

---

# Energetikos efektyvumas ir patikimumas

---

**Albertas Navickas,  
Vladimir Zakrevskij**

*Kauno energetikos remontas,  
Chemijos g. 17, LT-3031 Kaunas*

Dalinis efektyvumo ir patikimumo energetinių įrenginių senėjimo procese projektinių rodiklių sumažėjimas, ribotos jų keitimo galimybės bei didėjantys gamtos saugos reikalavimai skatina ieškoti naujų technologinių sprendimų remontui ir atnaujinimui tobulinti.

Straipsnyje aprašyti patirties ypatumai šiuolaikinėmis specializuoto remonto sąlygomis. Efektyviausia remonto technologija yra centralizuota keičiamų elementų gamyba ir jų keitimas sustambintais blokais.

**Raktažodžiai:** energetiniai įrenginiai, efektyvumas, patikimumas, projektas, remontas, kokybė, kontrolė, suvirinimas, personalas, mokymas

---

## 1. ĮVADAS

Energetika suprantama kaip objektų visuma įrenginių, įrengimų, prietaisų, sujungimo grandžių elektros bei šilumos energijos gamybai, perdavimui ir panaudojimui [1].

Energetikos objektų medžiagas – juoduosius ir spalvotuosius metalus, jų lydinius, alyvą, elektros ir šilumos izoliaciją veikia intensyvūs kintami išoriniai ir vidiniai procesai (šiluminiai, elektrocheminiai, magnetiniai), labai sumažinantys įvertintą pradinį tvarumą – atsiranda detalių gedimų ir būtinumas remontuoti [2, 3].

Svarbiausia energetikos komplekso problema – įrenginių senėjimas, jų nustatytų lygių patikimumo ir efektyvumo atstatymas bei sutvarkymas, minimizuojant neigiamus padarinius gamtai, gyvūnijai, žmonių sveikatai dėl avarijų, išskiriamų teršiančių medžiagų.

Palyginus su bendratechniniais įrenginiais (sistemomis), energetikoje patikimumo sąvoka turi specifinių skirtumų dėl daugelio didelių potencialių veiksnių: temperatūros, slėgio, elektros įtampos, cheminių, mechaninių ir kitų poveikių konstrukcinėms medžiagoms. Patikimumas ir efektyvumas tarpusavyje glaudžiai susiję. Jų dideliems rodikliams palaikyti reikia gerai suderinti įrenginių komercinės bei techninės eksploatacijos (remonto) ciklus.

Pagrindinis techninės eksploatacijos uždavinys yra suformuoti optimalią veiksmų sistemą, užtikrinančią kapitalinių įdėjimų paskirstymą, įvertinant laiko veiksnių, gaminamos energijos savikainą, techninių rodiklių išlaidą, nustatytą projektuojant bei pasiektą naudojant geriausius įrengimus. Optimaliai strategijai įgyvendinti nuolat ruošama ir analizuojama diagnostinių duomenų bazė, kurioje svarbiausi yra pra-

dinių, surinkimo parametrų stebėjimai bei medžiagų savybių pokyčiai. Remontuojant dažniausiai patobulinami, atnaujinami kai kurie elementai, parengiami darbo brėžiniai.

Energetikos įrenginių eksploatacijos strategija darosi vis sudėtingesnė ir reikalauja naujų sprendimų bei racionalių vykdymo metodų.

Pastaruoju metu plačiai taikomas remonto metodas pagal įrengimų techninę būklę su garantuojamu tarpremontiniu darbo ištekliumi. Toks metodas iš esmės keičia reikalavimus vykdytojams, technologiniams procesams, priemonėms bei gamybos kultūrai. Didelę reikšmę įgyja personalo rengimas, mokymas ir kvalifikacijos kėlimas [4].

Straipsnyje pateikiami įgyti laimėjimai naudojami energetikos patikimumui ir efektyvumui užtikrinti, atsižvelgus į dabartinius ekonominius reikalavimus.

## 2. KOMPLEKSINIŲ PATIKIMUMO RODIKLIŲ IŠSAUGOJIMAS

Energetinių įrenginių remonto aptarnavimo schemą galima parinkti pasinaudojus išraiška:

$$R = f(N_f, T_d, R_z);$$

čia  $N_f$  – įrenginio tipas, galia;  $T_d$  – darbo apkrovimo trukmė;  $R_z$  – rezervinė galia remontuojamiems įrengimams.

Darbo apkrovimo metu  $T_d$  atsiranda prognozuojami bei neprognozuojami (atsitiktiniai) gedimai, kuriems pašalinti reikalinga atitinkama remonto trukmė.

Įrenginių remonto laiką galima patikslinti pasinaudojus kriterijumi:

$$K_r = f(G_{pr}, G_{npr}, T_e);$$

čia  $G_{pr}$ ,  $G_{npr}$  – atitinkamai prognozuojami ir neprognozuojami gedimai;  $T_e$  – nustatytas tarpremontinis darbo išteklius.

Apskaičiavus technologinėje grandinėje visų numatomų gedimų pašalinimo laiko trukmes, įvertinami: vidutinė įrenginio atstatymo trukmė  $T_a$  bei atitinkamai kompleksinis patikimumo rodiklis – parengties koeficientas  $K_p = T_e / (T_e + T_a)$ .

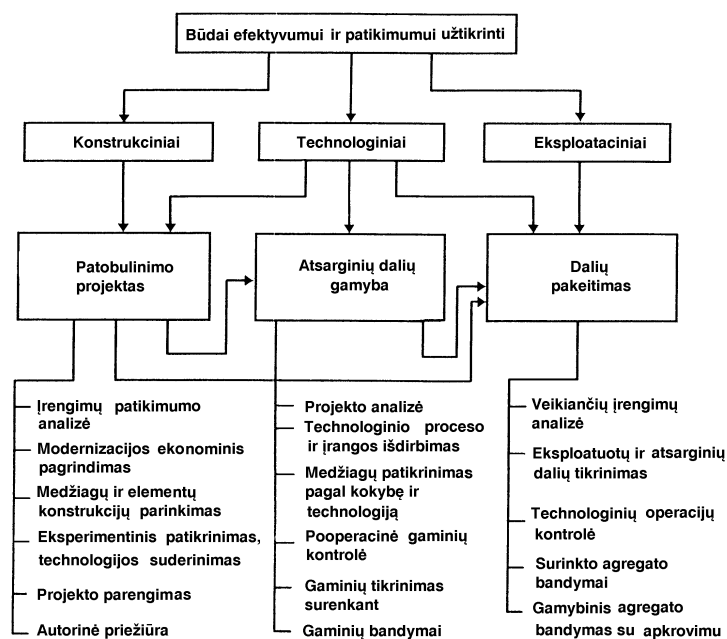
Suminis laikas  $T_a$  susideda iš remonto trukmės bei numatytų tam tikrų sudėtinių vienetų (mazgų) patobulinimų ir rekonstrukcijų.

Energetinių blokų parengties koeficientas, esant gerai priderintiems eksploatacijos bei remonto ciklams, sudaro 0,82–0,88. Šiuo atveju pavienių elementų patikimumo rodikliai turi artėti prie vieneto.

Parengties koeficiento reikšmę nusako santykis  $T_a/T_e$ , kuris, kai  $K_p = 0,8$ , yra 0,25, o kai  $K_p = 0,9$ , – 0,11. Laiko trukmė  $T_a$  priklauso nuo įrenginio tipo, galios, dalių susidėvėjimo laipsnio, reikalaujamų atnaujinimo darbų, atlikėjų sugebėjimų. Dydis  $T_e$  vertinamas kaip vidutinis statistinis tarpremontinis darbo išteklius, prognozuojamas atitinkamai atsižvelgus į įrenginių efektyvumą. Pradinis patikimumo lygis nustatomas projektuojant, gaminant bei montuojant įrenginius, o eksploatuojant jis palaikomas.

Atskirų veiksmų sąryšis pavaizduotas 1 paveiksle.

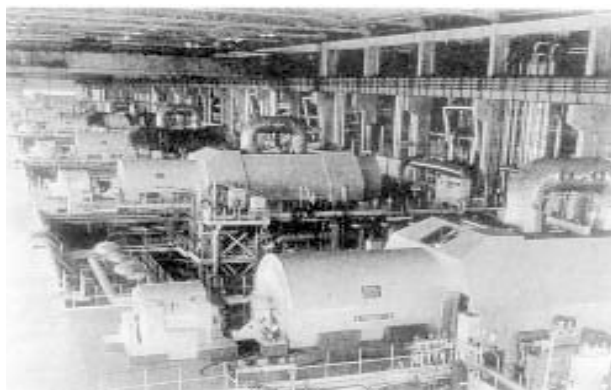
Remontuojant įdiegiami nauji konstrukciniai sprendimai, gerinantys efektyvumo bei patikimumo rodiklius.



1 pav. Remontuojamų įrenginių patikimumo išsaugojimo ir pagerinimo technologinė struktūrinė schema

### 3. REMONTO ORGANIZAVIMO REIKŠMĖ ENERGETIKOS ŪKYJE

Lietuvos energetikos kompleksas turi elektroenergetinius statinius (2 pav.), termofikacines rajonines bei pramonines katilines, kuriose įrengti įvairios galios ir sudėtingumo įrenginiai, tarp jų unikalūs Elektrėnų, Vilniaus šiluminėse, Kruonio hidroakumuliacinėje jėgainėse. Daugelio veikiančių įrenginių baigiasi eksploatacinio išteklių normuotas laikas. Pasenę įrenginiai išskiria į aplinką daugiau teršiančių medžiagų, todėl rekomenduojama labiau rūpintis įrenginių priežiūra, diagnostiniais tyrimais, remontu bei modernizavimu.



2 pav. Elektroenergetinio statinio didesnio patikimumo suremontuoti įrenginiai

Įrenginių savininkams svarbu, kad remontas būtų atliktas mažiausiomis sąnaudomis, greitai, kokybiškai ir užtikrinti garantiniai eksploataciniai parametrai.

Tam tikslui reikia teisingai pasirinkti remonto organizavimo struktūrą.

Remontas šiuolaikinėmis sąlygomis dažniausiai atliekamas įrenginių savininkų jėgomis bei centralizuotai, kviečiant specializuotų organizacijų personalą. Remontinio aptarnavimo centralizavimas leidžia plačiau vartoti specialias technines priemones ir technologinę gamybos patirtį, sumažinti sąnaudas nestandartinei mechanizacijai, pažangios įrangos ir diagnostinių prietaisų sukūrimui bei įsigijimui. Išlaidos remontinei įrangai gali būti didesnės už vykdomų darbų vertę. Siekiant sumažinti išlaidas naudinga pastoviai bendradarbiauti remonto srityje. Tai ypač svarbu esant mažai ar vidutinei įrenginių galiai, nes remonto organizacijos technologinis potencialas formuojasi pagal suminę įrenginių maksimalią galią.

Kaip pasirūpinama praktiškai remontuojamų įrenginių patikimumu, galima pavaizduoti įmonės „Kauno energetikos remontas“ pavyzdžiu:



3 pav. Įmonė „Kauno energetikos remontas“

„Kauno energetikos remontas“ (3 pav.) vykdo įvairius specializuotus darbus remontuojant, atnaujinant ir montuojant pagrindinius (garo ir vandens šildymo katilus, garo ir hidrojėgaines, elektrogeneratorius, transformatorius) bei pagalbinus (elektros variklius, transformatorius, įvadus, siurblius, kompresorius, vamzdynus, armatūrą, slėginius indus ir kt.) energetikos įrenginius, gamina transformatorius (4 pav.). Produkcijos patikimumui bei efektyvumui garantuoti nuolat tobulina techninę bazę, technologiją, inžinerinį aprūpinimą, mažąją mechanizaciją, diagnostinių tyrimų priemones, kokybės kontrolės sistemą, personalo mokymą.



4 pav. Transformatorių gamybos baras

Remontuojama dviem etapais: parengiamieji ir atstatymo (atnaujinimo, tobulinimo) darbai. Paruošiamųjų darbų pagrindinis tikslas – visapusiškai įvertinti remontuotinių įrenginių būklę, nustatyti darbų apimtį ir, siekiant sumažinti sąnaudas, numatyti priemones, sudaryti jų vykdymo kalendorinius planus-grafikus; parengti remonto dokumentaciją.

Remonto pagal planus-grafikus metu specialistų ir technologinės įrangos poreikis nuolat keičiasi. Tokiu atveju reikia turėti pakankamus rezervus. Norint

išvengti rezervų poreikavimų maksimumų, sudaromi ketvirtiniai bei metiniai optimizuoti remonto darbų planai-grafikai.

#### 4. ĮRENGINIŲ PATIKIMUMO UŽTIKRINIMAS TOBULINANT REMONTO TECHNOLOGIJĄ

Statistiniai duomenys rodo, kad daugiausia gedimų energetikoje atsiranda:

- katiluose iki 79% dėl sutrikimų vamzdiniuose šilumos mainų paviršiuose, turinčiuose aibę nepatikimų elementų – suvirintų sujungimų, deformuotų dalių (lenkimų, atvadų ir kt.);
- jėgainėse iki 24% dėl sutrikimų guoliuose ir tepimo sistemose;
- turbogeneratoriuose iki 40% dėl gamybinių bei sandarinimų defektų.

Remonto technologijos tobulinimas leidžia labai sumažinti tokių defektų atsiradimo priežastis.

Centralizuoto remonto „Kauno energetikos remontas“ įmonėje taikomi tokie technologijos tobulinimo būdai:

- transportabilūs įrengimai ir jų dalys gaminamos bei remontuojamos specializuotuose cechuose ir baruose, kuriuose yra daugiau sukaupta mechanizacijos bei kontrolės priemonių (5 pav.);
- vamzdžių sujungimai daugiausia suvirinami automatizuotomis kontaktinėmis mašinomis; kitiems suvirinimo darbams plačiai taikomi universalūs pusautomatai, kurie leidžia siūlės aplinką bei prilydomą metalą apsaugoti inertinėmis dujomis.

Šildomųjų paviršių vamzdžių suvirintų siūlių kiekiui sumažinti vartojama pažangi neglemžtuvinė (nenaudojant vidinio strypo) lankstymo technologija ir specialūs įtaisai [5]. Tokia technologija leidžia lankstyti neriboto ilgio pavienius bei suvirintus vamzdžius ir mažiau pažeisti jų paviršių iš vidaus.

Jėgainių agregatų įrenginiuose svarbiausia yra remontinių matmenų tikslumas ir atitinkamai detalių apdirbimas bei surinkimas. Eksploatacijos metu ste-



5 pav. Katilo transportabilus blokas

bimi judamųjų elementų vibracijos, išsiplėtimo parametrų ir tepalų kokybės pokyčiai. Esant reikalui tepalai valomi panaudojant specialią filtravimo aparatūrą. Siekiant pagerinti detalių remonto kokybę, atnaujinamas mechaninio apdirbimo baro staklių parkas, naudojama šiuolaikinė elektros suvirinimo, plazminio pjovimo, apipurškimo ir aplydymo technika.

Elektros mašinų transformatorių, šildomųjų paviršių, vamzdinių, slėginių elementų ir kitų aparatų remonto metu griežtai laikomasi technologinės drausmės, nuosekliai vykdomos nurodytos darbo operacijos bei atitinkamai kontroliuojama jų kokybė ir atliekami bandymai (6 pav.). Šitaip sudaromos sąlygos tam tikrų elementų patikimumo rodikliams gauti.

## 5. ĮRENGINIŲ MODERNIZAVIMAS IR REKONSTRUKCIJA

Energetikoje modernizuojami veikiantys įrenginiai, siekiant pagerinti jų eksploatacinius rodiklius bei panaudoti naujausius technikos laimėjimus.

Remonto metu atliekamas atrankinis patobulinimas, kuris leidžia sumažinti išlaidas bei pagerinti kapitalinių įdėjimų atsipirkimą. Atsipirkimo laikas investicijoms tokiam patobulinimui – 1–3 metai.

Pagrindinės įrenginių tobulinimo kryptys:

- tam tikrų elementų ir sudėtinių vienetų atnaujinimas ir patobulinimas dėl darbingumo išteklių ir našumo padidėjimo;
- technologinių galimybių išplėtimas didinant manevringumą ir išsaugojant darbo stabilumą;
- išskiriamų žalingų medžiagų kiekio sumažinimas, nukenksminimo bei apdorojimo pagerinimas;
- saugios eksploatacijos sąlygų palaikymas.

Tobulinimo darbai atliekami etapais: prieš sustabdant ir sustabdžius įrenginius. Pirmame etape analizuojami eksploatacijos duomenys, patobulinimų raida, atliekami bandymai, skaičiavimai, įvertinama darbinė būklė, rengiami projektai, technologinė įranga, gaminamos, keičiamos ir atsarginės detalės.

Remonto metu tenka didžiausia darbų apimtis, nes visa tai, kas buvo padaryta, reikia patikslinti, įvertinti faktiškąją būklę, atstatyti ir pakeisti nusidėvėjusias dalis, atlikti galutinę diagnostiką.

Patirtis rodo, kad kuo tiksliau ir kvalifikuotiau sugebama atlikti parengiamuosius darbus iki įrenginių sustabdymo, tuo sėkmingiau ir kokybiškiau patobulinama ir suremontuojama.

Katilų įrenginiuose dažniausiai tobulinamos kuro deginimo bei išskiriamų medžiagų valymo sistemos, vandens ir garo traktų išdėstymo schemas, kaitinamieji paviršiai, pagalbiniai įrenginiai.

Turboagregatų gamyboje nuolat tobulinami technologiniai procesai, sukuriama nauji techniniai sprendimai. Tobulinama pratekamoji dalis, šilumos regeneravimo sistemos [6], alyvos aušinimo ir valymo

įrenginiai, siurbliai. Tobulinant elektros įrenginius, daug dėmesio skiriama izoliacinių medžiagų atnaujinimui, mechaninio bei elektrotechninio stiprumo padidinimui.

Tiksliau įvertinus remonto ir tobulinimo darbų apimtį, nors ir padidėja planinė remontinė prastova iki 2–3%, bet atsiranda neplanuojamų prastovų sumažinimo galimybė.

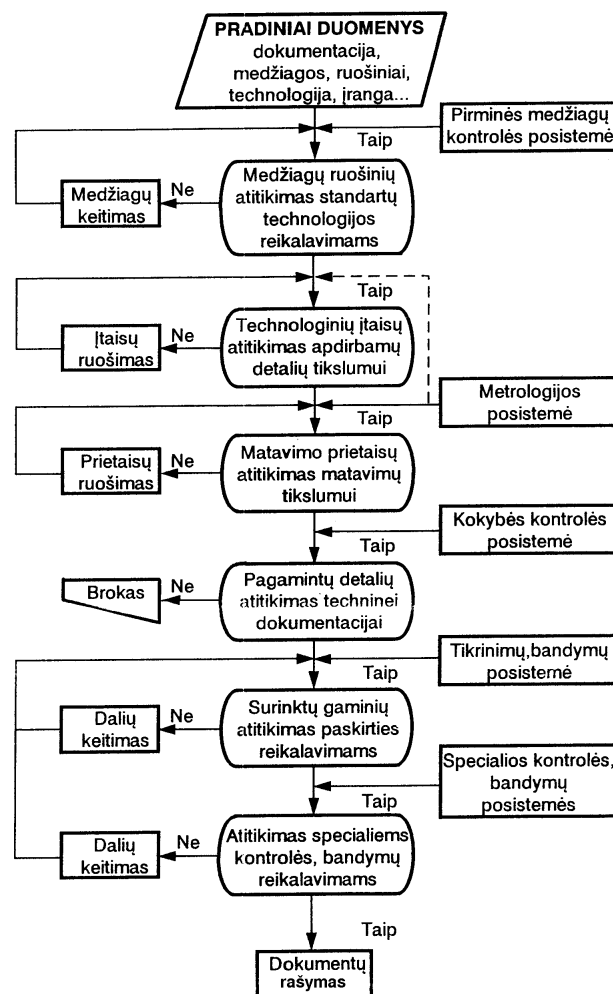
Atnaujinimas leidžia padidinti naudingumo koeficientą iki 5%, o keičiant naujais įrengimais – iki 10%, sąnaudos mažesnės 2–3 kartus ir atsiperka 3–5 kartus greičiau.

## 6. SUVIRINIMO DARBŲ YPATUMAI

Remontuojant energetikos įrenginius taikomi gerai išmokti ir kokybiškai tikrinami medžiagų suvirinimo būdai [7].

Suvirintų sandūrų kokybė priklauso nuo suvirinamųjų metalų vienodumo, briaunų užterštumo bei paruošimo.

Papildomų technologinių priemonių reikalauja spalvotųjų metalų, legiruotųjų bei skirtingų markių



6 pav. Suvirinimo darbų kontrolės organizavimas

plienų, elementų, dalinai išdirbusių eksploatacinį išteklių ir turinčių pakitusių metalo savybių su naujais gaminiiais suvirinimas. Sandūrų patikimumui užtikrinti suvirinimo darbų atlikimo tvarka reglamentuojama, kontrolės organizavimo schema parodyta 6 pav.

Pirmiausia turi būti patikrintas ir atestuotas, atsižvelgus į techninių-norminių dokumentų reikalavimą, bendras suvirinimo darbų technologinis procesas.

Prieš pradėdant konkrečius suvirinimo darbus naudojamos medžiagos, ruošiniai, suvirinimo priemonės, technologija ir personalas tikrinami pirminės (įvadinės) kontrolės tvarka. Sėkmingai atlikus visus pirminės kontrolės veiksmus, toliau seka keletas tarpusavyje susijusių technologinių ir kontrolinių veiksmų. Technologinės kontrolės rezultatai fiksuojami remonto dokumentacijoje ir įrenginiai galutinai patikrinami bandymais juos apkrovus.

## 7. KOKYBĖS KONTROLĖ IR DIAGNOSTIKA

Vienas svarbiausių produkcijos patikimumo užtikrinimo veiksnių yra darbo kokybė, t. y. kokybės valdymo sistema, diagnostika ir kontrolė.

Remonto įmonėje veikia kokybės valdymo sistema, atitinkanti tarptautinių standartų reikalavimus, nes remontuojamų įrenginių ir naudojamų medžiagų sąrašai neribojami.

Produkcijos patikimumui garantuoti tikrinama:

- techninė ir technologinė dokumentacija, jos kokybės pakankamumas gamybai;
- technologinė įranga, prietaisai, matavimo įrankiai;
- medžiagų, pusgaminių, komplektavimo dalių kokybė;
- personalo kvalifikacija, specialybių pakankamumas.

Metalų ir jų lydinių cheminė sudėtis greitai ir tiksliai nustatoma stacionariais bei nešiojamais spektrinės analizės prietaisais. Vienas tokių universalių prietaisų yra stacionarus vakuuminis spektroanalizatorius Belec-2000.

Prietaisas aprūpintas kompiuteriu ir programomis įvairių metalų markių angliniams ir legiruotiems plienams pagal GOST ir DIN nustatyti. Anglies kiekio pliene matavimo paklaida ne didesnė kaip 0,007%.

Alyvos tyrimai įrenginių kokybei garantuoti bei diagnostiniams stebėjimams eksploatacijos metu atliekami chromatografiniu 3700 ir AchG tipo kompleksu, kuris leidžia aptikti labai mažus dujų ir oro priemaišų kiekius. Jo jautrumas alyvos dujoms yra  $5 \cdot 10^{-5}$  –  $5 \cdot 10^{-4}$ , o orui –  $5 \cdot 10^{-2}\%$ .

Naudojami ir kiti šiuolaikiniai bei kompiuterizuoti diagnostiniai prietaisai medžiagoms, suvirintoms siūlėms ir remontinėms operacijoms kontroliuoti.

## 8. DARBUOTOJŲ RENGIMAS

Energetikos įrenginių patikimumui ir efektyvumui išsaugoti, defektų atsiradimo išpėjimui svarbią reikšmę turi darbuotojų kvalifikacijos gerinimas.

Personalas, atliekantis montavimo, derinimo, remonto, bandymo darbus elektros, šilumos įrenginiuose, nuolat mokomas, lavinamas ir atestuojamas, atsižvelgus į „Lietuvos Respublikos žmonių saugos darbe įstatymą“, „Darbuotojų, atliekančių darbus veikiančiuose elektros ir šilumos įrenginiuose, lavinimo ir atestavimo nuostatų“ bei kitų norminių dokumentų reikalavimus.

Remonto įmonėje taikoma lanksti mokymo sistema, nes įrenginių nomenklatūra plati ir nuolat kinta. Profesinis darbuotojų parengimas turi atitikti besikeičiančias sąlygas. Bendrojo profilio specialistai ir darbininkai rengiami mokymo įstaigose, toliau supažindinami su remonto technologija ir periodiškai lavinami pagal įmonėje nustatytą tvarką.

Mokoma ir lavinama centralizuotai kursuose, seminaruose bei savarankiškai, dalyvaujant konferencijose, parodose ir pan. Darbininkams sudaromos palankios sąlygos kelti teorinį lygį ir praktinį meistriškumą. Kursuose mokomi nauji, gretutinių specialybių bei reikalaujantys specifinio parengimo suvirintojai, defektoskopininkai, aptarnaujantys keliamuosius mechanizmus ir kiti darbininkai. Per metus darbuotojai vienokiu ar kitokiu būdu dalyvauja mokymuose.

Kvalifikacijos kėlimo sistema priartina mokymąsi prie įmonės poreikių, aprėpia daugiau darbuotojų, įgalina savarankišką darbą, keliant jų teorinį, techninį bei kultūrinį lygį. Tai didina įmonės technologinę pažangą bei leidžia atlikti didelės galios ir unikalių energetikos įrenginių sudėtingus remonto darbus.

## 9. IŠVADOS

1. Energetikos įrenginių efektyvumo ir patikimumo išsaugojimas eksploatacijos eigoje reikalauja nuolatinio diagnostinės kontrolės bei sudėtingų darbų projektavimo ir technologijos srityse.

2. Efektyviausia remonto technologija yra tokia, kai atsarginės ir keičiamos dalys gaminamos centralizuotai panaudojant šiuolaikinius gamybos pajėgumus, o pakeičiama surinktais blokais.

3. Įrenginių remonto ir patobulinimų sugretinimas leidžia gerinti jų efektyvumo, patikimumo ir gamtos saugos reikalavimų rodiklius.

Gauta  
2001 10 09

### Literatūra

1. Lietuvos energetika / Red. A. Stumbras, J. Martusevičius, K. Juškauskas, A. Žilinskas. Vilnius, 1992. T. 2.

2. Тепловые и атомные электрические станции: Справочник / Под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. Москва, 1982.
3. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. / Под ред. В. С. Авдеевского и др. Москва, 1986.
4. Навицкас А. Подготовка и обучение персонала на предприятии Каунасэнергоремонт // Энергетик. 1987. № 1. С. 33.
5. Закревский В. Трубогибочное устройство для ремонта поверхностей нагрева котлов // Энергетик. 1999. № 3. С. 19–20.
6. Zakrevskij V. Garo turbinos regeneracinės sistemos modernizavimas // Šilumos energetika ir technologijos. Kaunas, 2000. P. 295–298.
7. Закревский В. Повышение уровня технологии сварки при ремонте оборудования электростанций // Сварочные работы в энергетике. Москва, 1991. Вып. 3. С. 10–16.

**Albertas Navickas, Vladimir Zakrevskij**

#### **ENERGETICS EFFICIENCY AND RELIABILITY**

##### **S u m m a r y**

Partial reduction of the designed index of efficiency and reliability of power equipment (mechanisms) during obsolescence process, limited possibilities to change the equipment and the growing ecology requirements stimulate a search for new technologies of repair and renovation improvement.

Peculiarities of experience in special repair in contemporary conditions are described. Technological-organisation schemes for repair and improvement preparation, are given

work fulfilment, quality control operation, repair personnel training. The most effective technology is centralised manufacturing of replaceable items and their replacement with enlarged blocks.

**Key words:** power equipment (mechanisms), efficiency, reliability, project, repair, quality, control, welding, personnel training

**Альбертас Навицкас, Владимир Закревский**

#### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГЕТИКИ**

##### **Р е з ю м е**

Частичное снижение проектных показателей эффективности и надежности в процессе старения энергетического оборудования и ограниченные возможности его замены, повышенные природоохранные требования побуждают к совершенствованию технологических решений ремонта и восстановления.

В статье излагаются особенности опыта специализированного ремонта в современных условиях. Приведены некоторые организационно-технологические схемы подготовки к ремонту и модернизации, выполнению работ и контрольных операций качества, обучения ремонтного персонала. Эффективной технологией ремонта являются централизованное изготовление заменяемых элементов и замена их укрупненными блоками.

**Ключевые слова:** энергетическое оборудование, эффективность, надежность, проект, ремонт, качество, контроль, сварка, персонал, обучение