

Зертханалық жұмыс 1.1. Физикалық шамаларды өлшеудің нәтижесін өңдеу.

1. Жұмыстың мақсаты: Қателіктер теориясын оқып-үйрену және оны физикалық шамаларды өлшеудің нәтижесін өңдеу үшін қолдану.

2. Шартты белгілер:

l, d, h – параллелепипедтің ұзындығы, ені және биіктігі, мм;

$\langle d \rangle$ – өлшеу сериясы нәтижесінің орташа шамасы, мм;

Δd_i – i -ші өлшеудің қателігі, мм;

Δd – абсолютті қателік шамасы (сенімділік интервалы шекарасы);

θ – құралдың қателігі;

δ – салыстырмалы қателік;

n - өлшеу саны.

3. Теориялық мәліметтер.

Өлшеу деп өлшенетін шаманы өлшеу бірлігі ретінде қабылданған басқа шамамен салыстыруды айтады.

Өлшеудің екі түрін айыруға болады – **тура** және **жанама** өлшеулер.

Тура өлшеу кезінде анықталатын шама тек қана өлшенетін шамамен немесе тиісті бірлікпен градуирленген өлшеу құралы көмегімен өлшенген салыстырылады.

Жанама өлшеу кезінде өлшенетін шама қандай да бір функционалды тәуелділігі бар өлшенетін шамамен байланысқан басқа шамалардың өлшеу нәтижелері бойынша анықталады (есептеледі).

Қандай да бір физикалық шаманы өлшеу барысында өлшеу нәтижесіне әр түрлі объективті және субъективті факторлар әсер етуі мүмкін. Сондықтан өлшеу нәтижесі ізделінді шаманың ақиқат мәнінен әрқашан өзгеше болады, яғни өлшеу қандай да бір қателікпен жүзеге асады.

Өлшеу қателіктері *жүйелік, кездейсоқ және дөрекі қателік* деп бөлінеді.

Жүйелік қателіктер – құралдың шектелген дәлдігіне (құрал қателігіне), өлшеудің дұрыс емес әдістерін таңдауға, немесе құралдың дұрыс емес құрылымына байланысты қателіктерді айтады. Олар көбінесе өлшеу құралдарының бұзылғандығынан, өлшеу әдістерінің дәл еместігінен және есептеу кезінде дәл емес мәліметтерді қолдануынан пайда болады.

Жүйелік қателіктерді жою үшін құралдар көрсеткіштеріне түзетулер енгізу керек (ток көзіне қосылмай тұрған кездегі амперметр көрсеткішінің мәнін санап алып, оны нөлдік мән деп ретінде қарастырып, келесі өлшеулер кезінде сол мәнді құралдың көрсеткішінің әр мәнінен шегеріп тастап отыру қажет), немесе құралдарды эталоны бойынша тексеру.

Кездейсоқ қателіктер әр жеке өлшеуде бірдей емес, болжайсыз әсер ететін себептерден пайда болады. Олар көптеген факторлардың бірлескен іс-әрекеттері кезінде пайда болады да, дәрекі және жүйелік қателіктерді жою кезінде қалады. Кездейсоқ қателіктердің көптеген себептері болады: электрлік өлшеулер кезінде желідегі кернеудің өзгерісі, тығыздықты анықтау кезінде заттың біртексіздігі, температура, қысым өзгерісі т.б. Осындай себептер бір шаманың бірнеше өлшеулері кезінде түрлі нәтижелер береді. Кездейсоқ қателіктерге анықталмаған немесе түсініксіз барлық қателіктерді жатқызуға болады.

Кездейсоқ қателіктер кездейсоқ құбылыстар үшін орнатылған ықтималдық теориясы заңдарына бағынады. Ықтималдық теориясы әдістері көмегімен кездейсоқ қателіктердің тәжірибе нәтижелесіне ықпалын кемітуге болады. Кездейсоқ қателіктер теориясы өлшенетін шамалардың ең ықтимал мәндерін және олардан мүмкін болатын ауытқуларды анықтауға мүмкіндік береді.

Дәрекі қателіктер (жансақ кетулер) - берілген жағдайларда болатын қателіктер емес, шектен шығып кеткен қателіктерді айтады.

Негізінде *дәрекі қателіктер* (жансақ кетулер) есептелінбейді, себебі, олар құралдың көрсетілімін алған кездегі ынтасыздықтан, өлшеніп алған өлшемдермен жұмыс істеу барысында дұрыс жазбау негізінде кеткен және т.б. қателіктер болып табылады. Мұндай қателіктер белгілі қандй да бір заңға бағынбайды және өлшеу нәтижелерінің аралық бағалауы кезінде жойылады. Дәрекі қателікті жеке өлшеу кезінде нәтижелердің айырмашылығынан байқауға болады, яғни алдыңғы немесе кейінгі өлшеулерден айырмашылығы қатты байқалады. Мұндай өлшеулерді есепке алмай, өлшеуді тағы да қайталау қажет.

Тура өлшеулер қателіктері

Өлшенетін x шамасының мүмкін болатын мәндері өлшеу нәтижесінде алынған $\langle x \rangle$ орташа арифметикалық мәндеріне тең:

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

мұндағы, $x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n$ - өлшенетін шаманың мәндері, n - өлшеу саны.

Орташа арифметикалық $\langle x \rangle$ мәнінің өлшеу нәтижесінің әр мәнінен айырымының абсолютті мәні жеке өлшеудің абсолютті қателігі деп атайды.

$$\Delta x_i = | \langle x \rangle - x_i | \quad (2)$$

Өлшеудің жеткілікті көп саны кезінде кездейсоқ қателіктер тең ықтималдықпен бір жаққа қарай артса, сол сияқты өлшенетін шаманың бір жаққа қарай кемуі мүмкін, яғни өлшенетін шаманың дәл мәні $\langle x \rangle - \Delta x \leq x \leq \langle x \rangle + \Delta x$ интервалында жатыр деп есептеуге болады, бұл интервал сенімділік интервалы деп аталады. Бұл теңсіздікті мына түрде жазуға болады:

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x \quad (3)$$

Бұл интервалда өлшенетін шаманы табудың ықтималдығы сенімділік ықтималдығы, немесе, P сенімділігі деп аталады.

Зертханалық жұмыстар нәтижелерін өңдеу кезінде 90 %-ке тең сенімділік ықтималдығын қабылдайды, немесе P=0,90. Бұл кезде өлшеу саны 5–10 тең. Бұл өлшеу нәтижесіне қосымша сенімсіздік енгізеді, сондықтан өлшеудің орташа квадраттық қателігі келесі формула бойынша есептеледі:

$$S(x) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2} \quad (4)$$

Сонан өлшеудің кездейсоқ қателігі есептеледі:

$$(\Delta x)_{случ} = t \cdot S(x). \quad (5)$$

Мұндағы, t – Стьюдент коэффициенті.

P=0,90 сенімділігі және өлшеудің түрлі сандары үшін t мәндері 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Стьюдент коэффициенттерінің мәндері

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,90	1,86	1,83

Өлшеу дәлдігінің толық сипаттамасы үшін салыстырмалы қателік есептеледі, ол орташа абсолютті қателіктің өлшеу нәтижесінің орташа мәніне қатынасына тең:

$$\delta = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} \quad (6)$$

Өлшеу саны артқан сайын Δx абсолюттік және $S(x)$ орташа квадраттық қателіктер азаяды. Сондықтан, өлшеуді құрал қателігіне теңескенше орындау қажет. θ құрал қателігі құралдың конструктивті ерекшеліктерімен сипатталады.

Электроөлшеуіш құралдар үшін дәлдік класы көрсетіледі. Дәлдік класын (0,05; 0,1; 1,0;...4,0) көрсететін сан шаманың соңғы мәнін % түрінде көрсетілген құралдың ең үлкен қателігін көрстеді. Егер вольтметрдің дәлдік класы 1,0, өлшеу шегі 0-30В болса, онда шкаланың кез келген нүктесінде абсолютті қателігі $\theta = \pm 0,3В$ болады. Салыстырмалы қателігі өлшенетін кернеу шамасынан тәуелді болады және төмен кернеулерде жоғарысы рұқсат етілмеуі мүмкін.

Мысалы,

$$U_1=5B; \quad \delta_1 = \frac{0,3}{5} \cdot 100\% = 6\%;$$

$$U_2=0,5B; \quad \delta_2 = \frac{0,3}{0,5} \cdot 100\% = 60\%$$

Меңзерлі құралдарда бөлік құны құралдың қателігімен келістірілген. Дәлдік класы белгісіз құралдың құрал қателігін табуға мүмкіндік береді: құрал қателігі шкаланың бөлік құнының жартысына тең деп қабылданған. Бұл ереже сызғыш немесе басқа да шкаласы бар құралдардың қателіктерін бағалау үшін қолданылады.

Сол сияқты, өлшеудің қателігін бағалауға болады, егер өлшеу бір рет қан орындалса.

Егер θ құрал қателігін сияқты, кездейсоқ абсолютті қателігін ескерсе, онда өлшенетін шаманың орташа мәнінің толық абсолютті қателігі формула бойынша есептелінеді:

$$\Delta x = \Delta x_{сл} + \theta = t \cdot S(x) + \theta \quad (7)$$

Соңғы нәтижені келесі түрде жазу керек:

$$x = \langle x \rangle \pm \Delta x, \quad P=0,90; \quad \delta = \frac{\Delta x}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$$

3.2. Жанама өлшеулердің қателіктері

Сенімділік интервалын x, y, z тура өлшеулер нәтижесінен A шамасының функционалды тәуелділігін дифференциалдау арқылы табуға болады:

$$dA = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial z} dz .$$

Толық дифференциалдарды абсолютті қателіктерге алмастыру арқылы ізделінді шаманың абсолютті қателігін формула бойынша табады:

Мұндағы $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$ - функцияның жеке туындылары,

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ - (7) формула бойынша есептелінген тура өлшеудің абсолютті қателіктері.

Салыстырмалы қателік формула бойынша есептелінеді:

$$\delta_x = \frac{\Delta A}{\langle A \rangle} \cdot 100\% .$$

Мысалы, цилиндр көлемі

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$$

$$\Delta V = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial h} \Delta h\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial d} \Delta d\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\pi \langle d \rangle^2}{4} \Delta h\right)^2 + \left(\frac{\pi \langle h \rangle \langle d \rangle}{2} \Delta d\right)^2} = \frac{\pi \langle d \rangle^2}{4} \langle h \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle}\right)^2 + \left(\frac{2 \Delta d}{\langle d \rangle}\right)^2} = \langle V \rangle \sqrt{\delta_h^2 + 4\delta_d^2},$$

$$\delta V = \frac{\Delta V}{\langle V \rangle} = \sqrt{\delta_h^2 + 4\delta_d^2}; \quad V = \langle V \rangle \pm \Delta V.$$

3.3. Жуық есептеулер.

Өлшеу кезіндегі алынатын барлық сандар жуық сандар болғанда табылады. Жуық есептеулер кезінде 18,3 саны 18,300 санынан айырмашылығы болады. 18,3 жазуы тек бүтін және ондық үлесті сандар ғана дұрыс екенін көрсетеді, яғни санның ақиқат мәні 18,38 және 18,32 болуы мүмкін. 18,300 жазуы сол сияқты жүздік және мыңдық үлес үшін дұрыс екенін көрсетеді, яғни ақиқат мәні 18,2996 және 18,3002 болуы мүмкін.

Маңызды сандар деп санның алдында тұрған нөлден басқа барлық дұрыс сандарды айтады. Мыс, 0,0708 санында – үш маңызды сан бар. Сол жақтағы бірінші екі нөл – маңызды емес, 7 мен 8 арасындағы нөл саны – маңызды. 6100 санында – 4 маңызды сан бар. $6,1 \cdot 10^3$ жазуы екі ғана маңызды саны (6 және 1) бар дегенді білдіреді.

Өлшеу дәлдігін өлшеу нәтижелерінің математикалық амалдары арқылы жоғарылатуға болмайды. Сондықтан жуық сандарды дөңгелектеудің келесі ережелерін қолдануға болады:

Дөңгелектеу кезінде тек дұрыс белгілерді қалдырып, қалғандарын лақтырып тастайды.

Сонымен қатар, егер лақтырылатын сандардың біріншісі 5-тен артық болса, онда қалған сандардың соңғысын бір бірлікке көбейтеді, және егер лақтырылған сандардың біріншісі 5-тен кем болса, онда қалған сандардың соңғысы өзгеріссіз қалады. Мысалы, сандарды түрлі дөңгелектеу: 53,586 саны: 53,59; 53,6; 54.

Егер лақтырылатын сан 5-ке тең болса, ал одан кейінгілер маңызды сандар болмаса, және соңғы сақталатын сан жұп болса, өзгеріссіз қалады; егер ол тақ болса, бір бірлікке көбейеді. Мысалы, 2,235 санын 2,24-ке дейін дөңгелектенеді, 1,385 саны 1,38-ге дейін дөңгелектенеді.