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 3.

Өнертапқыштық есепті қою және тұжырымдау

Дәрістің мақсаты: Білім алушыларға жалпы инженерлік проблеманы нақты өнертапқыштық есепке түрлендіру тәсілдерін меңгерту; проблемалық жағдайды, жағымсыз әсерді, техникалық жүйенің негізгі пайдалы функциясын және есептің шектеулерін дұрыс анықтауды үйрету; себеп-салдарлық тізбектер арқылы мәселенің түпкі себептерін табу дағдысын қалыптастыру. Электр энергетикасындағы техникалық есептер мысалында мәселені бірден шешуге ұмтылмай, алдымен оны дұрыс қоюдың маңыздылығы көрсетіледі.

Дәріс жоспары:

1. Проблемалық жағдай және өнертапқыштық есеп ұғымдары.
2. Жалпы инженерлік проблемадан нақты есепке көшу.
3. Техникалық жүйенің шекарасын және зерттеу нысанын анықтау.
4. Жүйенің негізгі пайдалы функциясын тұжырымдау.
5. Жағымсыз әсерді және оның пайда болу жағдайларын анықтау.
6. Есептің негізгі шектеулері мен өзгертуге болмайтын талаптарын белгілеу.
7. Себеп-салдарлық тізбекті құру әдісі.
8. Проблеманың түпкі себебін анықтау.
9. Әкімшілік, техникалық және физикалық қайшылықтарды ажырату.
10. Өнертапқыштық есептің дұрыс тұжырымын құрастыру.
11. Шешімді бағалау критерийлерін анықтау.

Қысқаша теориялық мәліметтер

1. Инженерлік проблема және өнертапқыштық есеп

Инженерлік тәжірибеде маманға көбіне дайын және нақты тұжырымдалған есеп берілмейді. Әдетте бастапқы ақпарат әлдеқайда жалпы сипатта болады:

«Кабель қатты қызады»;

«Ажыратқыштың контактілері тез тозады»;

«Түрлендіргіштің пайдалы әсер коэффициенті төмен»;

«Электр қозғалтқышында күшті діріл пайда болды».

Мұндай тұжырымдар мәселенің бар екенін көрсетеді, бірақ оның нақты неден туындайтынын, қандай нәтижеге қол жеткізу керектігін және қандай шектеулер бар екенін анықтамайды.

ӨЕШТ-те есепті шешуден бұрын *есепті дұрыс қоюға* ерекше мән беріледі. Себебі қате қойылған есеп техникалық тұрғыдан жақсы шешілген күннің өзінде қажетті нәтижеге әкелмеуі мүмкін.

Мысалы, күштік кабель қызып жатыр делік.

Бірінші пайда болатын шешім: Кабельдің қимасын үлкейту керек. Бірақ бұл нақты есептің шешімі ме? Мүмкін кабель қимасы жеткілікті, ал қызудың себебі түйіспелік қосылыстағы кедергінің өсуі шығар. Немесе жүктемеде жоғары гармоникалар бар. Немесе кабельдер бір-біріне өте жақын салынғандықтан жылу нашар таралады. Мүмкін қоршаған орта температурасы жоғары. Демек, «кабельді жуандату» проблеманың нақты себебін жоймауы мүмкін.

Сондықтан инженер үшін бірінші қадам: «Не істеу керек?» емес, «Шын мәнінде қандай мәселені шешіп жатырмыз?» деген сұрақ болуы тиіс.

2. Жағдай, өнертапқыштық жағдай және өнертапқыштық есеп

ӨЕШТ-те бұл ұғымдар бір-бірінен ажыратылады.

Мысалы *жағдайды* шынайы өмірдің белгілі бір бөлігін бейтарап сипаттау ретінде қарасақ. Егер сол сипаттамада кемшілік, проблема немесе қажетсіз құбылыс анықталса, ол *өнертапқыштық жағдайға* айналады. Осылайша өнертапқыштық жағдай жүйедегі кемшіліктер, яғни жағымсыз әсерлер көрсетілген жағдай ретінде анықталады.

Мысалы:

Жай жағдай: Күштік кабель арқылы 250 А ток өтеді. Бұл жерде проблема туралы ештеңе айтылмаған.

Өнертапқыштық жағдай: Күштік кабель арқылы 250 А ток өткен кезде оның температурасы ұзақ жұмыс барысында рұқсат етілген мәнге жақындайды. Бұл жерде жағымсыз құбылыс пайда болды - *кабельдің шамадан тыс қызуы.*

Енді инженерлік талап енгіземіз: Кабельдің температурасын төмендету керек, бірақ қолданыстағы кабель трассасын және кабельдің сыртқы габаритін өзгертуге болмайды. Осы кезде нақты *өнертапқыштық есеп* қалыптасады.

Өнертапқыштық есептің құрамына бастапқы жағдайдың сипаттамасы, жағымсыз әсер, қол жеткізу қажет мақсат және шешу тәсілдеріне қойылатын шектеулер кіруі керек.

Жалпы түрде: Өнертапқыштық есеп = бастапқы жағдай + жағымсыз әсер + мақсат + шектеулер. Осы қарапайым формула инженерлік есепті дұрыс қоюдың негізі болмақ.

3. Жағымсыз әсер ұғымы

Жағымсыз әсер - техникалық жүйенің қажетті қасиеттерін немесе тұтынушылық сипаттамаларын нашарлататын құбылыс.

Кітапта жағымсыз әсер жүйенің белгілі бір маңызды сапасын нашарлататын зиянды құбылыс ретінде сипатталады. Бір техникалық жағдайда бірнеше жағымсыз әсер болуы мүмкін, сондықтан қандай әсерді негізгі деп алатынымыз қойылған талапқа байланысты өзгереді.

Электр энергетикасында жағымсыз әсерлерге мыналарды жатқызуға болады:

Техникалық жүйе	Жағымсыз әсер
Күштік кабель	Шамадан тыс қызу
Трансформатор	Орам температурасының жоғарылауы
Жоғары кернеулі ажыратқыш	Контактілердің доғалық эрозиясы
Инвертор	Күштік кілттердегі энергия шығындары
Электр қозғалтқышы	Діріл мен шу
Электр беру желісі	Кернеудің шамадан тыс төмендеуі
Оқшаулау жүйесі	Ішінара разрядтардың пайда болуы
Контакт қосылысы	Өтпелі кедергінің өсуі

Жағымсыз әсерді мүмкіндігінше нақты және өлшенетін түрде тұжырымдаған дұрыс.

Мысалы:

Дұрыс емес: «Кабель нашар жұмыс істейді».

Дұрысырақ: «Ұзақ уақыт номиналды жүктememен жұмыс істеген кезде кабель өткізгішінің температурасы жоғарылайды».

Одан да нақты: «250 А ток кезінде кабель температурасы 85 °С-қа дейін көтеріледі, ал берілген пайдалану жағдайында оны 70 °С-тан төмен ұстау қажет». Есеп неғұрлым нақты тұжырымдалса, шешім іздеу аймағы соғұрлым анық болады.

4. Техникалық жүйенің негізгі пайдалы функциясы

Жағымсыз әсерді жою барысында техникалық жүйенің *пайдалы функциясын сақтап қалу* маңызды. Техникалық жүйе белгілі бір **басты функцияны** орындау үшін жасалады. Оның толық тұжырымдамасы жүйенің не үшін қолданылатынын және осы әрекетті қандай техникалық тәсілмен жүзеге асыратынын қамтиды. Біз оны **негізгі пайдалы функция** ретінде қарастырамыз.

Мысалы, күштік кабельдің негізгі пайдалы функциясы: электр энергиясын берілген нүктелер арасында қажетті токпен жеткізу. Кабельдің қызуын азайтамыз деп оның ток өткізу қабілетін күрт төмендетсек, есеп шешілген болып саналмайды.

Жоғары кернеулі ажыратқыштың негізгі пайдалы функциясы: электр тізбегін қалыпты және апаттық режимдерде қауіпсіз қосу және ажырату. Контактілердің тозуын азайтамыз деп ажырату жылдамдығын тым баяулатып, қысқа тұйықталу тогын дер кезінде үзбесек, жүйенің негізгі функциясы бұзылады.

Түрлендіргіш үшін: электр энергиясының параметрлерін қажетті түрде түрлендіру. Энергия шығынын азайтамыз деп коммутация жиілігін өте төмендетіп, шығыс кернеуінің сапасын нашарлатуға болмайды. Сондықтан өнертапқыштық есепті қою барысында екі нәрсе қатар анықталады:

Нені жою керек? - жағымсыз әсер.

Нені міндетті түрде сақтау керек? - негізгі пайдалы функция.

5. Есептің шектеулері

Өнертапқыштық есепті кәдімгі инженерлік тапсырмадан ерекшелендіретін маңызды элементтердің бірі - шектеулер. Шектеу дегеніміз - есепті шешу кезінде өзгертуге немесе қолдануға болмайтын жағдайлар, параметрлер немесе ресурстар.

Мысалы:

- ✓ күштік кабельді толығымен ауыстыруға болмайды;
- ✓ қосымша салқындату жүйесін орнатуға орын жоқ;
- ✓ жабдықтың габаритін арттыруға болмайды;
- ✓ жоғары кернеулі ажыратқыштың жетек механизмін өзгертуге болмайды;
- ✓ жүйенің номиналды кернеуін төмендетуге болмайды;
- ✓ өндірістік процесті тоқтатуға болмайды;
- ✓ шешім құнын едәуір арттыруға болмайды.

ӨЕШТ оқу құралында шектеулер көбейген сайын есептің күрделенетіні көрсетілген. Ал талап етілетін нәтижеге бастапқы жүйені елеулі түрде өзгертпей қол жеткізу қажет болса, мұндай есеп мини-есеп ретінде қарастырылады. Электр энергетикасы үшін бұл ұғым өте маңызды.

Мысалы:

Жалпы есеп: Трансформатордың қызуын азайту. Мұнда жаңа трансформатор сатып алу да шешім болуы мүмкін.

Ал: **Мини-есеп:** Қолданыстағы трансформатордың негізгі конструкциясын, қуатын және салқындату жүйесінің габаритін өзгертпей, орам температурасын төмендету. Бұл жағдайда инженер бар жүйенің ішіндегі немесе оның жоғары жүйесіндегі ресурстарды іздеуге мәжбүр болады.

ӨЕШТ үшін дәл осындай шектеулер көбіне шығармашылық шешімге әкеледі.

6. Жалпы проблемадан нақты өнертапқыштық есепке көшу

Есепті қою кезінде үш негізгі кезеңді ажырата білу қажет:

- Бастапқы жағдайды сипаттау.
- Бастапқы жағдайдағы жағымсыз әсерлерді анықтап, өнертапқыштық жағдайды қалыптастыру.
- Қандай нәтижеге жету керектігін және қандай шектеулер сақталатынын анықтап, өнертапқыштық есепті қою.

Электр энергетикасына бейімдеп бұл үрдісті төмендегідей кеңейтуге болады: Бастапқы жағдай → техникалық жүйе → негізгі пайдалы функция → жағымсыз әсер → қажетті нәтиже → шектеулер → нақты өнертапқыштық есеп.

Мысал:

Бастапқы жағдай:

Электр тарату шкафында күштік кабель арқылы ұзақ уақыт 200 А ток өтеді.

Негізгі пайдалы функция:

электр энергиясын тұтынушыға жеткізу.

Жағымсыз әсер:

кабель мен оның контакт қосылысы қатты қызады.

Қажетті нәтиже:

температураны рұқсат етілген деңгейге дейін төмендету.

Шектеулер:

кабель қимасын үлкейтуге және шкафтың габаритін өзгертуге болмайды.

Өнертапқыштық есеп:

Қолданыстағы кабель қимасын және электр шкафының габаритін өзгертпей, 200 А жұмыс тогын сақтау кезінде кабельдің және контакт қосылысының температурасын төмендету қажет. Бұл бастапқы «кабель қызып жатыр» деген сөзге қарағанда әлдеқайда нақты есеп.

7. Себеп-салдарлық талдау

Техникалық проблеманың сыртқы белгісі оның нақты себебі болмауы мүмкін. Сондықтан ӨЕШТ-те себеп-салдарлық тізбек құру ұсынылады. Себеп-салдарлық талдау өнертапқыштық жағдайдың ішінде жасырынған бірнеше жағымсыз әсерлерді анықтауға мүмкіндік береді. Ол үшін байқалып тұрған әсерге бірнеше рет «Бұл қандай себептен болды?» деген сұрақ қойылады. Осылайша сыртқы симптомнан жүйенің тереңірек деңгейіндегі себептерге көшуге болады.

Жалпы схема: Жағымсыз әсер → Неліктен? → себеп → Неліктен? → тереңірек себеп → ... → түпкі себеп.

Мысалы: **Кабель қатты қызады.** Неліктен?

Кабельде үлкен жылулық қуат бөлінеді. Неліктен?

Өткізгіштегі шығын $P = I^2R$ жоғары. Неліктен?

Екі негізгі бағыт пайда болуы мүмкін: I жоғары немесе R жоғары.

Кедергі неге жоғары? Контакт кедергісі өскен.

Неліктен? Контакт бетінде тотығу пайда болған немесе қысу күші төмендеген.

Осы жерде біз бастапқыда көрінбеген нақты мәселеге келдік.

Мәселе «кабельдің қызуында» емес, **контакт кедергісінің өсуінде** болуы мүмкін. Онда кабель қимасын үлкейту негізгі себепті жоймайды.

8. Себеп-салдарлық тізбектің тармақталуы

Нақты техникалық жүйелерде бір жағымсыз әсердің жалғыз ғана себебі болмайды.

Мысалы: «Электр қозғалтқышында діріл жоғары» Бұл құбылыс бірнеше себептен туындауы мүмкін:

механикалық себептер:

- ротор теңгерімсіздігі;
- мойынтіректің тозуы;
- білік центрлеуінің бұзылуы;
- іргетас бекітпесінің босауы.

электр магниттік себептер:

- фазалық токтардың асимметриясы;
- ротор стерженьдерінің зақымдануы;
- статор орамындағы ақау;
- магниттік саңылаудың біркелкі болмауы.

жоғары жүйедегі себептер:

- жүктеменің соққылы сипаты;
- жетек механизмінен берілетін діріл;
- желідегі кернеу асимметриясы.

Сондықтан себеп-салдарлық тізбек көбіне түзу сызық емес, **тармақталған ағаш** түрінде болады. Нақты себеп-салдарлық тізбектер тармақталуы мүмкін, сондықтан талдауды жүйенің ішіне қарай да, жоғары жүйеге қарай да жалғастыру қажет. Жүйенің ішіне тереңдеген сайын физикалық немесе химиялық себептерге, ал жоғары жүйеге шыққанда ұйымдастырушылық немесе басқарушылық себептерге келуге болады.

9. Түпкі себепті анықтау

Түпкі себеп - жағымсыз әсердің пайда болуына тікелей немесе жанама түрде әкелетін, оны жойған кезде проблема тізбегінің маңызды бөлігі үзілуі мүмкін терең себеп. Түпкі себепті іздеу барысында инженер алғашқы кездескен түсіндірмеге тоқтап қалмауы тиіс. Мысалы: «Трансформатор неге қызып жатыр?» Жауап: «Өйткені шығын көп».

Бұл түпкі себеп емес. «Неге шығын көп?» «Орамдағы ток жоғары». «Неге ток жоғары?» «Жүктеме өскен». «Неге жүктеме өскен?» «Бірнеше жаңа тұтынушы қосылған». Бұл жерде мәселе техникалық жүйенің өзінде емес, жоғары жүйеде - электр жүктемесінің құрылымында болуы мүмкін.

Екінші тармақ: Трансформатор неге қызады? Майдың температурасы жоғары.

Неге? Май айналымы жеткіліксіз.

Неге? Радиатор каналдарының бір бөлігі ластанған.

Осы жағдайда проблема трансформатордың қуатында емес, салқындату жүйесінің күйінде.

ӨЕШТ көзқарасының маңызды ерекшелігі - бастапқы жағымсыз әсерді себеп-салдарлық тізбектің әртүрлі деңгейінде шешуге болады. Бір жағымсыз әсерден әртүрлі есептер алуға болады және олардың ішінен шешуге ыңғайлысын таңдауға болады.

Өзіндік тексеруге арналған бақылау сұрақтары

1. Жай инженерлік жағдай мен өнертапқыштық жағдайдың айырмашылығы неде?
2. Жағымсыз әсер дегеніміз не?
3. Бір техникалық жағдайда бірнеше жағымсыз әсер болуы мүмкін бе?
4. Өнертапқыштық есептің негізгі құрамдас бөліктері қандай?
5. Техникалық жүйенің негізгі пайдалы функциясын неліктен анықтау қажет?
6. Есептің шектеулері шешім іздеуге қалай әсер етеді?
7. ӨЕШТ-тегі мини-есеп дегеніміз не?
8. Себеп-салдарлық тізбек қандай мақсатпен құрылады?
9. «Қандай себептен?» сұрағын бірнеше рет қоюдың мәні неде?
10. Себептерді жүйенің ішінде және жоғары жүйеде іздеудің айырмашылығы қандай?
11. Түрлендіргіштің энергия шығынын өнертапқыштық есеп түрінде қалай тұжырымдауға болады?
12. Неліктен дайын шешімді есептің тұжырымына бірден енгізу дұрыс емес?

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.

Профессор Досболаев М.Қ.