

Автоматтандыру және басқару  
(кафедра)

Метрология және өлшеу  
(пәні)

# Өлшеу түрлері. Физикалық шамалардың бірліктерін көрсету мен оларға өлшем беру негіздері

Дәріс №\_\_\_\_  
1 академический час

- Искакова Айгуль Малдыбековна  
(дәріс берушінің аты-жөні)
- iskakova1979@mail.ru  
(дәріс берушінің электрондық почтасы )

## ДӘРІСТІҢ ЖОСПАРЫ

- 1. Өлшеу түрлері. Физикалық шамалардың бірліктерін көрсету мен оларға өлшем беру негіздері**
- 2. Физикалық шамалар мен олардың бірліктер жүйесі**
- 3. Физикалық шамалардың бірліктер жүйесін құру принциптері**
- 4. Өлшем бірліктері туралы түсініктемелер**

## **Өлшеу түрлері. Физикалық шамалардың бірліктерін көрсету мен оларға өлшем беру негіздері**

Өлшеу жіктемелерінің мақсатқа сәйкестігі, яғни осы түсініктеменің топтарға бөлінуі, өлшеуді орындау әдістемелерін өңдеу мен нәтижелерді қайта өңдеу қолайлығымен орындалады. Өлшеу белгілердің қатары бойынша жіктелуі мүмкін.

*Өлшеу дәлдігі* – нәтижелері өлшенетін шаманың нақты мәнге жуықтығын көрсететін өлшеу көрсеткіштері. Дәлдікті сан ретінде ықтималды қателіктің модуліне кері шамамен көрсетуге болады.

*Өлшеу дұрыстығы* – нәтижелердің жүйелік қателіктерінің нөлге жуықтығын көрсететін өлшеудің сапасы ретінде анықталады. **Өлшеу сапасының маңызды бір көрсеткіші – оның ақиқаттығы; ол өлшем нәтижесіне сенімділікті сипаттайды және оларды екі категорияға бөледі: сәйкес шамалардың шын мәнінен ауытқуының ықтималды сипаттамаларының белгілі немесе белгісіздігіне байланысты ақиқатты және ақиқат емес.**

Ең көп тарағаны *өлшеу нәтижесін алудың жалпы тәсілдері бойынша жіктелу*. Осы белгіге байланысты өлшеу **тура, жанама, бірігіп және тұтас өлшеу** болып бөлінеді.

*Тура өлшеу* деп шаманың белгісіз мәнін тікелей ӨЖ көрсеткіштері бойынша табуды айтамыз. Мысалы, таразы арқылы өлшенетін масса, термометрмен температураны, вольтметрмен кернеуді өлшеу жатады.

*Жанама өлшеу* – ол шаманың мәнін бірдей жағдайда жүргізілген тура өлшеумен алынған шамалар арасындағы белгілі тәуелділік негізінде өлшеу болып табылады. Мұндай өлшеулердің метрологиялық тәжірибеде маңызды мәні бар. Олардың негізінде, мысалы, алғашқы эталондармен алынған негізгі шамалардың бірліктер эталондарымен жазылған мәндерді орнату.

Жалпы жағдайда  $Y$  өлшенетін шаманы тура өлшеу арқылы алынған  $X_1, X_2, \dots, X_n$  шамаларымен байланыстыратын тәуелділікті мына түрде беруге болады

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (2.1)$$

Мысалы,  $\rho = m/V$  тығыздықты  $m$  масса мен  $V$  көлемді тура өлшеу нәтижесі арқылы өлшеу; активті  $R = U/I$  кедергіні  $U$  кернеу мен  $I$  токты тура өлшеу нәтижесі арқылы өлшеу.

F функционалды тәуелділіктің түрі бойынша жанама өлшеуді мына түрлерге бөледі:

- СЫЗЫҚТЫ  $Y = \sum_{i=1}^n K_i X_i$  тәуелділікпен, мұндағы  $K_i$  –  $i$ -ші аргументтің тұрақты коэффициенті;
- СЫЗЫҚТЫ  $Y = \prod_{i=1}^n f(X_i)$  тәуелділікпен, мұндағы  $f(X_i)$  – кейбір функциялар;
- аралас  $Y = \sum_{i=1}^n \left[ \prod_{j=1}^m f_j(X_j) \right]$  типті тәуелділікпен өлшеу.

Y пен X арасындағы байланыстың түрі жанама өлшеу қателіктерінің есебін анықтап береді.

Қазіргі заманғы микропроцессорлы өлшеу аспаптарында көбінесе белгісіз өлшенетін шаманы өлшеу аспаптың “ішінде” жүргізіледі. Бұл жағдайда өлшеу нәтижесі тура өлшеуге сипатты тәсілмен анықталады, және есептің әдістемелік қателігін жеке өлшеу мүмкін және қажет емес. Ол өлшеу аспабының қателігіне жатады. Осындай өлшеу құралдарымен жүргізілген өлшеулер тура өлшеуге жатады. Жанама өлшеуге есептеу тек қолмен немесе автоматты жүргізілетін өлшеулер жатады, ол тек тура өлшеу нәтижелерін алғаннан кейін ғана орындалады. Бұл жағдайда есептің қателігі тек жеке есептеледі. Мұндай жағдайға сипатты мысал болып компоненттеріне жеке-жеке метрологиялық сипаттамалар мөлшерленген өлшеу жүйелері жатады.



*Жиынтық өлшеу* деп бірнеше біртекті шамалардың бірмезгілде өлшенуін айтамыз, ол кезде олардың белгісіз мәндерін осы шамаларды әртүрлі үйлесімділікте тура өлшеу кезінде алынған теңдеулер жүйесін шешумен табады. *Бірігіп өлшеу* деп екі немесе бірнеше біртекті шамаларды олардың арасындағы тәуелділікті орнату үшін бірмезгілде өлшеуді айтамыз. Келтірілген анықтамалардан, бұл екі өлшеу түрлері бір-біріне ұқсас екені көрініп тұр. Айырмашылығы, бірігіп өлшеу кезінде бірнеше біртекті шамалар бірмезгілде анықталады да, ал жиынтық өлшеу кезінде - әртүрлі текті шамалар бір мезгілде анықталады.

Жанама, бірігіп және жиынтық өлшеулер жалпы бірдей маңызды қасиеттермен біріктіріледі: олардың нәтижелері өлшенетін шамалар мен тура өлшеуге жүгінетін шамалар арасындағы белгілі функционалды тәуелділік бойынша есептеп анықталады.

*Дәлділік сипаттамасы бойынша* өлшеулер тең дәлдікте және тең емес дәлдікте деп бөлінеді. *Тең дәлдікте* деп СИ дәлдігі бойынша бірдей және бірдей жағдайларда орындалатын қандай да бір ФШ-ды өлшеуді айтады. Сәйкесінше, *тең емес дәлдікте* деп СИ дәлдігі бойынша әртүрлі (немесе) әртүрлі жағдайларда орындалатын ФШ-ды өлшеуді айтады. Тең дәлдіктегі және тең емес дәлдіктегі өлшеу нәтижелерін өңдеу әдістемелері әртүрлі болып келеді.

- *Өлшенетін шаманың өзгеру байланысы* бойынша өлшеулер статикалық және динамикалық болып бөлінеді.
- Өлшенетін шаманың өзгеру жылдамдығының әсерінен туған қателіктер *динамикалық* деп аталады.
- *Статикалыққа* өзгеру уақыты барысында өзгермейтін нақты өлшеу есептеріне сәйкес алынған ФШ-ды өлшеу жатады. *Динамикалық өлшеулер* – ФШ-ның өлшемі бойынша өзгертін өлшеуді айтамыз. Өлшеулерді статикалық пен динамикалық түрге жатқызу белгілері болып өлшенетін шаманың берілген өзгеру жылдамдығы немесе жиілігі кезіндегі және ӨЖ-нің берілген динамикалық қасиеті кезіндегі динамикалық қателікті айтамыз. Оны біршама аз деп алайық (шешілетін өлшеу есебінде). Бұл жағдайда өлшеуді *статикалық* деп алсақ болады. Көрсетілген талаптар орындалмаған жағдайда ол динамикалық болып саналады.

- *Метрологиялық белгіленуіне* байланысты өлшеулер техникалық және метрологиялық болып бөлінеді. *Техникалық* өлшеулер жұмыс істеуші СИ арқылы жүргізіледі. *Метрологиялық* өлшеулер ФШ-дың бірліктерін олардың өлшемдерін жұмысшы СИ-ге беру үшін көрсету мақсатында орындалады.
- Метрологиялық өлшеулер кезінде қателіктер қажетті ретпен ескеріледі, ал техникалық өлшеу кезінде алдымен берілген тәжірибелік тапсырманы шешу үшін жеткілікті берілген қателік ескеріледі.

## 2.1 Физикалық шамалар мен олардың бірліктер жүйесі

- Ғылымда, техникада және күнделікті өмірде адам бізді қоршаған физикалық объектілердің әртүрлі қасиеттерімен кездеседі. Бұл қасиеттерге объектілердің бір-бірі арасындағы өзара әсерлесу процестері жатады. Олар тікелей физикалық шамалармен беріледі. Әрбір объект үшін физикалық шамамен берілген қасиеттерін мөлшерлі көлемде орнату үшін метрологияда олардың өлшемдері мен мәндері деген ұғым енгізілген.
- *СИ (өлшеу жүйесі) өлшем мен салмақ жөніндегі* Бас конференцияның шешімі бойынша негізгі бірліктердің анықтамалары:
- **Метр** –  $1/299792458$  секундтың үлесінде жарықтық вакуумда өткен жолының ұзындығына тең арақашықтық;

- **Килограмм** – халқаралық килограмм массасының түпнұсқасына тең салмақ;
- **Ампер** – бір-бірінен 1 м қашықтықта орналасқан шексіз ұзын және дөңгелек қимасы өте кішкентай көлемде екі параллельдің тұзу, вакуумда 1 м аралықта өзара  $2 \cdot 10^{-7}$ , Н әсер беретін күшке тең өзгермейтін тоқтың күшіне тең;
- **Кельвин** – судың үш еселенген нүктесінің термодинамикалық температурасының  $1/273,16$  бөлігіне тең температура;
- **Моль** – массасы 0,012 кг 12 көміртегіндегі атомдар құрамындағы элементтерден құралған жүйе затының санына тең;
- **Кандела** – жарық күшінің белгіленген бағытта шығарылатын монохроматикалық сәулеленуінің жиілігі  $540 \cdot 10^{12}$  Гц тең, осы бағытта жарықтың энергетикалық күші  $1/683$  Вт/ср тең жарық күші.
- Халқаралық бірліктер жүйесінде екі қосымша – жазықты және дене бұрыштарын өлшейтін бірліктер бар.
- **Радиан** (рад) – жазықты бұрыш өлшемі-шеңбердің екі радиусының арасындағы бұрыштың, екеуінің арасындағы доғаның ұзындығы шеңбердің радиусының ұзындығына тең. Градуспен өлшесек  $1$  радиан –  $57^{\circ}17'44,8''$ .
- **Стерadian** (ср) – дене бұрышының бірлігі.  $\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha/2)$ .  $\Omega$ -дене бұрышы;  $\alpha$ -сфераның ішіндегі берілген дене бұрышымен шығарылған конустың төбесіндегі жалпақ бұрыш. 1 ср дене бұрышына  $65^{\circ}32'$  жалпақ бұрыш тең болады.  $120^{\circ}$  жалпақ бұрыш  $\pi$  ср,  $180^{\circ}$  жалпақ бұрыш –  $2\pi$  ср бұрышқа тең.

- **Өлшеу жүйесінде бірліктермен қолданылатын жүйеге кірмейтін бірліктер:**
- масса-тонна – Т; уақыт-минут – мин; сағат – с; тәлік – τ-тау; жазықты бұрыш-градус –  $^{\circ}$ ; минут - ... ; секунд - ... ; көлем-литр – л; аудан-гектар – га; температура-градус-Цельсия –  $^{\circ}\text{C}$ ;
- *Өлшеу бірлігі* – нәтижелері көрсетілген шама бірліктерінде берілген, өлшеу жағдайы, ал өлшеу қателігі берілген ықтималдықпен қойылған шектен шықпау керек.
- **Өлшеу бірлігін қамтамасыз ету (ӨБК)** – бұл өлшеу бірлігін заңды актілерге сәйкестігіне жету мен қолдануға бағытталған метрологиялық қызметтің іс-әрекеті.

- **ӨБҚ** етудің негізгі мақсаты – ол Қазақстан Республикасының азаматтары мен экономикасының сұраныстарын сенімді емес өлшеу нәтижелерінен сақтау.
- **ӨБҚ** етудің басқа мақсаттарына келесілер жатады:
- отандық және импортталған өнімдердің қауіпсіздігі мен сапасы;
- фундаменталды зерттеулердегі өлшеу сенімділігі;
- материал және энергия ресурстарының сенімді есептелуі;
- қоршаған ортаны қорғау, адам өмірі мен еңбек қауіпсіздігі және т.б.



- *Физикалық шаманың өлшемі* – берілген объектінің “физикалық шама” деген ұғымға сәйкес алынған қасиетінің мөлшерлі мәні. Мысалы, әрбір дененің нақты бір массасы болады, осыдан денелерді массасы бойынша ажыратуға болады, яғни бізді қызықтыратын ФШ-ның өлшемі бойынша.
- *Физикалық шаманың мәні* – ол оның бірлігі түрінде алынған қандай да бір сан түрінде берілген өлшемін бағалау. Оны өлшеу нәтижесін немесе ФШ-ның  $Q$  мәнін  $q$  санды мән мен өлшем бірлігі таңдап алынған  $[Q]$  араларын байланыстыратын  $Q = q[Q]$  негізгі өлшеу теңдеуін сәйкес есепті шешу нәтижесінен аламыз. Өлшем бірлігіне байланысты ФШ-дың сандық мәні өзгереді де, өлшемі сол күйінде қалады.
- *Физикалық шамалардың бірліктері* – бұл белгілі өлшемдегі ФШ, оның өлшемі бірге тең, ол біртекті ФШ-ды мөлшерлі түрде беру үшін қолданылады. ФШ бірліктерінің өлшемдері мемлекеттік метрологиялық басқармалардың заңға сәйкес бекітілген жолдарымен қойылады.

- ФШ-дың маңызды сипаттамалары болып берілген шаманың негізгі физикалық шамамен байланысын көрсететін, дәрежелі көпмүше түрде берілген  $\dim Q$  өлшемділігі болып табылады; ондағы пропорционалды коэффициент бірге тең:
- мұндағы  $L, M, T, I$  – берілген жүйенің негізгі шамаларының шартты белгіленулері;  $\alpha, \beta, \gamma, \eta$  - бүтін немесе бөлшек, оң немесе теріс айғақты сандар. Негізгі шама өлшемділігінің арттырылған дәреже көрсеткішін *өлшемділік көрсеткіштері* деп атайды. Егер барлық өлшемділік көрсеткіштер нөлге тең болса, онда мұндай шамаларды *өлшемсіз шама* деп атайды.

Өлшемділіктерге көбейту, бөлу, дәрежесін арттыру мен түбірін шығару сияқты әрекеттерді жатқызуға болады. Өлшемділік ұғымы мыналарда кеңінен қолданылады:

- бірліктерді бір жүйеден екінші жүйеге өткізу үшін;
- теориялық қорытынды нәтижесінен алынған күрделі есептеу формулаларының дұрыстығын тексеру үшін;
- шамалар арасындағы тәуелділікті анықтау үшін;
- физикалық ұқсастық теориясында.

Жалпы еркін түрде *негізгі* деп аталатын бірнеше ФШ дәлелденген, қалған *туынды* деп аталатын шамалар өздері арасындағы белгілі байланыс теңдеуі негізінде негізгі шамалар арқылы беріледі. Туынды шамаларға мысал болып: заттың тығыздығы, ол көлем бірлігі болып табылады және заттың массасы ретінде анықталған, уақыт бойынша жылдамдықтың өзгеруінің үдеуі және т. б. жатады.

Физикалық шамалар жүйесінде негізгі шамалардың символдары қолданылады. Мысалы, негізгі шамалар болып ұзындық (L), масса (M) және уақыт (T) алынатын механикалық шамалар жүйесі LMT жүйе деп аталады.

Қазіргі уақытта қолданылып жүрген мемлекеттік өлшеу жүйесіні негізгі шамаларға сәйкес LMTIQNJ белгілерімен белгіленуі тиіс, олар: ұзындық (L), масса (M), уақыт (T), электр ток күші (I), температура (Q), заттың мөлшері (N) мен жарық күші (J).

ФС-дың ережелерге сәйкес алынған негізгі және туынды бірліктер жиынтығы *физикалық шамалардың бірліктер жүйесі* деп аталады. Негізгі ФС-дың бірлігі жүйенің негізгі бірлігі болып табылады.

## 2.2 Физикалық шамалардың бірліктер жүйесін құру принциптері

- $N$  физикалық шаманың сандық мәндері арасында  $n$  байланыс теңдеуі бар болсын. Әрбір теңдеуде кез-келген мән беруге болатын немесе теңестіруге болатын өзінің пропорционалды коэффициенті болады. Осыдан, байланыс теңдеулеріндегі коэффициенттер – белгілі сандар да, ал физикалық шамалар – белгісіздер болып табылады.  $N$  физикалық шамалардың саны  $n$  байланыс теңдеулер санынан әрдайым үлкен болады. Егер  $N - n$  физикалық шамалар үшін өзінің тәуелсіз бірліктерін алсақ, онда олар белгілі сандар болады да,  $n$  теңдеулер қалған  $n$  ФШ-ға қатысты шешіледі. Мұндай жүйе теориялық көзқараспен алғанда тиімді болып саналады. Бұл  $N - n$  физикалық шамалар негізгі шамалар, ал қалған  $n$  шамалар – туынды деп аталады.
- Тәжірибеде негізгі шама ретінде  $N-n$  физикалық шамаларды емес, одан үлкен  $N-n+p$ -ге тең шамаларды алған қолайлы. Бұл жағдайда барлық коэффициенттерге кез-келген санды мәндер беруге болмайды, өйткені  $p$  коэффициенттері берілген жағдайдағы қалған  $n-p$  туынды ФШ сияқты белгісіз түрде болады.

Негізгі бірліктер саны физикалық заңдылықтар мен анықтамалардың өрнектерінде тұрған коэффициенттер санымен тығыз байланыста. Негізгі бірліктерді таңдап алуға тәуелді және теңдеулерді анықтайтын пропорционалды коэффициенттер фундаментті немесе өмірлік тұрақты деп аталады. СИ жүйесінде оларға гравитациялық тұрақты, Планка тұрақтысы, Больцман тұрақтысы және жарық әсері жатады. Оларды жеке заттардың әртүрлі қасиеттерін сипаттайтын ерекше деп аталатын тұрақтылардан ажырату қажет, мысалы электрон массасы, оның заряды және т. б.

Жаңа бірліктер жүйесін құру немесе енгізу кезінде ғалымдар тек бір ғана принципке ортақтасады, ол — тәжірибелі мақсатқа сәйкестік, яғни бірлікті адам қызметіне қолайлы етіп таңдап алу. Принципке келесі басты критериялар қойылған:



- туынды ФШ мен олардың бірліктерін тудыру қарапайымдылығы, яғни байланыс теңдеулеріндегі пропорционалды коэффициенттерді бірге теңестіру;
- негізгі мен туынды бірліктерді пайдалану және төменгі эталондармен оларға өлшем берудің жоғары дәлділігі;
- негізгі бірлік эталондарының жойылмауы, яғни жоғалтқан жағдайда оларды жаңадан қайта жасау мүмкіндігі;
- бірліктің орнын басу, олардың өлшемдерін сақтау және жаңа бірліктер жүйесін енгізген кезде оларға ат беру, бұл материалдық пен психологиялық шығындарды жоюға байланысты болады;
- негізгі мен туынды бірліктер өлшемінің тәжірибеде өте жиі кездесетін ФШ-дың өлшемдеріне жақындығы;
- негізгі мен туынды бірліктердің эталондармен бірге сақталуынның ұзақ уақыттылығы;
- материалдың ең ортақ қасиетін бейнелейтін ФШ-дың негізгі минималды саны ретінде таңдап алу;

## 2.3 Өлшем бірліктері туралы түсініктемелер

*Өлшеу жүргізген кезде олардың бірлігін қамтамасыз ету қажет. Өлшем бірлігі* деп - өлшеу сапасының сипаттамасы түсіндіріледі, ол кезде өлшеу нәтижелері заңдылықтармен алынған бірліктермен өрнектеледі, өлшемдері шартты шегі бойынша көрсетілген шама өлшемдеріне тең, ал өлшеу нәтижесінің қателіктері берілген ықтималдықта ғана белгілі және шартты шегінен аспайды. “Өлшем бірлігі” деген ұғым аса маңызды түсініктеме. Ол метрологияның маңызды мәселелерінен тұрады: ФШ-ның бірліктерін үлестіру, шамаларды ұдайы қайталау жүйесін өңдеу және олардың өлшемдерін тұрақты дәлдіктегі жұмысшы құралдарға беру, т. б. мәселелер қатары. Бірлік ғылым мен техникаға қажетті кез-келген дәлдікті қамтамасыз етуі тиіс. Өлшеу құралдарын тиісті деңгейге жеткізу мен сол деңгейде ұстау бекітілген ережелер, талаптар және нормаларға сәйкес жүргізілетін мемлекеттік, ведомствалық қызметтерге бағытталған. Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік деңгейдегі қызметкершілігі Мемлекеттік өлшем бірлігін қамтамасыз ету жүйесінің (МӨЖ) стандарттарымен немесе метрологиялық қызмет органдарының нормативті құжаттарымен белгіленеді.

- Өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін кез-келген шаманың барлық СИ-де градустиген бірліктердің үйлесімділігі қажет. Бұл ФШ-дың бекітілген бірліктерін арнайы мекемелерде дәл көрсету және сақтау мен олардың өлшемдерін қолданылатын СИ-ге беру жолымен орындалады.
- *Физикалық шаманың бірліктерін көрсету* – бұл мемлекеттік эталондарға және үлгілі СИ-ге байланысты дәлдігі ең жоғары елдердің ФШ-ның бірліктерін материалдау операцияларының жиынтығы. Олар негізгі және туынды бірліктерді көрсету болып бөлінеді.
- *Негізгі бірліктерді көрсету* – ол бірліктердің анықталуына байланысты ФШ-ды белгіленген өлшем бойынша құру жолдары арқылы көрсету болып табылады. Ол мемлекеттік алдыңғы эталондар арқылы іске асады. Мысалы, масса бірлігі – 1 килограмм (дәл), ол Халықаралық өлшемдер мен салмақтар бюросында сақталған платинді иридиялы таразы тасы түрінде көрсетілген, оның халықаралық мәні – 1 кг. РФ-ның Мемлекеттік эталонның құрамына кіретін платинді иридиялы таразы тасының соңғы халықаралық салыстыру (1979) негізіндегі массасы 1,000000087 кг болды.

- *Туынды бірлікті көрсету* – бұл ФШ-дың көрсетілген бірліктеріндегі мәнін өлшенетін шамаға функционалды байланыстағы басқа шамаларды жанама өлшеу және анықтау. Сонда Ньютонның – күшін көрсету - механикада белгілі  $F = mg$  тендеуімен жүзеге асады, мұндағы  $m$  – дененің массасы,  $g$  – еркін құлау үдеуі.
- *Өлшем бірлігін беру* – тексеріп өлшеу құралдарында сақталған ФШ бірліктерінің өлшемін оларды тексеру немесе калибрлеу кезінде көрсетілетін немесе эталонмен сақталатын бірліктер өлшеміне келтіру. Өлшем бірліктері “жоғарыдан төменге ” қарай беріледі - СИ-дің жоғарғы дәлдігінен төменгі дәлдікке қарай.
- *Бірліктерді сақтау* – берілген СИ-ге тән өлшем бірліктерінің уақыт бойынша өзгермеуін қамтамасыз ететін операциялардың жиынтығы. ФШ-ның бірлік эталондарын сақтау кезінде эталонның метрологиялық сипаттамаларын орнықты шектулерде ұсталуына мүмкіндік жасайтын өзара байланысқан операциялардың жүргізілуін алдын-ала береді. Алғашқы эталондарды сақтау кезінде бірліктерді көрсету дәлдіктерін жоғарлату мен өлшем беру әдістерін жетілдіру мақсатында басқа елдердің ұлттық эталондарымен қосыла отырып, олардың жүйелі түрде зерттелуі орындалады.

ТЫҢДАҒАНДРАБЫҢЫЗҒА

**РАХМЕТ !!!!**