ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

Физика-техникалық факультеті

Плазма физикасы, нанотехнология және компьютерлік физика кафедрасы

Дәріс оқушы, профессор Досболаев М.Қ.

merlan@physics.kz

Техника-интеллектуалды қызмет және инженерлік мәселелерді шешу теориясы

пәні бойынша дәрістер жинағы

«8D07108 Электр энергетикасы»

білім беру бағдарламасы докторанттарына арналған

Алматы, 2026

Дәріс 6.

ӨЕШТ-тегі техникалық қарама-қайшылықтар

Дәрістің мақсаты: Білім алушыларға техникалық қарама-қайшылық ұғымын, оның пайда болу себептерін және инженерлік есептерді шешудегі рөлін түсіндіру. Техникалық жүйенің бір параметрін жақсарту нәтижесінде басқа параметрдің нашарлау заңдылықтарын талдау, қарама-қайшылықтарды дұрыс тұжырымдау және оларды компромистік шешімдерден ажырата отырып, өнертапқыштық тәсілдермен шешу дағдыларын қалыптастыру.

Дәріс жоспары:

1. Техникалық қарама-қайшылық ұғымы және оның ӨЕШТ теориясындағы орны.
2. Техникалық жүйелер параметрлері және олардың өзара байланысы.
3. Техникалық қарама-қайшылықты дұрыс тұжырымдау әдісі.
4. Компромистік және қарама-қайшылықты жоюға бағытталған шешімдер.
5. Электр энергетикасындағы техникалық қарама-қайшылықтардың практикалық мысалдары.

Қысқаша теориялық мәліметтер

1. Техникалық қарама-қайшылық ұғымы және оның ӨЕШТ теориясындағы орны.

Кез келген техникалық жүйені жетілдіру барысында инженерлер оның жұмыс тиімділігін, сенімділігін, өнімділігін немесе қауіпсіздігін арттыруға ұмтылады. Алайда техникалық жүйелердің параметрлері бір-бірімен өзара байланысты болғандықтан, бір көрсеткішті жақсарту көп жағдайда екінші көрсеткіштің нашарлауына алып келеді. *Мысалы,* электр қозғалтқышының қуатын арттыру үшін оның өлшемдерін және белсенді материалдарының мөлшерін ұлғайтуға болады. Бұл жағдайда қозғалтқыштың массасы, габариттік өлшемдері және өндірістік құны өсуі мүмкін. Мұндай жағдайларда инженердің алдында екі немесе бірнеше талапты бір уақытта қанағаттандыру мәселесі туындайды.

Техникалық қарама-қайшылық – техникалық жүйенің бір сипаттамасын немесе пайдалы әсерін жақсарту нәтижесінде оның басқа сипаттамасының нашарлауы немесе жағымсыз әсердің күшеюі. ӨЕШТ теориясының негізін қалаушы Г.С. Альтшуллер техникалық қарама-қайшылықтарды өнертапқыштық есептердің негізгі белгілерінің бірі ретінде қарастырды. Қарама-қайшылықтарды анықтау мен жоюға бағытталған тәсілдер өнертапқыштық ойлаудың маңызды элементтері. Бұл тәсіл мәселенің сыртқы белгілерін ғана емес, оның туындау себебін анықтауға мүмкіндік береді. Дәстүрлі инженерлік тәсілде қарама-қайшылық көбінесе белгілі бір компромисс арқылы шешіледі. Яғни бір параметрдің жақсаруы үшін екінші параметрдің белгілі бір деңгейде нашарлауына рұқсат беріледі.

Профессор Досболаев М.Қ.

Ал ӨЕШТ әдіснамасының негізгі мақсаты – бір параметрді жақсартқан кезде екінші параметрдің міндетті түрде нашарлауына алып келетін байланысты әлсіретететін немесе жоятын шешім табу. *Мысалы,* электр қозғалтқышының салқындатуын қосымша электр энергиясын тұтынатын желдеткіш орнатпай, оның корпусының геометриялық пішінін өзгерту арқылы жақсартуға болады. Корпустың сыртқы бетіне қабырғалар енгізу жылу алмасу ауданын ұлғайтады. Әрине, қабырғаларды жасау қосымша материалды немесе технологиялық өңдеуді талап етуі мүмкін, бірақ активті салқындатқыштың қажеттілігін азайтуы ықтимал. Осылайша, техникалық қарама-қайшылықты анықтау инженерлік мәселені шешудің бастапқы кезеңі болып табылады.

1.1. Техникалық қарама-қайшылықтың құрылымы

Техникалық қарама-қайшылық әдетте үш негізгі құрамдас бөліктен тұрады:

1. Өзгертілетін параметр – техникалық жүйенің жақсарту мақсатында өзгертілетін сипаттамасы.
2. Пайдалы нәтиже – параметрді өзгерту нәтижесінде алынатын оң әсер.
3. Зиянды нәтиже – сол өзгерістен туындайтын жағымсыз әсер.

Мысалы, электр өткізгішінің көлденең қимасын арттыру мәселесін қарастырайық. Өзгертілетін параметр – өткізгіштің көлденең қимасының ауданы. Пайдалы нәтиже – электрлік кедергінің және Джоуль–Ленц шығындарының төмендеуі. Зиянды нәтиже – материал шығыны мен өткізгіш массасының артуы. Осы мысалдан көріп отырғанымыздай, бір инженерлік әрекет екі түрлі нәтижеге алып келеді. Өнертапқыштық есептің мақсаты – пайдалы әсерді сақтай отырып, зиянды әсерді болдырмау немесе азайту.

2. Техникалық жүйелер параметрлері және олардың өзара байланысы

Техникалық қарама-қайшылықтарды дұрыс анықтау үшін ең алдымен жүйенің негізгі параметрлерін және олардың арасындағы физикалық байланыстарды зерттеу қажет. Электр энергетикасында техникалық жүйелер көптеген электрлік, жылулық, механикалық, геометриялық және экономикалық параметрлермен сипатталады. Оларға ток күші, кернеу, электрлік кедергі, қуат, температура, электрлік беріктік, оқшаулау қашықтығы, масса, көлем, пайдалы әсер коэффициенті және сенімділік жатады. Бұл параметрлердің бір бөлігінің арасында нақты физикалық тәуелділіктер бар.

2.1. Электрлік және жылулық параметрлер арасындағы қарама-қайшылық

Электр энергетикасындағы кең таралған мәселелердің бірі – ток күшін арттырған кезде өткізгіштің қызуының күшеюі. Өткізгіш арқылы электр тогы өткен кезде бөлінетін жылулық қуат Джоуль–Ленц заңы бойынша анықталады:

$$P_{ж} = I^2 R$$

Егер өткізгіштің кедергісі тұрақты деп алынса, ток күшінің екі есе артуы жылулық шығынды төрт есе арттырады.

Егер кернеу тұрақты және жүктеме тогын арттыруға мүмкіндік бар болса, берілетін электрлік қуат $P = UI$ қатынасына сәйкес өседі. Бірақ токтың артуы электр желісінің өткізгіштері мен жабдықтарындағы жылулық шығындарды да көбейтеді. Бұл жағдайда техникалық қарама-қайшылық: Электр энергиясын беру қуатын арттыру үшін ток күшін көбейту қажет, бірақ ток күшінің артуы өткізгіштердің қызуын күшейтіп, энергия шығындарын арттырады. Осы қарама-қайшылықты шешудің бір тәсілі – берілетін қуатты арттыру үшін ток күшін емес, кернеуді ұлғайту.

Белсенді қуатты қарапайым түрде:

$$P = UI$$

өрнегімен сипаттауға болады. Айнымалы токтың үш фазалы симметриялы жүйесінде:

$$P = \sqrt{3} U_L I_L \cos \varphi$$

Берілетін қуат тұрақты болғанда кернеуді арттыру ток күшін төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл электр энергиясын жоғары кернеумен тасымалдаудың негізгі физикалық себептерінің бірі. Алайда кернеуді арттыру өз кезегінде жаңа техникалық қарама-қайшылық тудырады: энергия шығындары төмендейді, бірақ оқшаулауға қойылатын талаптар күшейеді. Демек, бір техникалық қарама-қайшылықтың шешімі басқа қарама-қайшылықтың пайда болуына алып келуі мүмкін.

2.2. Геометриялық және электрлік параметрлердің байланысы

Электр өткізгішінің кедергісі:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

формуласы бойынша анықталады.

Бұл формуладан өткізгіштің көлденең қимасын арттыру оның кедергісін төмендететіні көрінеді. Бірақ өткізгіштің көлемі:

$$V = Sl$$

болғандықтан, оның көлденең қимасын ұлғайту материал көлемін арттырады. Осылайша, электрлік кедергіні төмендету мен материал шығынын азайту арасында қарама-қайшылық пайда болады.

Мұндай есептерді шешуде жаңа материалдарды қолдану, өткізгіш пішінін оңтайландыру, жұмыс температурасын төмендету немесе электр энергиясын тасымалдау режимін өзгерту сияқты бағыттар қарастырылады.

2.3. Сенімділік пен конструкциялық күрделілік арасындағы қарама-қайшылық

Электр энергетикалық жүйелердің сенімділігін арттыру үшін көбінесе резервтік жабдықтар, қосымша қорғаныс құрылғылары және бақылау жүйелері енгізіледі. Бұл шаралар кейбір ақаулар кезінде жүйенің жұмысын жалғастыруына мүмкіндік береді. Алайда қосымша құрылғылар енгізілген сайын жүйенің құны, көлемі және техникалық қызмет көрсету күрделілігі артады. Сонымен қатар жаңа элементтердің өзі де істен шығу ықтималдығына ие. *Мысалы,* қосалқы станцияға резервтік трансформатор орнату электрмен жабдықтау сенімділігін арттыруы мүмкін, бірақ күрделі шығындар мен техникалық қызмет көрсету көлемін көбейтеді.

Техникалық қарама-қайшылық: Егер қосымша резервтік жабдық орнатылса, электрмен жабдықтау сенімділігі артады, бірақ жүйенің құны мен конструкциялық күрделілігі өседі. Мұндай жағдайда инженердің міндеті – сенімділікті тек жабдық санын көбейту арқылы емес, қолда бар элементтердің функцияларын қайта ұйымдастыру және тиімді басқару арқылы арттыру мүмкіндігін анықтау.

3. Техникалық қарама-қайшылықты дұрыс тұжырымдау әдісі

Инженерлік есептерді шешуде қарама-қайшылықты дұрыс тұжырымдау өте маңызды. Себебі мәселе анық сипатталмаса, оны шешуге бағытталған ізденіс те жүйесіз болады. Көп жағдайда инженерлер мәселені жалпы түрде тұжырымдайды: «Трансформатор қатты қызады», «Электр желісіндегі шығындар жоғары», «Электр жабдығының өлшемдерін азайту қажет». Бұл тұжырымдар техникалық мәселені сипаттайды, бірақ қарама-қайшылықтың өзін ашып көрсетпейді. ӨЕШТ тәсілінде мәселені белгілі бір параметрді өзгерту нәтижесінде пайда болатын пайдалы және зиянды әсерлер арқылы сипаттау қажет.

3.1. «Егер…, онда…, бірақ…» түріндегі тұжырым

Техникалық қарама-қайшылықты қарапайым және түсінікті түрде көрсету үшін келесі құрылымды қолдануға болады:

ЕГЕР… Техникалық жүйенің белгілі бір параметрін өзгертсек

ОНДА… Қажетті пайдалы нәтиже алынады

БІРАҚ… Басқа параметр нашарлайды немесе жағымсыз әсер пайда болады

Мысалы, электр өткізгішінің қызуын төмендету мәселесі: Егер өткізгіштің көлденең қимасын ұлғайтсақ, онда оның электрлік кедергісі және қызуы төмендейді, бірақ материал шығыны мен массасы артады.

Тағы бір мысал: Егер трансформатордың салқындату жүйесінің қуатын арттырсақ, онда оның температурасы төмендейді, бірақ салқындатуға жұмсалатын электр энергиясы мен пайдалану шығындары өседі. Бұл тұжырымдар инженерлік есептің ішкі құрылымын анық көрсетеді.

Профессор Досболаев М.Қ.

3.2. Қарама-қарсы екі тұжырымды құру

ӨЕШТ әдіснамасында бір параметрдің екі қарама-қарсы өзгерісін қарастыру пайдалы. *Мысалы,* электр өткізгішінің қимасын өзгерту есебін алайық.

Бірінші тұжырым: Егер өткізгіштің көлденең қимасын ұлғайтсақ, онда электрлік кедергі мен жылулық шығындар азаяды, бірақ материал шығыны артады.

Екінші тұжырым: Егер өткізгіштің көлденең қимасын кішірейтсек, онда материал шығыны азаяды, бірақ электрлік кедергі мен жылулық шығындар артады.

Осы екі тұжырым жүйенің бір параметрін өзгертудің екі қарама-қарсы нәтижесін сипаттайды.

Өзгертілетін параметр	**Пайдалы әсер**	**Зиянды әсер**
Өткізгіш қимасын ұлғайту	Кедергі және жылулық шығын азаяды	Материал шығыны артады
Өткізгіш қимасын кішірейту	Материал шығыны азаяды	Кедергі және жылулық шығын артады

Мұндай талдау қарама-қайшылықтың қай параметрмен байланысты екенін анықтауға мүмкіндік береді. Өнертапқыштық шешім іздеу барысында инженер мына сұраққа жауап іздейді: Өткізгіштің электрлік кедергісін материал шығынын арттырмай қалай төмендетуге болады? Бұл сұрақ жаңа техникалық идеяларды іздеуге бағыт береді.

3.3. Техникалық және физикалық қарама-қайшылықтардың айырмашылығы

ӨЕШТ-те техникалық қарама-қайшылықпен қатар физикалық қарама-қайшылық ұғымы да қолданылады. Техникалық қарама-қайшылық кезінде бір параметрдің жақсаруы басқа параметрдің нашарлауына алып келеді. Ал физикалық қарама-қайшылық кезінде бір объектіге немесе оның белгілі бір бөлігіне қарама-қарсы физикалық талаптар қойылады.

Мысалы, электр өткізгіші токты өткізген кезде қызуды азайту үшін оның кедергісі мүмкіндігінше аз болуы керек. Ал электрлік қыздырғышта қажетті жылу бөлу үшін кедергінің белгілі бір мәні қажет. Бұл екі түрлі құрылғының функциялары болғандықтан, өздігінен бір физикалық қарама-қайшылық емес.

Нақты бір жүйедегі физикалық қарама-қайшылықты мысал ретінде электрлік коммутация контактісін қарастыруға болады: контакт жабық күйде токты өткізу үшін электрлік байланыс қамтамасыз етілуі, ал ажыратылған күйде токты тоқтату үшін электрлік байланыс болмауы керек. Мұндай қарама-қарсы талаптар әртүрлі уақыт кезеңдеріне тиесілі болғандықтан, коммутация процесін уақыт бойынша бөлу арқылы қанағаттандырылады.

Техникалық және физикалық қарама-қайшылықтар өзара байланысты болғанымен, оларды бір ұғым ретінде қарастыруға болмайды.

Профессор Досболаев М.Қ.

4. Компромистік және қарама-қайшылықты жоюға бағытталған шешімдер

Инженерлік есептерді шешуде екі түрлі тәсіл жиі кездеседі: компромистік шешім және қарама-қайшылықты жоюға немесе әлсіретуге бағытталған шешім.

4.1. Компромистік шешім

Компромистік шешім – қарама-қайшы талаптардың бірін толық қанағаттандырмай, екі талаптың арасында қабылдауға болатын аралық нәтиже таңдау. *Мысалы,* электр қозғалтқышының қуатын арттыру үшін оның өлшемдерін үлкейту қажет болуы мүмкін. Бірақ жабдық орнатылатын орын шектеулі. Компромистік шешімде қуат пен өлшем арасындағы белгілі бір аралық нұсқа таңдалады. Қозғалтқыш қуаты бастапқы жоспардан төменірек, ал өлшемі мүмкін болатын шекті деңгейге жақын болуы мүмкін.

Компромистік тәсілдің артықшылығы – оның салыстырмалы қарапайымдылығы және инженерлік тәжірибеде тез қолданылуы. Дегенмен бұл тәсіл техникалық жүйенің дамуын шектеуі мүмкін, өйткені пайдалы көрсеткіштердің бір бөлігінен бас тартуды талап етеді.

4.2. Қарама-қайшылықты жоюға бағытталған шешім

ӨЕШТ әдіснамасы қарама-қайшылықты тек екі талаптың ортасынан аралық мән таңдау арқылы емес, оларды бір уақытта қанағаттандырудың жаңа принципін іздеу арқылы шешуге бағыттайды. *Мысалы,* электр қозғалтқышының қуатын оның габариттік өлшемдерін елеулі ұлғайтпай арттыру міндеті қойылсын. Мүмкін болатын зерттеу бағыттарына магниттік материалдардың қасиеттерін жақсарту, жылу әкетуді тиімді ұйымдастыру, орамалардың конструкциясын оңтайландыру немесе жұмыс режимін өзгерту жатады. Бұл бағыттар қозғалтқыштың белгілі бір өлшемге келетін қуатын арттыруға мүмкіндік беруі мүмкін. Алайда ұсынылған шешімдерді тәжірибелік тексеру қажет. Себебі магниттік жүктемені арттыру, мысалы, магнитөткізгіштегі шығындарды немесе қанығу қаупін көбейтуі ықтимал.

4.3. Компромисс пен өнертапқыштық шешімді салыстыру

Салыстыру көрсеткіші	**Компромистік шешім**	**Өнертапқыштық тәсіл**
Негізгі мақсат	Екі талап арасында қолайлы тепе-теңдік табу	Қарама-қайшылықты жою немесе әлсірету
Параметрлерді өзгерту	Көбінесе аралық мән таңдалады	Жүйенің жұмыс принципі немесе құрылымы өзгеруі мүмкін
Нәтиже	Бір көрсеткіш есебінен екіншісі жақсарады	Екі талапты да жақсырақ қанағаттандыру мүмкіндігі ізделеді

Мысал	Өткізгіш қимасын белгілі бір орташа мәнде таңдау	Басқа материалды немесе энергия беру принципін қарастыру

Бұл жерде компромистік шешім әрқашан тиімсіз деп есептелмейді. Нақты инженерлік жобалауда сенімділік, қауіпсіздік, құн және стандарт талаптарын ескергенде компромисс ең тиімді практикалық таңдау болуы мүмкін. ӨЕЩТ-тің ерекшелігі – компромиске бірден тоқталмай, қарама-қайшылықты шешудің жаңа мүмкіндіктерін алдын ала іздеу.

5. Электр энергетикасындағы техникалық қарама-қайшылықтардың практикалық мысалдары

5.1. Бірінші мысал. Электр тогын арттыру және өткізгіштің қызуы

Есептің шарты. Электр қондырғысы арқылы берілетін қуатты арттыру қажет. Кернеу тұрақты болған жағдайда қуатты арттыру үшін ток күшін көбейту керек. Бірақ токтың өсуі өткізгіштердің қызуын күшейтеді.

Техникалық қарама-қайшылық: Егер ток күшін арттырсақ, онда жүктемеге берілетін қуат көбейеді, бірақ өткізгіштердің жылулық шығындары артады. Мұндай жағдайда мәселені шешудің бірнеше бағытын қарастыруға болады.

Бірінші тәсіл – өткізгіштің көлденең қимасын арттыру. Бұл оның кедергісін азайтады, бірақ материал шығыны ұлғаяды.

Екінші тәсіл – жылу алмасуды жақсарту. Бұл өткізгіштің температурасын төмендетуге мүмкіндік береді, бірақ электрлік шығындарды міндетті түрде азайтпайды.

Үшінші тәсіл – берілетін қуат сақталған жағдайда кернеуді арттырып, ток күшін төмендету. Бұл электр беру жүйелерінде кең қолданылатын шешімдердің бірі.

Мысалы, бірдей қуат пен қуат коэффициенті үшін желілік кернеу 10 кВ-тан 20 кВ-қа арттырылса, үш фазалы желідегі ток күші екі есе төмендейді. Өткізгіштің кедергісі өзгермесе, желідегі I^2R шығындары төрт есе азаяды. Алайда кернеудің жоғарылауы оқшаулау деңгейіне қойылатын талаптарды күшейтеді. Сондықтан алынған нәтижені жүйенің басқа параметрлерімен бірге бағалау қажет. Қорытынды: бастапқы қарама-қайшылық кернеуді өзгерту арқылы әлсіретіледі, бірақ жаңа техникалық шектеулер туындайды.

5.2. Екінші мысал. Оқшаулау арақашықтығы мен жабдық өлшемдері

Жоғары кернеулі электр энергетикалық жабдықтарда ток өткізетін элементтер арасындағы оқшаулау арақашықтығы маңызды параметр. Егер бұл арақашықтық жеткіліксіз болса, электрлік тесіп өту немесе беткі разряд пайда болуы мүмкін.

Біртекті электр өрісінің қарапайым моделі бойынша:

$$E = \frac{U}{d}$$

Кернеу тұрақты болған жағдайда арақашықтықты арттыру электр өрісінің орташа кернеулігін төмендетеді. Бірақ арақашықтық ұлғайған сайын электр жабдығының габариттік өлшемдері де артады.

Техникалық қарама-қайшылық: Егер ток өткізетін бөліктер арасындағы арақашықтықты арттырсақ, онда электрлік оқшаулаудың сенімділігі жоғарылауы мүмкін, бірақ жабдықтың өлшемдері ұлғаяды.

Дәстүрлі компромистік шешім – нормативтік талаптарды қанағаттандыратын белгілі бір арақашықтықты таңдау.

Ал ӨЕШТ тұрғысынан басқа мүмкіндіктер қарастырылады: электр өрісінің таралуын электродтардың пішінін өзгерту арқылы оңтайландыру, электрлік беріктігі жоғары оқшаулағыш материалды қолдану немесе арнайы оқшаулау ортасын пайдалану. *Мысалы,* электродтардың үшкір бөліктерін жұмырлау арқылы жергілікті электр өрісінің күшеюін азайтуға болады. Бұл белгілі бір жағдайда оқшаулау сенімділігін жабдық өлшемдерін арттырмай жақсартуға мүмкіндік береді. Дегенмен $E = U/d$ формуласы тек қарапайым біртекті өріске жуықтау болып табылады. Нақты жоғары кернеулі жабдықтардағы электрлік беріктік электродтардың геометриясына, оқшаулау ортасына, қысымға, температураға және беттік жағдайға тәуелді. Сондықтан ұсынылған конструкция арнайы электрлік беріктік есептерімен және сынақтармен расталуы тиіс.

5.3. Техникалық қарама-қайшылықтарды шешудің жалпы алгоритмі

Қарастырылған мысалдарға сүйене отырып, электр энергетикалық есептерді шешудің келесі ретін ұсынуға болады.

1-кезең: Инженерлік мәселені анықтау

2-кезең: Жақсартылатын параметрді таңдау

3-кезең: Пайда болатын зиянды әсерді анықтау

4-кезең: «Егер…, онда…, бірақ…» түрінде тұжырымдау

5-кезең: Қарама-қарсы екі талапты салыстыру

6-кезең: Ресурстар мен баламалы физикалық принциптерді іздеу

7-кезең: Шешімнің тиімділігін және қауіпсіздігін бағалау

Алгоритмді қолданған кезде әрбір ұсынылған шешімнің техникалық мүмкіндігі ғана емес, оны іске асырудың экономикалық тиімділігі мен қауіпсіздігі де қарастырылуы керек. Өнертапқыштық шешім деп есептелген жаңа идея нақты жағдайларда жеткілікті сенімді болмауы мүмкін. Сондықтан ӨЕШТ идеяларды іздеу мен қалыптастыру құралы ретінде

қолданылып, алынған нәтижелер инженерлік есептеулермен, модельдеумен және тәжірибелік сынақтармен тексеріледі.

Өзіндік тексеруге арналған бақылау сұрақтары

1. Техникалық қарама-қайшылық дегеніміз не және оның ӨЕШТ теориясындағы маңызы қандай?
2. Техникалық жүйенің бір параметрін жақсарту не себепті басқа параметрдің нашарлауына алып келуі мүмкін?
3. Техникалық қарама-қайшылықтың негізгі құрамдас бөліктерін атаңыз.
4. Қарама-қайшылықты «Егер…, онда…, бірақ…» түрінде тұжырымдаудың мақсаты қандай?
5. Компромистік шешім мен қарама-қайшылықты жоюға бағытталған шешімнің айырмашылығы неде?
6. Техникалық және физикалық қарама-қайшылықтардың айырмашылығын түсіндіріңіз.
7. Электр энергиясын тасымалдау кезінде ток күшін арттыру қандай қарама-қайшылықтарға алып келеді?
8. Жоғары кернеулі оқшаулау жүйесіндегі электрлік беріктік пен габариттік өлшемдер арасындағы қарама-қайшылықты қалай шешуге болады?

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Альтшуллер Г. Найти идею: Введение в ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач. -М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. Стр. 400.
2. Гольдштейн Е.И. Теория решения изобретательских задач: Учебное пособие. - Томск: Изд. ТПТУ, 2009. Стр. 153.
3. Петров В.М. Теория решения изобретательских задач - ТРИЗ: учебник по дисциплине «Алгоритмы решения нестандартных задач». М.: СОЛОН-Пресс, 2017 . Стр. 500 с.
4. Злотин Б.Л., Литвин С.С. Теория изобретательских задач: современный подход и примеры применения. - Москва: Эксмо, 2017.
5. Зусман А.В. Методология ТРИЗ: Теория и практика инновационного мышления. - Москва: Наука и Техника, 2019.