

**Ратушная Татьяна Юрьевна**  
6D071200 - "Машина жасау" мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға  
"Плазмалық энергияның жоғары шоғырланған көздерін қолдана отырып, ЖЭО  
бу және газ турбиналарының күрделі геометриясының қалақтарын қалпына  
келтірудің инновациялық технологиясын әзірле"  
диссертациялық жұмысы ұсынылған  
**АНДАТПА**

**Жұмыстың өзектілігі.** Ғылымды қажетсінетін салалардың әлемдік жетістіктері технологиялар трансферті мен елдің зияткерлік әлеуетін дамыту үшін іргелі негіз болып табылады. Энергетика және ауыр машина жасау саласындағы әлемдік державалар үшін ЖЭО және ГЭС сияқты стратегиялық объектілер ерекше қызығушылық тудырады. Олардың энергия тиімділігін, өнімділігін арттыру және авариясыз жұмысты қамтамасыз ету бүгінгі күні Қазақстанның индустриялық-технологиялық дамуының негізін құрайды. Статистикалық деректерге сәйкес Кеден одағы мен Еуропаның жетекші елдерінің энергетикалық қуаттары 600-ден астам ЖЭО мен ГЭС-ті қамтамасыз етеді, Қазақстан үлесіне шамамен 53 бірлік келеді. Алматы облысы Шарын өзенінде салынған ГЭС жылу және электр энергиясымен қамтамасыз етеді, сондай-ақ келешекте Балқаш көлінде ГЭС пайдалануға беріледі. Ақтау қаласында шетелдік инвесторлармен бірлесе отырып, еліміздің энергетикалық даму бағдарламасында атом электр станциясын салу жоспарлануда. Республикада жұмыс істеп тұрған ЖЭО мен ГЭС тозған турбоагрегаттарының қоры шамамен 67% - ды құрайды. Энергия ресурстарына баға саясатының өзгеру үрдістері, жөндеу және қызмет көрсету әлемдік монополистердің ықпалына ұшырайды. Басқа елдерге тәуелділік проблемасын ЖЭО турбиналарының кондициялық емес (қазіргі уақытта жарамсыз деп танылатын) қалақтарын реновациялаудың энергия тиімді плазмалық технологиясын әзірлеу жолымен қалпына келтіру өндірісін дамыту есебінен импортты алмастыру стратегиясын дамытумен ғана шешуге болады.

Қалпына келтіру және диагностикалық қызметтер нарығы қатаң талаптарға байланысты энергетикалық станциялардың қалпына келтірілген бөлшектерін сапалы бағалау ұсынысына кедей. Қазақстандық ЖЭО және ГЭС стратегиялық объектілер болып табылады және диагностикалауға және болжауға арналған конкурсқа қатысуға шетелдік фирмалар әрдайым мүмкін емес, ал егер талаптар бойынша өтетін болса, онда сапамен салыстырмайтын жоғары бағаны сұратады.

Қалпына келтірудің ұсынылатын тәсілдері мен технологияларының кең ауқымы, әдетте, дәнекерлеу ваннасына флюстер мен тұнбаларды енгізе отырып, термодинамикалық әсерге негізделген. Кез келген термиялық операция металдың ішкі кернеулерінің пайда болуына әкеп соқтыратыны белгілі.

Бұл факторлар қалыптасатын жабынның физикалық-механикалық қасиеттерінің модификациясына әсер етеді және бастапқы фазалық құрылымның азып-тозуына әкеледі. Олардың сапасын арттырудың негізгі

тәсілдері жетекші ғалымдар Клубникин В. С., Костикова В. И., Шестерина Ю. А., Лашенко Г. И. және т. б. сипатталған. Алайда, қолданыстағы технологиялар бөлшектердің геометриялық параметрлерін және олардың бетінің механикалық қасиеттерін қалпына келтіруге бағытталған. Алдыңғы жұмыстардан циклдық әрекеттің динамикалық жүктемесі бөлшектің негізін қабылдайды, ал оның беті агрессивті ортаның әсеріне жауап береді. Бүгінгі күні қалпына келтіру технологиялары саласындағы жетістіктерге қарамастан аустенитті және мартенситті кластағы болаттан жасалған турбиналар қалақтарының оңтайлы фазалық құрылымын қалыптастыру тәсілі бойынша бағыт жеткіліксіз зерттелмеген. Демек, білім базасын қалыптастырудағы және қалпына келтірудің технологиялық режимдерінің әртүрлі вариациясы кезінде құрылымның фазалық құрамына ішкі кернеулердің шоғырлануы әсерінің тәуелділігін орнатудағы ғылыми проблема тұр.

Бірақатар ГЭС және ЖЭО-да болған техникалық апаттар қалпына келтірілген энергия агрегаттарының сапасын бұзбай бақылау және пайдалану ресурсын болжау технологияларының өткір тапшылығын көрсетті. Диагностиканың қазіргі әдістері қалыптасқан ақауларды анықтауға бағытталған және, әдетте, бөлшектер бетінің жоғарғы қабаттарында. Ақаулар түрлерінің алуан түрлілігіне байланысты өлшеу құралдары оларды әрдайым дұрыс сәйкестендірмейді. Кейде ұсақ ақаулар тобының шоғырлануын аспаптар бірыңғай ретінде анықтайды, бұл операторға олардың түсіндірілуін қиындатады және белгісіздік аймағын арттырады.

Жетекші отандық және шетелдік ғалымдарды зерттеу кешені жоғары тиелген агрегаттар ресурсын тиімді болжау үшін жер үсті қабаттарының ақауларын білудің базасы жеткіліксіз екенін көрсетті. Осыған байланысты, қалақша материалының негізі құрылымында пайда болу кезеңінде олардың процесін зерттеу бойынша күрделі ғылыми-техникалық міндет қалыптасады. Ғылыми мәселе қалақшаның фазалық құрылымының микро жарықтардың пайда болу жылдамдығына әсерін және олардың себептерін анықтау болып табылады.

Бұл міндетті магнитті-айналма әсер негізінде материал құрылымындағы жасырын ақауларды диагностикалау әдісін жаңғырту және құйынды ток өрістерін пайдалану арқылы шешу ұсынылады. Басты мәселе қалақша металының физикалық шөмішсіздігімен сипатталатын ақау салдарынан қалдық кернеулерді оқшаулау аймақтарын сәйкестендіру және механикалық кернеулердің шектерін белгілеу әдістемесі жоқ. Бұл мәселені шешу магнит өрістерінің тепе-теңдік жағдайын бағалаудың энергетикалық өлшемінің физикалық мәнін негіздеу арқылы ұсынылады. Бүгінгі таңда машина жасау практикасында Дефектоскопия кезінде ОМП математикалық туынды кернеулігінің жеке көрсеткіші қолданылады. Еріксіз құрылған магнит өрісі металдың деформацияланған жай – күйі мен құрылымдық-фазалық құрамына тікелей тәуелділігін түзетпейді және көрсетпейді. Сондай-ақ, ғылыми мәселелерінің бірі өлшеу экспериментінің нәтижелерін қалпына келтірудің негізделген деңгейінің болмауы болып табылады. В этом основной недостаток методологии анализа магнитограмм ОМП в методе MFL.

Диссертациялық зерттеудің тартымдылығы жоғары орталандырылған лазерлік-плазмалық энергия көздерін қолдану есебінен қалақтың жұмыс бөлігін "имплантациялау" жолымен турбиналардың модификациялық емес қалақтарын қалпына келтірудің энергиялық тиімді технологиясын енгізу есебінен артады. Қалпына келтірілген қалақтардың физикалық-механикалық қасиеттерінің сапасын бұзбайтын бақылау мен бағалаудың тиімділігіне құрылымдық параметрлерді кешенді бағалаудың интеграцияланған әдістемесін енгізу есебінен қол жеткізіледі.

**Осы диссертациялық жұмыстың мақсаты** ЖЭО-ның бу және газ турбиналарының күрделі жобалық геометриясының кондициялық емес қалақтарын қалпына келтірудің инновациялық технологиясын жасау болып табылады.

#### **Зерттеу міндеттері.**

- турбина қалақтарының кездейсоқ ақауларының зардаптарының ауырлығын бағалау критерийлерін негіздеу және пайдалану шарттарына бейімделе отырып, істен шығу салдарын қалпына келтіруге жұмсалатын турбина энергиясының тиімді өзгеруінің шектерін анықтайтын тәуелділіктерді белгілеу;
- бу-қалақша-турбина жүйесінде динамикалық процестердің математикалық моделін жетілдіру»;
- Solid Works ПО ішкі кернеулердің концентрациясына және діріл сенімділігіне ЖЭО турбиналарының қалпына келтірілген қалақтарын Имитациялық модельдеу жүргізу және зерттеу;
- ЖЭО турбина қалақтарын қалпына келтіру сапасын интеграцияланған бағалау әдістемесін әзірлеу және бейімдеу;
- сапа өлшемдерін негіздеу және ЖЭО бу және газ турбиналарының күрделі геометриясының кондициялық емес қалақтарын қалпына келтіру технологиясын таңдау алгоритмін әзірлеу, плазмалық энергияның жоғары шоғырланған көзі;
- құрылымдық-фазалық құрамдастарының өзгеруінің кондициялық емес қалақтарды плазмалық қалпына келтірудің технологиялық процесінің параметрлерінен тәуелділігін белгілеу;
- ЖЭО турбиналарының кондициялық емес қалақтарын лазерлік-плазмалық тозаңдаумен қалпына келтірудің инновациялық технологиялық процесін әзірлеу.

**Зерттеу объектісі** - плазмалық энергияның жоғары орталандырылған көзі бар бу турбоагрегаттарының күрделі геометриясының кондициялық емес қалақтарын қалпына келтірудің технологиялық процесі.

**Зерттеу тақырыбы** - материалдың құрылымдық-фазалық құрауыштарының өзгерісінің ЖЭО бу және газ турбиналарының күрделі геометриясының қалақтарын плазмалық қалпына келтірудің технологиялық процесінің параметрлеріне тәуелділігі.

**Зерттеу әдістері.** Аналитикалық және математикалық әдістерді, көпфакторлы эксперимент әдісін, имитациялық және схемотехникалық

моделдеу әдістерін кеңінен қолдану, эксперименттік үлгілерді әзірлеу және жобалау, макеттеу, қазақстандық ЖЭО-да өндірістік жағдайларда макеттер мен сынақтарда техникалық шешімдерді пысықтау.

**Диссертацияның ғылыми жаңалығы** келесі ережелер мен нәтижелерге негізделген:

- турбиналар қалақтарының (S, O, D, RPN) кездейсоқ ақаулары салдарларының ауырлығын бағалау критерийлері негізделген және тәуелділіктер орнатылған ( $RPNS=0,0004(RPN)^2+0,0026(RPN)+2,9779$ ;  $P=-23,42\ln W+140,45$ ;  $S=1,6666\ln W+0,4897$ ) турбиналар қалақтарының кездейсоқ ақаулары салдарларының ауырлығын бағалау критерийлері негізделген;
- турбина қалақтарының кездейсоқ ақауларының салдарларының ауырлығын бағалау критерийлері негізделген және өндірілетін энергияның тиімді өзгеруінің пайдалану кезінде істен шығу салдарын қалпына келтіруге үлестік шығындардан тәуелділігі белгіленген;
- $I'_\eta$  и  $I'_\xi$  инерцияның тұрақсыз орталық сәттері кезінде динамикалық процестердің математикалық моделі және турбина қалақтарының әрбір кернеулі қимасы үшін тозақ кернеулерді ескере отырып, пайдаланудың нақты жағдайларында эрозиялық және коррозиялық процестер салдарынан жобалық геометрияның өзгеруі;
- ЖЭО турбиналарының қалақтарын ішкі кернеулердің концентрациясына және дірілдің сенімділігіне Имитациялық зерттеу үлгісі ұсынылды, сондай-ақ қалақтар деформациясының негізгі аймақтарындағы созатын және қысатын кернеулердің шекті рұқсат етілген мәндері негізделген: 1-созылу 0,000060 - 0,000074 МПа; 2 – созылу 0,000041 - 0,0000697 МПа. Жүктемесіз күрек қимасында-созылу 0,000004 - 0,000014 МПа;
- бөлшектер мен жабын негізінің физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруіне, сондай-ақ турбина қалақтарының фазалық құрылымының модификациясына қалпына келтірудің технологиялық режимдерінің әсерін сипаттайтын тәуелділіктер орнатылған;
- имплантатты енгізу кезінде кондициялық емес күрекшелерді плазмалық қалпына келтірудің оңтайлы конструктивтік-технологиялық параметрлері негізделген.

**Жұмыстың практикалық маңыздылығы.** Имплантация әдісімен ЖЭО турбиналарының кондициялық емес қалақтарын қалпына келтірудің әзірленген алгоритмі мен технологиясы қалпына келтірілетін бөлшектердің номенклатурасын кеңейтуге және жоғары тиелген бөлшектердің құрылымын қалпына келтіруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл ЖЭО турбиналары жұмысының тиімділігін едәуір арттырады, бұл ретте алынатын электр энергиясының өзіндік құнын төмендетеді. Сапаны интеграцияланған бағалау әдістемесі әзірленді және турбина қалақтарының фазалық құрылымындағы кернеудің қалыптасу аймағын анықтауға және болжанатын уақыт  $f(t)$  кезеңінде жасырын ақаулардың пайда болуы мен дамуының себеп-салдарлық байланысын белгілеуге мүмкіндік беретін деректер базасы қалыптастырылды.

ЖЭО турбиналарының кондициялық емес қалақтарын қалпына келтіру технологиясын таңдау әдістемесі мен алгоритмі әзірленді, сондай-ақ мартенситті және аустениттік кластардың материалындағы құрылымдық-фазалық өсімдерді түрлендіру есебінен технологиялық процесс сапасының көрсеткіштері негізделген. Имплантантты енгізу негізінде ЖЭО турбиналарының кондициялық емес қалақтарының құрылымы мен жобалық геометриясын қалпына келтіру технологиясы әзірленді және жабынның физика-механикалық қасиеттерін басқара отырып, көп компонентті ұнтақ қоспаларын мөлшерлеу мүмкіндігін қамтамасыз ететін үш жүрісті құйынды араластырғышты енгізу жолымен плазмотрон конструкциясы жаңғыртылды.

Плазмотронның жаңғыртылған конструкциясы плазмалық тозаңдату кезінде күрделі ұнтақты қоспалардың түрлі құрамдарын пайдалануға мүмкіндік береді. Әзірленген Плазмотрон араластырғышын енгізу физикалық-механикалық қасиеттерді қалыптастырудағы икемді тәсіл кезінде режимдік параметрлерді басқару мүмкіндігін қамтамасыз етеді, осылайша алынатын жабынның сапасын арттыру және қалпына келтірілген бөлшектердегі термиялық кеңейту коэффициентін бақылау.

ЖЭО турбиналарының қалпына келтірілген қалақтарының сапасын бағалаудың ұсынылған интеграцияланған әдістемесі қалақша материалының құрылымдық-фазалық деңгейінде олардың ерте пайда болу сатысында ақауларды уақтылы анықтауға және қолданыстағы динамикалық және діріл жүктемелерін ескере отырып, олардың қалдық ресурсын болжауға мүмкіндік береді.

#### **Мемлекеттік бағдарламалармен байланыс.**

Диссертациялық жұмыста келтірілген зерттеулердің негізгі нәтижелері ҚР БҒМ тапсырысы бойынша орындалған гранттық ғылыми жобаны іске асыру барысында (мемлекеттік тіркеу 0115PK01226) "процестерді басқарудың бейімделген жүйесі бар плазмалық энергияның жоғары орталықты көздерімен ЖЭО бу және газ турбиналарының күрделі геометриясының қалақтарын қалпына келтірудің энергиялық тиімді технологиясын әзірлеу және енгізу" тақырыбында алынды, онда диссертация "Жылу энергетикасы" ғылыми-зерттеу тобының мүшесі болып табылды.

#### **Қорғауға шығарылатын диссертацияның ережелері:**

- Салдардың ауырлығын бағалаудың негізделген критерийлері ( $d_p \leq 0,5$  мм,  $\sigma_1 = 40 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>,  $a_\sigma = 1 \pm 0,05$ ,  $P = 95$  МВт,  $W = 23$  млн.тг) турбина қалақтарының кездейсоқ ақаулары және істен шығу салдарын қалпына келтірудің үлестік шығындарына байланысты өндірілетін турбина энергиясының тиімді өзгеруінің шектерін анықтайтын тәуелділік.
- Пайдаланудың нақты жағдайларында эрозиялық, коррозиялық және шаршаңқы процестер салдарынан жобалық геометрияның өзгеруін ескере отырып, "бу-қалақша-турбина" жүйесіндегі динамикалық процестердің жетілдірілген математикалық моделі.

- ЖЭО турбиналары қалақтарының құрылымын қалпына келтіру сапасын интеграцияланған бағалау және қирау кезеңінде жүктелген бөлшектердің істен шығуын болжау әдістемесі.
- Бөлшектер мен жабын негізінің физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеруіне қалпына келтірудің технологиялық режимдерінің әсерін сипаттайтын тәуелділік;
- Имплататты енгізу кезінде кондициялық емес күрекшелерді плазмалық қалпына келтірудің оңтайлы конструктивтік-технологиялық параметрлері.

ЖЭО турбиналарының кондициялы емес қалақтарының құрылымы мен жобалау геометриясын қалпына келтірудің инновациялық технологиялық процесі.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері баяндалды және талқыланды: "ғылым 2017: қорытындылар, жетістіктер, перспективалар" Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (Ставрополь, РФ, 20.12.2017); "Қозыбаев оқулары-2017: Қазақстан және уақыттың заманауи шақырулары" халықаралық ғылыми - тәжірибелік конференциясы (Петропавл қ., қазақстан, 2017); "материалдарды жасау мен өңдеудің заманауи әдістері мен технологиялары" XIII Халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы (Минск қ., Беларусь, 2018), The 5<sup>th</sup> International Conference on Green Design and Manufacture 2019 IConGDM 2019 (Bandung, Indonesia, 29-30 April 2019).

**Жарияланымдар.** Зерттеудің негізгі нәтижелері 16 ғылыми жұмыста, оның ішінде ҚР БҒМ Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған басылымдарда 4 мақала, 2 мақала – нөлдік емес импакт-факторы бар халықаралық ғылыми журналда (Scopus деректер базасында индекстелген, процентиль - 25); Халықаралық ғылыми конференциялардың еңбектерінде көрсетілген 5 жұмыс, оның ішінде 3 шетелдік (Web of Science деректер базасында бір конференция), 5 - республикалық журналдарда көрініс тапты.

#### **Автордың жеке үлесі.**

Теориялық және эксперименттік зерттеулердің негізгі нәтижелерін автор өз бетінше алды. Бірлескен авторлықта жазылған баспа жұмыстарында ізденушіге алынған нәтижелерді жинақтау және талдау кезінде жетекші рөлге ие.

**Диссертация құрылымы.** Диссертация классикалық құрылымы бар: кіріспе бөлім, Негізгі бөлім (бес бөлім), Қорытынды, Пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымша. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 141 бетінде жазылған, 51 сурет, 30 кесте және 165 библиографиялық дерекнамадан тұрады.

#### **Зерттеу нәтижелері.**

Турбина қалақтарының сенімділігін бағалаудың стандартты әдістерін талдай отырып, олардың мәні қолданыстағы орталықтан тепкіш күштерді, Инерция күштерінің сәттерін және тамыр қимасының кернеулі күйін және статикалық режимде қалақ қауырсынының теориялық есептеріне негізделеді. Бұл тәсіл ЖЭО турбинасын пайдаланудың нақты жағдайларында туындайтын динамикалық сәттерді ескермейді, бұл олардың ресурстық беріктігін төмендетеді. Турбиналардың істен шығуын болжаудың дәлдігін арттыру үшін,

олардың фазалық құрылымының физикалық-механикалық қасиеттерін ескере отырып, қалақтардың дірілді сенімділігін анықтауға мүмкіндік беретін интеграцияланған әдістеме мен алгоритм әзірленді. Берілген білім базасы беріктік есептеудің дұрыстығын және алынған өлшеу нәтижелерін интерпретациялауды арттырады.

Ұсынылған тұжырымдама белгілі бір пайдалану кезеңінен өткен жұмыс күрекшелерін дайындау үшін қолданылатын аустениттік сынып материалының механикалық ерекшеліктерінің нақты өзгерістерін ескеруге мүмкіндік берді. Өз кезегінде, қалақ материалының фазалық құрылымындағы шаршау процестері нақты пайдалану жағдайларында әрекет ететін динамикалық жүктемелердің теріс әсерін көрсетеді. Жауырынның үстіңгі қабатының тозуының зерттелген процестері бұрын істен шыққан қалпына келтірілген жауырынның номенклатурасын кеңейтуге мүмкіндік берді.

Материал құрылымында созатын және қысатын кернеулердің теріс әсерін негіздеу геометриялық параметрлерді, сондай-ақ ЖЭО турбиналары қалақтарының фазалық-құрылымдық және физикалық-механикалық қасиеттерін қалпына келтіру үшін инновациялық технологияны әзірлеуге мүмкіндік берді.

#### **Диссертация тақырыбы бойынша жарияланған жұмыстар.**

1. Савинкин В. В., Ратушная Т. Ю., Кузнецова В. Н. Плазмалық энергия көзі қалпына келтірілген ЖЭО турбиналары қалақтарының механикалық параметрлерін зерттеу // "Вестник КазННТУ" сериясы техникалық ғылымдар. - Алматы, 2018. - №6 (130) - С. 337-344
2. Savinkin V.V., Ratushnaya T. Ju., Kiselev L.A. Substantiation of efficiency of plasma recovery of physical and mechanical properties of turbine blades of CHP // Вестник СемГУ им. Шакарима. - Семей, 2019. - № 1(85) - С. 92-95
3. Савинкин В.В., Кузнецова В.Н., Ратушная Т.Ю., Киселев Л.А. Қалақ қауырсынының фазалық құрылымындағы шаршау кернеулерін зерттеу және турбинаның ресурстық сенімділігін бағалау // Машина жасау хабаршысы. - Мәскеу» // Вестник машиностроения. – Москва, 2019. - №6 – С.34-40
4. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Кузнецова В.Н., Шакирова М.А. Істен шығу салдарын қалпына келтіруге жұмсалатын үлестік шығындарды ескере отырып, ЖЭО турбинының энергия тиімді пайдалану критерийлерін негіздеу // "ҚазҰТЗУ хабаршысы" сериясы техникалық ғылымдар. - Алматы, 2019. - №5 (135) - С. 337-344
5. V. V. Savinkin, V.N. Kuznetsova, T. Yu. Ratushnaya, L.A. Kiselev Method of integrated assessment of fatigue stresses in the structure of the restored blades of CHP and HPS // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. – 2019. Vol. 330, No 8, P. 65-77 (Web of Science, DOI: 10.18799/24131830/2019/8/2213
6. V. V. Savinkin, T. Yu. Ratushnaya, A. A. Ivanischev, A. R. Surleva, O. V. Ivanova, S. N. Kolisnichenko Study on the Optimal Phase Structure of Recovered Steam Turbine Blades Using Different Technological Spray Modes for Deposition of  $Al_2O_3$  // The 5<sup>th</sup> International Conference on Green Design and Manufacture

- 2019 IConGDM 2019 – Bandung, Indonesia 2019. - 2129, 020022 (2019); индексируется Web of Science, DOI:10.1063/1.5118030
7. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Иванова О.В. "Ғылым 2017: қорытындылар, жетістіктер, перспективалар "атты I Халықаралық ғылыми-практикалық конференция мақалалар жинағы: – Ставрополь: Логос, 20.12.2017. – С. 13-16
  8. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Иванищев А.А., Белый А.В., Ковальчук Е.Н. Материалдарды жасау мен өңдеудің заманауи әдістері мен технологиялары" атты Халықаралық ғылыми тағылымдама нәтижелері бойынша  $Al_2O_3$  // материалдарды жасау мен өңдеудің заманауи әдістері мен технологиялары - Т2. Механикалық және физика-техникалық өңдеу технологиялары мен жабдықтары. - Минск, 2018. - С. 229-234
  9. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю. Негізгі факторлардың математикалық сипаттамасы, ЖЭО турбинасының газдинамикалық жүктемесін көтеру.// "СҚМУ хабаршысы" ғылыми журналының материалдары»№ 4(33) 2016. СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, С. 114-118
  10. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Абильмажинова А.А. Металл магнитті жады әдісімен ЖЭО турбинасының қалақтарындағы ішкі кернеулердің шоғырлануын зерттеу.// "Метрология" ғылыми-техникалық журналы». - №1, 2017. – с. 33-42
  11. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Магзумов О.Х., Ярышев Р.Е. Лазерлік-плазмалық қалпына келтірудің энергиялық тиімді технологиялары және бұйым материалындағы шаршау процестерін бұзбайтын бақылау мен интеграцияланған бағалауды қолдана отырып протездеу әдісімен ЖЭО турбиналарының қалақтарын өндіру.// СҚМУ - дың 80-жылдығына арналған "ҚОЗЫБАЕВ ОҚУЛАРЫ-2017: Қазақстан және заман талабы" МҒПҚ материалдары. М. Қозыбаев Атындағы, 12.10.2017г., г. Петропавловск, С. 53-57
  12. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Иванова О.В., Зыкова Н.В. Бақылау-диагностикалық жүйелер және қалпына келтіру кешендерінің технологиялық процестері бойынша басым функционалдық міндеттерді анықтау// "СҚМУ хабаршысы" ғылыми журналының материалдары» № 3(36) 2017, СКГУ им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, С. 56-61
  13. Савинкин В.В., Ратушная Т.Ю., Иванова О.В., Кенжетаева Л.Д. FMEA-талдау әдісімен жасырын ақауларды диагностикалау тәсілдері туралы. Ғылыми-техникалық журнал "Новости Госстандарта", № 1 (71) 2018, Астана қ., С.22-24.
  14. Ратушная Т.Ю. Бронетанктік техниканы техникалық диагностикалаудың тиімділігін арттыру // СҚМУ - дың 80 жылдығына арналған "ҚОЗЫБАЕВ ОҚУЛАРЫ-2018: жаһандық сын-қатерлер жағдайындағы дамудың Еуразиялық әлеуеті және жана мүмкіндіктері" МНПҚ материалдары. М. Қозыбаев Атындағы, 16.11.2018г., г. Петропавловск, С. 322-325
  15. Ratushnaya T.Yu., Savinkin V.V., Tomashets A. K., Tyukanko V.Yu. Substantiation of criteria for evaluation of substandard turbine blades of CHP in the process of rejection // Научно-технический журнал «Метрология». - №4 (71), 2019. – С. 47-50



16. Savinkin V.V, Vizureanu P., Sandu A.V., Ratushnaya T.Yu., Ivanishev A.A, Surleva A. Improvement of the Turbine Blade Surface Phase Structure Recovered by Plasma Spraying // Coatings. – 2020. - V 10. - Iss.1. - PP. 62 (Scopus)