrų nustatymas ir gesinimas, 3) gaisrų pasekmių minimizavimas.

Ignalinos AE buvo suprojektuota ir pastatyta 7–8 dešimtmetyje pagal tuometinius sovietinius reikalavimus. Kadangi, praktiškai, nebuvo įmanoma gauti visos reikalingos projektinės dokumentacijos (kai kuriais atvejais jos visai nėra), neįmanoma tiksliai nustatyti visų patalpų, įeinančių į reaktorių saugaus stabdymo kelius. Todėl pasirinktas konservatyvesnis metodas, t. y. patalpos grupuojamos pagal saugos sistemas ir skirstomos į kategorijas pagal rezervinius (dubliuojančius) saugos elementus jose. Visos patalpos, priklausomai nuo saugos sistemų elementų rezervavimo, klasifikuojamos į 3 kategorijas:

1 kategorija – patalpos, turinčios saugos sistemų elementų, atliekančių saugos funkcijas (gaisro metu), ir neturinčios jokių rezervinių elementų kitose patalpose;

2 kategorija – patalpos, turinčios saugos sistemų elementų, atliekančių saugos funkcijas (gaisro metu), ir turinčios rezervinius elementus vienoje kitoje patalpoje;

3 kategorija – patalpos, turinčios saugos sistemų elementų, atliekančių saugos funkcijas (gaisro metu), ir turinčios rezervinius elementus bent dviejose atskirose patalpose.

Ignalinos AE buvo nagrinėjamos ne tik pagrindinės patalpos, svarbios saugai ir turinčios saugos sistemų elementų, bet ir gretimos pagrindinėms bei kitos didesnio pavojaus patalpos (degiųjų medžiagų sandėliai ir pan.), neturinčios saugos sistemų elementų. Kilus gaisrui šiose patalpose, gali būti paveiktos pagrindinės patalpos, svarbios saugai. Todėl visos šios patalpos, nepatekusios į 1–3 kategorijų klasifikaciją, buvo sąlyginai priskirtos 4 kategorijai.

Suskirsčius patalpas į kategorijas, atliekama patalpų, atitinkančių priešgaisrinės saugos reikalavimus, atranka. Kadangi patalpų yra labai daug (pvz., Ignalinos AE vieno bloko griežto režimo zo-

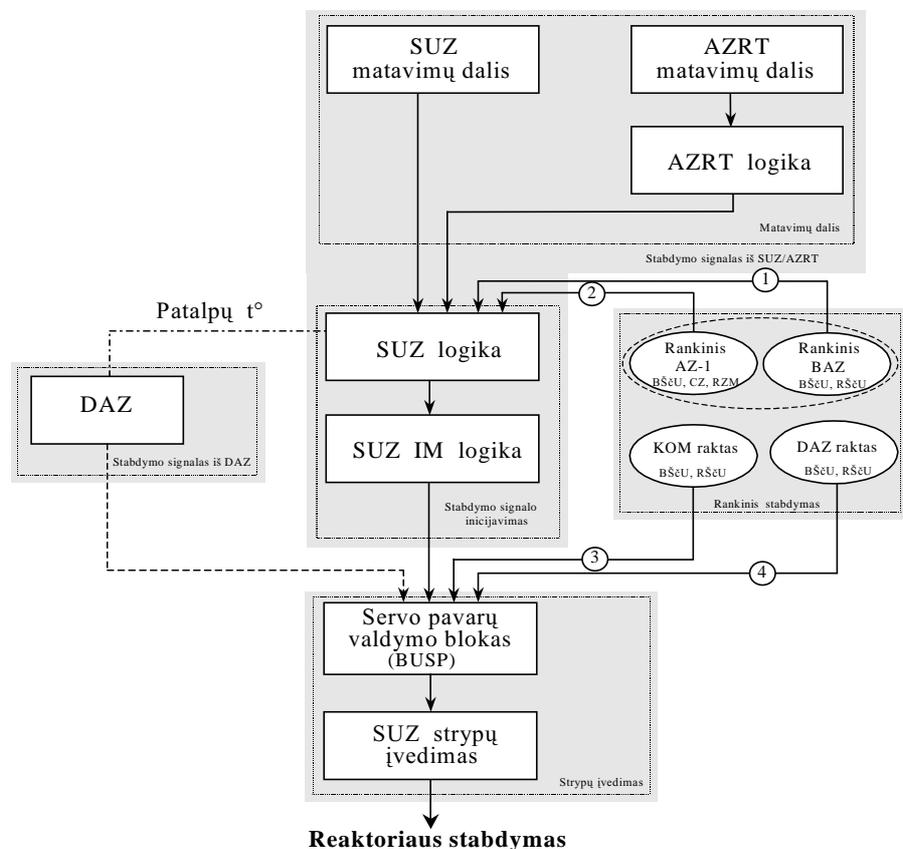
noje yra per 2000 patalpų), siekiant vienareikšmiai ir operatyviai atlikti gaisrų pavojaus analizę, sudaryta kompiuterinė analizės sistema.

Toliau pateiktas pagrindinių branduolinės saugos reikalavimų įvertinimas IAE ir iš to kylantis svarbiausių analizuojamų saugos sistemų parinkimo pagrindumas.

2.2. Branduolinės saugos reikalavimų įvertinimas IAE

Saugus reaktorių sustabdymas. IAE reaktorių saugiam sustabdymui yra būtinos reaktorių valdymo ir apsaugos sistema (SUZ) bei pagalbinės elektros tiekimui ir SUZ kanalų aušinimo sistemos. Reaktorių gali būti sustabdomas automatiškai arba rankiniu būdu. Automatiškai reaktorių stabdomas esant neleistiniams nukrypimams nuo IAE eksploatacijos technologinio reglamento [9], o rankiniu būdu – kai nepradedą veikti automatinis stabdymas arba esant įvairioms išorinėms avarinėms situacijoms, tarp jų ir gaisrų atveju.

SUZ sistema (1 pav.) yra viena pagrindinių saugos sistemų Ignalinos AE. Signalai iš kontrolinių matavimo prietaisų patenka į matavimo spintas ir SUZ logiką. SUZ logika formuoja reaktoriaus stabdymo valdymo signalus BAZ ir AZ-1. Šie signalai



1 pav. Principinė Ignalinos AE reaktorių valdymo ir apsaugos sistemos schema. 1–4 – reaktorių saugaus sustabdymo keliai

per SUZ vykdomųjų mechanizmų (IM) valdymo įrangą perduodami servo pavarų blokui (BUSB), kuris įveda SUZ strypus į reaktoriaus aktyviąją zoną. Signalai BAZ ir AZ-1 praktiškai yra analogiški funkcinė paskirtimi, perduodami tais pačiais kanalais ir skiriasi tik SUZ strypų įvedimo į reaktoriaus aktyviąją zoną greičiu.

Visi SUZ signalai yra išvesti į BŠČU ir RŠČU, todėl operatorius gali inicijuoti reaktoriaus stabdymo signalus BAZ ir AZ-1 ir rankiniu būdu. Signalas AZ-1 taip pat gali būti inicijuojamas iš iškrovimo-pakrovimo mašinos RZM valdymo pulto.

Taip pat operatorius gali sustabdyti reaktorių specialiu raktu KOM, kuriuo nutraukiamas servo pavarų movų maitinimas. Šiuo atveju signalas į BUSB perduodamas, eliminuojant SUZ logiką.

Papildoma avarinė apsauga (DAZ) skirta reaktoriaus sustabdymui tais atvejais, kai nepradeda veikti SUZ arba kai pakyla temperatūra SUZ patalpose. DAZ signalas perduodamas į BUSB, eliminuojant SUZ logiką (kaip ir rakto KOM atveju), o strypų BAZ įvedimas atliekamas, nutraukiant servo pavarų maitinimo grandines. DAZ signalas taip pat išvestas į BŠČU ir RŠČU, todėl operatorius raktu DAZ rankiniu būdu gali sustabdyti reaktorių.

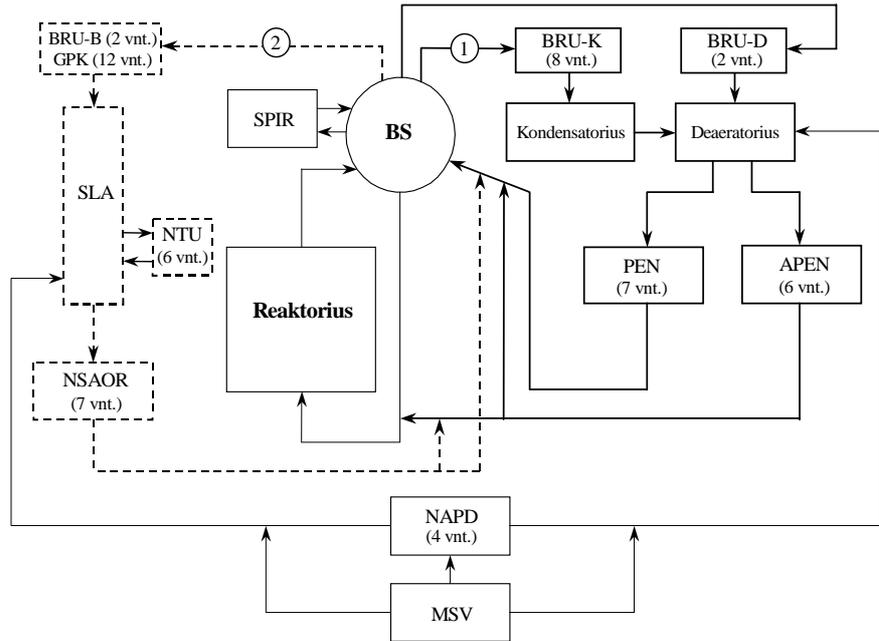
Taigi Ignalinos AE gaisrų atveju yra galimi keturi alternatyvūs saugaus reaktoriaus rankinio sustabdymo keliai (1 pav.):

1. Rankinis sustabdymas per BAZ. Operatorius inicijuoja signalą BAZ. Signalas perduodamas SUZ logikai. Toliau per SUZ IM stabdymo signalas perduodamas BUSB, valdymo strypai nuleidžiami į aktyviąją zoną ir reaktorių sustabdomas;

2. Rankinis sustabdymas per AZ-1. Operatorius inicijuoja signalą AZ-1. Signalas AZ-1, analogiškai signalui BAZ, perduodamas SUZ logikai. Toliau per SUZ IM stabdymo signalas perduodamas BUSB ir valdymo strypai nuleidžiami į aktyviąją zoną;

3. Rankinis sustabdymas per KOM. Jei dėl gaisro kabelių patalpose SUZ stabdymo signalai nepraeina, tai operatorius stabdo reaktorių raktu KOM. Šiuo atveju signalas perduodamas tiesiogiai BUSB ir valdymo strypai įvedami į aktyviąją zoną;

4. Rankinis sustabdymas per DAZ. Jei SUZ stabdymo signalai nepraeina ir neveikia raktas KOM, tai reaktorių galima sustabdyti raktu DAZ.



2 pav. Principinė Ignalinos AE reaktorių aušinimo schema. 1, 2 – reaktorių aušinimo keliai

Liekamosios šilumos pašalinimas iš reaktoriaus aktyviosios zonos. Sėkmingai rankiniu būdu sustabdžius reaktorių, liekamoji šiluma pašalinama iš reaktoriaus aktyviosios zonos (reaktoriaus aušinimas) mažinant slėgį pagrindiniame cirkuliacijos kontūre.

Reaktorių gali būti aušinamas normaliu arba avariniu režimu (2 pav.).

Normaliu režimu reaktorių aušinamas per greitaeigį redukcinį įrenginį BRU-K išleidžiant garą iš būgno-separatoriaus į kondensatorių. Sukondensuotas garas tiekiamas į deaeratorių, iš kurio vanduo maitinimo siurbliu (PEN) gražinamas atgal į būgną-separatorių. Greitaeigis redukcinis įrenginys BRU-D palaiko slėgį deaeratoriuje. Iš esamų septynių PEN vienas yra darbinis, kiti rezerviniai. Sustabdžius reaktorių, PEN atjungiamas ir įjungiamas avarinis maitinimo siurblys (APEN). Iš esamų šešių APEN vienas yra darbinis, kiti rezerviniai.

Ataušinus vandenį pagrindiniame cirkuliacijos kontūre iki tam tikros temperatūros, toliau reaktorių aušinamas per vandens valymo ir aušinimo sistemą SPIR.

Avariniu režimu reaktorių aušinamas tuo pačiu būdu, kaip ir normaliu režimu, tik didesniu greičiu.

Kilus gaisrui galimas kitas alternatyvus reaktoriaus aušinimo būdas. Šiuo atveju garas išleidžiamas per greitaeigį redukcinį įrenginį BRU-B arba GPK į avarių lokalizacijos sistemą (SLA). SLA kondensacijos lėkštėje garas kondensuojamas, toliau NTU ataušintas vanduo patenka į karšto kondensato kamerą ir NSAOR siurbliu gražinamas į pagrindinį cirkuliacijos kontūrą. Iš esamų šešių NSAOR vienas yra darbinis, kiti rezerviniai.

Vienetinio gedimo bet kurioje sistemoje atveju taip pat neįvyks jokio sistemos suirimo, kadangi įranga pakankamai rezervuota.

Taigi galimi trys alternatyvūs reaktorių aušinimo būdai (keliai):

1) Garas nuleidžiamas į kondensatorių, vanduo patenka į deaeratorių ir APEN siurbliais grąžinamas į būgną-separatorių;

2) Garas nuleidžiamas į avarijų lokalizacijos sistemą, vanduo patenka į karšto kondensato kamerą ir NSAOR siurbliais grąžinamas į būgną-separatorių;

3) Analogiškas pirmajam arba antrajam būdai. Vienetinio gedimo atveju sugedusi įranga keičiama rezervine.

Radioaktyviųjų medžiagų galimų išlakų sumažinimas. Pagrindiniai radioaktyviųjų medžiagų galimų išlakų šaltiniai yra: reaktorius, pagrindinis cirkuliacijos kontūras, šviežias ir panaudotas branduolinis kuras bei radioaktyviosios atliekos.

Atliekant gaisrų pavojaus analizę, nenagrinėjamos avarinės situacijos, susijusios su šilumnešio praradimu, o tai įmanoma tik trūkus pagrindinio cirkuliacijos kontūro vamzdynams nesėkmingai reguliuojant slėgį, t. y. aušinant reaktorių, arba pažeidus reaktorių nesėkmingo stabdymo metu. Priimta, kad reaktorius sustabdytas ir atausintas sėkmingai, todėl jo aplinkoje radioaktyviųjų medžiagų išlakų nėra.

Gaisrų atveju radioaktyviųjų medžiagų išlakos galimos tik patalpose, kuriose saugomas ir tvarkomas šviežias ir panaudotas branduolinis kuras bei radioaktyviosios atliekos. Todėl šiuo branduolinės saugos reikalavimų aspektu dėl gaisrų pavojaus analizės turi būti patikrintas priešgaisrinės saugos užtikrinimas saugant bei tvarkant branduolinį kurą ir radioaktyvias atliekas.

Praktiškai visų saugos sistemų, užtikrinančių branduolinės saugos reikalavimus, darbas priklauso nuo elektros maitinimo. Pagrindinis IAE elektros maitinimo sistemų tikslas yra nepertraukiamai tiekti elektrą įrangai, susijusiai su saugiu elektrinės darbu esant tiek normalios eksploatacijos, tiek avarinėms (taip pat gaisro) aplinkybėms. Tai pasiekama elektros maitinimo sistemų rezervavimu. Elektra gali būti tiekama per vidinį tinklą iš turbogeneratoriaus, per išorinį tinklą arba iš dyzelio-generatoriaus. Kiekvienas šių elektros tiekimo šaltinių turi nuo 6 iki 8 pagrindinių ir rezervinių elektros maitinimo kanalų (sistemų).

Saugos sistemų atrinkimas. Tokiu būdu, įvertinus branduolinės saugos reikalavimus IAE I bloke, gaisrų pavojaus analizei atrinkta 26 saugos sistemos, tarp kurių yra 19 pagrindinių saugos sistemų ir 7 normalios eksploatacijos sistemos, svarbios saugai. 19 pagrindinių saugos sistemų yra: 3 apsauginės, 5 lokalizuojančios, 7 užtikrinančios ir 4 valdančios sistemos (šios sistemos įvardytos aukščiau). Tarp normalios eksploatacijos sistemų, svarbių saugai, yra: erdvės virš reaktorių (po perdanga) ventiliacijos sistema, spinduliuotės kontrolės sistema, vandenilio koncentracijos dujų sulaikymo patalpose kontrolės sistema, šviežio kuro paruošimo ir saugojimo sistema, kuro perkrovimo sistema, panaudoto kuro saugojimo sistema ir apsauginių konteinerių eksploatavimo sistema.

Visos analizuojamos sistemos aprėpia per 2100 patalpų, tarp kurių yra: per 100 – 1-os, per 200 – 2-os, per 400 – 3-ios ir per 1400 – 4-os kategorijos patalpos.

3. KOMPIUTERINIŲ PROGRAMŲ PAKETAS

Siekiant vienareikšmiai ir greitai atlikti gaisrų pavojaus analizę, sudarytas kompiuterinių programų paketas UGNIS. Programų paketo pagrindą sudaro duomenų bazė, įgalinanti sukaupti reikiamą informaciją apie analizuojamas patalpas ir ją apdoroti, bei patalpų atrankos algoritmai, įgalinantys atlikti pirminę analizę.

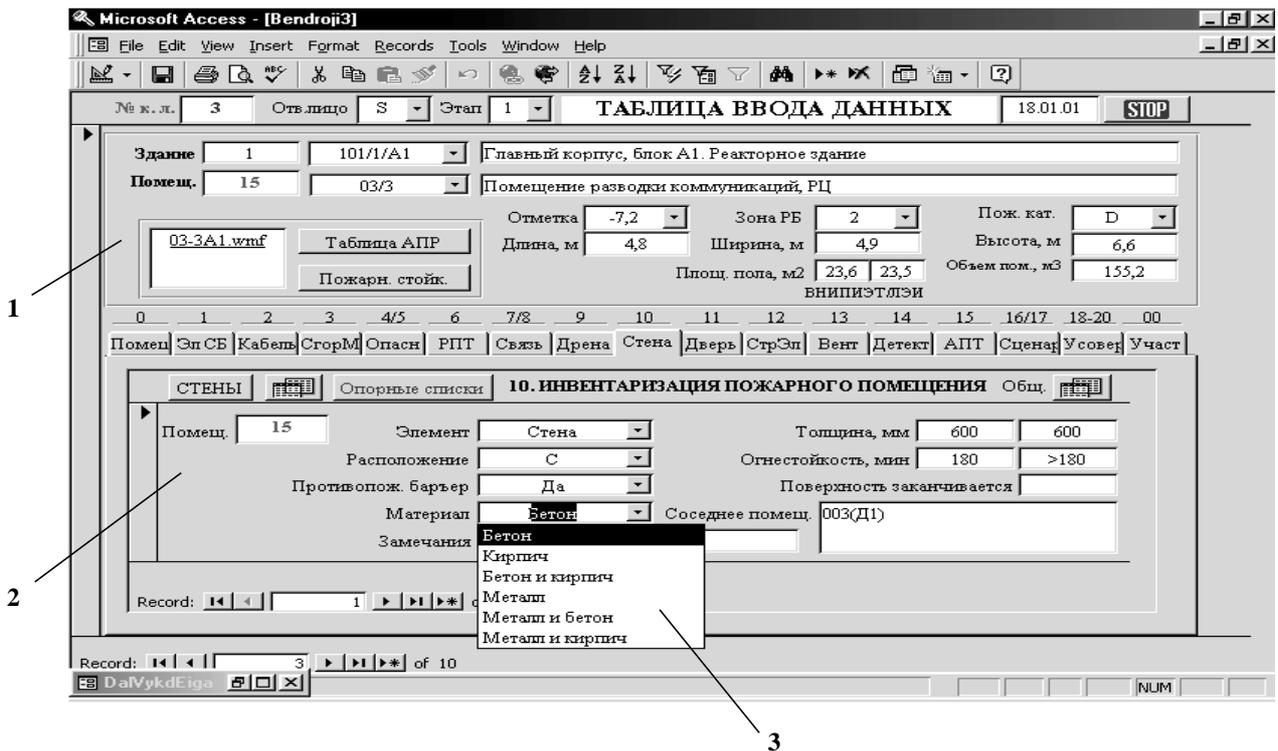
3.1. Duomenų bazė

Gaisrų pavojaus analizei reikia sukaupti pakankamai informacijos apie kiekvieną patalpą. Tai patalpos charakteristika su gabaritais, sienų storiais, gretimomis patalpomis; saugos sistemų elementų inventoriacija; priešgaisrinių barjerų, durų, nišų, angų, pralaidų būklė; kabelių ir kitų degių medžiagų kiekiai; sprogimų pavojaus įvertinimas; drenažų, ventiliacijos sistemos; avarinis apšvietimas; ryšių sistemos; gaisrų fiksavimo ir gesinimo sistemos. Surinkti duomenys kaupiami duomenų bazėje, kuri palengvina tolimesnę gaisrų pavojaus analizę.

Duomenų bazė sukurta MS Access 2000 aplinkoje lygiagrečių lentelių principu. Ji sudaryta iš vienos pirminės (bendrosios), 17 antrinių (N = 17) ir iki 65 tretinių (M = 1–65) lentelių. Duomenų apdorojimui, tvarkymui bei ataskaitų pateikimui sukurta per 60 užklausų (Query).

Pirminėje (bendrojoje) lentelėje pateikiami pagrindiniai duomenys apie patalpą, jos radiacinė bei gaisrinė kategorijos, patalpos schema. Būdingas duomenų įrašymo langas su pirmine (1), viena iš antrinių (2) formų bei atviru tretinės lentelės (3) sąrašu rusų kalba pateiktas 3 paveiksle.

Gaisrų pavojaus analizė patalpoje reikalauja daug įvairių duomenų, kurie surašomi į antrines bazės lenteles. Šių lentelių gausą lemia skirtingos duomenų sritys. Pagrindinės duomenų sritys yra šios: 0 – patalpos charakteristika (skaičius – tai jungiklio numeris duomenų įrašymo lange 3 pav.); 1 – saugos sistemų elementai; 2 – kabeliai; 3 – degių medžiagų apskaita; 4/5 – sprogimų grėsmė, pralaidų būklė; 6 – rankinio gesinimo priemonės; 7/8 – avarinis apšvietimas, ryšio priemonės; 9 – drenažai, tepalų rinktuvai, slenksčiai; 10 – sienų, lubų, grindų inventoriacija; 11 – durų charakteristika; 12 – struktūriniai



3 pav. Duomenų įrašymo langas. 1–3 – pirminė (bendroji), antrinė ir tretinė lentelės

elementai; 13 – ventiliacija; 14 – automatinė gaisro signalizacija; 15 – automatinė gaisro gesinimo sistema; 16/17 – galima gaisro eiga ir plėtra, antrinis poveikis; 18–20 – planuojami bei pasiūlyti vykdymui patobulinimai; 00 – vykdytojai/tikrintojai.

Tretinėse lentelėse surašyti dažnai pasikartojantys, standartizuoti įrašai yra pateikiami kaip pasirinkimo sąrašai antrinėms lentelėms. Šie sąrašai įgalina tiksliai, greitai ir vienareikšmiai traktuoti duomenis.

Duomenims įrašyti pirmiausia pasirenkama norima patalpa iš tretinėje lentelėje esančio patalpų sąrašo. Pasirinkus ją, bendrojoje lentelėje automatiškai įrašomi pastato ir nagrinėjamos patalpos numeriai. Antrinės lentelės susietos lygiagrečiai pagal patalpos numerį. Pradėjus rašyti reikiamus duomenis į antrinę lentelę, pasirinktos patalpos numeris, jau esantis pirminėje lentelėje, į ją įrašo automatiškai.

Sukurta duomenų bazė įgalina ne tik sukaupti duomenis, bet ir matematinėmis formulėmis ir loginiais sprendimais apskaičiuoti tolimesnei analizei reikalingus parametrus, tokius kaip patalpos plotas, tūris, degių medžiagų kiekis, bendras išskiriamas šilumos kiekis, degimo trukmė, tam tikrų komponentų ir struktūrinių elementų bei apibendrintas mažiausias atsparumas gaisrui, apibendrinta patalpos kategorija ir pan.

Remiantis šiais duomenimis sudaroma patalpų atrankos lentelė. Pagal joje esančius duomenis ir patalpos kategoriją atitinkantį atrankos algoritmą patalpos suskirstomos į tenkinančias gaisrų pavojaus

reikalavimus ir užkliuvusias algoritme. Pagal kliūtis vietą nustatomas trūkumas ir teikiamos rekomendacijos, kaip reikėtų patobulinti ar pakeisti netenkinančių reikalavimų komponentą.

Sukaupti, apdoroti ir pageidaujama tvarka išdėstyti duomenys skirti peržiūrai monitoriuje arba spausdinimui popieriuje. Ataskaitose pateikiami patalpų kontroliniai lapai, atrankos lentelės, skirtos tolimesnei analizei, ir visa kita reikalinga medžiaga.

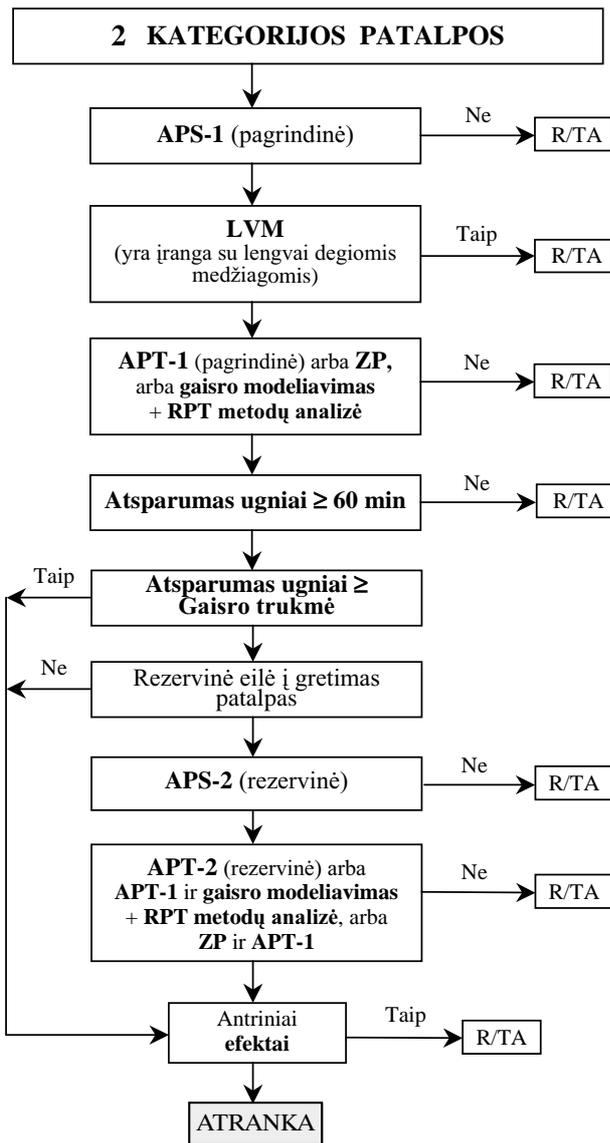
Duomenų bazė sukurta ir paruošta rusų kalba Ignalinos atominėi elektrinei, bet lengvai gali būti pritaikyta bet kuriai įmonei laisvai pasirinkta kalba.

3.2. Patalpų atrankos algoritmai (pirminė analizė)

Siekiant vienareikšmiai ir operatyviai atlikti patalpų atranką, kiekvienos kategorijos patalpoms sudaromi skirtingi patalpų atrankos algoritmai. Algoritmai sudaryti remiantis TATENA rekomendacijomis [1] bei apima ir bendruosius, ir specifinius kiekvienai patalpų kategorijai atrankos kriterijus.

Bendrieji atrankos kriterijai yra:

1. Visų priešgaisrinių barjerų atsparumas ugniai (R) turi būti ne mažesnis už 60 minučių ($R \geq 60 \text{ min}$);
2. Kiekviena priešgaisrinė zona turi turėti automatinę gaisrinę signalizaciją (APS);
3. Gaisro trukmė (T) neturėtų būti didesnė už priešgaisrinių barjerų atsparumą ugniai ($T \leq R$), priešingu atveju reikalingos papildomos apsaugos priemonės.



4 pav. Antros kategorijos patalpų atrinkimo algoritmas

4 paveiksle pateiktas būdingas 2-os kategorijos patalpų atrinkimo algoritmas. Algoritmo schema gana akivaizdi. Joje nuosekliai „Taip“ ir „Ne“ loginių sprendimų pagalba tikrinami atitinkami gaisrų pavojaus reikalavimai. Atitikus visus reikalavimus, patalpa laikoma atrinkta ir tolimesnei analizei neteikiama. Schemoje dažniausiai nurodyta vienos krypties sąlyga, kita kryptimi sąlyga, savaime suprantama, priešinga.

Antriniais efektais čia suprantama netiesioginis gaisro poveikis, t. y. gesinimo agentų (vandens, putų) patekimas į gretimas patalpas su svarbia saugai įranga, liepsnos, dūmų pasklidimas ventiliacijos kanalais, kenksmingų medžiagų išsiskyrimas degant ir pan. Išsamią antrinių efektų poveikio gaisrų pavojui analizę numatoma pateikti antrajame šios serijos straipsnyje.

Panašūs algoritmai sukurti ir 3-ios kategorijos patalpoms, įvertinantys toms patalpoms keliamus rei-

kalavimus. Ketvirtos kategorijos patalpoms keliami mažesni reikalavimai, negu 3-ios kategorijos patalpoms, todėl juos buvo galima atrinkti pagal aukštesnės (3-ios) kategorijos patalpų atrinkimo algoritmą. Remiantis TATENA rekomendacijomis, visos pirmos kategorijos patalpos analizuojamos išsamiai.

Pirminė analizė, atlikta pagal sukurtus algoritmus, parodė, kad tik nedidelė dalis (apie 4%) IAE I bloko patalpų visiškai atitinka šiuolaikines tarptautines rekomendacijas (tai beje būdinga ir anksčiau statytoms Vakarų šalių elektrinėms). Vertinant tik barjerų atitiktumą priešgaisriniais reikalavimams, šis atitikimas sudaro 40%. Taip yra todėl, kad IAE buvo suprojektuota ir pastatyta 7–8 dešimtmetyje pagal tuometinius sovietinius reikalavimus, o gaisrų pavojaus analizė atlikta prisilaikant šiuolaikinių tarptautinių TATENA rekomendacijų naujoms elektrinėms.

Patalpos, neatitinkančios atrankos algoritmų, toliau nagrinėjamos išsamiai ir pateikiamos atitinkamos rekomendacijos gaisrų pavojui sumažinti. Išsamią patalpų analizės metodologiją ir kai kurių svarbiausių patalpų analizės rezultatus numatoma pateikti kituose šios serijos straipsniuose.

Sukurtas kompiuterinių programų paketas yra pakankamai universalus, gali būti lengvai transformuotas bei panaudotas, atliekant gaisrų pavojaus ir priešgaisrinės saugos analizę kitose stambiose įmonėse.

4. IŠVADOS

1. Susisteminta gaisrų pavojaus įvertinimo metodologija: pagrindiniai principai, kriterijai ir metodai, naudotini užtikrinant Ignalinos AE branduolinę saugą.

2. Sukurtas kompiuterinių programų paketas, įgalinantis sukaupti reikiamą informaciją ir duomenis, atlikti pirminį jų apdorojimą ir pirminę analizę apie IAE I bloko patalpų atitikimo nacionaliniams priešgaisrinės saugos reikalavimams ir tarptautinėms rekomendacijoms gaisrų pavojaus požiūriu.

3. Kompiuterinių programų paketo pagrindą sudaro duomenų bazė ir patalpų atrankos algoritmai, kurie įgalina vienareikšmiai ir greitai atlikti IAE gaisrų pavojaus analizę. Pirminė analizė parodė, kad tik nedidelė dalis IAE I bloko patalpų visiškai atitinka šiuolaikines tarptautines rekomendacijas.

4. Kompiuterinių programų paketas gali būti lengvai transformuotas ir panaudotas, atliekant gaisrų pavojaus ir priešgaisrinės saugos analizę kitose stambiose įmonėse.

Gauta
2003 11 20

Santrumpos

APEN – avarinis maitinimo siurblys; APS-1, APS-2 – pagrindinė (1) ir rezervinė (2) automatinės gaisro signalizaci-

jos; APT-1, APT-2 – pagrindinė (1) ir rezervinė (2) automatinės gaisro gesinimo sistemos; AZ-1 – avarinio stabdymo komanda, signalas; AZRT – avarinis reaktoriaus stabdymas dėl technologinių priežasčių; BAZ – greito avarinio stabdymo komanda, signalas; BRU-B, BRU-D, BRU-K – greitaiegiai redukciniai įrenginiai, išleidžiantys garą atitinkamai į SLA, į deaeratorių, į turbinos kondensatorių; BS – būgnas-separatorius; BŠČU – blokinis valdymo skydas; BUSP – servo pavarų valdymo blokas; CZ – centrinė salė; DAZ – papildomo avarinio stabdymo komanda; GPK – pagrindinis apsaugos vožtuvas; IAE – Ignalinos atominė elektrinė; IM – vykdomasis mechanizmas; KOM – avarinio stabdymo raktas; LEI – Lietuvos energetikos institutas; LVM – lengvai užsidegančios medžiagos; MSV – mažai druskingas vanduo; NAPD – deaatoriaus avarinio maitinimo siurblys; NSAOR – reaktoriaus avarinio aušinimo sistemos siurblys; NTU – siurblinė-aušintuvas; PEN – maitinimo siurblys; R/TA – rekomendacijos arba tolimesnė analizė; RPT – rankinis gaisro gesinimas; RŠČU – rezervinis valdymo skydas; RZM – iškrovimo-pakrovimo mašinos valdymo pultas; SLA – avarių lokalizacijos sistema; SPIR – vandens valymo ir aušinimo sistema; SUZ – reaktoriaus valdymo ir apsaugos sistema; TATENA – Tarptautinė atominės energijos agentūra; VATESI – Valstybinė branduolinės saugos inspekcija; VNIPIET – Visos Rusijos projektavimo ir mokslo tyrimo kompleksinės energetikos technologijos institutas; ZP – apsauginės dangos.

Literatūra

1. Fire protection in nuclear power plants. A safety guide. Safety Series No. 50-SG-D2 (Rev. 1). Vienna: IAEA, 1992.
2. Анализ пожарного риска первого энергоблока Игналинской АЭС / Отчет ВНИПИЭТ. Редакция 2. Книги 1, 2. Инв. № 98-05048. Санкт-Петербург, 1998.
3. Šimonis V., Kolesnikovas J. Gaisrų rizikos analizė atominėse elektrinėse. Pagrindiniai principai // Lietuvos mokslas ir pramonė. Šilumos energetika ir technologijos. Konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: KTU, 2001. P. 57–60.
4. Zujus Rim., Šimonis V. Duomenų bazės sudarymas Ignalinos AE gaisrų rizikos analizei // Lietuvos mokslas ir pramonė. Šilumos energetika ir technologijos. Konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: KTU, 2001. P. 65–68.
5. Bendrieji atominių elektrinių saugos užtikrinimo nuostatai. VD-B-001-0-97. Vilnius: VATESI, 1997.
6. Методология Министерства энергетики США по оценке мер защиты активной зоны реакторов при пожарах на атомных электростанциях с реакторами РБМК и ВВЭР, построенных по советскому проекту / Отчет МЭ США. Ревизия 0. 1996.
7. Evaluation of fire hazard analyses for nuclear power plants. A safety practice. Safety Series No. 50-P-9. Vienna: IAEA, 1995.
8. Preparation of fire hazard analyses for nuclear power plants. Safety Reports Series No. 8. Vienna: IAEA, 1998.
9. Технологический регламент по эксплуатации Игналинской АЭС с реактором РБМК-1500. ПТОэд-0905-1В5. ИАЭС, 2001.

Povilas Poškas, Vytautas Šimonis, Rimantas Zujus, Raimundas Kilda, Jokūbas Kolesnikovas, Arūnas Sirvydas

FIRE HAZARD ANALYSIS AT THE FIRST UNIT OF THE IGNALINA NUCLEAR POWER PLANT 1. MAIN PRINCIPLES, COMPUTERIZED SYSTEM, PRIMARY ANALYSIS

S u m m a r y

The main principles, criteria and methods are presented for fire hazard analysis used to ensure the nuclear safety of the Ignalina Nuclear Power Plant.

A computerized system was designed, which allows accumulating the required information on every room, to perform primary data processing and primary analysis of the compliance of the INPP First Unit rooms with national requirements and international recommendations for fire safety from the point of view of fire hazard.

The computerized system screening algorithms, allows an adequate and quick fire hazard analysis at the INPP.

The computerized system can be easily modified and applied for fire hazard and fire protection analysis at different big plants.

Key words: Ignalina NPP, fire hazard analysis, nuclear and fire safety, systems, room categories, database, screening algorithms, primary analysis

Повилас Пошкас, Витаутас Шимонис, Римантас Зуюс, Раймундас Килда, Йокубас Колесниковас, Арунас Сирвидас

АНАЛИЗ ПОЖАРНОГО РИСКА НА ПЕРВОМ БЛОКЕ ИГНАЛИНСКОЙ АЭС 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ, ПАКЕТ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ, ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ

Р е з ю м е

В работе представлены основные принципы, критерии и методы анализа пожарного риска на Игналинской АЭС для обеспечения ее ядерной безопасности.

Создан пакет компьютерных программ, который позволяет собрать необходимую информацию о каждом анализируемом помещении, провести первичную обработку данных и первичный анализ соответствия помещений I блока ИАЭС национальным требованиям противопожарной безопасности и международным рекомендациям с точки зрения пожарного риска.

Основу пакета компьютерных программ составляет база данных и алгоритмы отбора помещений, которые позволяют однозначно и быстро провести анализ пожарного риска на ИАЭС.

Пакет компьютерных программ может быть легко трансформирован и использован при выполнении анализа пожарного риска и противопожарной безопасности на других крупных предприятиях.

Ключевые слова: Игналинская АЭС, анализ пожарного риска, ядерная и противопожарная безопасность, системы, категории помещений, база данных, алгоритмы отбора, первичный анализ