

## Лекциялар

«Тәжірибелік жылуфизика» пәні бойынша

### 1-ші Лекция

**Тақырыбы:** Физикалық шамалар мен өлшенетін шамалар. Өлшеу және метрология. Жалпыланған өлшеулер.

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді жылуфизикалық өлшеулермен таныстыру және өлшеудегі метрологияның рөлі туралы кәсіби білімдерді алуға баулу.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** МЕТРОЛОГИЯ, ЭТАЛОН, ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА, ҮЛГІЛІ ӨЛШЕУ ҚҰРАЛДАРЫ.

#### Өлшеу теориясының негіздері. Метрологиялық негізгі түсініктер

Физикалық шамалар мен олардың қасиеттері. Физикалық шамалардың түрлері. Өлшеу туралы түсінік және өлшеу шкалалары. Метрология – белгіленген дәлдікті қамтамасыз ететін, өлшеу, өлшеу құралдары туралы ғылым саласы. Метрология өзара байланыстағы үш бөлікке бөлінеді: «Теориялық метрология», «Қолданбалы метрология» және «Заңдық метрология».

Метрологияның атқаратын жұмысы процестер мен кешендердің қасиеттері туралы белгіленген дәлдіктегі сенімді сандық ақпараттар алу. Метрологиялық құралдар – өлшеу құралдарының жиынтығы мен метрология стандарттардың ұтымды пайдаланылуы. Метрологияның негізгі түсінігі өлшеу. Арнайы техникалық аспаптардың көмегімен тәжірибе жүзінде физикалық шамалардың мәнін анықтау. Өлшеудің ғылыми мазмұны ғылымдағы теория мен практиканың байланысын табу. Өлшеусіз ғылымның дамуы мүмкін емес. Өлшеудің техникалық мазмұны – кешен туралы сандық ақпаратты алу арқылы өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз етумен қатар кешенді ұтымды басқару.

Физикалық өлшеулердің негізгі есептері болып табылады:

- Физикалық шамалардың, мемлекеттік эталондардың, үлгілі өлшеу құралдарының бірліктерін бекіту;
- Өлшеу құралдарының, әдістерінің және бақылаудың теорияларын жасау;
- Өлшеу бірліктерін қамтамасыз ету;
- Қателіктерді бағалау әдістері;
- Эталондар мен үлгілі өлшеу құралдарынан өлшем бірліктерін жұмыстық өлшеу құралдарына беру әдістерін жасау.
- Өлшеу адамдар өміріндегі ең көне дәуірден бері басталған әрекеттердің бірі. Белгілі даму формацияларында өлшеу метрологияның туындауына әкелді. Бірақ әр мемлекеттерде белгілі шамаларды өлшеуге көптеген өлшемдерді қолданулары мемлекеттердің өзара сауда жасауына кедергі бола бастады. Физикалық шамаларды унификациялау оларды кездосқықтан тәуелсіз ету үшін бірінші рет Францияда жасалды. Бірінші шама ұзындықтың өлшемі метр алынды, сол себепті жүйе метрлік жүйе деп аталады.

2003 жылы Қазақстан метрологияның дамуына 80 жылдығын атап өтті. Қазақстандағы метрологияның дамуы Ресейдегі метрологияның дамуымен тығыз байланысты. 1992 жылы Қазақстан егемендік алғаннан кейін, метрология жаңа сатыға көтерілді. Қазіргі заманғы физика жеті негізгі шамаларға құрылған: ұзындық, масса, уақыт, электр тоғының күші, термодинамикалық температура, заттың мөлшері, жарық күші. Ыңғайлылық үшін қосымша екі шама енгізілген – жазық және денелік бұрыш.

**Әдебиеттер [1-4,5,9].**

**Семинар сабақ 1.** Жылуфизикалық өлшеулерді классификациялау.

## 2-ші Лекция

**Тақырыбы:** Физикалық шамалар бірліктерін табу теориясы мен өлшемдерін беру.

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді физикалық шамалар бірліктерін табудың теориясы мен олардың өлшемдерін беру туралы кәсіби білімдерді алуға баулу.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СИ ЖҮЙЕСІ, КАНДЕЛА, АМПЕР, ТЕМПЕРАТУРА, КИЛОГРАММ, МОЛЬ, МЕТР, СЕКУНД.

Халықаралық бірліктер жүйесі (СИ). Физикалық шамалар бірлігінің жүйелерін құрудың негізгі принциптері.

Әр кешенге физикалық шама көрсететін қасиеттерінің сандық мазмұнының әртүрлілігін бекіту үшін, метрологияда өлшем және сандық мән түсініктері енгізілген.

Физикалық шаманың өлшемі – «физикалық шама» түсінігіне сәйкес белгілі кешендегі сандық қасиеттердің мазмұны.

Физикалық шаманың мәні – оның өлшемін бағалауға қабылданған бірлік ретіндегі сандар.

Өлшемділік  $\dim Q$  – дәрежелік көпмүше түріндегі форма, байланыс осы шаманың негізгі физикалық шамалармен сәйкестігін сипаттайды. Пропорционалдық коэффициент бірге тең:

$$\dim Q = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\eta \dots,$$

мұндағы L, M, T, I – осы жүйенің негізгі шамаларының белгілеулері;  $\alpha, \beta, \gamma, \eta$  – бүтін немесе бөлшек, оң немесе теріс нақты сандар. Дәрежелік көрсеткіш, өлшемділіктің көрсеткіші деп аталады. Егер барлық өлшемділіктің дәрежелері нөлге тең болса, онда бұл шама өлшемсіз.

Өлшемділіктерді көбейтуге, бөлуге, дәрежесін көтеруге және түбір астынан алуға болады. Өлшемділік қолданылады:

- бірліктерді бір жүйеден екінші жүйеге көшіруге;
- теориялық қорытылған күрделі есептеу формулаларының дұрыстығын тексеруге;
- шамалардың өзара тәуелділігін анықтауда;
- физикалық сәйкестік теориясына.

Физикалық шамалардың байланыс теңдеулерінің көмегі арқылы, белгілі - бір шамаларды басқа жүйелердегі шамаларды анықтау. Қабылданған принциптерге сәйкес физикалық шамалардың жиынтығында, біреулері тәуелсіз, ал біреулері олардың функциялары болса, онда оны физикалық шамалардың жүйелері деп атайды.

Сондықтан жеті шамалар негізгі, ал қалған шамалар туынды шамалар деп аталады. Туынды шамалар негізгі шамалар арқылы өрнектеледі.

Жүйенің атауында негізгі шамалардың символдары қолданылады. Мысалы, ұзындық – L, масса – M, уақыт – T және т.б. Қазіргі кезеңдегі СИ халықаралық жүйесі LMTQNJ, символдарымен өрнектеледі. Қазақстан Республикасында СИ жүйесі ГОСТ 8.417-81 «МӨЖ. Физикалық шамалардың бірліктері» стандартымен анықталады. Әдебиет [1-4,5,9].

**Семинар сабақ 2.** Эталондар туралы түсінік. СИ жүйесіндегі эталондар бірлігі. Өлшеу құралдарын бақылау туралы түсініктер.

### **3-ші Лекция**

**Тақырыбы:** Өлшеу қателіктері

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді жылуфизикалық шамалардың өлшеу қателіктерімен және олардың түрлерімен туралы кәсіби білімдерді алуға баулу.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** АБСОЛЮТТІК, САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ, ИНСТРУМЕНТАЛЬДЫҚ ҚАТЕЛЕР, ДИСПЕРСИЯ.

Өлшенетін шамалардың шын және нақты мәндері. Қателік туралы түсінік. Систематикалық, кездейсоқ және өрескел қателіктер. Өлшеу қателіктерінің туындау себебтері.

Өлшеу құралдары мен өлшеу нәтижелерінің сапасын, олардың қателіктерін көрсету арқылы сипаттауға болады. «Қателік» түсінігін енгізу, өлшенетін физикалық шама мен өлшеу нәтижесінің шын және нақты мәндері түсінігімен тығыз байланысты. Физикалық шаманың шын мәні – берілген кешеннің сандық және сапалық қасиеттерінің идеал мәндері. Бұл абсолюттік шындық болып табылады, бірақ біз практикада көбінесе «нақты мән» түсінігін қолданамыз. Физикалық шаманың нақты мәні – тәжірибе жүзінде алынған шын мәнге барысынша жақын, яғни оның орнына қолдануға болады. Өлшеу нәтижесі шаманың шын мәнінің жуықтау баламасы.

«Қателік» түсінігі метрологиядағы негізгі бағыт, бірақ ұғыммен қатар «өлшеу нәтижесінің қателігі» және «өлшеу құралдарының қателігі» түсініктері бірге жүреді.

Сонымен өлшеу нәтижесінің қателігі дегеніміз – өлшеу нәтижесі  $X$  пен өлшенетін шаманың шын мәнінің  $Q$  айырымы:

$$\Delta = X - Q$$

Бұл қатынас өлшенетін шама мәні аралығының анықталмандығын көрсетеді, сонымен бірге өлшеу нәтижелерінің дәлдігін сипаттайды.

Біліну сипатына байланысты қателіктер келесі түрлерге бөлінеді: кездейсоқ, систематикалық, өсетін және өрескел. Кездесек қателерді жою мүмкін емес, ол өлшеуде әруақытта кедеседі. Систематикалық қателер – өлшеу барысында тұрақты, қайталанатын өлшеулерде заңды түрде кездеседі, оның ерекшеліктері оларды алдын-ала болжауға болады және түзетулер енгізу арқылы толық жойылады. Өрескел қателерді алдын-ала болжау мүмкін емес, сол-себебті бұл қателер оператордың дұрыс жұмыс істемеуінен немесе кәсіби квалификациясының төмендігінен пайда болады. Өрескел қателер өлшеу жағдайларының күрт өзгеруіне байланысты пайда болуы мүмкін. Өрескел қателері бар нәтижелерді есепке алмайды. Сипаттауына байланысты қателер бөлінеді: абсолюттік, инструментальдық және салыстырмалы.

**Әдебиет [1,2,5,10,11,12].**

**Семинар сабақ 3.** Физикалық шамаларды өлшеу қателіктері. Математикалық күтім мен дисперсия.

#### 4-ші Лекция

**Тақырыбы:** Өлшеу қателіктері (жалғасы)

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді физикалық шамалардың өлшеу қателіктерімен және олардың түрлерімен туралы кәсіби білімдерді алуға баулу.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СТАНДАРТТЫҚ, САЛЫСТЫРМАЛЫЛЫҚ, АБСОЛЮТТІК, САЛЫСТЫРМАЛЫ, ИНСТРУМЕНТАЛЬДЫҚ ҚАТЕЛЕР, ДИСПЕРСИЯ.

Орташа және стандарттық ауытқу. Систематикалық қателіктерді табу мен жою әдістері. Қателіктерді бағалаудың негізгі принциптері. Өлшеу нәтижелерін жуықтау ережелері.

Өлшеу нәтижелеріндегі кездейсоқ қателерді олардың белгілі мәндердің маңайында орналасқанына байланысты жеңіл анықтауға болады. Нәтижелерді және кездейсоқ қателіктердің параметрлерін математикалық статистиканың әдістерімен өңделеді.

Белгілі  $x$  шамасын  $n$  тәуелсіз тәжірибелерде өлшегенде келесі сұрақ туындайды,  $x$  шамасы үшін, қандай ең жақсы бағалауды алу керек? Яғни өлшенген шаманың  $n$  табылған мәндерінің ең жақсы бағалануы орташа арифметикалық немесе орташа  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

Енді келесі түсінікті енгіземіз – стандарттық ауытқу. Өлшеу нәтижелерінің  $x_1, x_2, \dots, x_n$  -стандарттық ауытқуы - өлшеу нәтижелерінің  $x_1, x_2, \dots, x_n$  орташа қателігінің бағалануы. Егер орташа  $\bar{x}$  -  $x$  шамасының ең үздік бағалануы болса, онда  $x_i - \bar{x} = \Delta x_i$ , айырымы  $x_i$  -тің  $\bar{x}$  орташадан ауытқуы болады. Егер  $\Delta x_i$  ауытқуы өте аз болса, өлшеу нәтижелері бір-біріне жақын жатыр, яғни өте дәлірек.

Өлшеу нәтижелерінің  $x_1, x_2, \dots, x_n$  сенімділігін бағалау үшін, ауытқудың орташасын квадраттау арқылы алынған сандарды орташалап, алынған нәтижеден квадраттық түбір алсақ  $x$  шамасының бірлігіне сай шаманы аламыз. Бұл сан  $x_1, x_2, \dots, x_n$  шамаларының стандарттық ауытқуы болып табылады және оны  $\sigma_x$  арқылы белгілейді:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Сондықтан стандарттық ауытқу  $x_1, x_2, \dots, x_n$  өлшеу нәтижелерінің орташа квадраттық ауытқуы болып табылады.

Әдебиеттерде стандарттық ауытқудың басқа түрі жиі қолданылады (онда фактор  $n$  –нің орнына  $(n-1)$  факторымен алмастырылған.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

Егер бұл шаманы квадраттау арқылы дисперсияны  $\sigma_x$  аламыз.

Алынған нәтижелерден егер  $x$  шамасы өте көп болса, нәтижелердің 70 % жуықтауы  $\bar{x} \pm \sigma_x$  интервалында жатады.

Өлшенетін шамалардың орташа арифметикалық мәндерін орташа квадраттық бағалауы төмендегі формуламен анықтаймыз

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

**Әдебиет [1,2,5,10,11,12]. Семинар сабақ 4.** Нормальдық үлестірім (Гаусс үлестірімі). Сенімділік интервалы және сенімділік ықтималдылығы.

## 5-ші Лекция

**Тақырыбы:** Өлшеу нәтижелерін өңдеу.

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді техникалық өлшеулер (сызықтық өлшеулер, электрлік шамаларды өлшеу, температура мен қысымды өлшеу) туралы кәсіби білімдерді алуға машықтандыру.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СТЬЮДЕНТ КОЭФФИЦИЕНТІ, ЭЛЕКТРЛІК ШАМАЛАР, СЕНІМДІЛІК ИНТЕРВАЛЫ, СТАНДАРТТАР.

Техникалық өлшеулер (сызықтық өлшеулер, электрлік шамаларды өлшеу, температура мен қысымды өлшеу).

Метрологиялық экспериментке қажет: өлшеулерді жүргізу әдістемелерін саралау; өлшеу әдісін таңдау; қосалқа қондырғылар және өлшеу құралдары; өлшеуге дайындалу мен қатар өлшеу құралдарын байқап көру; өлшеуді орындау кезіндегі жағдайларды бақылауды орындау; өлшеудегі бақылау санын бекіту; систематикалық қателерді ескеру және оларды азайту; бақылау нәтижелерін өңдеу және бағалау; өлшеу нәтижелерін сипаттау мен жуықтау.

Тікелей көп ретті өлшеулер дәлдіктері тең және тең емес өлшеулерге бөлінеді. Дәлдіктері тең өлшеулер – бірдей жағдайлардағы дәлдіктері бірдей өлшеу құралдары арқылы өлшенген нәтижелер қатары. Өлшеу нәтижелерін өңдеу алдында, осы қатардағы барлық өлшеулердің тең дәлдікте болуына көз жеткізу қажет. Көп жағдайларда тікелей тең дәлдіктегі өлшеулердің нәтижелерін өңдеуде үлестірім мен өлшеу қателіктері қалыпты заңға бағынады. Дәлдіктері тең емес өлшеулер – дәлдіктері әртүрлі және әр жағдайлардағы шамаларды өлшеу. Осындай өлшеулерді өңдеу күрделі.

МЕМСТ 8.207-76 «МӨЖ. Көп бақыланатын тікелей өлшеулер. Бақылау нәтижелерін өңдеу әдістері. Негізгі қағидалар» стандартына сәйкес дәлдіктері тең көп өлшенген тікелей өлшеулердің нәтижелерін өңдеу тәртібі.

1. Түзетулер енгізу арқылы, өлшеу нәтижелерінен белгілі систематикалық қателіктерді жою.
2. Түзетілген нәтижелердің орташа арифметикалық ( $\bar{x}$ ) шамасын анықтап, оны өлшенетін шаманың шын бағалауы ретінде қабылдау.
3. Жеке нәтиже және орташа арифметикалық өлшеулердің орташа квадраттық қателігін есептеуді жүргіземіз.
4. Бақылау нәтижелерінің қалыпты үлестірімі туралы гипотезаны тексереміз.
5. Өрескел қателіктерді анықтап, оларды қайта өлшейміз.
6. Кездейсоқ қателіктердің сенімділік шекарасын 0,95 сенімділік ықтималдылықтағы Стьюдент үлестірімі кестесінен аламыз.
7. Жойылмаған систематикалық қателіктің аралығын анықтау.
8. Өлшеу нәтижесі қателігінің сенімділік шекарасын анықтау. Егер систематикалық қателікті есепке алмасақ, сенімділік шекарасы, тек кездейсоқ қателікпен байланысты  $\Delta = t_c \cdot \sigma_{\bar{x}}$ , мұндағы  $t_c$  - Стьюдент коэффициенті.
9. Қателікті есепке алу арқылы өлшеу нәтижелерін жазу.

Тікелей көп өлшеулер көбінесе лабораториялық өлшеулерге жатады. Өндірістік процестердегі өлшеулер көбінесе бір реттік өлшеулер кездеседі. Тікелей бір реттік өлшеулердің нәтижелерін өңдеу әдістері МИ 1552-86 «МӨЖ. Бір реттік тікелей өлшеу. Өлшеу нәтижелерін бағалау» стандартында ұсыныс ретінде келтірілген.

Берілген методика қолданылады: егер қателіктердің құраушылары белгілі болса; кездейсоқ құраушылары нормальдық үлестірім заңына сәйкес, ал жойылмайтын систематикалық қателіктер бірқалыпты аралықта берілген. **Әдебиет [1,2,5,6,10,11].**

**Семинар сабақ 5.** Өлшеу нәтижелерін өңдеу әдістері. Ен кіші квадраттау әдісі.

## 6-шы Лекция

**Тақырыбы:** Өлшеу нәтижелерін өңдеу (жалғасы)

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді техникалық өлшеулер (сызықтық өлшеулер, электрлік шамаларды өлшеу, температура мен қысымды өлшеу) туралы кәсіби білімдерді алуға машықтандыру.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СТЮДЕНТ КОЭФФИЦИЕНТІ, ЭЛЕКТРЛІК ШАМАЛАР, СЕҢІМДІЛІК ИНТЕРВАЛЫ, СТАНДАРТТАР.

Жанама өлшеулердің нәтижелерін өңдеу. Жанама өлшеулердің қателіктері. Кездейсоқ және систематикалық қателіктердің қосындысы.

Физикалық шамалардың көбісін тікелей өлшеу мүмкін емес, сол себепті оларды анықтау екі этаптан тұрады. Алғашқыда бір немесе бірнеше  $x, y, \dots$  тікелей өлшенетін шамаларды анықтап, олардың көмегімен белгісіз шамаларды есептеуге болады. Өлшенген  $x, y, \dots$ -ің мәндерін пайдалану арқылы анықталынатын шаманы табамыз. Мысалы тікбұрыштың ауданын табу үшін, оның ұзындығы  $l$  мен биіктігін  $h$  өлшеп, одан кейін ауданын  $S = lh$  формуласы арқылы есептелінеді.

Егер өлшеу екі этаптан тұратын болса, онда қателікті бағалауда да оларды есепке аламыз. Алғашында тікелей өлшенетін шамалардың қателіктерін бағалаймыз, одан кейін бұл қателіктер есептеулерде қолданылу арқылы соңғы есептелінетін қателіктерге алып келетінін анықтаймыз. (Қосынды қателіктерді өлшеудің басқа әдісі. Егер өлшеулерді бірнеше рет қайталасақ, ал сонымен қатар табиғаттағы барлық қателіктердің кездейсоқтығына сенетін болсақ, өлшенетін шамадағы жанама қателерді орташа квадраттық ауытқу және орташа арифметикалық қатенің орташа квадраттық ауытқуы арқылы бағалауға болады).

Сонымен жанама өлшеу – анықталатын  $q$  – ің мәнін белгілі тәуелділіктің негізінде  $q = f(x, y, \dots, z)$ , мұндағы  $x, y, \dots, z$  тікелей өлшеулердегі алынған мәндер – көмегімен анықталады. Функциональдық тәуелділігіне байланысты  $f$  екі негізгі бөлікке бөлінеді – сызықтық және сызықтық емес.

Соңғы нәтиженің шығару жолдарына тоқталмай, алынған өрнекті келтірейік.

Егер  $x, y, \dots, z$  шамалары  $\Delta x, \Delta y, \dots, \Delta z$  қателіктермен өлшенген деп пайымдау арқылы, өлшенген мәндер  $q(x, y, \dots, z)$  функцияларын есептеуге қолданылады. Егер  $x, y, \dots, z$  қателіктері тәуелсіз және кездейсоқ болса, онда  $q$  қателігі тең

$$\Delta q = \sqrt{\left[ \left( \frac{\partial q}{\partial x} \Delta x \right)^2 + \left( \frac{\partial q}{\partial y} \Delta y \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial q}{\partial z} \Delta z \right)^2 \right]}, \quad (1)$$

мұндағы  $\Delta q$  – жанама өлшеудің абсолюттік қателігі;  $\Delta x, \Delta y, \dots, \Delta z$  – өлшенген  $x, y, \dots, z$  нәтижелері аргументтерінің орташа мәндерінен ауытқуы;  $\frac{\partial q}{\partial x}, \frac{\partial q}{\partial y}, \dots, \frac{\partial q}{\partial z}$  –  $q$  функциясының  $x, y, \dots, z$  бойынша дербес туындылары.

Бұл шама ешқашан кәдімгі қосындыдан үлкен емес

$$\Delta q \leq \left| \frac{\partial q}{\partial x} \right| \Delta x + \left| \frac{\partial q}{\partial y} \right| \Delta y + \dots + \left| \frac{\partial q}{\partial z} \right| \Delta z. \quad (2)$$

Қосынды қателіктерді оның құраушыларының белгілі бағалануын пайдаланып есептеуге болады. МЕМСТ 8.207-76 стандартына сәйкес өлшеу нәтижесінің қателіктері келесі ережелер арқылы анықталады. Егер жойылмаған систематикалық қателіктің  $\theta$  шекарасы және өлшеу нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуы  $S$  өзара келесі қатынаспен байланысқан  $\theta < 0,8S$ , олай болса систематикалық қателіктің құраушысын ескермей тек нәтиженің кездейсоқ қателігін есепке аламыз. Ал, келесі теңсіздік орындалатын болса  $\theta > 0,8S$ , онда кездейсоқ қателік құраушысын ескермей нәтижені тек систематикалық қатемен сипаттаймыз  $\Delta = \theta$ . Практикада нәтижелердің қосынды қателіктерін систематикалық және кездейсоқ қателіктерінің квадраттарының қосындысынан түбір аламыз. Мұндай тұжырымдау қатаң дәлелденбейді. Алынған өрнектің мағынасы онша түсінікті емес, бірақ физикалық шамаларды өлшейтін приборлардағы систематикалық қателіктерді жоюға

мүмкіндік жоқ жағдайлардағы алынған нәтижелерді сипаттауға болады. **Әдебиет [1,2,5,10,11,12].**

**Семинар сабақ 6.** Өлшеу нәтижелерін өңдеу. Ең кіші квадраттау әдісі (жалғасы).

## 7-ші Лекция

**Тақырыбы:** Өлшеу сигналдары

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді сигналдардың әртүрлі қасиеттері бойынша классификациялау, элементар және күрделі өлшеу сигналдарының математикалық моделдері туралы түсініктер туралы кәсіби білімдерді алуға машықтандыру.

**Негізгі қолданылатын сөздер:.. СИГНАЛ, АНАЛОГТЫҚ, ДИСКРЕТТІК, ПЕРИОДТЫ, КВАНТТАУ, ИМПУЛЬС, КВАЗИ, МОДУЛЯЦИЯ, ГАРМОНИКА.**

Сигналдарды әртүрлі қасиеттері бойынша классификациялау. Элементар және күрделі өлшеу сигналдарының математикалық моделдері туралы түсініктер.

Кейбір физикалық процестегі параметрлер физикалық шамамен функциональдық байланыстағы ақпаратты тасымалдауды сигнал деп атаймыз. Бұл параметрді ақпараттық дейміз.

Өлшеу сигналы – өлшенетін физикалық шамадағы сандық ақпарат. Өлшеу сигналдарының түрлері өте көп.

Ақпараттық және уақытша параметрлерді өлшеу сипаты бойынша, өлшеу сигналдары бөлінеді: аналогтық, дискреттік, сандық. Аналогтық сигнал дегеніміз – үздіксіз немесе үздіксіз-бөлікті функциямен  $Y_a(t)$  сипатталынатын, бірақ бұл функцияның өзі және аргументі  $t$  берілген интервалдар  $Y_a(t) \div (Y_{\min}; Y_{\max})$  және  $t \div (t_{\min}; t_{\max})$  аралығында кез-келген мәндерді қабылдайды. Дискреттік сигнал дегеніміз – уақыт немесе деңгейлер бойынша дискреттік өзгеретін сигналдарды атаймыз. Бірінші жағдайда дискреттік уақыт мезетінде  $nT$ , мұндағы  $T = \text{const}$  – дискреттеу интервалы (периоды),  $n = 0; 1; 2; \dots$  бүтін  $Y_d(nT) \div (Y_{\min}; Y_{\max})$  кез-келген мәндері таңдама немесе санақ деп аталады. Мұндай сигналдар торлық функциялармен сипатталынады. Екінші жағдайда  $Y_d(t)$  сигналының мәні  $t \div (t_{\min}; t_{\max})$  кез-келген уақыт мезетінде болады, бірақ олардың қатары шектелген  $h_i = nq$ . Сандық сигналдар – деңгейлер мен уақыт бойынша дискреттелініп квантталған сигналдар  $Y_{ц}(nT)$  кванттық торлық функциялармен сипатталынады, дискреттік уақыт мезетінде  $nT$ ,  $h_1, h_2, \dots, h_n$  кванттау деңгейлері бойынша, тек соңғы дискреттік мәндерге ие болады.

Уақыт бойынша өзгеру сипатына байланысты сигналдар бөлінеді: тұрақты, айнымалы. Тұрақты сигналдар өлшенетін сигналдардың ең қарапайым түрі, ал айнымалы сигналдар уақыт бойынша үздіксіз немесе импульстік болуы мүмкін. Параметрлері үздіксіз өзгеретін сигналдарды үздіксіз сигнал дейміз. Импульстік сигнал – соңғы энергияның сигналы, шектелген уақыт аралығындағы нөлге тең емес, жүйедегі ауыспалы режимнің аяқталу уақытымен парапар, осы жүйеге әсер ететін сигнал.

Болжамдық ақпараттың болуына байланысты айнымалы өлшеу сигналдары бөлінеді: кездейсоқ, алдын-ала белгілі немесе квази алдын-ала белгілі. Алдын-ала белгілі сигнал – бұл сигналдың өзгеру заңдылығы белгілі, ал үлгісінде белгісіз параметрлер жоқ. Алдын-ала белгілі лездік сигналдың мәндері кез-келген уақыт мезетінде белгілі. Квази алдын-ала белгілі сигналдар – уақыт бойынша өзгеру заңдылықтары аздап белгілі, бір немесе бірнеше белгісіз параметрлері бар. Өлшенетін сигналдардың көбісі квази алдын-ала белгілі.

Бұл сигналдар бөлінеді: элементар және күрделі (импульстік және модуляцияланған). Сигналдар периодты немесе периодты емес. Периодты емес сигналдар: ауыспалы және периодты сигналға жуықтау болып бөлінеді. Периодты сигналға жуықтау дегеніміз: егер оның мәні уақытша аргументке таңдалынған санды қосу арқылы алынған мәндер жуықтап қайталанса. Периодты сигнал осындай сигналдардың дербес түрі. Жуықтау периодты функциялары алынады, егер периодты функцияларға өлшеуге сәйкес емес

периодтарды қоссақ мысалы  $Y(t) = \sin(\omega t) + \sin(\sqrt{2}\omega t)$ . Ауыспалы сигналдар физикалық жүйелердегі ауыспалы процестерді сипаттайды. Периодты сигналдар – тұрақты уақыт интервалы бойынша қайталанатын сигналдар. Бұл сигналдар гармоникалық деп аталынады (бір гармоника) немесе полигармоникалық (гармоникалар көп). **Әдебиет [1,2,5].**

**Семинар сабақ 7.** Өлшеу ақпараттарын түрлендіру, сақтау және беру жолдары. Аралық бақылау № 1.

## 8-ші Лекция

**Тақырыбы:** Өлшеу құралдары

**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді өлшеу құралдарының түрлері, аналогтық және сандық өлшеу приборлары, калибровкалау, өлшеу құралдарының мөлшерленген метрологиялық сипаттамалары, класс дәлдіктері туралы кәсіби білімдерді алумен қатар, тәжірибе жүргізуге машықтандыру.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СИГНАЛ, АНАЛОГТЫҚ, ДИСКРЕТТІК, КВАНТТАУ, ИМПУЛЬС, МОДУЛЯЦИЯ, АВТОМАТТАНДЫРУ.

Өлшеу құралдарының түрлері. Аналогтық және сандық өлшеу приборлары. Өлшеу құралдарын калибровкалау. Мемлекеттік метрологиялық бақылау және қадағалау.

«Өлшеу құралы» метрологиядағы ең басты маңызды түсініктердің бірі. Өлшеу құралы деп – өлшеулердегі қолданылатын мөлшерленген метрологиялық сипаттамалары бар техникалық қондырғыларды атаймыз (МЕМСТ 16263-70). Өлшеу құралдары келесі екі функциядан құралатын, әртүрлі конструктивті дайын қондырғыларды біріктіретін жалпылама түсінік:

- берілген (белгілі) өлшемнің шамасын береді, мысалы, гиря – берілген массаны, кедергілер магазині – кедергінің дискретті мәндер қатарын береді;
- шығырылған сигнал (көрсеткіш) өлшенетін шаманың мәні туралы ақпаратты береді. Өлшеу құралының көрсетуі адам ағзасының органдарымен тікелей (мысалы, көрсеткіші бар және сандық приборлардың көрсеткіштері) қабылданады, немесе адам қабылдауы мүмкін емес, сондықтан басқа өлшеу құралдарымен түрлендіруге пайдаланылады.

Ғылым мен техниканың әртүрлі саласында қолданылатын өлшеу құралдары өте көп. Қолдану саласына тәуелсіз, бірақ барлық өлшеу құралдарына тән, осы көп жиынтықтан жалпы сипаттарды бөліп алуға болады. Бұл сипаттар әртүрлі өлшеу құралдарының классификацияларының негізі болып табылады.

Өлшеу құралдарының бірлігін қамтамасыз ету рөліне байланысты, ӨҚ бөлінеді:

- метрологиялық мақсаттарға арналған, метрологиялық (үлгілі) - бірліктерді шығару және оны сақтау немесе жұмыстық өлшеу құралдарына өлшем бірлігін беру;
- өлшем бірлігін беруге байланысты емес, өлшеуге қолданылатын жұмыстық .

Өлшеу құралдарының үлгілі және жұмыстық бөлінуінің маңызы, олардың құрылымына немесе дәлдігіне емес, қолдану аясына байланысты. Практикада қолданылатын приборлардың көбісі екінші бөлікке жатады. Метрологиялық өлшеу құралдары онша көп емес. Олар арнайы ғылыми-зерттеу орталықтарында жобаланып, шығарылып, сол жерде жұмыс істейді.

Автоматтандыру деңгейіне байланысты өлшеу құралдары үш бөлікке бөлінеді: автоматтандырылмаған; автоматтандыру режимінде бір немесе өлшеу операциясының бір бөлігі автоматтандырылған; толық автоматтандырылған - өлшеудің бәрі және барлық операциялар автоматтандыру режимінде (нәтижелерді өңдеу, тіркеу, ақпараттарды беру және т.б.). Қазіргі кезеңде автоматтандырылған және автоматтық өлшеу құралдары көп қолданыста.

Стандарттау деңгейі бойынша өлшеу құралдары бөлінеді:



- стандартталған, мемлекеттік және салалық стандарттардың талабына сәйкес жасалған;
- стандартталмаған (ерекше) арнай өлшеу есебіне арналған, стандарттаудың керегі жоқ.

Өлшеу құралдарының көбісі стандартталған. Оларды сериялы түрде өндіріс орындары шығарады және міндетті түрде мемлекеттік тексерістен өтеді. Стандарттық емес өлшеу құралдары мемлекеттік тексерістен өтпейді, бірақ олардың сипаттамалары метрологиялық аттестациялау арқылы анықталады.

Өлшенетін физикалық шамаға байланысты өлшеу құралдары бөлінеді: негізгі – өлшеу есебіне сәйкес алынатын физикалық шаманың мәнін алуға керекті өлшеу құралы; қосымша – белгіленген дәлдіктегі нәтижелерді алу үшін, негізгі өлшеу құралына немесе өлшеу кешеніне әсер ететін физикалық шаманы өлшейтін өлшеу құралы. Өлшеу процесіндегі және орындайтын функцияларына байланысты өлшеу құралдары арнайы классификатор арқылы анықталады. **Әдебиет [1,2,5].**

**Семинар сабақ 8.** Өлшеу құралын таңдау. Өлшеу құралдарының класс дәлдіктері. Өлшеу құралдарының метрологиялық сенімділігі.

## 9- шы, 10 – шы Лекциялар

**Тақырыбы:** Өлшеу құралдарының метрологиялық сипаттамаларын бағалау және бақылау.

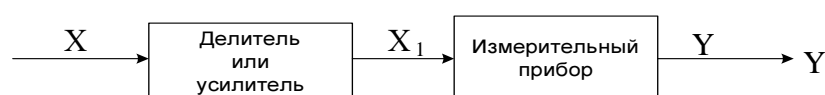
**Лекцияның мақсаты:** магистрлерді өлшеу құралдарының нақты жағдайлардағы қасиеттері мен оларды қолдану. Өлшеу құралдарының мөлшерленген метрологиялық сипаттамалары, класс дәлдіктері туралы кәсіби білімдерді алумен қатар, тәжірибе жүргізуге машықтандыру.

**Негізгі қолданылатын сөздер:** СИГНАЛ, АНАЛОГТЫҚ, ДИСКРЕТТІК, КВАНТТАУ, ИМПУЛЬС, МОДУЛЯЦИЯ, АВТОМАТТАНДЫРУ.

### 1. Тікелей салыстыру әдісі

Өлшеммен салыстырылады физикалық шама немесе оған пропорционал шама. Бұл кезеңде өлшем өлшеуіш прибордың ішінде, немесе өлшеу шкаласы ретінде.

#### Әдістің құрылымдық блок-схемасы

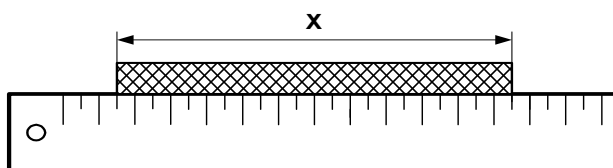


Бұл әдістің бірнеше орындалу түрлері бар.

#### 1.1. Тікелей бағалау әдісі

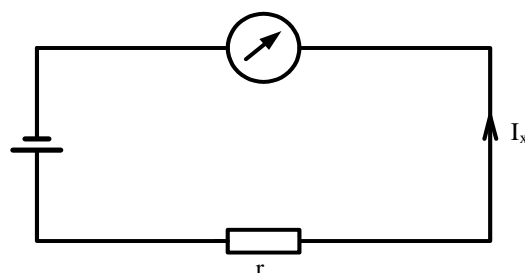
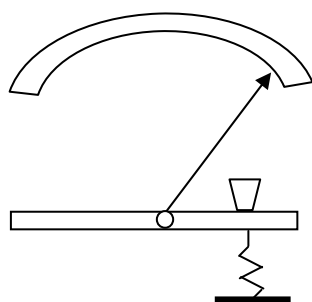
Бұл өлшеудің ең қарапайым түрі – өлшенетін физикалық шама біртекті өлшеммен тікелей салыстырылады (еш түрлендірусіз).

**Мысал.** Ұзындықты сызғышпен өлшеу.



### 1.2. Тікелей түрлендіру әдісі

Әдісте барлық өлшенетін физикалық шама тізбектей жалғанған өлшеу тізбегімен түрлендіргеннен



соң өлшеммен салыстырылады.

**Мысал 1.** Жүктің салмағы пружиналық таразының көмегімен өлшенеді. Мұнда жүктің салмағы таразы көрсеткішінің бұрылу бұрышымен түрлендіріледі.

**Мысал 2.** Тізбектің бөлігіндегі тоқты амперметрдің көмегімен өлшейміз. Мұнда тоқ амперметр көрсеткішінің бұрылу бұрышын түрленеді.

### 1.3. Алмастыру әдісі

Бұл әдіс екі этапта жүреді.

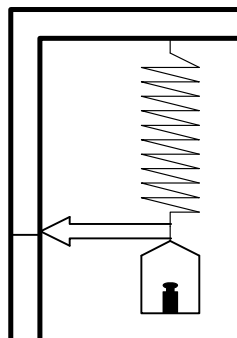
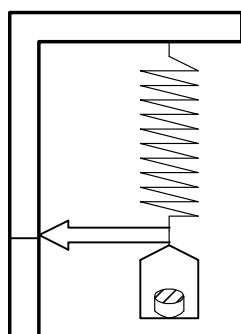
**Мысал.** Жүкті өлшеу.

1 – ші этапта пружинаға жүк ілінеді де шкалада белгіленеді.

3 – ші жүкті өлшеммен алмастырады (гирлердің жиынтығы), белгімен сәйкес келгенше. Әдістің негізгі артықшылығы – прибордың систематикалық қателіктері өте аз.

1 этап

2 этап



## 2. Масштабтық түрлендіру әдісі

Әдісте тікелей түрлендіру процесінде өлшеу күшейтіледі немесе (көбейтіледі), яғни өлшенетін шаманың бөлімі әлсіреу арқылы. Бұл әдістер келесі түрде болады:

### 2.1. Тұйықтау әдісі

**Мысал.** Тізбектің бөлігіндегі тоқты шунталған амперметрдің көмегімен өлшейміз. Шунт прибордың орамына параллель жалғанған кішкене кедергі. Амперметрдің көрсетуі  $I_A$  өлшенетін  $I_x$  токпен келесі қатынас арқылы байланысады

$$I_A = \frac{R_{ш}}{R_A + R_{ш}} I_x = \frac{1}{1 + \frac{R_A}{R_{ш}}} I_x$$

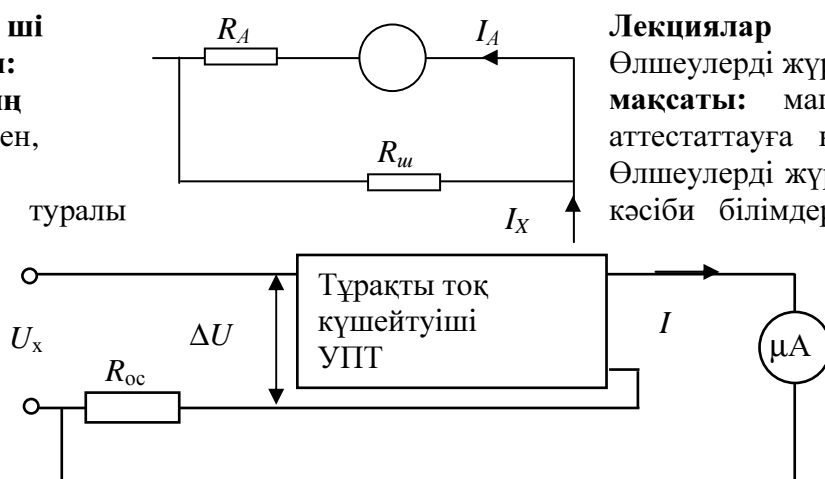
Әдебиет [1,2,3,4,5]

**11-ші, 12 – ші  
Тақырыбы:**

**Лекцияның**  
түсініктермен,  
талаптар.  
жасау туралы

тәжірибе

**Негізгі  
сөздер:.**



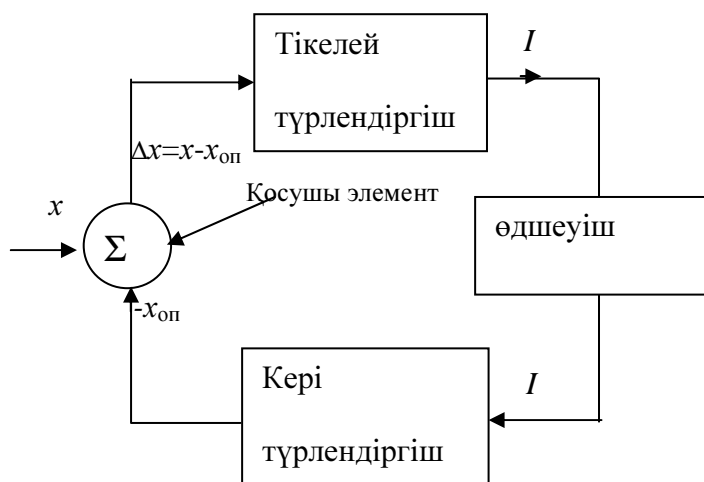
**Лекциялар**

Өлшеулерді жүргізу әдістемелері.  
**мақсаты:** магистрлерді негізгі  
аттестаттауға қойылатын жалпы  
Өлшеулерді жүргізу әдістемелерін  
кәсіби білімдерді алумен қатар,

жүргізуге  
машықтандыру.  
**қолданылатын**  
МВИ,  
АТТЕСТАЦИЯ,  
КОРРЕЛЯЦИЯ,  
АНАЛОГТЫҚ,

ДИСКРЕТТІК, КВАНТТАУ, ИМПУЛЬС, МОДУЛЯЦИЯЛАУ.

**Әдістің құрылымдық блок-схемасы**



2.2.Бақыланатын тепе-теңдестіру әдісі

Әдістің ерекшелігі тізбектегі теріс кері байланыстың болуы ( $\beta$  - тізбек), ол тура түрлендіруді де қамтиды ( $K$  - тізбек). Осыған байланысты өлшеуіш прибордың кірісіне сигналдардың бәрі келмейді.

Тікелей тізбектің  $K$  – түрлендіру коэффициентін көбінесе **күшейту коэффициенті**; ал кері түрлендіру коэффициентін  $\beta$  әріпімен белгілейді.

Функциональдық блок-схемадан:  $I=K \cdot \Delta x$ ,  $x_{оп}=\beta \cdot I$ ,  $\Delta x=x-x_{оп}$ . Болатыны көрініп тұр, яғни осы қатыстардан  $I = \frac{K}{1+\beta K} x$  қатынасын табамыз. Бұл схема тұрақты және айнымалы сигналдарды

өлшеуге қолдануға болады, ал электрлік, электрлік емес шамаларды электрлік емес әдістермен өлшенеді. Бұл схемада өлшем өлшеу приборының ішінде (өлшеу шкаласы).

**Мысал.** Орындалуының ең қарапайым түрі – кернеуді тоқа (ТТК) тұрақты тоқ күшейткішінің көмегімен өлшеуге болады.

Бұл схемадағы кедергінің мәні  $R_{ос}$  кері байланыс коэффициентіне сәйкес  $\beta$ . Күшейткіштің күшейту коэффициенті  $K$  тікелей тізбектің түрлендіру коэффициентіне сәйкес.

Мұндағы  $I=K\Delta U$ ,  $\Delta U=U_x-IR_{oc}$ . Бұл схемада  $\Delta U \ll U_x$ . Амперметр өлшейтін тоқ кернеуге тура пропорционал:  $I = \frac{K}{1 + R_{oc}K} U_x$ .

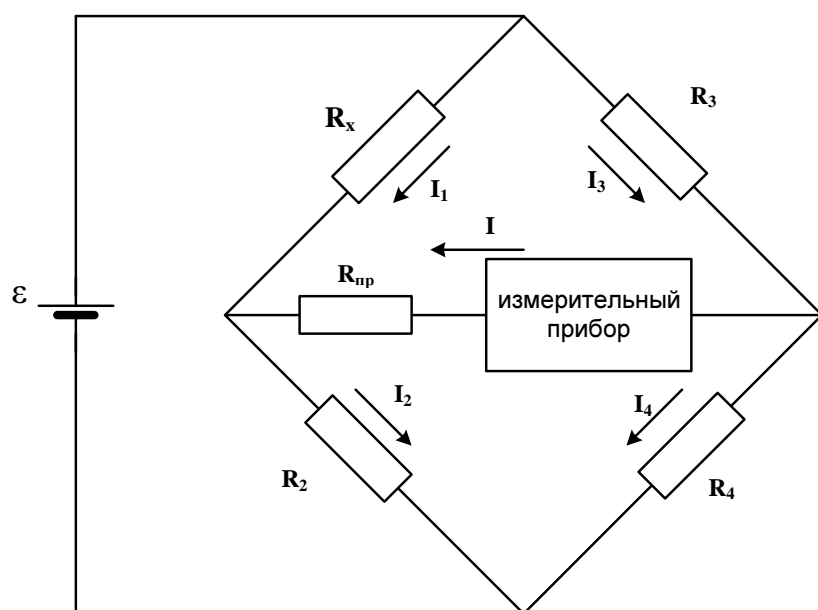
### 2.3. Мосттық әдіс

Бұл әдіс пассивтік физикалық шамаларды өлшеуге кеңінен қолданылады (параметрлік кешендерді: кедергі, индуктивтілік, сымдылық және т.б). Әдісте өлшенетін физикалық шаманың өзгерісі электрлік кедергі  $R_x$ , өзгерісін әдісте өлшеу арқылы.

Үш кедергінің тоғы мен кедергілерін білу арқылы белгісіз кедергіні табуға  $R_x R_4 = R_2 R_3$  тоқ нөлге тең. Бұл жағдайда мост тепе-теңдікте тұр.

Өлшеуіш прибор арқылы өтетін тоқты (Сурет.1) келесі формула арқылы есептеуге болады

$$I = E \frac{R_x R_4 - R_2 R_3}{(R_x + R_2)[R_3 R_4 + R_{np}(R_3 + R_4)] + (R_3 + R_4)R_x R_2}$$



Сурет.1

Әдебиет [1,2,3,4,5,7,8]

