

Ю.А.Секретарев<sup>1</sup>, А.Д.Мехтиев<sup>2</sup>, В.В.Югай<sup>2,3</sup>, Н.Б.Калиаскаров<sup>2</sup>, У.С.Есенжолов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосібір мемлекеттік техникалық университеті, Ресей;

<sup>2</sup>Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті;

<sup>3</sup>Қ.И.Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы  
(E-mail: barton.kz@mail.ru)

## Жылу электр станцияларында жөндеу және қалпына келтіру процестерін басқару

Мақалада жөндеу жұмыстарын жүргізу туралы шешімі және әсер ететін факторлары қарастырылған. Жөндеу және қалпына келтіру процестерін басқару үшін әр түрлі модельдер ұсынылған. Басқару моделінің қолдану аймағын көрсетеді. Капиталды және орташа жөндеу бағасының көлемі мен ауытқу өзгерісінің тәуелділігі есептелді. Ұсынылған шешім қабылдау моделі капиталды және орташа жөндеуге кеткен қаражатты болжау үшін негізделген. Бұл қаражат станция құрылғыларының деградационды өзгерістерін қайта қалпына келтіру үшін қажет. Бұл модель кездейсоқ процестің орнын толтыру тұрғысынан да қарастырылуы мүмкін. Алайда бұл мәселені шешу үшін модельдің тиімділік көрсеткіші тым төмен. Бұл мәселе басқару модельдерінің қолданылу облысын қарастырған кезде қайта көрсетіледі.

*Кілт сөздер:* басқару, жылу станциялары, шешім қабылдау әдістері, ШҚТ, қаражатты ықтималдау, шешім таңдау.

Кез келген инженерлі-техникалық нысанның шекті сатысы ретінде қызмет істеу міндеті шешімін табу болып табылады. Ол шешім басқарудың белгілі бір түрі немесе типімен және сол басқаруды таңдаумен, құрумен, объектке саналы түрде ықпал етумен байланысты болуы мүмкін. Бүгінгі күнде өзекті сала ретінде кешенді мониторингті басқару жүйесі моделін құру және жылу станцияларында эксплуатационды және қалпына келтіру процестерін қадағалау болып табылады. Осындай мониторинг жүйесін нақты өндіріс шартында көрсетілген процестердің базисті басқару негізі ретінде қарастыруға болады [1–3].

Бұл модельдердің жемісті жұмыс істеуінің негізі қиын және нақты емес ақпараттарды қолдану болып табылады. Бірақ басқару шешімдерін құру бірталай ерекшеліктермен қиындатылады. Әлеуметтік, экономикалық және технологиялық процестердің сандық байланысы және табиғатын толықтай сипаттайтын модельдің пайда болуы мүмкін емес.

Ақиқат болмыс, негізінде, ең дәл деген математикалық модельдерге қарағанда, әлдеқайда қиын болып келеді және оның дамуы формалды дамудың алдында тұрады. Басқарудың нағыз мәселелері негізгі элементтердің бірі ретінде адам ресурсын қажет етеді, демек, басқару процесі интерактивті, немесе адамдық-машиналық, түрде болады. Соның салдарынан басқару процесі тек сандық қорытындыға ғана емес, сонымен қатар парасатты мағынаға да негізделген. Парасатты мағына, тәжірибе және интуиция, қиын және нақты емес ақпаратпен жұмыс кезінде қолданудың бірден бір жолы болып келеді. Заманауи практика тұрғысынан қарағанда, шешім қабылдаудағы негізгі қиындықтар төмен сапа мен шешім қабылдаушы жақта ақпараттың толық болмауына байланысты.

Бұл қиындықтарды келесі түрде реттеуге болады:

1. Бастапқы статикалық ақпарат анық емес, яғни, ақпараттың дәл еместігі орын алады.
2. Ақпараттың бір бөлігі сапалы сипаттамада болады және сандық бағаға тәуелді болмайды.
3. Кейбір белгілі факторлар шешімнің іске асуының болашағына әсер етуі мүмкін, бірақ оларды нақты болжау мүмкін емес.
4. Кез келген идея оның іске асырылу сызбасының болу мүмкіндігіне ие. Сондықтан шешім қабылдау кезінде бірнеше балама нұсқадан біреуін таңдау мәселесі тұрады.
5. ШҚТ (шешім қабылдаушы тұлға) «ең тиімді» шешім қабылдау барысында жалпыға ортақ критерийдің көпмағыналылығына келіп тіреледі. Басқа сөзбен, көпмағыналылық, қабылданған шешімді жалпылық бағалау үшін бағаланатын факторлар мен көрсеткіштердің сапалық айырмашылығы болып табылады. Ол өз кезегінде бірталай бөгеттер тудырады.

Шешім қабылдау барысында ШҚТ-ға оның қолындағы бар ақпараттың сипаты үлкен әсер тигізетіндігі анық. ШҚТ қолында әр түрлі ақпарат болғанда басқаруда шешім қабылдау кезінде ең көп таралған бірнеше сызба түрін қарастырайық. Барлық болуы мүмкін ақпараттарды шартты түрде

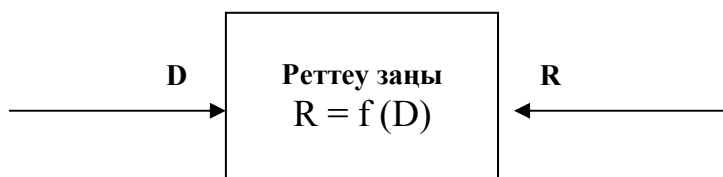
үш класқа бөлуге болады: *анықталған*, немесе детерминацияланған, *ықтималдық*, немесе стохастикалық, және анықталмаған.

Төменде 1-суретте жоғарыда көрсетілген қиындықтардың шешім қабылдау процесіне әсері көрсетілген.



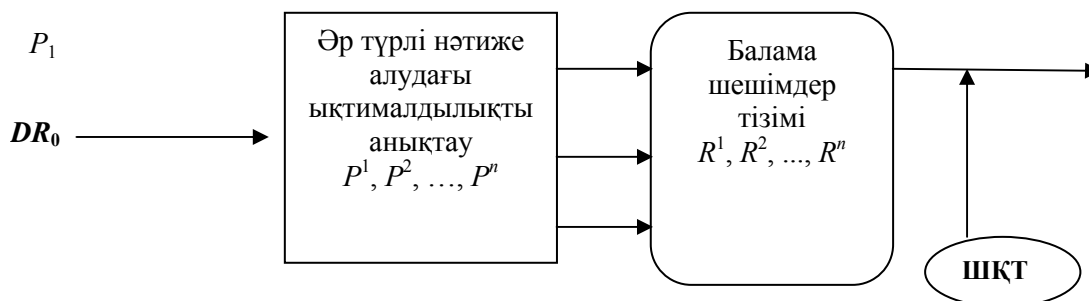
1-сурет. Шешім қабылдау процесіне әсер ететін факторлар

Төменде 2-суретте белгілі бір ақпарат қолданғандағы шешім қабылдау көрсетілген. Басқаруды іске асырудың белгілі бір әрекетін  $D$  деп белгілейік, ал бұл әрекеттің нәтижесін  $R$  деп алайық. Реттеу заңы деп аталатын олардың арасында анықталған функционалды байланыс болған жағдайда әрекеттің нәтижесінде не болатынын табуға болады, яғни, басқару түрін анықтауға мүмкіндік бар. Мұндай сызба неізінен автоматты құрылғыларда және жүйелерде қолданылады. Қорытындылай келе, бұл сызбада шешім қабылдау процедурасы жоқ, сондықтан бұл сызбаны реттеу сызбасы деп атауға болады.



2-сурет. Анықталған ақпаратты қолданғандағы шешім қабылдау

3-суретте стохастикалық ақпаратты қолданудағы шешім қабылдау көрсетілген. Бұл жағдайда белгілі бір әрекетте анықталған нәтиже болмайды, себебі оны іске асыру ықтималдылығы жалпы жағдайда әр түрлі болады. Соның салдарынан балама шешімдер тізімі құрылады. Ең ықтималды шешімді таңдау ШҚТ-мен іске асырылады. Бұл жағдайда ШҚТ эксперт рөлін атқарады. Өзінің критерийлерін бірінші орынға қоя отырып, басқару мәселесін шешеді. Соның салдарынан ШҚТ-ның таңдаған шешімді реттік түрде көрсету қажеттілігі тууы мүмкін, яғни, белгілі бір сандық мөлшерді алу.

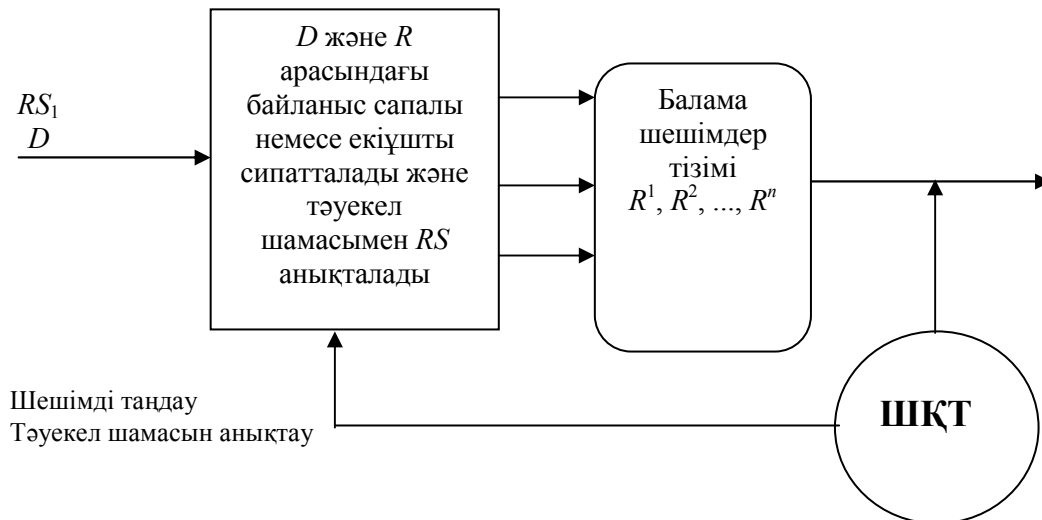


3-сурет. Стохастикалық ақпараттарды қолдану кезіндегі шешімді қабылдау

4-суретте анықталмаған ақпаратты қолданудағы шешім қабылдау көрсетілген. Шешім қабылдаудың бұл жағдайы нәтижені алудың анықталған және ықтималдық түрмен алудың мүмкін еместігімен ерекшеленеді. Белгілі бір шешім тізімі құрылады. Олардың әрқайсысы қандай да бір

тәуекел шамасымен анықталады. Осы жағдайда ШҚТ жай ғана шешімді таңдап қоймай, сол шешімді таңдау салдарынан орын алған тәуекел көлемін анықтау керек. Осы жағдайда адамның алатын рөлі өте жоғары болады. Басқаша айтқанда, ШҚТ ақпараттың анықталмағандылық деңгейін бағалайды, олар үшін шешімдер тізімін құрады және осы тізімнің арасынан ең тиімдісін тандайды.

Төмендегі 4-суретте нақты шарттағы басқарушы шешімді қабылдау жағдайындағы сызба көрсетілген.



4-сурет. Анықталмаған ақпаратты қолданудағы шешімді қабылдау сызбасы

Станциядағы қайта қалпына келтіру процестерін басқару модельдерін құру барысында жоғарыда көрсетілген шешім қабылдау ерекшеліктері ескерілген. Бұл модельдер әмбебап түрде сипатталады, яғни олар орташа және капиталды ремонтқа кеткен шығын үшін ғана емес, сонымен қатар апатты жағдайларда да қолданылады. Айырмашылық тек ғана мына жағдайда орын алады: капиталды және орташа ремонтқа регрессионды модельді құру үшін деградацияның ақпараттық көрсеткіші ( $IPD$ ) қолданылса, апаттық ремонт модельдері үшін кездейсоқ процестің ақпараттық көрсеткіші ( $IPS$ ) пайданылады. Сонымен қатар басқарудың өзі ремонтқа кететін қаражат көлемінің ықтималдылығымен анықталады.

Мұндай қиын мақсаттарды шешу үшін әр түрлі басқару модельдерін қолдану ұсынылады. Олар жеке-жеке, немесе белгілі бір тізім ретінде іске асуы мүмкін. Сол тізім жасалған зерттеу негізінде құрылады. Осындай модельдер ретінде келесі модельдер ұсынылады:

1. Меншікті жөндеу қаражат есебі негізіндегі шешімді қабылдау моделі.
2. Нүктелі бағалау ремонтты қаражаты негізіндегі шешімді қабылдау моделі.
3. Сенімділік межелемесі интервалының өзгерісі ремонтты қаражаты негізіндегі шешімді қабылдау моделі.
4. Анық емес интервалдар өзгеруінің ремонттық қаражаты негізіндегі шешімді қабылдау моделі.

Қарастырылған әр модельдің, онда қолданылған ақпараттың тиімділігіне байналысты, өзінің қолданылу аясы бар. Одан бөлек, біздің ойымызша, ең тиімдісі белгілі бір ретпен анықталған, әр түрлі модельдердің композициясы болып табылады.

Ұсынылатын шешім қабылдау моделі, негізінен, орта және капиталды ремонтқа жұмсалған қаражат көлемін ықтималдауға бағытталған. Бұл станциядағы құрылғылардың деградационды өзгерістерін қайта қалпына келтіру үшін іске асады. Осы модельді кездейсоқ процестерге өтем ақы жасау үшін де қолдануға болады. Бірақ бұл мақсатты шешу үшін оның қолдану тиімділігі тым аз. Осы тұжырымдаманы ұсынылған басқару модельдерінің қолдану аясына талдау кезінде айқын көруге болады.

Міндет қойылымын келесі ретте тұжырымдауға негіз бар: деградационды процестің ақпараттың көрсеткішінің ауытқу бірлігіне келетін ремонттық шығын шамасын есептеу қажет. Сонымен қатар ремонтқа кететін қаражаттың ықтималдылық шамасы, бізге қызықты, деградация көрсеткішін нормативті шамасына дейін қайта қалпына келтіруді ескеру қажет.

Жөндеу жұмысына кететін қаражат ықтималдылығын келесі ретте көрсетуге болады:

$$I_{\text{рем}} = \Delta IPD * I_{\text{мен}}, \quad (1)$$

мұндағы  $I_{\text{рем}}$  — станцияның негізгі құрылғыларын орта және капиталды жөндеуге кететін ықтималдық қаражат шамасы;  $\Delta IPD$  — ақпараттың қайта қалпына келу деңгейін көрсететін, деградация көрсеткішінің өзгеру шамасы;  $I_{\text{мен}}$  — қажетті құрылғыға байланысты  $IPD$  өзгерісі бөлігіне шаққандағы меншікті жөндеуге кеткен қаражат шамасы.

Деградация көрсеткіші ретінде келесілерді қолдану ұсынылады:

1. Пештің пайдалы әсер коэффициентінің өзгерісі. Модельдегі ПӘК өзгерісінің бірлігі 0,1 %-ке тең.

2. Турбинаның максималды қуатының өзгерісі. Осы деградация параметрінің өзгеру бөлшегі ретінде 0,1 МВт-қа тең қуат шамасы алынған.

Сонымен қатар ПӘК пен максималды қуатты капиталды және орта ремонт арқылы қайта қалпына келтіру нормативті мәнге дейін іске асады. Осы орайда жоғарыда көрсетілген шешім қабылдау сызбасын қолдану тиімді болып табылады.

3. Блоктың жұмыс істеу сағат саны.

Бұл деградация көрсеткішін осы модель ішінде ремонтқа кететін қаражат шамасын бағалау үшін де қолдануға болады. Себебі екі қарастырылып отырған капиталды және орта ремонт арасындағы блоктың жұмыс істеу сағат саны белгілі болады. Сонымен қатар блоктың жұмыс істеу сағат санының өзгеріс бөлігіне 1000 сағат мәні қабылданған.

Жоғарыда көрсетілген мәліметтер есебінен келесі тұжырым жасауға болады:

$$\Delta IPD(t) = \{\Delta \eta(t), \Delta P_{\text{max}}(t), \Delta H(t)\}. \quad (2)$$

Осылайша жоғарыда келтірілген деградация көрсеткіштері станциядағы қайта қалпына келтіру процестерін басқару моделінде қолданыла алады. Ұсынылған регрессионды тәуелділік сызбасына сәйкес пештер, турбиналар және блоктар кері түрге қайта құрылуы қажет.

5–7 суреттерде жоғарыда көрсетілген құрылғылар үшін басқару түрлері мен оған сәйкес графикалық тәуелділіктер және оларды құру үшін бастапқы мәліметтер берілген. Сонымен қатар берілген мәліметтер меншікті жөндеу шамасын табу үшін де қолданылады.

Жөндеу жұмысына кеткен меншікті қаражат шамасын келесі формула арқылы табуға болады:

$$I_{\text{мені}} = \frac{I_{\text{рем}}}{\Delta IPD_i}, \quad (3)$$

мұндағы  $\Delta IPD_i$  — (1) бойынша деградацияның ақпараттық көрсеткішінің өзгеруі;  $I_{\text{рем}}$  — пештің, турбинаның және блоктың сәйкесінше капиталды не орташа жөндеу бағасы.

Төмендегі 5–7 суреттерде келтірілген тәуелділіктердің сызықты емес екендігін ескере отырып, меншікті жөндеу қаражаттың үш мәні табылды: максималды, минималды және орташа. Төмендегі кестеде шығарылған есептердің нәтижелері көрсетілген.

К е с т е

**Пеш, турбина және блок үшін кеткен меншікті жөндеу шамасы**

Пештің меншікті жөндеу шығын шамасы, тг/0,1 % ΔПӘК		
$I_{\text{менп}}(\text{min})$	$I_{\text{мен}}(\text{max})$	$I_{\text{мен}}(\text{op})$
1102000	2215334,7	1409549,76
Турбинаның меншікті жөндеу шығын шамасы, тг/0,1 МВт		
$I_{\text{мент}}(\text{min})$	$I_{\text{мен}}(\text{max})$	$I_{\text{мен}}(\text{op})$
175324,4	319914,4	236079,7
Блоктың меншікті жөндеу шығын шамасы, тг/1000 сағ		
$I_{\text{менб}}(\text{min})$	$I_{\text{мен}}(\text{max})$	$I_{\text{мен}}(\text{op})$
1261912,2	1645937,7	1351097,8

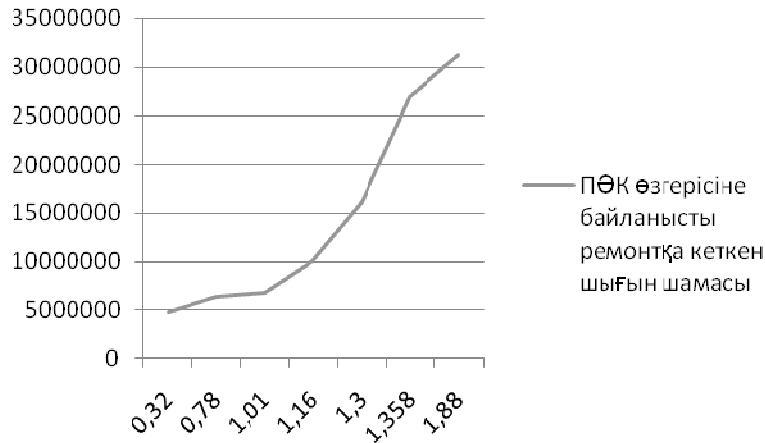
а) Есептеу үшін бастапқы мәлімет

ПӘК өзгерісі, %	0,32	0,78	1,01	1,16	1,3	1,358	1,88
Жөндеу шығындары, тг	4808026	6337917	6789984	10090706	16216112	26893687	31275645

а) Регрессия теңдеуі

$$I(\Delta ПАК) = 3 \cdot 10^6 \cdot \Delta ПАК^2 - 2 \cdot 10^6 \Delta ПАК + 2 \cdot 10^6 . \quad (4)$$

б) Регрессионды тәуелділік графигі



5-сурет. Ремонтқа дейін және ремонттан кейінгі пештің ПЭК ауытқу өзгерісіне байланысты орта және капиталды жөндеудің баға көлемі тәуелділігі (өлшем бірліктер мен керекті мәліметтер жоғарыдағы кестеде көрсетілген)

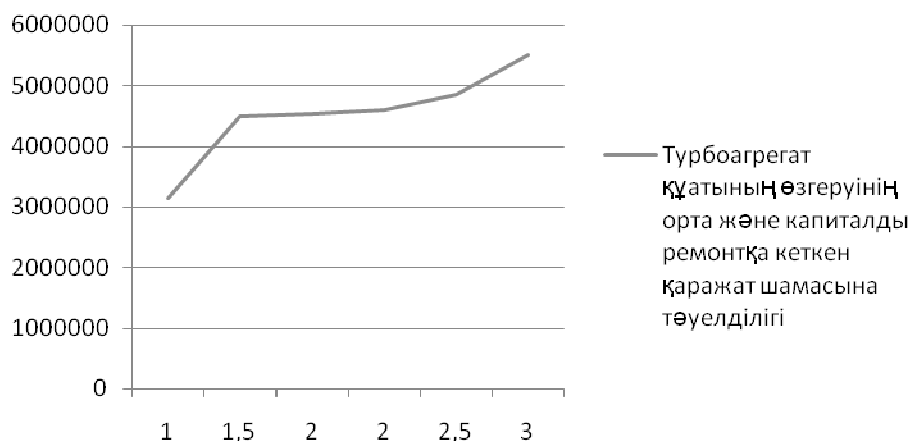
а) Есептеу үшін бастапқы мәлімет

Қуаттың өзгерісі, МВт	1	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0
Жөндеу шығындары, тг	3146939,6	4485223,6	4538853	4594017,6	4852060,4	5501640

а) Регрессия теңдеуі

$$I(\Delta P) = -95921\Delta P^2 + 634369\Delta P + 344330 . \quad (5)$$

б) Регрессионды тәуелділік графигі



6-сурет. Турбоагрегат қуатының өзгеруінің орта және капиталды жөндеуге кеткен қаражат шамасына тәуелділік графигі (өлшем бірліктер мен керекті мәліметтер жоғарыдағы кестеде көрсетілген)

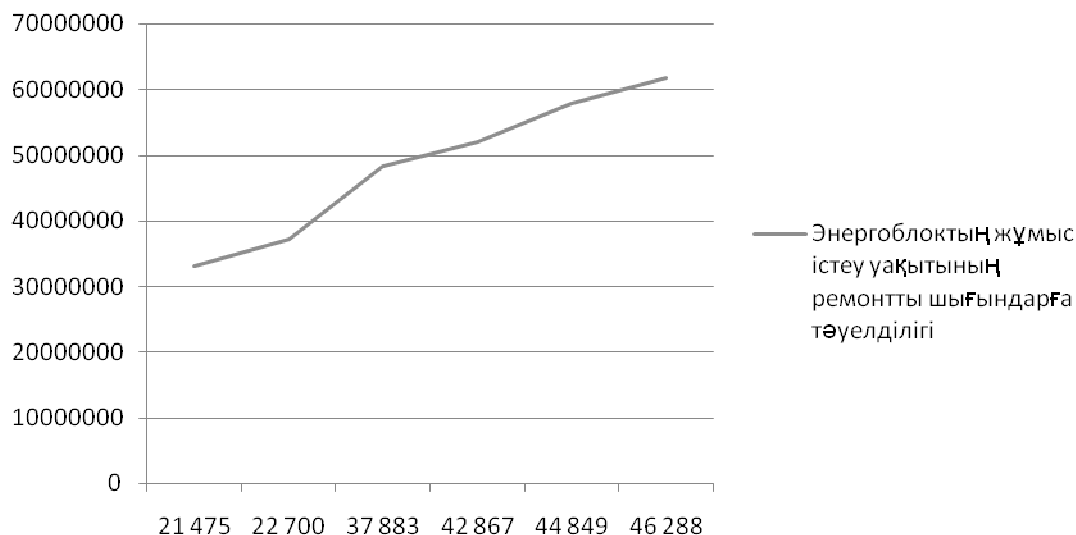
а) Есептеу үшін бастапқы мәлімет

Блоктың жұмыс істеу уақытының өзгеруі, сағ	21 475	22 700	37 883	42 867	44 849	46 288
Жөндеу шығындары, тг	33071400	37072800	48324600	51885200	57881600	61723400

ә) Регрессия тендеуі

$$I(H) = 0,0054H^2 - 108,83H + 9 \cdot 10^6. \quad (6)$$

б) Регрессионды тәуелділік графигі



7-сурет. Энергоблоқтың жұмыс істеу уақытының жөндеу шығындарға тәуелділік графигі (өлшем бірліктер мен керекті мәліметтер жоғарыдағы кестеде көрсетілген)

Келтірілген есептер негізінде станцияның негізгі құрылғыларын қайта қалпына келтіру жұмыстарына кететін қаражат көлемін ықтималдау мүмкіншілігі туады.

Капиталды ремонтқа жұмсалған қаражат көлемін ықтималдау үшін ұсынылған модельдің практикалық тұрғыда қолданылу мысалын қарастырайық. 1999 жылғы НТЭЦ-4-тегі ТП-170 типіндегі № 6 модельге есептеу келтіреміз. Пештің ремонтқа дейінгі ПӘК шамасы 85,57 %, ремонттан кейін оның шамасы 1,16 %-ға ұлғайды. Жоғарыдағы кесте бойынша ПӘК-тің 0,1 % өзгергендегі жөндеуге жұмсалатын қаражаттың меншікті орташа шамасы 1409459,786 тг құрайды.

Онда жөндеу жұмысына кететін қаражаттың ықтималдылық шамасы:

$$I_{рем} = \frac{1,16\%}{0,1\%} \cdot 1409459,786 = 16349724,4 \text{ тг.} \quad (7)$$

Әдебиеттер тізімі

- 1 Дюбуа Д., Прад А. Общий подход к определению индексов сравнения в теории нечетких множеств // Нечеткие множества и теория возможностей / Под ред. Р.Р.Ягера. — М., 2009. — С. 9–21.
- 2 Калужнин Л.А. Элементы теории множеств и математической логики. — М., 2008. — 88 с.
- 3 Караваяев А.А., Мошкин Б.Н., Секретарев Ю.А. Выбор и принятие решения о величине затрат на ремонт основного оборудования тепловой электрической станции // Энергосистема: управление, качество, безопасность: Сб. докл. Всеросс. науч.-техн. конф. — Екатеринбург: Изд. Уральского гос. техн. ун-та, 2011. — С. 64–67.

Ю.А.Секретарев, А.Д.Мехтиеv, В.В.Югай, Н.Б.Калиаскаров, У.С.Есенжолов

## Управление ремонтно-восстановительными процессами на тепловых станциях

В статье рассмотрены факторы, влияющие на принятие решения по ведению ремонтно-восстановительных работ. Предложены различные модели управления ремонтно-восстановительными процессами. Приведена область применения той или иной модели управления. Была рассчитана зависимость объема стоимости средних и капитальных ремонтов от изменения отклонения КПД котла до и после ремонта. Предлагаемая модель принятия решения ориентирована, главным образом, на прогнозирование величины затрат по капитальным и средним ремонтам, которые, как уже было отмечено, осуществляются для восстановления деградационных изменений в состоянии оборудования станции. Эту модель можно интерпретировать и для компенсации случайного процесса. Однако эффективность ее использования для решения данной задачи достаточно низка, что будет показано в дальнейшем при анализе области применения предложенных моделей управления.

Yu.A.Sekretarev, A.D.Mekhktiev, V.V.Yugay, N.B.Kaliaskarov, U.S.Esenzholov

## The management of the repair and recovery processes at the thermal stations

The article describes the factors influencing the decision to conduct the repair work. Different models of management of repair and recovery processes have proposed. The area of application of a particular model of management has shown. It was calculated that the dependence of the value of the average and major overhauls of the boiler efficiency deviation changes before and after the repair. The proposed decision-making model is focused mainly on the prediction of the amount of expenses for capital and medium repairs, which, as already noted, carried out to restore the changes in the equipment of the station. This model can be interpreted to compensate for random process. However, the effectiveness of its use for solving this problem is low enough, that will be shown later in the analysis of the application of the proposed models of management.

### References

- 1 Dubois D., Prad A. *Indistinct sets and the theory of opportunities*, Edit. R.R.Yager, Moscow, 2009, p. 9–21.
- 2 Kaluzhnin L.A. *Elements of the theory of sets and logic theory*, Moscow, 2008, 88 p.
- 3 Karavayev A.A., Moshkin B. N., Sekretarev Yu.A. *Power supply system: control, quality, safety*: Reports of All-Russian sci.-techn. conf., Yekaterinburg: Ural State Techn. University publ., 2011, p. 64–67.