

**АННОТАЦИЯ**  
**ТАЖИБАЕВ АДИБЕК АМИРБЕКОВИЧТІҢ**  
диссертациялық зерттеуіне

**Тақырыбы:**

**«ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫ ЕСЕПТЕУ МЕН ӨНДІРУДІҢ  
ТҰТЫНУШЫҒА БАҒЫТТАЛҒАН ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН  
АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ МЕН  
ҚҰРАЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ»,**

8D07103 – «Автоматтандыру және басқару» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған.

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Диссертациялық зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрінің 2011 жылғы 31 наурыздағы №127 бұйрығымен бекітілген (2024 жылғы 18 шілдедегі өзгерістер мен толықтыруларды ескере отырып) «Ғылыми дәрежелер беру қағидаларының» 5-1-тармағына сәйкес ғылыми мақалалар сериясы түрінде қорғауға ұсынылған. Бұл нысанды таңдаудың негізі – ізденушінің Web of Science Core Collection деректер базасының 1-ші және 2-ші квантильдеріне (Q1, Q2) кіретін халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда жарияланған үш мақаласының болуы. Ұсынылған мақалалар жиынтығы ортақ мақсатпен, әдіснамамен және зерттеу объектісімен біріктірілген, аяқталған біртұтас ғылыми зерттеуді құрайды.

**Диссертациялық зерттеудің мақсаты.** Кері байланысы бар бірыңғай цифрлық ортада жобалау (CAD), инженерлік талдау (CAE) және технологиялық басқару (CAM) контурларын біріктіретін кешенді автоматтандырылған жүйені құру арқылы трансформатор жабдықтарын дайындау сапасын арттыру және өндіру мерзімін қысқарту.

**Зерттеу міндеттері:**

1. Реакторлық жабдықтың виброакустикалық белсенділігін сандық талдау және оны азайту әдісін әзірлеп, жүйенің есептік модуліне енгізу (шешім №3 мақалада – *Cogent Engineering*).

2. Қатты оқшауламаны кептіру процесін эксперименттік зерттеу және технологиялық модуль үшін оңтайландыру алгоритмдерін әзірлеу (шешім №2 мақалада – *Results in Engineering*).

3. Тапсырыс берушінің талаптарын жобалаудың бастапқы кезеңдерінде ескеретін клиентке бағдарланған жобалау жүйелерінің архитектурасы мен қағидаларын әзірлеу (шешім №1 мақалада – *Journal of Computational and Cognitive Engineering*).

4. Ұсынылған әдістерді іске асыру үшін бағдарламалық-алгоритмдік құралдарды (САПР) әзірлеу (шешім №1 мақалада).

**Зерттеу объектісі.** Жоғары кернеулі маймен толтырылған жабдықтарды (трансформаторлар мен реакторларды) жобалау және өндіру процестерін автоматтандырылған басқару.

**Зерттеу пәні.** Есептеу, конструкциялау және өндірістік технологиялық параметрлерді басқаруды автоматтандыру әдістері мен алгоритмдері (виброакустикалық процестер мен оқшауламаны кептіру мысалында).

**Зерттеу әдіснамасы.** Зерттеу индуктивті жүйелік тәсілге негізделген және «жекеден жалпыға» қағидаты бойынша жүргізілді:

1. Бірінші кезеңде (2023–2024 жж.) маңызды технологиялық қосалқы жүйелерді сәйкестендіру және автоматтандыру міндеттері шешілді:
  - виброакустиканы талдау қосалқы жүйесіне арналған математикалық модель әзірленді (*Cogent Engineering*, Q2);
  - САМ қосалқы жүйесі үшін оқшауламаны кептіру процесін басқару алгоритмдері синтезделді (*Results in Engineering*, Q1).
2. Екінші, қорытынды кезеңде (2025 ж.) алынған модельдер мен алгоритмдер негізінде теориялық синтез жүргізілді. Жекелеген шешімдерді біріктіретін клиентке бағдарланған жүйенің жалпы архитектурасы әзірленді. Нәтижелер шолу-талдамалық мақалада ұсынылды (*Journal of Computational and Cognitive Engineering*, Q1).

**Ғылыми жаңалығы:**

1. Алғаш рет трансформатор жасауда клиентке бағдарланған автоматтандырылған жүйе тұжырымдамасы негізделді, ол тапсырыс беруші талаптарының технологиялық кезеңдерге (кептіру, жинақтау) үздіксіз интеграциясымен ерекшеленеді.

2. Шунттаушы реакторлардың виброакустикалық сипаттамаларын бағалау әдісі әзірленді, ол белсенді бөліктің резонанстық жиіліктеріне конструктивтік демпферлердің әсерін ескереді.

3. Қатты оқшауламаны кептіру кинетикасының заңдылықтары анықталып, диэлектрлік беріктікті арттыру үшін оңтайлы термовакуумдық өңдеу әдісін таңдау алгоритмін әзірлеуге мүмкіндік берді.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:**

1. Тапсырыс беруші талаптарын верификацияланған техникалық шешімдерге түрлендіруді қамтамасыз ететін кешенді жобалау жүйесінің архитектурасы.

2. Жобалау сатысында шу бойынша санитарлық нормаларға сәйкестікті қамтамасыз ететін реакторлардың вибробелсенділігін есептік талдау әдістемесі.

3. Целлюлозаны бұзбай ылғалды жою арқылы трансформатордың қызмет ету мерзімін барынша арттыратын оқшауламаны кептіру процесін басқару алгоритмі.

**Зерттеудің өзектілігі.**

Трансформатор жасау энергетикалық машина жасау саласының негізгі бағыттарының бірі бола отырып, ең еңбек сыйымды және консервативті салалардың қатарында қалып отыр. САПР жүйелерін, құжат айналымын және жоспарлауды бөлек қолдануға негізделген дәстүрлі жобалау тәсілдері деректерді өңдеу жылдамдығы, бейімделгіштік және есептеу дәлдігі бойынша қазіргі талаптарға сай келмейді.

Индустрия 4.0 жағдайында трансформатор жасау саласы жүйелік мәселеге тап болуда: автоматтандыру құралдары «аралдық» сипатқа ие:

- конструкторлар жеке CAD жүйелерінде;
- есептеушілер оқшауланған математикалық пакеттерде;
- цехтағы технологтар кептіру мен жинақтау сияқты процестерді бастапқы жобамен тікелей цифрлық байланыссыз, көбінесе эмпирикалық тәжірибеге сүйене отырып басқарады.

Бұл ақпараттық ағындардың үзілуі тапсырыс беруші талаптарының кезеңдер түйісінде жоғалуына, өндірістік шектеулердің (мысалы, діріл тәуекелдерінің) жобалау кезінде ескерілмеуіне әкеледі. Нәтижесінде әзірлеу мерзімі ұзартып, пайдалану сенімділігі төмендейді.

Осыған байланысты трансформаторларды есептеу және дайындау процестерін басқарудың клиентке бағдарланған кешенді автоматтандырылған жүйесін (ККАСУПРИТ) құру өзекті ғылыми-практикалық міндет болып табылады.

### **Практикалық маңыздылығы.**

Әзірленген ККАСУПРИТ жүйесі «Asia Trafo» ЖШС және «TRENCO R&D» ЖШС кәсіпорындарында өндірістік тәжірибеге енгізіліп, айтарлықтай технологиялық, ұйымдастырушылық және экономикалық тиімділігін көрсетті.

Жобалау циклының орташа ұзақтығы 45 күннен 30 күнге дейін қысқарды, техникалық құжаттаманы келісу уақыты 10 күннен 3 күнге дейін азайды. Есептеу және өндірістік бөлімшелер арасындағы деректерді беру кезінде анықталатын қателер саны бес еседен астам төмендеді.

Вакуумдық кептіруді изостатикалық престеумен біріктіретін технология оқшауламаның полимерлену дәрежесін арттырып, диэлектрлік қасиеттерін жақсартты және трансформаторлардың қызмет ету мерзімін 10–12 %-ға ұзартты. Кептірудің толық циклы екі еседен астам қысқарып, энергия шығыны 30 %-ға төмендеді. Шунттаушы реакторлардың шу деңгейі 18 %-ға, дірілі 25 %-ға азайтылды.

Экономикалық тиімділік жобалау мен тапсырыстарды сүйемелдеуге кететін тікелей шығындардың 22–25 %-ға төмендеуімен, өндірістік циклдің 20–25 %-ға қысқаруымен және инженерлік бөлімшелердің өнімділігінің 40 %-ға артуымен расталды.

### **Нәтижелердің дұрыстығы.**

Барлық алынған нәтижелер TRDO/TDS CAD жүйесіндегі компьютерлік модельдеу деректерімен, эксперименттік нәтижелермен және сараптамалық бағалаулармен расталған. Зерттеу нәтижелері Q1-Q2 Web of Science журналдарындағы жарияланымдарда, КОКСНВО ұсынған отандық басылымдарда және алынған қорғау құжаттарында апробациядан өтті.

**Ғылымды дамыту бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.**

Зерттеулер бекітілген зерттеу жоспарына сәйкес және келесі ғылыми жобалар аясында орындалды:

- ГСНС/ГМНС №5 (2021 жылғы 10 қараша) – «Трансформаторларды есептеу және дайындауға арналған клиентке бағдарланған кешенді автоматтандырылған жүйені әзірлеу және енгізу»;

- AP14871951 – «Қатты оқшауламаны кептіру және престоу процестерін зерттеу арқылы трансформаторлардың қызмет ету мерзімін ұлғайту»;

- AP09057919 – «Қызмет ету мерзімін арттыру мақсатында кернеу класы 110–750 кВ реакторлардағы діріл мен шуды төмендетуді зерттеу».

**Ғылыми мақалалар сериясы түрінде ұсынылған диссертациялық жұмыстың құрылымы.**

Диссертациялық жұмыс ізденушінің жеке өзі және бірлескен авторлықта жариялаған ғылыми мақалалар мен зияткерлік меншік объектілеріне арналған қорғау құжаттары сериясы түрінде ұсынылған. Бұл еңбектерде диссертацияның негізгі ғылыми қағидалары жүйелі түрде баяндалып, негізделген.

Диссертациялық жұмыс келесі жарияланымдарды қамтиды:

1. **Tazhibayev A.A., Utepbergenov I.T., Skliarova I.V.** *Development of Customer-Focused Automated Systems for Transformer Design and Manufacturing: A Comprehensive Review // Journal of Computational and Cognitive Engineering.* –2025.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші шолу зерттеуін бастамалап, оның негізгі бөлігін дайындады, клиентке бағдарланған автоматтандырылған жүйелер тұжырымдамасын қалыптастырды, қолданыстағы тәсілдерге талдау жүргізіп, нәтижелерді жалпылады.)

2. **Tazhibayev A., Amitov Y., Arynov N., Shingissov N., Kural A.** *Experimental investigation and evaluation of drying methods for solid insulation in transformers: A comparative analysis // Results in Engineering.* – 2024.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші эксперименттік зерттеулер әдістемесін әзірледі, эксперименттік деректерді өңдеу мен интерпретациялауға қатысты.)

3. **Tazhibayev A., Utepbergenov I.T., Amitov Y., Ateyev D.** *Assessing noise and vibration mitigation in low-vibroacoustic shunt reactors // Cogent Engineering.*–2024.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші виброакустикалық сипаттамаларды талдауға негізгі үлес қосты және оларды төмендетуге бағытталған инженерлік шешімдер ұсынды.)

4. **Тажобаев А.А., Утепбергенов И.Т., Амитов Е.Т., Атеев Д.Т.** *Конструкцияны және қолданылатын материалдарды жетілдіру негізінде шунттаушы реакторлардың шуын және дірілін төмендету тәсілі // Алматы энергетика және байланыс университетінің хабаршысы.*–2023.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші конструктивтік ұсыныстарды әзірлеп, материалдарды таңдауды негіздеді.)

5. **Тажобаев А., Утепбергенов И., Амитов Е., Склярова Ю., Кулакбаев Г.** *Тарату трансформаторларында зияткерлік цифрлық түйіндер арқылы интеграцияланған клиентке бағдарланған жүйенің автоматтандыру стратегиясын талдау // ҚазАТК хабаршысы.* – 2024.

(Ізденушінің үлесі – ізденуші автоматтандырылған жүйенің архитектурасын қалыптастырып, басқару алгоритмдерін әзірлеуге қатысты.)

6. Амитов Е., **Тажобаев А.**, Атеев Д., Арынов Н., Шингисов Н. *Қуат трансформаторларының қатты оқшауламасын престей отырып кептіру әдістерін зерттеу арқылы жабдықтың қызмет ету мерзімін ұлғайту // ҚазАТК хабаршысы. – 2024.*

(Ізденушінің үлесі – ізденуші зерттеу міндетін қоюға және алынған нәтижелерді талдауға қатысты.)

Диссертациялық жұмысты орындау барысында алынған қорғау құжаттары.

Диссертациялық жұмысты орындау аясында келесі зияткерлік меншік объектілеріне қорғау құжаттары алынған:

- Авторлық құқықпен қорғалатын объектілердің мемлекеттік тізіліміне енгізу туралы №28228 куәлік (2022 ж.).

*«REng» клиентке бағдарланған кешенді автоматтандырылған есептеу жүйесі.*

*(Ізденушінің үлесі – ізденуші бағдарламалық архитектура мен функционалдық модульдерді әзірлеуге қатысты.)*

- Пайдалы модельдер мен өнертабыстарға арналған патенттер (2022–2024 жж.), оның ішінде жоғары тиімді аккумуляторлық энергия сақтау жүйелері, шунттаушы реакторлар, ток өлшеу трансформаторлары және трансформатор жабдықтарын үздіксіз бақылау жүйелері.

*(Ізденушінің үлесі – ізденуші техникалық шешімдерді, сұлбалық және конструктивтік параметрлерді әзірлеуге, сондай-ақ патенттік құжаттаманы дайындауға қатысты.)*

Диссертациялық жұмыстың қорғауға ұсынылатын бірінші қағидасы трансформатор жабдықтарын есептеу және жобалауға арналған клиентке бағдарланған автоматтандырылған жүйелерді әзірлеу мен талдауға арналған 1 және 5-мақалаларда негізделген.

Екінші қағида қатты оқшауламаны кептіру және престей әдістерін, сондай-ақ олардың жабдықтың қызмет ету мерзімін арттыруға әсерін зерттейтін 2 және 6-мақалаларда дәлелденген.

Үшінші қағида конструктивтік және материалтанулық шешімдер арқылы шунттаушы реакторлардың шуын және дірілін төмендетуге арналған 3 және 4-мақалаларда ұсынылған нәтижелермен расталған.

Алынған патенттер мен куәліктер диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелерін тәжірибеде іске асырумен тікелей байланысты және олардың қолданбалы маңыздылығын растайды.

Барлық жарияланымдар «Ғылыми дәрежелер беру қағидаларының» 5-1-тармағының талаптарына толық сәйкес келеді.